

Нефть. Газ. НОВАЦИИ

научно-технический журнал

ISSN 2077-5423

№8/2016

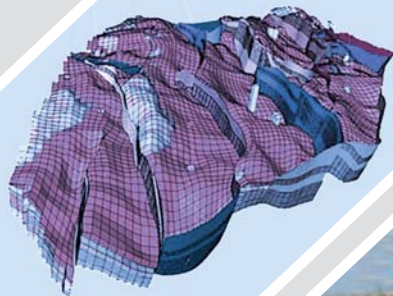
16+

ITPS

IT Professional Solutions

ГЛАВНАЯ ТЕМА НОМЕРА

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧЕЙ



ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ:

Интегрированные операции –
основа повышения эффективности
нефтегазодобычи

стр. 6

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ОПЕРАЦИИ: ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Совместный семинар
группы компаний ITPS и ИПНГ РАН



28 июня 2016 года, Москва



Журнал выходит под эгидой:

- Министерства промышленности и технологий Самарской области
- НО «Инновационно-инвестиционный фонд Самарской области»



СОДЕРЖАНИЕ №8(190) 2016

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Интегрированные операции. Совместный семинар группы компаний ITPS и ИПНГ РАН

6

«Оптимизация расходов, минимизация потерь, максимизация добычи»: интервью с Рустамом Камаловым, директором по развитию, группа компаний ITPS

12

Волков С.В.

Повышение эффективности нефтегазодобычи на основе интегрированных операций

15

Олейников О.В.

Оптимизация добычи и управление производственными потенциалами на основе интегрированной модели

18

Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А.

Интегрированные информационные технологии для экономической оценки нефтегазовых месторождений

21

Гиркин И.В., Гречин А.А.

Промышленный интернет вещей (IIoT) от компании Cisco как основа интегрированных операций для нефтегазовой отрасли

27

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Фролов С.Ю.

О необходимости разработки Государственной программы цифровизации и интеллектуализации нефтегазовой отрасли

32

МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Тареева Е.А., Ланков А.А., Моисеев В.Д., Капитонов А.А., Чухин В.С.

Об одной математической модели интегрального магнитного поля намагниченных штанг горизонтальной базовой скважины

36



40

Кружинов А.Ю., Мариненков Д.В., Баклюков И.А.

ПОЛИНОМ + InterBridge + НЕОСИНТЕЗ – мощное трио информационного моделирования: от проектирования к эксплуатации сложных технологических объектов

46

Титов В.Е.

Задачи моделирования фильтрационных процессов при проектировании разработки месторождений углеводородного сырья

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

48

Гончаров И.В., Самойленко В.В., Обласов Н.В., Фадеева С.В., Веклич М.А.

Опыт использования геохимических исследований при ведении геологоразведочных работ и добыче углеводородов

52

Афанасьев С.В., Волков В.А., Долгополов М.В., Филатов В.А.

Жидкость глушения нефтяных скважин на основе поташных растворов «Бенфилд»

56

Егоров И.С., Ефимов О.Д., Валиев М.Ф., Хасанова Л.Н.

Комплексный подход к глушению нефтяных и газовых скважин с аномальными параметрами пласта при сохранении фильтрационных свойств продуктивных коллекторов

СБОР, ПОДГОТОВКА НЕФТИ

60

Вальшин И.Р.

Разрушение высокостойких ловушечных эмульсий

65

Вальшин И.Р.

Причины скрытых потерь нефти при товарно-коммерческих операциях и способы их устранения

С ЮБИЛЕЕМ!

70

Институт «Гипровостокнефть»: мы всегда были первыми

СТРАНИЦЫ ПАМЯТИ

77

Памяти Анатолия Ивановича Булатова

Редакционная коллегия:

Алтунина Л.К., д.т.н., профессор, директор Института химии нефти СО РАН
Белянин Г.Н., к.г.-м.н., профессор, проректор РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
Боксерман А.А., д.т.н., профессор, советник генерального директора АО «Зарубежнефть»
Быков Д.Е., д.т.н., профессор, ректор Самарского государственного технического университета
Бриллиант Л.С., к.т.н., генеральный директор Тюменского института нефти и газа, член ЦКР «Роснедра», заместитель сопредседателя ТО ЦКР «Роснедра» по ХМАО, эксперт ГКЗ, ЦКР
Волков Ю.А., к.ф.-м.н., директор Центра совершенствования методов разработки нефтяных месторождений при АН РТ
Кульчицкий В.В., д.т.н., председатель ВОИР РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, директор НИИ буровых технологий
Муслимов Р.Х., д.г.-м.н., академик АН РТ, консультант президента РТ по вопросам разработки нефтяных и нефтегазовых месторождений
Силин М.А., д.х.н., проректор по инновационной деятельности и коммерциализации разработок НИУ РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
Третьяк А.Я., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Бурение нефтегазовых скважин и геофизика» Южно-Российского государственного технического университета
Тян В.К., д.т.н., доцент, декан нефтетехнологического факультета Самарского государственного технического университета
Шашель В.А., к.т.н., ОАО «НК «Роснефть»
Шайдаков В.В., д.т.н., директор ООО «Инжиниринговая компания «Инком-нефть», профессор кафедры «Гидравлика и гидромашин» УГНТУ
Шмаль Г.И., к.э.н., президент Союза нефтегазопромышленников России, член Совета по информации и сотрудничеству предприятий топливно-энергетического комплекса
Эпов М.И., д.т.н., профессор, академик РАН, заместитель председателя президиума СО РАН, директор Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

Редакция:

главный редактор Б.Ф. Сазонов
 литературный редактор Е.С. Захарова
 научный редактор И.В. Царьков
 дизайн-верстка Е.А. Образцова
 корректор Г.В. Загребина

Отдел распространения и подписки:
 тел. (846) 979-91-10

Отдел рекламы и маркетинга:
 тел. (846) 979-91-45

Адрес редакции и издателя:
 443008, г. Самара, Томашевский тупик, За
 Тел. (846) 979-91-77
 Факс (846) 979-91-88
 journal@neft-gaz-novacii.ru
 info@neft-gaz-novacii.ru
 red@neft-gaz-novacii.ru
 redaktor@neft-gaz-novacii.ru
 www.neft-gaz-novacii.ru

Учредитель
 ООО «Издательский дом
 «Нефть. Газ. Новации»

Журнал зарегистрирован
 Министерством Российской
 Федерации по делам печати,
 телерадиовещания и средств
 массовых коммуникаций
 Рег. номер ПИ №77-7859
 от 27 апреля 2001 г.
 Перерегистрирован 4 апреля 2013 г.
 Рег. номер ПИ № ФС77-53536

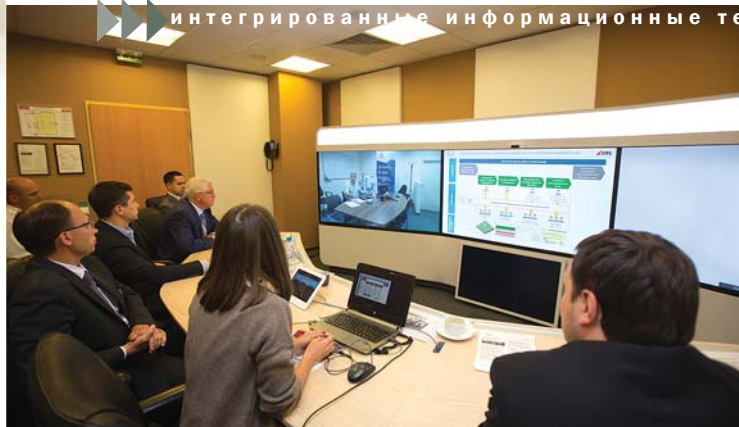
Периодичность – 12 номеров в год
 При перепечатке материалов
 ссылка на журнал
 «Нефть. Газ. Новации» обязательна

Тираж 5000 экз.
 Подписано в печать 29.08.2016
 Цена: 870 руб. – печатная версия
 1200 руб. – электронная версия

Отпечатано в типографии
 ООО «Полиграфна»
 г. Самара, ул. Мичурина, 23

16+

№8/2016 [НГН]



ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ОПЕРАЦИИ

Совместный семинар группы компаний ITPS и ИПНГ РАН



IT Professional Solutions

Группа компаний ITPS
info@itps-russia.ru

С развитием цифровой индустрии стал возможным переход к управлению производством на основе прогнозов с возможностью оперативной выработки вариантов решений. Ключевыми условиями для реализации такого подхода являются применение технологий сбора и управления данными в режиме реального времени, использование интегрированного моделирования и организация работы междисциплинарных групп из специалистов различных служб (геологической, разработки месторождений, технологической, механоэнергетической и др.) для совместного принятия производственных решений на основе данных интегрированного моделирования актива, с учетом реального потенциала месторождения.

У этой концепции несколько названий, которые используют разные нефтяные компании: «умное месторождение» (Smart Field), «интеллектуальное месторождение» (iField) и др. Компания Statoil ввела термин «интегрированные операции» – именно его применяют специалисты Института проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН) и группы компаний ITPS (в нее входит «Парма-Телеком»).

Участники семинара «Интегрированные операции: инновационный подход к повышению эффективности нефтегазодобычи» обсудили инструменты и методы, посредством которых можно реализовать кон-

цепцию интегрированных операций, и возможные эффекты ее внедрения. Мероприятие, организованное группой компаний ITPS и ИПНГ РАН, состоялось 28 июня в московском офисе российского представительства Cisco.

Цель семинара заключалась в повышении уровня осведомленности и заинтересованности представителей отечественных нефтегазодобывающих компаний в отношении современных ИТ-решений, а также в представлении организаторами мероприятия своего опыта и компетенций в области интегрированных операций, наиболее целесообразных подходов к внедрению этой технологии и возможных эффектов при ее применении. В работе семинара приняли участие представители компаний нефтегазовой отрасли и научных организаций, в числе которых «Башнефть», «БашНИПнефть», «ВНИИнефть», «Газпром ВНИИГАЗ», «Газпром нефть шельф», «Газпромнефть НТЦ», «Газпромнефть-Развитие», «Зарубежнефть», «ЛУКОЙЛ», «ЛУКОЙЛ-ИНФОРМ», «РИТЭК», «РН-Информ», «Славнефть-Мегионнефтегаз», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

Открыла совместный семинар директор ИПНГ РАН д.г.-м.н. Лейла Азретовна Абукова, которая от-

метила важность данного мероприятия для активного продвижения инновационных интегрированных технологий в практику нефтегазового производства. В совместном докладе Л.А. Абуковой, А.Н. Дмитриевского и Н.А. Еремина «О необходимости разработки Государственной программы интеллектуализации нефтегазовой отрасли» говорилось о назревшей необходимости разработки такой программы и принятия ее в кратчайшие сроки, о том, что требуется провести широкое обсуждение вопросов цифровизации и интеллектуализации производства нефти и газа, их ключевых индикаторов на 2018–2025 годы с представителями государственных органов власти, нефтегазовых и сервисных компаний, институтами ФАНО, государственными университетами, ИТ-компаниями и общественными организациями. По мнению докладчиков, экономических проблем, препятствующих внедрению интеллектуальных технологий, не существует. Для эффективной подготовки проекта Государственной программы интеллектуализации нефтегазовой отрасли необходима интеграция усилий государства и нефтяных компаний по пути модернизации отрасли и в перспективе перевода ее на безлюдное производство нефти и газа. Особенно

актуальными вопросы безлюдного производства нефти и газа являются для нефтегазовых районов и областей Арктики, Восточной Сибири и Дальнего Востока.

В российских нефтегазодобывающих компаниях еще не сложилось полного понимания актуальности применения интегрированных операций в целях повышения эффективности нефтегазодобычи. Поэтому в ходе семинара значительная часть времени была посвящена разъяснению сущности и преимуществ этого инновационного подхода.

Создание системы управления активом начинается с построения геолого-гидродинамической и технологической моделей месторождения, которые учитывают особенности пласта и исходные представления о том, как должна быть организована добыча. На этом этапе может применяться интегрированная модель, объединяющая модели пласта и наземной инфраструктуры, которая позволяет выбрать наилучший вариант развития месторождения и тем самым максимизировать экономическую эффективность принимаемых решений по управлению нефтегазовым активом. С помощью интегрированной модели можно прогнозировать уровень добычи и коэффициент извлечения нефти (КИН), оптимизировать операционные и капитальные затраты. По сути, речь идет о возможности гибко подстраиваться под меняющиеся условия, в которых осуществляется добыча, и обеспечивать в режиме реального времени корректировку производственного планирования.

На этой возможности основывается технология прогнозирования состояния месторождения на краткосрочную и долгосрочную перспективу: необходимые коррективы оперативно вносятся в интегрированную модель и внедряются в реальный процесс посредством автоматизированных систем управления, после

чего формируется новый, более точный прогноз. Этот подход имеет особую актуальность в условиях постоянно возрастающего количества скважин, так как дает возможность управления ими при сохранении прежнего уровня эксплуатационных расходов.

Экономический эффект от внедрения на нефтепромыслах подобных технологий заключается в снижении эксплуатационных затрат, сокращении расходов на электроэнергию. В производственном плане достигается повышение коэффициента эксплуатационной готовности объектов, увеличение времени наработки на отказ ЭЦН, увеличение количества кустов, обслуживаемых одним оператором, сокращение времени отклика при выходе скважины на режим, снижение аварийности. В плане управления человеческими ресурсами немаловажно сокращение рисков в области промышленной безопасности и охраны труда за счет автоматизации, позволяющей выполнять операции по оптимизации добычи в режиме удаленного доступа.

В отечественных компаниях интеллектуальные технологии, несмотря на их преимущества, пока не находят широкого применения. Основная причина такого положения заключается в неуверенности потенциальных заказчиков в их эффективности.

Общемировые тенденции развития нефтегазовой индустрии рассмотрел в своем докладе представитель компании Cisco Андрей Гречин. Профессор ИПНГ РАН Николай Еремин выступил с докладом о технологии OilNet, подразумевающей построение на месторождении оптоволоконных сетей для сбора и передачи информации, в результате анализа которой управляющие параметры передаются по тем же оптоволоконным каналам на подземное, подводное, поверхностное оборудование с целью оптимизации

производственных процессов в режиме реального времени. Выступление Сергея Волкова, руководителя направления «Интеллектуальное месторождение» (группа компаний ITPS), было посвящено повышению эффективности нефтегазодобычи на основе интегрированных операций и технологий «интеллектуального месторождения».

Группа компаний ITPS представила основную часть докладов во второй сессии, посвященной инструментам и опыту использования интегрированных операций. Как системный интегратор ITPS внедряет ИТ-решения на базе ПО ведущих зарубежных и отечественных вендоров, а также сама выступает в качестве разработчика программных продуктов. Одна из таких разработок – интеграционная платформа AVIST (Asset Visualization Smart Technology), предназначенная для консолидации, обработки, анализа и визуализации данных инженерных и промысловых систем, для прогнозирования событий на производственных объектах и поддержки принятия оперативных производственных решений на основе средств интегрированного моделирования актива, с учетом реального потенциала месторождения.

Платформа AVIST включает три модуля: AVIST.Prediction & Choke Modeling (Интегрированное моделирование и модель ограничений), AVIST.Planning (Планирование добычи) и AVIST.Operation (Управление событиями и инцидентами), объединенных в общее информационное пространство.

В докладах второй сессии были рассмотрены основные функции платформы AVIST. Виталий Пономарев, заместитель руководителя департамента промышленной автоматизации и телекоммуникаций (ITPS), представил модуль AVIST.Operation, предназначенный для мониторинга и оперативного

управления событиями в режиме реального времени, что позволяет минимизировать время реакции на аварийные события и снизить вероятность возникновения нештатных ситуаций. Эксперт ITPS Сергей Могильников рассказал аудитории о возможностях повышения эффективности производственного планирования операционной деятельности актива с помощью средств интегрированного планирования – то есть модуля AVIST.Planning. В докладе Олега Олейникова, руководителя департамента интегрированного моделирования (ITPS), были рассмотрены ключевые функции модуля AVIST.Prediction & Choke Modeling, который автоматизирует процессы выработки вариантов оптимизации производства с применением технологий интегрированных операций (интегрированного моделирования, модели ограничений).

В рамках третьей сессии семинара специалисты ITPS выполнили демонстрацию сценария работы Центра интегрированных операций (ЦИО), который представляет собой пункт оперативного управления, созданный для совместной работы специалистов разных служб (геологов, технологов, механиков и т. д.). Ключевыми компонентами ЦИО являются решения для коммуникаций и выстраивания рабочих процессов, а также база знаний, обеспечивающая сохранение и распространение накопленного опыта. Демонстрация работы ЦИО была проведена на базе интеграционной платформы AVIST, которая может стать основой технологического оснащения ЦИО.

Демонстрация вызвала оживленную дискуссию. Участники семинара интересовались, предусмотрена ли системой возможность настройки периодичности обновления данных, какие подсистемы берут на себя управление логистическими операциями, какие используются симуляторы,

сколько времени занимает пересчет параметров при поступлении обновленных данных. Обсуждая преимущества интегрированных операций, специалисты неоднократно возвращались к сравнению возможностей гидродинамических и интегрированных моделей, к оценке целесообразности применения тех и других при различных исходных данных. Аудитория выразила желание увидеть не только тестовый вариант работы ЦИО, но и реальный, привязанный к конкретным исходным данным. Кроме того, стало очевидно, что специалистов интересуют инновационные решения, реализуемые как на этапе разработки и эксплуатации, так и на этапах проектирования и обустройства месторождений нефти и газа.

Логичным продолжением этой дискуссии стало обсуждение применимости методов интегрированного моделирования в нефтегазодобыче – этому вопросу была посвящена четвертая, заключительная сессия. Здесь рассматривалось управление разработкой месторождений нефти и газа в замкнутом цикле – с докладом на эту тему выступил заместитель генерального директора по научной работе ИПНГ РАН д.т.н. Эрнест Закиров. Замкнутый производственный цикл предусматривает герметичный сбор нефти, газа и воды, очистку добываемой воды, дальнейшее ее использование для закачки в пласт, утилизацию нефтяного газа, регенерацию химических веществ, применяемых для повышения нефтеотдачи пластов, и дальнейшее их использование – все это служит делу охраны земли, воды и воздуха от загрязнения. Основная мысль выступления заключалась в том, что при разработке месторождения в замкнутом цикле возрастает роль специализированного программного обеспечения: оно должно быть способно комплексировать в компьютерной 3D-мо-

дели набор данных, непрерывно поступающих от интеллектуальных датчиков, осуществлять автоматизированную адаптацию геолого-математической 3D-модели к фактическим данным, решать задачу 3D-многофазной оптимальной разработки.

Завершил четвертую сессию доклад специалиста ИПНГ РАН Юлии Богаткиной, в котором она представила интегрированные информационные технологии, предназначенные для экономической оценки инвестиционных нефтегазовых проектов. Это эффективный инструмент для выполнения сложных финансовых расчетов, обеспечивающий компьютерную композицию оптимальной системы разработки месторождений, выявление ее наиболее рационального варианта. Немаловажно то, что такой подход к компьютерному моделированию требует активного взаимодействия инженеров по знаниям с экспертами-прикладниками. На вопросы аудитории, вызванные этим сообщением, помимо Юлии Богаткиной отвечал профессор ИПНГ РАН Николай Еремин.

Подводя итоги состоявшегося семинара, можно прогнозировать, что спрос на решения в области интегрированных операций будет расти, и более востребованным станет комплексный подход к интеллектуализации месторождений, чем разрозненные решения, так как интегрированные операции под ключ избавляют от необходимости решать вопросы стыковки различных подсистем между собой.

Группа компаний ITPS и ИПНГ РАН планируют продолжать проведение семинаров по интегрированным операциям, а также по другим актуальным темам, связанным с интеллектуальными технологиями в сфере нефтегазодобычи, – они будут определены с учетом результатов прошедшего мероприятия.

Возвращаясь к семинару, отметим, что его участникам были предоставлены широкие возможности для делового общения, чем они в полной мере воспользовались при обсуждении представленной информации. Было высказано множество интересных суждений. Предлагаем вашему вниманию мнения специалистов тех организаций, которые приняли участие в семинаре.

Дмитрий КЫРНАЕВ, отдел добычи нефти и газа АО «РИТЭК»:

– Вертикально-интегрированная нефтегазовая компания является оптимальной моделью управления для реализации мероприятий по повышению эффективности цепочки добавленной стоимости от пласта до конечного потребителя. Так называемая «цифровая революция» является очередным шагом на пути модернизации бизнес-процессов и производства в компании. В АО «РИТЭК», в настоящее время выполняется долгосрочный проект по применению решений и технологий интеллектуального месторождения. Они

апробируются на нескольких пилотных участках в рамках опытно-промышленной эксплуатации, по результатам которой будет принято решение о масштабировании их на другие активы. По моему мнению, наибольший экономический эффект от интегрированного моделирования достигим при оптимизации капитальных затрат. Этого возможно добиться на этапе прогнозирования профиля добычи углеводородов и определения мощности технологических объектов в ходе обустройства новых месторождений, а также на этапе принятия решения о приобретении актива. Что же касается дефицита

высокопрофессиональных кадров, тормозящего процесс интеллектуализации месторождений, то его можно ликвидировать либо привлечением иностранных специалистов, либо формированием корпоративной (государственной) системы повышения и развития компетенций в области интегрированного моделирования и интегрированных операций. Безусловно, второй путь требует времени и трудозатрат, но при этом он гарантирует достижение результата и обеспечивает благоприятную перспективу реализации долгосрочной стратегии развития нефтегазовой отрасли.

Рустам ВАЛИАХМЕТОВ, начальник отдела проектирования и оптимизации добычи ООО «БашНИПИнефть»:

– Я бы не стал злоупотреблять термином «интеллектуальное месторождение». Дело в том, что любое повышение уровня автоматизации, безо всяких сомнений, способствует росту эффективности добычи нефти, а интеллектуализация процессов в перспективе должна снизить загрузку персонала, вероятность человеческой ошибки и, как следствие, стоимость добычи. Но на сегодняшний день отсутствуют в той или иной степени готовые решения, направленные именно на «интеллектуализацию» процесса добычи. Есть предложения по созданию интегрированных моделей, есть

системы поддержки принятия решений, есть цифровые технологии, охватывающие автоматизацией полный цикл добычи, однако все они неспособны самостоятельно принимать решения, отличающиеся от заданного шаблона. При этом если условно сравнить умное (интеллектуальное) месторождение и цифровое, то нельзя уверенно сказать, какое из них «выиграет». Полная обвязка КИПиА месторождения, находящегося на заключительных стадиях разработки, требует значительных финансовых вложений, а с учетом цен на нефть и импортные комплектующие она не всегда рентабельна. В итоге на сегодняшний день выигрывают те, кто умеет правильно и максимально эффективно использовать и интерпретировать всю доступную информацию.

Если переход на интеллектуальные технологии позволит увеличить нефтеотдачу хотя бы на 20 процентов, то это уже будет поводом к тому, чтобы поскорее внедрить такие инновации, но на практике это пока не подтверждается. На мой взгляд, заявленные независимыми экспертами цифры несколько завышены. В нашей компании проект Smart Field входит в число приоритетных. Надеюсь, что в будущем мы сможем заинтересовать коллег нашей разработкой. Но при этом мы понимаем, что в этом направлении необходимо двигаться небольшими шагами, каждый из которых должен быть эффективным. Наша компания предпочитает именно такую стратегию и вкладывает средства по этому принципу.



Николай ЕРЕМИН, профессор РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, МФТИ, КБТУ, заведующий отделом ИПНГ РАН:

– Нефтегазовый бизнес имеет различные масштабы деятельности: от одной скважины до интегрированной компании. Соответственно, и масштабы внедрения цифровых и интеллектуальных технологий бывают разными: от единичных элементов до полномасштабной линейки всего цикла производства. По степени цифровизации среди нефтяных компаний можно выделить лидеров,

последователей и аутсайдеров. У компаний-лидеров удельные эксплуатационные затраты на извлечение одного барреля нефти не превышают 4 долларов с перспективным трендом их снижения до 1-2 долларов, компании-последователи имеют удельные эксплуатационные затраты от 4 до 15 долларов на баррель, у компаний-аутсайдеров этот показатель превышает 15 долларов. Кроме того, надо учитывать, что нефтяной рынок характеризуется высокой степенью колебания спроса и предложения, влиянием спекулятивной игры крупных игроков на сырьевых

товарных биржах, закрытостью статистической информации об объемах добычи и хранения нефти и газа. Эти факторы приводят к непредсказуемости тенденций спроса и предложения, а также цен на нефть и газ в краткосрочной перспективе. В этих условиях нефтяные компании – лидеры в цифровизации нефтегазового производства являются более устойчивыми к высокой волатильности цен на нефть и газ на мировом сырьевом рынке. В последние годы в РФ и за рубежом велась широкая дискуссия о высокой степени выработанности

запасов легкой нефти и необходимости разработки трудноизвлекаемой нефти, битуминозных песчаников, сланцевой нефти и сланцевого газа. В этой связи стоит отметить следующее: успехи в области цифровизации и интеллектуализации нефтегазового производства в последние пять лет со всей очевидностью показали, что цифровые технологии дают возможность увеличить среднюю нефтеотдачу на месторождениях с легкой нефтью с 30 до 45–50 процентов за счет существенного снижения эксплуатационных издержек и соответствующего прироста запасов.

РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина и ИПНГ РАН занимаются разработкой инновационных технологий, способствующих цифровизации и интеллектуализации нефтегазовых месторождений, начиная с 2000-х годов. Интеллектуальные месторождения позволяют в режиме реального времени обеспечить интегрированные операции, включая выбор оптимального технологического режима добычи нефти. Основная сложность внедрения таких систем состоит в недостаточной степени интегрированности нефтегазового производства в единую си-

стему. Кроме того, сложность задач цифровизации и интеллектуализации многократно возрастает с возрастом месторождения и уровнем его запасов. Мы являемся инициаторами создания проекта Государственной программы разработки интеллектуализации нефтегазовой отрасли. В настоящее время в РФ действуют всего два безлюдных нефтегазовых месторождения, при этом как в России, так и за рубежом все новые морские месторождения вводятся с элементами цифровизации и интеллектуализации.

ОРГАНИЗАТОРЫ СЕМИНАРА

«Оптимизация расходов, минимизация потерь, максимизация добычи»:

интервью с Рустамом КАМАЛОВЫМ,
директором по развитию, группа компаний ITPS



Группа компаний ITPS – один из лидеров в России в сфере информационных технологий, управленческого консалтинга, инжиниринга и системной интеграции для крупных производственных предприятий. Ее деятельность соответствует единой системе менеджмента качества (СМК) и сертифицирована по международному стандарту качества ISO 9001. География деятельности ITPS охватывает Россию, страны СНГ, Средней Азии, Ближнего Востока, Европы, Африки, Южной Америки. Офисы ITPS расположены в Москве, Перми (Россия), Дубае (ОАЭ), Актау (Казахстан), Ташкенте (Узбекистан), Басре (Ирак), Лимасоле (Кипр). Одно из направлений деятельности ITPS – разработка программных продуктов, предназначенных для эффективного управления нефтегазодобычей на основе интегрированных операций. Перспективы внедрения данной технологии в отечественных нефтегазовых компаниях, ее возможности и преимущества корреспондент журнала обсудил с Рустамом Камаловым, директором по развитию, группа компаний ITPS.

■ **Что ITPS вкладывает в понятие «интеллектуальное месторождение»?**

– В мире существует достаточно много определений того, что включает в себя понятие «Интеллектуальное месторождение», также как существует много различных вариаций названий – «Цифровое месторождение», «Интегрированное месторождение», «Умное месторождение», «Интегрированные операции» и др. Мы принимали непосредственное участие в реализации таких проектов, а также уделили много внимания изучению мирового опыта в этой области и в своем видении постарались выделить принципы, на которых базируется концепция «интеллектуальное месторождение».

Одно из строгих определений концепции, наиболее близких нашему видению, мы сформулировали как «комплекс современных технических, технологических и организационных решений для обеспечения взаимодействия всех элементов и субъектов управления производственной деятельностью с

целью непрерывного улучшения показателей ее эффективности».

В качестве фундамента такой концепции мы выделяем модели-ориентированный подход, максимальное использование промисловых данных реального времени, применение средств прогнозной аналитики, интегрированного планирования и совместной работы.

Понимая, что наши клиенты ждут от нас не только общих концептуальных предложений, но и конкретного воплощения такой концепции в производстве, мы предлагаем конкретный набор решений, состав и конфигурация которого зависят от особенностей предприятия – типа разрабатываемого актива, зрелости бизнес-процессов и ИТ-систем компании.

В качестве первоочередных решений мы предлагаем внедрять «Интегрированное моделирование», «Модель ограничений», «Интегрированное планирование», системы сбора данных реального времени диспетчерского и корпоративного уровня, а также создавать в структуре активов Центры интегрированных операций (ЦИО) с инструментами для коллективной работы. Все это сопровождается трансформацией бизнес-процессов, организационной структуры и производственной культуры предприятия. При этом, конечно, набор таких решений гораздо шире – это управление техническим обслуживанием и ремонтами по техническому состоянию, управление знаниями, управление мобильными ресурсами, инструментальные средства контроля за производством, включая оптоволоконные системы измерения, и т. д.

Кроме того, мы видим, что уже сейчас идет очередная волна новых возможностей, которые открывают такие направления, как промышленный интернет вещей (IIoT), облачные сервисы – Software as a Service, Data as a Service, Business Process as a Service. Мы активно участвуем в развитии этих направ-

лений, в том числе находя им применение в рамках концепции интегрированных операций.

■ **Считаете ли вы интеллектуализацию месторождений перспективным направлением с точки зрения оптимизации расходов и увеличения прибыли?**

– Заканчиваются времена, когда низкая себестоимость добычи нефти и газа, а также значительный спрос и высокие цены на энергоносители на мировых рынках позволяли нефтегазовым компаниям получать существенные прибыли при невысоком уровне конкуренции. Дальнейший рост за счет увеличения объемов добычи легкой нефти уже невозможен – новые нефтегазовые проекты все больше уходят на глубоководный шельф и в труднодоступные регионы Крайнего Севера либо связаны с добычей трудноизвлекаемых запасов. При этом развитие смежных отраслей промышленности, в первую очередь цифровой индустрии, открывает нефтегазовым компаниям новые возможности для повышения конкурентоспособности и снижения затрат. Решения, внедряемые в рамках интеллектуализации месторождений, – это пример таких возможностей, реализация которых преследует в качестве основных целей оптимизацию расходов, минимизацию потерь, максимизацию добычи на всем жизненном цикле разработки месторождения.

Те компании, которые не учитывают новых реалий и не пользуются новыми возможностями, оказываются в отступающих. Приведу пример из повседневной жизни: службы такси, которые не применяют современные онлайн-решения, такие как Uber, Yandex.Такси, Gett и так далее, не используют в процессе оказания услуг средства навигации и анализа загруженности трафика, не предоставляют клиентам возможностей безналичной оплаты, очень быстро теряют конкурентные позиции и, как правило, уходят с рынка.

В нефтегазовой индустрии яркими примерами являются крупнейшие компании, которые внедрили модель управления нефтегазодобычей на основе интегрированных операций и уже достигли существенных эффектов. Так, в компании BP в результате применения интегрированных операций прирост дебита нефти и газа составил 2,5–5,5 %, трудозатраты снизились на четверть. Chevron добилась снижения простоев скважин на 5–10 % и уменьшения количества выездов в места их размещения на 30 %. В компании Saudi Aramco такие показатели, как трудозатраты и число выездов, сократились почти на треть.

■ **ITPS занимается разработкой и внедрением инновационных технологий, способствующих интеллектуализации месторождений. Расскажите подробнее о ваших решениях.**

– Группа компаний ITPS как системный интегратор занимается внедрением решений, которые основаны на продуктах, разработанных крупнейшими западными и отечественными вендорами; с другой стороны, мы уже сами выступаем в качестве вендора, разрабатывающего собственные программные продукты.

При этом свои разработки мы основываем на опыте реализации проектов создания «интеллектуальных месторождений» и стараемся искать ниши, не занятые на сегодняшний день крупными производителями и находящиеся на стыке различных производственных и корпоративных систем.

Одна из таких наших разработок – интеграционная платформа AVIST (Asset Visualization Smart Technology). Она интегрируется с используемыми на предприятии инструментами моделирования и различными производственными и корпоративными ИТ-системами, дополняя их функционал интегрированными аналитическими инструментами и средствами

совместной работы. AVIST может стать основным инструментом в работе Центров интегрированных операций, единым окном для работы руководителей и специалистов со специализированными производственными системами. Более подробная информация об AVIST будет представлена в статьях моих коллег.

Еще одно направление, в котором компания имеет значительный опыт и без которого практически невозможна реализация концепции интегрированных операций, – это внедрение MES-систем (Manufacturing Execution System). Так, например, на одном из крупнейших в мире месторождений – Западная Курна-2 в Ираке – ITPS внедрила комплексное MES-решение, включающее в себя базу данных реального времени, систему учета углеводородов, лабораторную информационно-управляющую систему, производственный портал и отчетность, а также систему экологического мониторинга. Это решение стало основой интегрированной системы управления активом. Оно способствует организации совместной работы специалистов различных технических дисциплин, обеспечивает быстрый защищенный доступ к информации в условиях роста объема данных по мере развития актива.

■ Несмотря на распространенность за рубежом «интеллектуальных месторождений» и интегрированных операций, в России они пока не получили широкого распространения. Почему, на ваш взгляд, отечественные компании не готовы внедрять эти технологии?

– Техническая готовность отечественных компаний к внедрению таких технологий, на мой взгляд, достаточно высока. Более того, некоторые из них уже активно реализуют пилотные проекты. Но реализация таких проектов требует существенных инвестиций и, соответственно, пересмотра ин-

вестиционных программ, которые уже в ходе последнего кризиса были значительно урезаны.

Основная сложность, препятствующая выделению таких инвестиций, – это неуверенность заказчиков в достижении тех эффектов, которые обеспечивает внедрение концепции интегрированных операций. При этом положительный пример уже реализованных в зарубежных компаниях проектов не является достаточным основанием для обоснования инвестиций в такие же решения у нас.

■ Готов ли персонал предприятий нефтегазодобывающей отрасли применять новые интеллектуальные технологии? Что, на ваш взгляд, требуется для повышения уровня знаний о новых интеллектуальных продуктах и технологиях?

– Сложно оценивать готовность производственного персонала к внедрению этих технологий. Она зависит от специфики конкретной компании – степени ее открытости, кадровой политики, стратегии инновационного развития, активности участия в отраслевых ассоциациях и конференциях. Мы сегодня видим, что со сменой поколений меняется образ инженера-нефтяника: на место покорителей земных недр приходят предприниматели и оптимизаторы. При этом на темпы проникновения новых технологий оказал негативное влияние выход международных нефтегазовых корпораций из совместных проектов.

Существенную роль в повышении уровня знаний о новых технологиях должны играть отраслевые ассоциации (такие как SPE), компании, предоставляющие высокотехнологичные услуги и решения, а также ведущие отечественные нефтегазовые компании, являющиеся организаторами мероприятий по обмену опытом. Мы много ра-

ботаем над повышением уровня осведомленности и заинтересованности наших клиентов в современных ИТ-решениях. Подтверждением этого стал семинар «Интегрированные операции: инновационный подход к повышению эффективности нефтегазодобычи», организованный в июне группой компаний ITPS и Институтом проблем нефти и газа РАН.

■ Как бы вы обосновали актуальность темы этого семинара? Насколько она интересна представителям компаний нефтегазовой отрасли?

– Выбор темы был обусловлен запросами, получаемыми нами в ходе работы с клиентами, а также общими вызовами, с которыми столкнулась нефтегазовая отрасль. Это падающая добыча на старых месторождениях, низкие цены на энергоносители и, как следствие, необходимость существенного снижения операционных издержек, повышения эффективности бизнеса.

Об интересе к этой теме свидетельствует состав участников семинара – на мероприятие собрались представители многих отечественных компаний нефтегазодобывающей отрасли, а также их вопросы, касающиеся конкретных аспектов рассматриваемых решений.

Более того, проведенный семинар показал, что интерес участников выходит далеко за рамки применения обсуждаемых инновационных решений только на этапе разработки и эксплуатации. Они хотели бы видеть примеры их использования также на этапах проектирования и обустройства месторождений нефти и газа. Мы обязательно учтем это при определении тематик следующих мероприятий, а также постараемся осветить темы, интересующие наших коллег, в рамках нашего участия в партнерских конференциях и публикациях.

УДК 303.094.7:553.98:553.982.2:512.812.8:631.151.6

Повышение эффективности нефтегазодобычи на основе интегрированных операций



С.В. Волков, к.ф.-м.н.
/Группа компаний ITPS
Тел. +7 (495) 660 8181
info@itps-russia.ru/

Рассмотрен подход к управлению предприятиями нефтегазовой отрасли на основе интегрированных операций с использованием отечественной интеграционной платформы AVIST, предназначенной для прогнозирования и комплексной поддержки принятия оперативных производственных решений в добыче нефти и газа на основе средств интегрированного моделирования актива, расчетов потенциала пласта и технологических объектов, интегрированного операционного плана с использованием данных существующих инженерных и промышленных систем.

Ключевые слова: отечественная интеграционная платформа AVIST, интегрированные операции, интегрированная модель месторождения, интегрированное моделирование, интегрированное планирование, интеллектуальное месторождение, поддержка принятия решений.

Нефтегазовые компании прикладывают значительные усилия для сохранения своей конкурентоспособности: они систематично работают над снижением себестоимости добычи углеводородов, сокращением капитальных затрат, осваивают новые технологии и внедряют эффективные инструменты управления.

По оценкам Российской академии наук, в инновационных решениях, позволяющих нефтяникам успешно развиваться в современных условиях, на долю методов увеличения нефтеотдачи и нефтеизвлечения приходится до 70 %; на долю интеллектуальных методов совершенствования производственного управления – до 30 %. Технологический прорыв, который совершила ИТ-отрасль, и активное внедрение в последние годы в нефтяных компаниях систем класса

ERP и MES, АСУ ТП, а также других ИТ- и телекоммуникационных решений создали основу для использования инновационных методов управления производством на основе интегрированных операций.

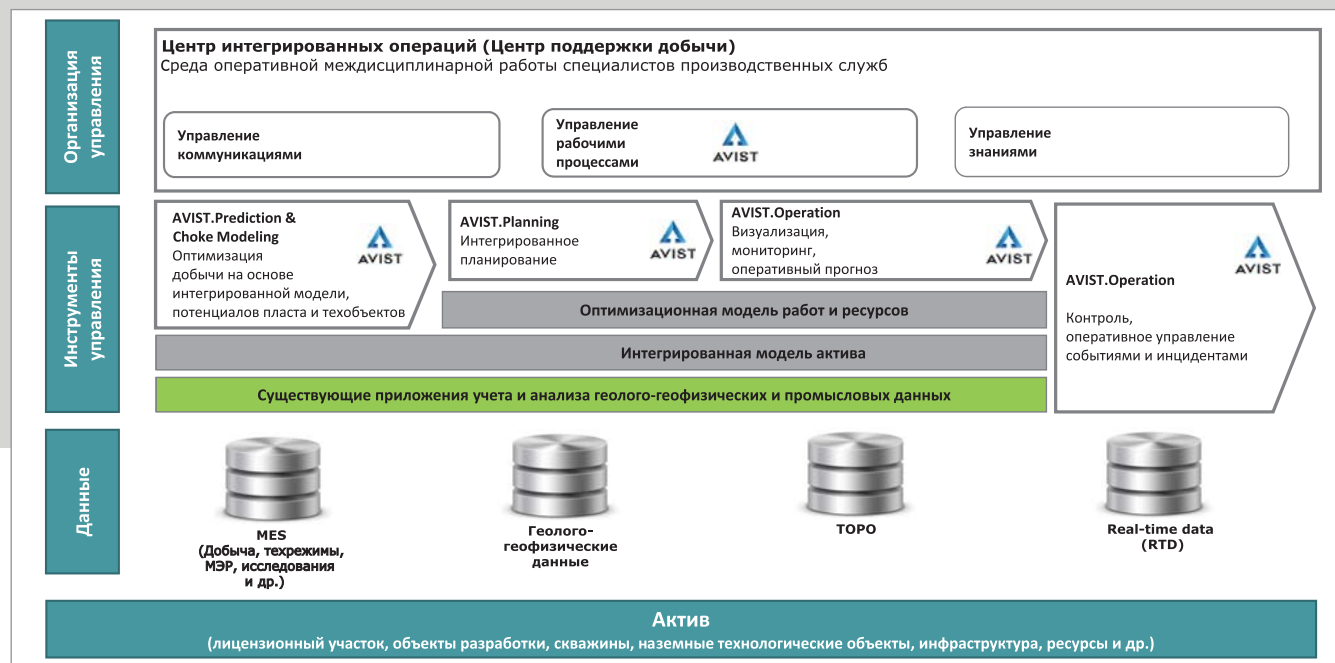
Преимущества интегрированных операций

Применение интегрированных операций предусматривает переход от традиционной (дисциплинарной) парадигмы управления, при которой производственные решения формируются на основе вариантов, предварительно подготовленных различными службами (разработки месторождений, геологической, технологической, механоэнергетической, КИПиА и др.), к интегрированной (междисциплинарной) модели управления производством, при которой производственные решения формируются

группой специалистов с использованием единой информационной базы, что позволяет сократить время принятия решений и повысить их качество.

Ключевым условием для эффективного применения указанной модели является использование системы сбора данных в режиме реального времени (Real Time Data, RTD). Это позволяет оперативно осуществлять сбор промышленных данных, обрабатывать их в режиме реального времени и значительно быстрее получать информацию о возникновении событий на технологических объектах.

Реализация междисциплинарной модели управления и использование данных реального времени создают предпосылки для формирования комплексных производственных решений на основе интегрированных инструментов:



Модель управления нефтегазодобычей на основе интегрированных операций

интегрированной модели актива, интегрированного планирования, модели ограничений технологических объектов и др.

Как реализовать интегрированные операции

Спектр решений, которые могут применяться для реализации концепции интегрированных операций, различен для разных нефтяных компаний и зависит от таких ключевых факторов, как тип актива (продукт добычи, расположение актива, запасы, стадия разработки и т.п.) и его зрелость (ИТ-зрелость, квалификация персонала, уровень корпоративной производственной культуры).

Как правило, интегрированные операции начинают реализовывать с внедрения нескольких обязательных компонентов, среди которых – средства интегрированного моделирования и интегрированного планирования, инструменты обработки, хранения, аналитики промысловых данных в режиме реального времени. Важнейшим компонентом нового подхода к управлению производством является Центр интегрированных операций (ЦИО), где созданы условия для успешной совместной ра-

боты специалистов разных служб (геологов, технологов, механиков и т.д.). ЦИО оснащается решениями для поддержки коммуникаций и управления рабочими процессами, а также базой знаний, которая обеспечивает сохранение и распространение накопленного опыта.

Группа компаний ITPS, опираясь на многолетний успешный опыт работы с предприятиями ТЭК, предлагает методику и программное обеспечение для реализации интегрированных операций – универсальную интеграционную платформу AVIST (Asset Visualization Smart Technology) (см. рисунок). Платформа включает три модуля: AVIST.Prediction & Choke Modeling (Интегрированное моделирование и модель ограничений), AVIST.Planning (Планирование добычи) и AVIST.Operation (Управление событиями и инцидентами), которые могут использоваться как по отдельности, так и в комплексе.

В основе интегрированных операций лежит интеграция промысловых данных об активе, с которыми работают существующие приложения учета и анализа геолого-геофизических и промысловых данных. На базе этих данных

с помощью специализированных программных средств строится интегрированная модель актива, которая объединяет модели пласта, скважин и наземных технологических объектов месторождения. Интегрированная модель позволяет учесть их взаимное влияние, благодаря чему значительно повышается точность прогнозов при планировании и управлении добычей углеводородов, системой ППД и технологическими режимами работы оборудования.

Платформа AVIST позволяет осуществлять подбор оптимальных режимов работы различных типов оборудования, рассчитывать потенциал пласта, скважин, конкретных технологических объектов и резерв объектов относительно потенциала. Это дает возможность своевременно предупреждать технологические ограничения и осложнения, сокращать число нештатных ситуаций, снижать недоборы и потери.

Модуль AVIST.Prediction & Choke Modeling обеспечивает расчет широкого спектра технологических сценариев для решения производственных задач, например подбора ГНО, формирования технологических режимов добывающих сква-

жин и системы сбора, выпадения АСПО и др.

Расчеты профиля добычи нефти и газа в AVIST.Prediction & Choke Modeling по сформированному в модуле AVIST.Planning интегрированному плану позволяют более точно определить накопленную добычу на планируемый период (30- и 90-дневные планы). Интегрированный план создается на основе функциональных планов производственных подразделений, включая планы ГДИ и ТИ, ТКРС, ППР систем наземного оборудования и энергооборудования, планы ввода новых скважин из бурения и др. Ключевой функциональной возможностью модуля AVIST.Planning является оптимизация расписания мероприятий на этапе планирования с определением оптимальных сроков проведения всех мероприятий на активе с учетом ресурсных и временных ограничений, профиля добычи на заданный период. В ходе исполнения интегрированно-

го плана осуществляется его мониторинг и оптимизация расписания текущих и планируемых мероприятий с целью компенсации возникающих потерь.

Инструменты модуля AVIST.Operation, предназначенные для контроля и оперативного управления событиями и инцидентами, используют интегрированную модель, интегрированный план и «умные» правила обработки для фильтрации тысяч сигналов, поступающих в режиме реального времени от объектов актива. AVIST.Operation на основе «умных» правил фильтрации сигналов определяет фактические события, произошедшие на объекте, что позволяет оператору быстро и правильно реагировать на возникающие события. Благодаря такому подходу снижается аварийность и уменьшается потенциальный ущерб при авариях на производственных объектах.

В связи с возможностью автоматизации управления рабочими

процессами и интеграции с ПО других производителей платформа AVIST является оптимальным решением, которое можно использовать в качестве основы для технологического оснащения Центров интегрированных операций.

AVIST – это не только программное обеспечение, но и методологическое сопровождение управления нефтегазодобычей на основе интегрированных операций. Заказчики смогут воспользоваться разработанными в ITPS методиками оптимизации добычи на основе интегрированной модели, управления ограничениями на базе потенциалов, формирования, оптимизации и исполнения интегрированного плана, диспетчеризации и управления событиями.

Программные решения и методология ITPS для реализации интегрированных операций внедрены в нефтяных компаниях в России, странах Средней Азии и уже продемонстрировали свою эффективность.

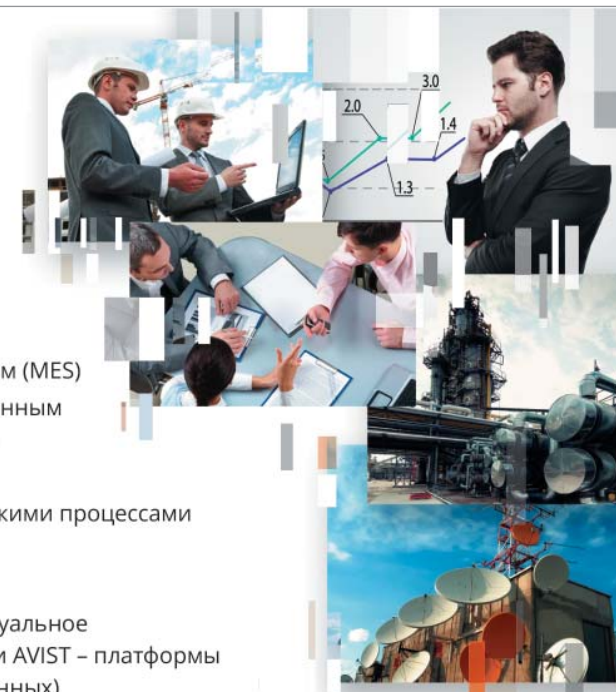


IT Professional Solutions

- Корпоративные системы управления (ERP, BI, SRM)
- Корпоративные системы документооборота (ECM)
- Корпоративные системы управления проектами (EPPM)
- Автоматизированные системы управления производством (MES)
- Интернет-технологии, технологии доступа к информационным системам с мобильных устройств, видеоконференцсвязь
- Системы телекоммуникации и связи
- Автоматизированные системы управления технологическими процессами
- Интеграция систем
- Консалтинг, ИТ-инфраструктура и базовые сервисы ИТ
- Отраслевые решения (комплексное решение «Интеллектуальное месторождение» с применением собственной разработки AVIST – платформы для консолидации и визуализации производственных данных)

Группа компаний ITPS

+ 7 (495) 660 8181 | info@itps-russia.ru
115035, Москва, Овчинниковская наб., 20, стр.1
www.itps.com



УДК 303.094.7:512.816.8:622.276.6:622.279.6:001.891.54

Оптимизация добычи и управление производственными потенциалами на основе интегрированной модели



О.В. Олейников

/Группа компаний ITPS
Тел. +7 (495) 660 8181
info@itps-russia.ru/

Опыт ведущих нефтяных компаний показывает, что внедрение концепции «интеллектуального месторождения», предполагающей интеграцию бизнес-процессов, технологий, персонала, информационных систем, позволяет разрабатывать и эксплуатировать месторождение с максимальной эффективностью: контролировать и анализировать производственные процессы в режиме реального времени, планировать все аспекты производственной деятельности, формировать прогнозы и рекомендации, касающиеся вопросов оптимизации работы добывающего предприятия в целом.

Ключевые слова: отечественная интеграционная платформа AVIST, интегрированное моделирование, интегрированная модель месторождения, интеллектуальное месторождение, управление производственными потенциалами, поддержка принятия решений, управление интегрированной моделью, модель ограничений.

Одной из ключевых компонент концепции «интеллектуального месторождения» являются инструменты интегрированного моделирования. Интегрированные модели месторождения объединяют гидродинамические модели пласта, модели скважин, системы сбора и транспорта, подготовки продукции и при расчете позволяют учесть их взаимное влияние друг на друга, благодаря чему значительно повышается точность прогнозов. На основе интегрированных моделей и с использованием инструментов расчета потенциалов пласта и технологических объектов реализуется планирование разработки месторождения и оптимизация

добычи углеводородов, а также интегрированное планирование деятельности различных функциональных служб. Отечественная универсальная интеграционная платформа AVIST (Asset Visualization Smart Technology), разработанная группой компаний ITPS, объединяет высокоэффективные инструменты интегрированного моделирования в единый комплекс (см. рисунок). Модуль данной платформы AVIST. Prediction & Choke Modeling (Интегрированное моделирование и модель ограничений) содержит специализированные средства для имитационного моделирования работы технологических объектов месторождения, автоматизации

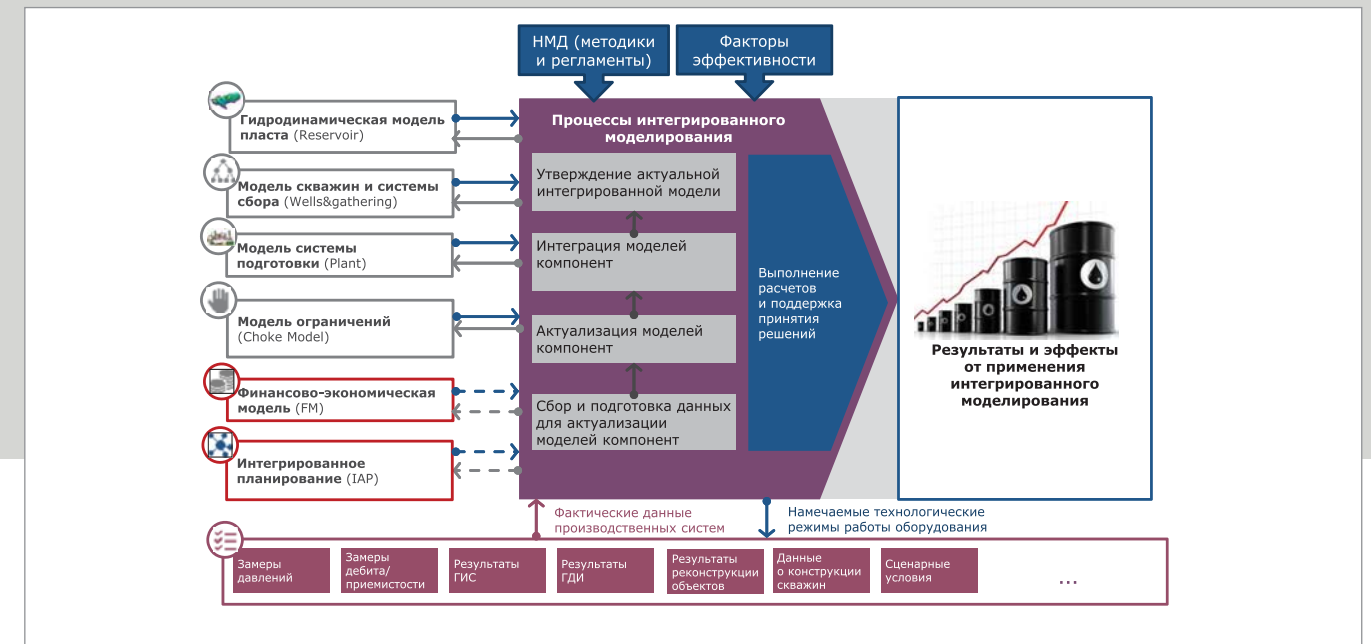


Рис. 1. Концепция AVIST.Prediction & Choke Modeling

расчета прогнозов добычи на различных временных горизонтах, подбора оборудования, вычисления оптимальных диаметров трубопроводов и т. д. Благодаря использованию модели ограничений модуль позволяет анализировать потенциалы в каждом из узлов ограниченной по всей цепочке добычи углеводородов (пласт, скважина, система трубопроводов, система подготовки нефти, сбыт) и на этой основе рассчитывать не только риски недоборов нефти и газа, но и способы их компенсации посредством корректировки технологических режимов работы оборудования или проведения геолого-технических мероприятий, влияющих на добычу.

С помощью AVIST.Prediction & Choke Modeling можно автоматизировать расчеты прогнозных уровней добычи не только на оперативном уровне планирования (сутки, неделя, месяц), но и на среднесрочном (1-5 лет) и стратегическом (на горизонте всего жизненного цикла месторождения).

Модуль позволяет организовать междисциплинарное взаимодействие специалистов в едином информационном пространстве, автоматизировать и стандартизировать рутинные рабочие процессы и про-

цессы имитационного моделирования, обеспечить оперативную актуализацию интегрированных моделей в соответствии с фактическими промысловыми данными (рис. 2).

Назначение модуля AVIST. Prediction & Choke Modeling – обеспечить повышение эффективности операционной деятельности добывающих обществ за счет автоматизации процессов выработки вариантов оптимизации производства. Его применение позволяет правильно рассчитывать режимы работы добывающих и нагнетательных скважин, предупреждать возникновение технологических ограничений и осложнений, ускорять процессы планирования и принятия оперативных производственных решений и, как результат, сократить недоборы и потери нефти. В долгосрочной перспективе использование AVIST содействует повышению КИН за счет более точного управления энергетикой пласта, оптимизации затрат на проведение геолого-технических мероприятий.

Эффекты применения технологии интегрированного моделирования ощутимы даже на зрелых месторождениях, для которых характерно снижение уровня добычи. Так, внедрение решения AVIST для

интегрированного моделирования на одном из нефтяных месторождений с высокой обводненностью и падающей добычей (около 300 скважин, суммарный годовой объем добычи – 800 тыс. т нефти) позволило снизить темпы падения добычи с 15 до 10 % в год и сократить потери нефти. Благодаря выявлению противодействий, устранению узких мест в системе сбора продукции и системе поддержания пластового давления, оптимизации технологических режимов работы скважинного оборудования за три года было дополнительно добыто более 40 тыс. т нефти.

У каждой нефтегазовой компании есть свой уникальный набор уже внедренных промысловых, диспетчерских и других информационных систем, которые необходимо интегрировать. Ситуация осложняется тем, что далеко не все производители ИТ-компонент в своих продуктах придерживаются международных стандартов обмена данными (таких как Energetics, PODS, PPDM и др.). Таким образом, проблема интеграции решений в единое информационное пространство «интеллектуального месторождения» целиком ложится на плечи специалистов нефтегазовых

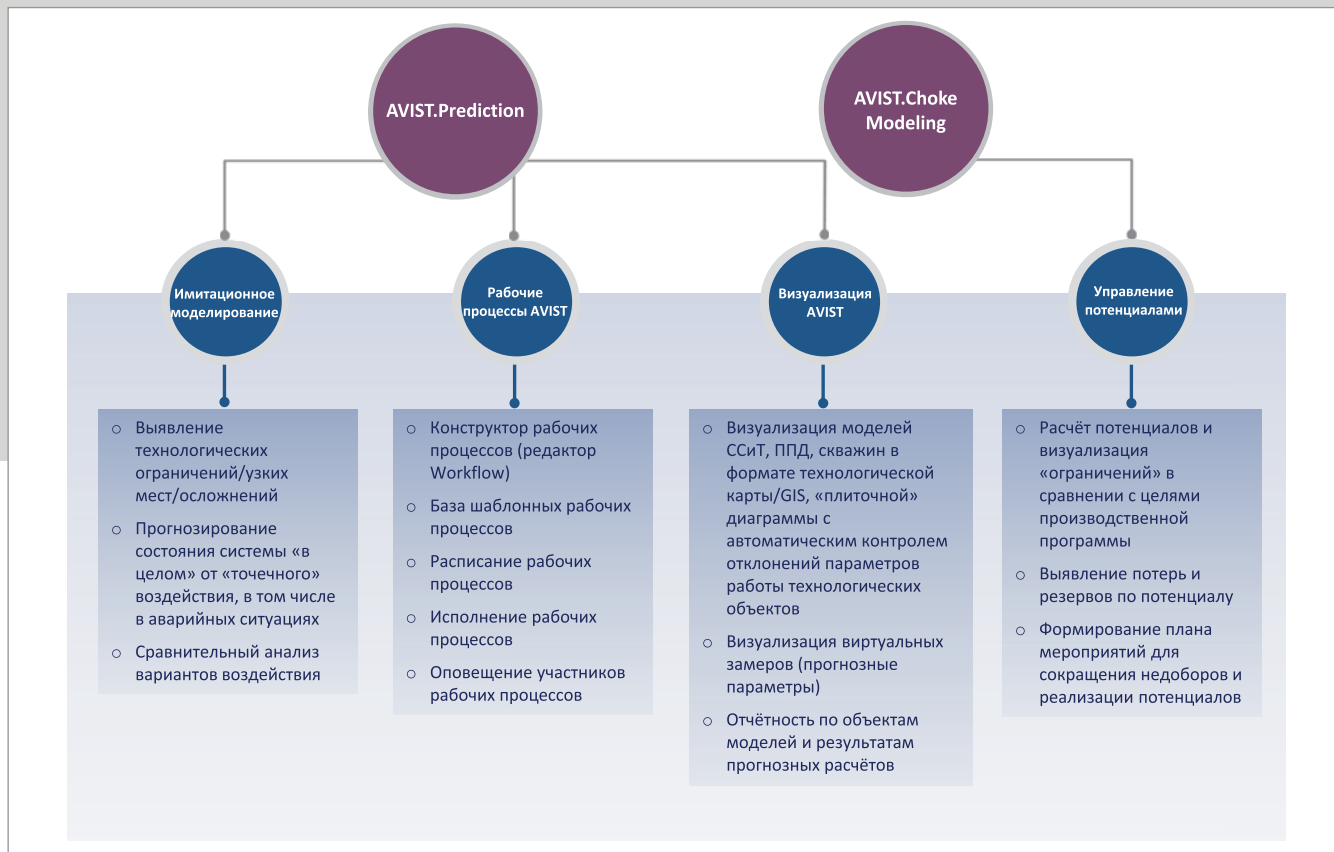


Рис. 2. Функциональные возможности AVIST.Prediction & Choke Modeling

компаний и их подрядчиков. Платформа AVIST интегрируется с решениями различных производителей и может работать одновременно с несколькими средствами моделирования, что позволяет, с одной стороны, сохранить инвестиции, ранее сделанные в дорогостоящее ПО, а с другой стороны, унифицировать и упростить работу специалистов в едином информационном пространстве.

Внедрение интегрированного моделирования в рамках создания «интеллектуального месторождения» – поэтапный проект. Специалисты ITPS оказывают заказчикам полный спектр услуг, связанных с внедрением решений на основе платформы AVIST. На первом этапе проводится предпроектное обследование, разрабатывается концепция применения интегрированного моделирования. Осуществляется поставка, настройка и внедрение программных средств моделирования и интеграционной платформы.

Разрабатывается нормативно-методическая документация по применению средств интегрированного моделирования в операционной деятельности заказчика (регламенты и рабочие инструкции), проводится обучение специалистов заказчика. Затем создаются модели объектов и настраивается процесс их актуализации с применением средств автоматизации. Следующий этап – интеграция моделей элементов производственной цепочки: пласта, скважин, наземной инфраструктуры, системы подготовки. Выполняются сценарные расчеты, анализируются результаты, вырабатываются предложения по оптимизации, после чего система передается заказчику в промышленную эксплуатацию. На этапе эксплуатации осуществляется консультационная поддержка специалистов заказчика по применению средств интегрированного моделирования, а также развитие системы.

AVIST может устанавливаться на оборудовании заказчика путем интеграции с уже внедренными системами или предоставляться как сервис по модели SaaS вместе с недостающим инженерным программным обеспечением, а также с методологической и бизнес-поддержкой. Заказчик может развернуть AVIST в своем облаке или в облаке, предоставляемом ITPS. Облачная платформа имеет ряд преимуществ, в числе которых – более низкая стоимость владения системой как комплексом программно-технических средств (в первую очередь, дорогостоящими инженерными симуляторами), возможность его использования по модели SaaS только для расчетов, что также уменьшает расходы компании. Все пользователи работают с AVIST через обычный веб-браузер по защищенному интернет-протоколу в соответствии с требованиями информационной безопасности.

УДК 553.98:004:552.578.2

Интегрированные информационные технологии для экономической оценки нефтегазовых месторождений



Ю.Г. Богаткина, к.т.н.
ubgt@mail.ru



Н.А. Еремин, д.т.н., проф.
ermn@mail.ru

/РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, ИПНГ РАН, г. Москва/

В последнее время большое внимание уделяется задачам создания компьютерных автоматизированных систем, ориентированных на обработку больших объемов экспертной информации в области технико-экономической оценки месторождений нефти и газа.

С прикладной точки зрения оценка экономической эффективности нефтегазового инвестиционного проекта предполагает построение определенной экономико-математической модели расчета и анализа критериев проекта, основанных на множестве прогнозных технологических показателей по разрабатываемым пластам и месторождению в целом.

Сложность экономико-математического моделирования в проектах разработки месторождений заключается в начальном сборе информации и постоянном ее обновлении, так как каждое месторождение индивидуально и имеет свои геолого-технологические особенности разработки, различные варианты и нормативы капитальных и эксплуатационных затрат, а также налоговые модели. В этой связи целью исследований является вопрос создания и применения интегрированных информационных технологий в области экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов.

Ключевые слова: экономическая система, нефтегазовый инвестиционный проект, интеллектуальная система в недропользовании.

В современных экономических условиях все большую значимость приобретает применение эффективных методов аналитических исследований в области инвестиционной деятельности нефтегазодобывающих предприятий. Главными принципами нефтегазового инвестиционного проектирования, сложившимися в мировой практике, являются экономико-математическое моделирование и прогнозирование потоков продукции и денежных средств с учетом ценовой и налоговой политики государства в нефтегазовой сфере, финансо-

вого состояния предприятия, а также оценка основных экономических показателей по проекту.

С прикладной точки зрения оценка экономической эффективности нефтегазового инвестиционного проекта предполагает построение определенной экономико-математической модели расчета и анализа критериев проекта, основанных на множестве прогнозных технологических показателей по разрабатываемым пластам и месторождению в целом [10, 16, 17, 19, 22, 27, 28].

Методы построения и применения математических моделей

по экономической оценке вариантов разработки месторождений являются самостоятельным научно-практическим направлением, охватывающим широкий спектр вопросов – от подготовки данных до анализа и интерпретации результатов в области нефтегазовой разработки, экономики и прикладной информатики.

Созданная в ИПНГ РАН «Методика комплексной экономической оценки эффективности разработки нефтегазовых месторождений» послужила основой для теоретических и прикладных исследований в области применения математического моделирования и современных интегрированных технологий для экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов [1-4].

Необходимо отметить, что сложность экономико-математического моделирования в проектах разработки месторождений заключается в начальном сборе информации и постоянном ее обновлении, так как каждое месторождение индивидуально и имеет свои геолого-технологические особенности разработки, различные варианты и нормативы капитальных и эксплуатационных затрат, а также налоговые модели. Структура экономических вычислений является иерархической и может меняться в зависимости от степени изученности и разведанности месторождений, а также от возможного изменения объемов и содержания исходной геолого-технологической и экономической информации.

До недавнего времени решение вычислительных задач по оценке нефтегазовых инвестиционных проектов сводилось к процессу создания прикладных расчетных программ на основе подходов, требующих применения определенного языка программирования и наличия высококвалифицированных программистов. Прямой пользователь не имел средств для самостоятельной раз-

работки программ на основе его собственных знаний. В связи с этим рассмотрим интегрированные информационные технологии, которые предполагают выделение из экспертной информации важнейших компонент в виде взаимосвязанных баз знаний (БЗ) и представление их в виде, обеспечивающем в автоматизированном режиме готовность к оперативному использованию экспертами, не знающими программирования.

Интересным является вопрос применения созданной в ИПНГ РАН интеллектуально-логической системы «Граф» (ИЛС), ориентированной на научный потенциал специалистов как в прикладной проблемной области, так и в области инженерии знаний. На практике система может быть применена в экономической сфере с целью проведения инвестиционного проектирования на основании вышеуказанной экономической методики и налоговых моделей нефтегазодобывающих стран, что в период реформирования нефтегазодобывающего сектора России является крайне важным.

Инструментарий интеллектуальной системы «Граф» обеспечивает пользователя интерактивными возможностями ведения диалога, которые устраняют недостатки процедурного программирования, заменяя последнее программированием интеллектуальным. В результате упрощается, ускоряется и существенно удешевляется сам процесс создания программ, причем использование опыта прикладной области при интеллектуальном программировании зависит только от наличия соответствующей базы знаний (БЗ). Совокупность рассматриваемых выше свойств определяют особенности прикладной ИЛС, а решаемые ею задачи можно характеризовать следующими аспектами: числом и сложностью прикладных алгоритмов (правил), их связностью, простотой поиска и количеством активных пользователей, фор-

мирующих предметную область. Большой интерес для данной работы представляют функциональные семантические сети [5-7], а также принципы их применения в ряде интеллектуальных систем. С их помощью представляется возможным моделировать расчетные алгоритмы в виде двудольных графов, содержащих функциональные зависимости между параметрами расчетных моделей.

Синтез семантических моделей представления знаний позволил разработать проблемно-ориентированную БЗ, являющуюся полем возможных решений при выборе алгоритмов расчета основных ТЭП МНГ в интеллектуально-логической системе «Граф».

Основными характеристиками применяемых в системе «Граф» интегрированных информационных технологий являются:

- возможность создания прототипа предполагаемой системы для предварительной оценки ожидаемого результата;

- ускорение процесса проектирования и разработки проблемно-ориентированной системы в целом;

- освобождение разработчиков экономических приложений от рутинной работы программирования;

- поддержание технологии многократного применения объектно-ориентированных компонентов программной разработки.

Функциональные семантические сети в составе системы являются формой представления экспертных знаний для проведения и оценки нефтегазовых инвестиционных проектов. Их можно представить в виде взаимосвязанных семантических графов (подсетей), которые обладают большой выразительностью, и кроме того, с их помощью можно сформировать некоторую исходную базу для дальнейшего накопления знаний эксперта о решаемой задаче.

На рис. 1 показан укрупненный вид функциональной семантиче-

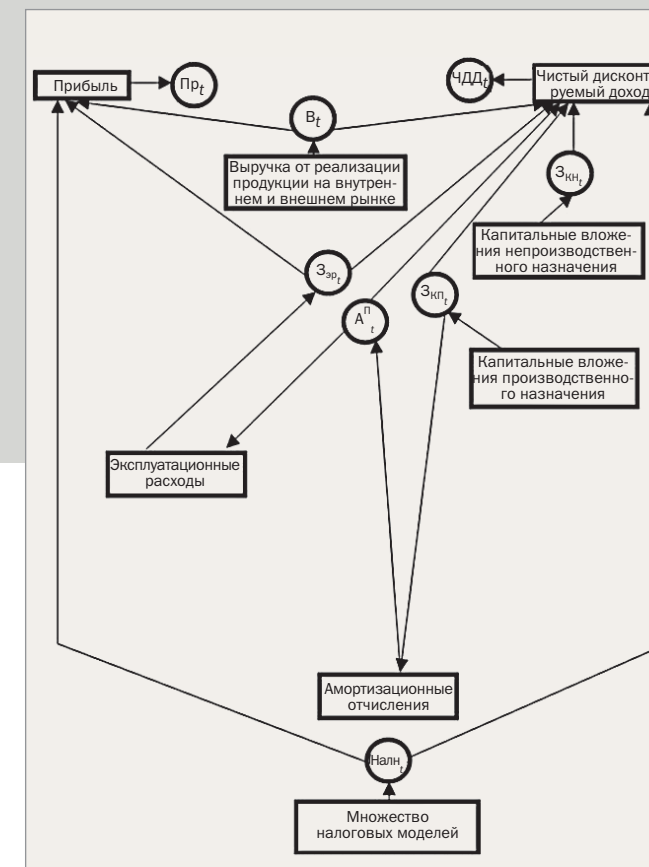


Рис. 1. Укрупненный вид семантической базы знаний

Типы структурных связей		
Тип перехода	Графическое представление	Условное обозначение
Простое копирование информации		$T(X, Y)$
Объединение с использованием формулы		$J(X_1, X_2, \dots, X_n, Y)$
Объединение с использованием процедуры		$Y(X_1, X_2, \dots, X_n, Y)$

ской сети. Структура сети состоит из множества взаимосвязанных компонентов, укрупненно показанных на рисунке в виде отдельных блоков. Каждый блок соответствует определенному классу, включающему множества семантических подсетей. При этом подсети содержат возможные варианты расчета экономического показателя, указанного в блоке.

Типы элементарных ориентированных связей, применяемых при моделировании функциональной семантической сети, показаны в табл. 1.

Дадим схематичный вид диалогового интерфейса ИЛС «Граф» (рис. 2).

Диалоговый интерфейс позволяет собирать, обрабатывать, хранить, анализировать и интерпретировать информацию об инвестиционном проекте с целью его экономической оценки. Через интерфейс осуществляется доступ к входной (рис. 3, 4) и выходной ин-

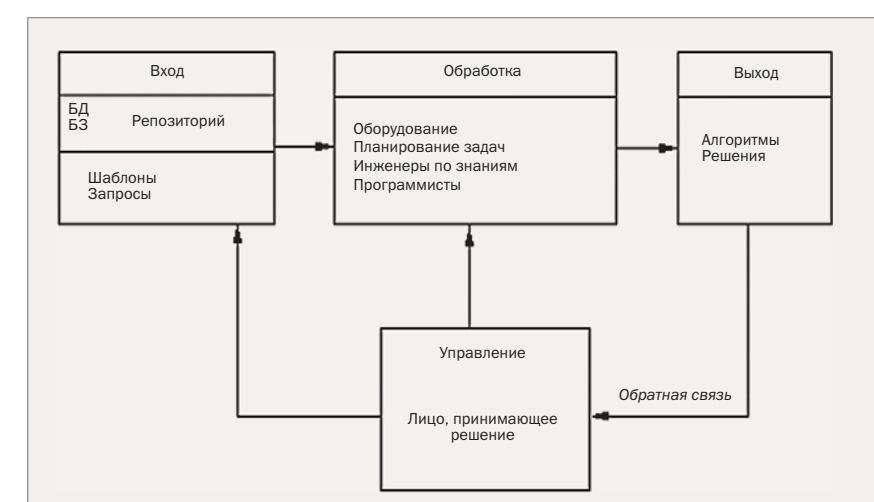


Рис. 2. Диалоговый интерфейс ИЛС «Граф»

формации (рис. 5) в виде отчетных форм и графических зависимостей. Обработанная ИЛС информация в наглядной форме посылается пользователю-эксперту (лицу или лицам, принимающим решения) через посредничество инженера по знаниям. В системе существует механизм обратной связи, ко-

торый контролируется экспертом, инженером по знаниям и программистом. Итерационный процесс принятия решений по инвестиционному проекту приводит пользователей системы к оптимальным и согласованным решениям на основании заложенных в систему экономических моделей.

По способу формирования решения ИЛС относится к классу аналитических систем, предполагающих выбор решений из множества известных альтернатив. При этом задается, что в процессе поиска решения последовательность формируемых ситуаций (алгоритмов) не оборвется до получения решения. По способу учета временного признака система решает задачи при изменяемых в процессе решения данных и знаниях с целью пересмотра полученных ранее результатов.

Структура рабочих БД включает технологическую информацию по следующим показателям (см рис. 3):

- ввод скважин из бурения по годам – добывающих (вертикальных, наклонно направленных, горизонтальных), нагнетательных, разведочных, резервных, газо-нагнетательных;
 - годовой фонд скважин – добывающих, нагнетательных;
 - годовые показатели закачки рабочего агента (воды, газа, водогазовых смесей, полимера и др.);
 - годовая добыча углеводородного сырья – нефти, попутного и природного газа, жидкости, газоконденсата.
- Экономические удельные нормы затрат формируются по основным направлениям (см. рис. 4):
- Удельные нормативы капитальных затрат на геологоразведку, бурение скважин, обустройство; оборудование, не входящие в сметы строок для буровых организаций, предприятий нефтедобычи и прочих организаций; капитальные вложения непроизводственного назначения в охрану окружающей среды.
 - Удельные нормативы эксплуатационных расходов условно-постоянных и условно-переменных и нормы амортизационных отчислений на реновацию.
 - Нормы налоговых платежей в составе эксплуатационных расходов и цены.

Рис. 3. Шаблон с исходной технологической информацией

ИСХОДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ		
Название месторождения		
Таблица 2		
Название показателя		
1	2	3
Для расчета капитальных вложений		
1. Стоимость бурения вертикальной добывающей скв., тыс. руб/скв.	HV1	70217,00
2. Стоимость бурения наклонной добывающей скв., тыс. руб/скв.	HV2	0,00
3. Стоимость бурения горизонтальной добывающей скв., тыс. руб/скв.	HV3	
4. Стоимость бурения нагнетательной скв., тыс. руб/скв.	HN	44360,00
5. Стоимость бурения разведочной (резервной) скв., тыс. руб/скв.	HBR	70217,00
6. Стоимость бурения газонагнетательной скв., тыс. руб/скв.	HBRG	0,00
7. Расходы на сейсморазведку, тыс. руб.	HSS	0,00
9. Норматив затрат в оборудовании фонтанных скважины под эксплуатацию, тыс. руб/скв.	HFS	2110,04
10. Норматив затрат в оборудовании насосных скважины под эксплуатацию, тыс. руб/скв.	HNS	
11. Норматив затрат в оборудовании газлифтных скважины под эксплуатацию, тыс. руб/скв.	HGS	
12. Норматив затрат в компл сбора и трансп. нефти и газа, тыс. руб/скв.	HST	10872,52
13. Норматив затрат на подготовку нефти, тыс. руб/т.		
20	HP	4725,11
14. Норматив затрат на очистку сточных вод, руб/т	HSV	
15. Норматив затрат на закачку воды, тыс. руб/скв.	HZ	4005,62
16. Норматив затрат на закачку воды и газа в пласт, руб/м3	HZG	0,00
17. Норматив затрат на закачку горячей воды, руб/т	HZV	0,00
18. Норматив затрат на закачку пара, руб/м3	HZP	0,00
19. Норматив затрат на закачку щелочи, руб/т	HZS	0,00
20. Норматив затрат на закачку полимера или ПАВ, тыс. руб/скв.наг.	HZPL	0,00
21. Норматив затрат на закачку CO2, руб/м3.	HZDR	0,00

Рис. 4. Шаблон с исходной экономической информацией

Рис. 5. Шаблон с расчетной выходной информацией

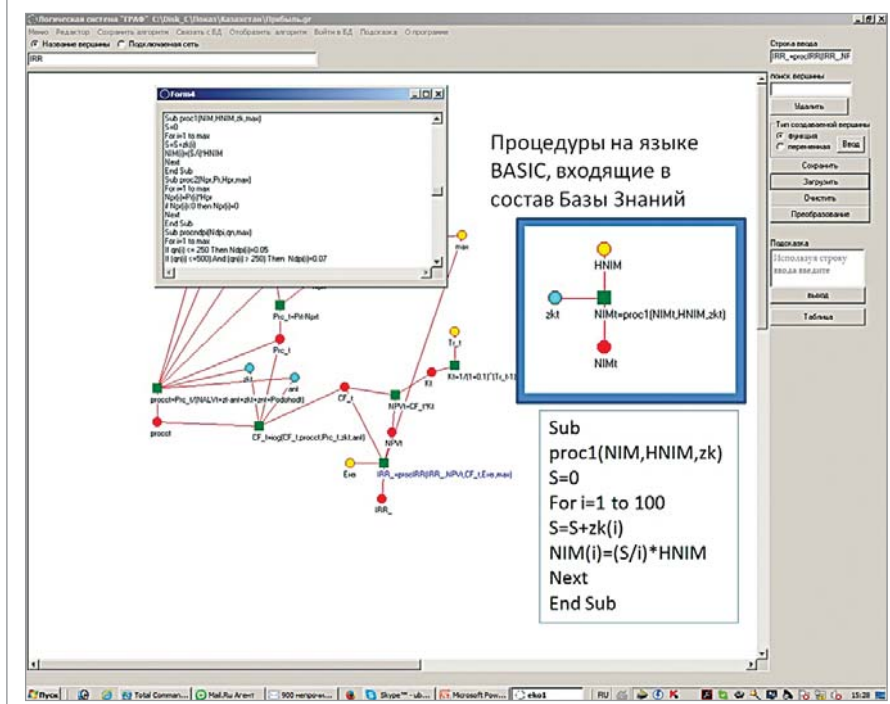


Рис. 6. Пример процедуры, входящей в состав БЗ

ИЛС «Граф» работает в двух режимах: приобретение знаний и решение расчетных задач. В режиме приобретения знаний общение с ИЛС осуществляют эксперт-экономист и эксперт-технолог через посредничество инженера по знаниям. Эксперты описывают проблемную область, под которой понимается методика расчета основных технико-экономических показателей по вариантам разработки месторождений [1].

Эксперт-прикладник предоставляет необходимую информацию в виде совокупности данных (анкет-шаблонов) и аналитических формул. Отметим, что если требуется подключить вершину-отношение, включающую математическую функцию или нелинейный алгоритм, то ИЛС «Граф» обращается к специализированной библиотеке математических модулей.

Наличие исходных данных переводит семантическую сеть из состояния экстенционала в состояние интенционала, то есть происходит заполнение терминальных вершин данными из БД с их характеристикой (скаляр, вектор) и значениями. Планировщик вычислений (кроссовер) определяет механизмы управления данными и знаниями, характерными для рассматриваемой предметной области. Эксперт, используя подсистему приобретения знаний, в виде интеллектуального интерфейса наполняет систему знаниями, которые позволяют ИЛС «Граф» в режиме интерпретации сети самостоятельно (без эксперта) решать задачи синтеза расчетного экономического алгоритма предметной области (рис. 6).

С помощью интерактивного интерфейса осуществляется обращение к подсистемам ИЛС «Граф». При этом подается команда (запрос) на построение расчетного алгоритма. Эта информация принимается планировщиком вычислений и анализируется. Далее формируется фрейм-задание,

которое включает искомые технологические и экономические показатели, указанные в запросе, и набор имен исходных переменных. На следующем шаге планировщик обращается к БЗ, в которой хранятся модели вычислений технико-экономических показателей, и выбирает те из них, которые необходимы для решения задачи. При этом автоматически формируется алгоритм,

который содержит имена исходных переменных и расчетный модуль. Алгоритм сохраняется в библиотеке расчетных модулей. На следующем шаге планировщик вычислений передает управление подсистеме проведения расчетов, которая на основе OLE-технологии (Object Link Engine) загружает из библиотеки расчетных модулей сгенерированную планировщиком вычислений программу в си-

стему электронных таблиц Excel и производит расчет.

В заключение отметим, что система применялась для проведения технико-экономической оценки нефтяных месторождений Сирии, Ирака, Алжира, месторождений Тимано-Печорского округа, Ханты-Мансийского автономного округа, Ненецкого автономного округа, Азова, Оренбурга и Нижневартовска [6-9, 11-15, 18, 20, 21, 23-26].



УДК 553.98:575.834:621.43.032.8:007

Промышленный интернет вещей (IIoT) от компании Cisco как основа интегрированных операций для нефтегазовой отрасли

Литература

1. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Комплексная экономическая оценка месторождений углеводородного сырья в инвестиционных проектах. – М.: Наука, 2006. – 134 с.
2. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А. Инженерия знаний в логической системе «ГРАФ» // ВНИИОЭНГ. Журнал «Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности». – 2010. – № 2. – С. 30-33.
3. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А. Применение теории искусственного интеллекта для оценки нефтегазовых инвестиционных проектов // ВНИИОЭНГ. Журнал «Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности». – 2010. – № 7. – С. 2-6.
4. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А., Еремин Н.А. Применение информационных технологий для экономической оценки нефтегазовых инвестиционных проектов. – М.: Макс-Пресс, 2016. – 148 с.
5. Поспелов Г.С. Системный анализ и искусственный интеллект. – М.: МВЦ АН СССР, 1980. – 200 с.
6. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988. – 280 с.
7. Романов В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике: учеб. пособие / Под ред. Н.П. Тихомирова. – М.: Экзамен, 2003. – 496 с.
8. Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Сравнение моделей налогообложения Казахстана и России на примере экономической оценки Мусюршорского месторождения // Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. – 2016. – Вып. 1(13) http://oilgasjournal.ru/vol_13/bogatkina.pdf
9. Сарданашвили О.Н., Богаткина Ю.Г., Терещенко П.Г., Еремин Н.А. Обоснование новых технологий освоения месторождений на акваториях Азовского моря // Тр. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2016. – № 2/283. – С. 48-58.
10. Богаткина Ю.Г., Бочкарева Т.Ю., Панарин А.Т., Еремин Н.А. Об одном способе оценки эффективности разработки крупных нефтяных месторождений // Проблемы комплексного освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и природных битумов (добыча и переработка): Тр. междунар. конф. – Казань, 4-8 окт. 1994.
11. Богаткина Ю.Г., Бочкарева Т.Ю., Панарин А.Т., Еремин Н.А. О методе системной оценки эффективности разработки крупных нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. – 1995. – № 1-2. – С. 52-55.
12. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А., Овчаров Л.А., Еремин Н.А. Интеллектуальный графический интерфейс для моделирования вычислений технико-экономических показателей вариантов разработки нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство. – 1998. – № 4. – С. 60-62.
13. Богаткина Ю.Г., Лындин В.Н., Еремин Н.А. Особенности экономической оценки газоконденсатных месторождений Алжира на условиях СРП // Нефть, газ и бизнес. – 2002. – № 5. – С. 23-24.
14. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономическая оценка месторождений Среднего Востока по модели ВУ ВАСК // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 7. – С. 74-75.

15. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономическая оценка остаточных запасов нефти и газа одного из месторождений Сирии // Нефтяное хозяйство. – 2005. – № 4. – С. 14-15.
16. Пономарева И.А., Еремин Н.А. Геолого-экономическая методология комплексной оценки ресурсов и запасов в инвестиционных проектах // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 8. – С. 22-24.
17. Пономарева И.А., Еремин Н.А. Влияние отраслевого законодательства на коэффициент нефтеотдачи при освоении месторождений // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2009. – № 11. – С. 8-10.
18. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Поисковый алгоритм в автоматизированной системе технико-экономической оценки месторождений нефти и газа // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 105-108.
19. Пономарева И.А., Еремин Н.А. Альтернативный подход и экономическая концепция классификации ресурсов и запасов нефти и газа в рыночных условиях (в порядке обсуждения) // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 2-3.
20. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономико-методическое моделирование разработки нефтегазовых месторождений. – М.: Наука, 2010. – 112 с.: ил. ISBN: 978-5-02-036975-7
21. Пономарева И.А., Еремин Н.А. Совершенствование классификации запасов и ресурсов в условиях международного нефтяного бизнеса // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 60-63.
22. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Применение теории нечетких множеств для оценки риска нефтегазовых инвестиционных проектов на условиях СРП // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 9. – С. 78-80.
23. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономические положения по оценке эффективности нефтегазовых инвестиционных проектов // Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России: Сб. тр. X Всеросс. науч.-техн. конф. Москва, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 10-12 февр. 2014.
24. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Применение теории нечетких множеств // Научно-техническая конференция, посвященная 25-летию ИПНГ РАН. – М., 2014.
25. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Многокритериальная оптимизация варианта разработки месторождения в инвестиционном проекте // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 8. – С. 106-109.
26. Богаткина Ю.Г., Лындин В.Н., Еремин Н.А. О проблемах налогообложения независимых нефтяных компаний в России // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2015. – № 2. – С. 28-31.
27. Пономарева И.А., Богаткина Ю.Г., Еремин Н.А. Экономико-математическая оценка нефтегазового месторождения методом реальных опционов с применением факторов риска // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 12-14.
28. Богаткина Ю.Г., Лындин В.Н., Еремин Н.А. Проблемы разработки месторождений шельфа и методология их технико-экономической оценки // Нефть, газ и бизнес. – 2015. – № 11. – С. 37-40.

И.В. Гиркин
iggirkin@cisco.com
А.А. Гречин
angrechi@cisco.com
ООО «Сиско Солюшнз», г. Москва
Тел. +7 (495) 961 14 10/

Рассмотрены преимущества технологии IIoT (промышленный интернет вещей) применительно к интегрированным операциям в нефтегазовой отрасли и ее основополагающие элементы: конвергенция, кибербезопасность, новый подход к приложениям. Представлены разработки компании Cisco для нефтегазовой отрасли: интеллектуальное месторождение, умный трубопровод, промышленная кибербезопасность, умный завод; проанализированы результаты их применения.

Ключевые слова: промышленный интернет вещей (IIoT), телекоммуникационное оборудование, экономическая эффективность, интегрированные операции, беспроводные технологии, Wi-Fi, системы безопасности, акустические сигналы, DAS-технология, конвергенция, кибербезопасность, облако, «туманные» вычисления, fog-компьютинг, детерминированный Ethernet, интеллектуальное месторождение, умный трубопровод, умный завод.

Век компьютерных технологий большое значение приобрело телекоммуникационное оборудование – то есть устройства, обеспечивающие передачу информации между различными источниками и потребителями и предоставляющие при этом необходимое качество сервиса и безопасность. Одной из крупнейших в мире компаний, специализирующихся на сетевом оборудовании, является международная компания Cisco. Разработки Cisco обеспечивают безопасные подключения, помогая воспользоваться преимуществами цифровых технологий будущего уже сегодня. Обладая широким ассортиментом продуктов (с 1993 года Cisco приобрела более 170 компаний), Cisco занимает лидирующие позиции в

ключевых сегментах рынка: первое место по объему продаж в области маршрутизации и коммутации, систем видеоприсутствия (TelePresence), беспроводных сетей, голосовых технологий, web-конференций, сетей хранения данных и защиты информации. А в сегменте x86 блейд-серверов, где Cisco работает всего лишь седьмой год, компании уже принадлежит второе место в мире.

Российское представительство Cisco открылось в Москве в 1995 г. Компания ведет активную деятельность в ключевых регионах России. В 2011 году в Сколково начал работать R&D-центр компании.

Одно из направлений работы компании – практическое применение продуктов и технологий Cisco в нефтегазовой отрасли,

наиболее восприимчивой к нововведениям. При этом акцент делается на анализе и оценке экономической эффективности решений, что позволяет убедительно обосновывать актуальность их применения.

Основой разработок Cisco для нефтегазовой отрасли служит Интернет вещей (Internet of Things, IoT) – концепция вычислительной сети физических предметов, оснащенных встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой. За счет повсеместного распространения беспроводных сетей, облачных вычислений, технологий межмашинного взаимодействия и т. д. теоретическое и практическое наполнение технологии IoT стало устойчивой тенденцией в сфере ИТ.

Распространение IoT обусловлено ростом аналитических и облачных вычислений, повышением взаимосвязанности машин и персональных смарт-устройств, распространением приложений, связывающих цепочки поставок, партнеров и заказчиков. Что же касается нефтегазовых компаний, то их устойчивый интерес к технологии IoT в первую очередь связан с ее способностью перестроить многие производственные процессы путем исключения из них необходимости участия человека, а также с возможностью использования специального оборудования, беспроводных технологий и систем безопасности. Все это дает значительную экономию, повышение производительности труда, сокращение стоимости эксплуатации оборудования, улучшение условий охраны труда персонала и экологическую безопасность. Иными словами, за счет использования IoT добыча и переработка нефти и газа становятся менее затратными (рис. 1).

Среди результатов, достигнутых благодаря применению разработок компании в сфере IoT, – такие, как сокращение плановых ремонтных работ на четыре дня. Это зна-

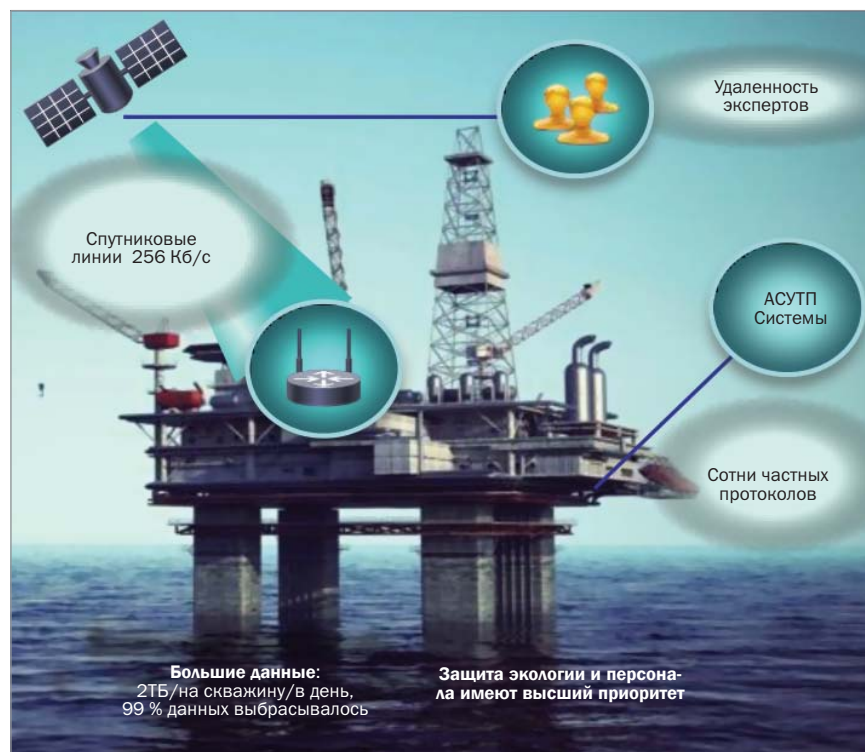


Рис. 1. Новые вызовы и задачи

чимая цифра, так как на крупном предприятии один день простоя может привести к недополучению более 60 миллионов рублей. Сокращение затрат на техническое обслуживание достигает 10% – в условиях устаревания инфраструктуры такой показатель тоже очень важен. Новые технологии обнаружения врезок и утечек на трубопроводах характеризуются более высокой скоростью и точностью – обнаружение возможно за одну минуту с точностью до метра. Одна из таких технологий использует оптическое волокно и специальный распределенный акустический DAS-сенсор. Эта высокочувствительная система позволяет «прослушивать» трубопровод: регистрировать акустические колебания вокруг кабеля, вызываемые действиями злоумышленников, и передавать их на пульт приема вместе с координатами места, в котором зарегистрированы эти колебания.

Распознавание акустических сигналов осуществляется автоматически. В системе есть соответ-

ствующие паттерны, которые способны их дифференцировать. Таким образом, система формирует представление о характере вмешательства: идет ли речь о работе большегрузного транспорта, бригады землекопов или только о намерении осуществить несанкционированную врезку (такое подозрение возникает в том случае, если в непосредственной близости от трубопровода зафиксированы шаги). В настоящее время предпринимаются попытки синхронизировать эту информацию с наблюдениями летательных аппаратов, чтобы иметь возможность получить реальную картину происходящего и предотвратить инцидент до того, как до места происшествия доберутся представители службы безопасности.

Впрочем, возможности DAS-технологии не ограничиваются лишь предотвращением вторжений. Она применима и для диагностики погрешностей конструкции трубопроводов – например когда перепад высот при определенном давлении внутри трубы вызывает

вибрацию, и для мониторинга сейсмике.

DAS-технология приобретает колоссальное значение в нефтегазовой отрасли, и не только в области защиты трубопроводов. Существует несколько проектов мониторинга ствола скважины, выполняемого с помощью оптоволоконного кабеля. Это дает возможность слышать каждый сегмент ствола и получать в реальном времени информацию о том, какая его часть работает более эффективно, где поступает вода, а где нефть. В результате аналитических расчетов геологи получают представление о работоспособности ствола. В этом случае его ремонт можно осуществлять своевременно и более качественно, что дает огромную экономию средств. Кроме того, акустическая технология позволяет прогнозировать развитие ситуации в стволе.

Рассмотрим основополагающие элементы технологии IoT.

■ Конвергенция, или стандартизация, – то есть перевод систем ИТ, технологических и иных на единую платформу передачи и обработки информации, что позволяет упростить систему и сделать ее более открытой, устранить избыточное дублирование. Cisco активно продвигает эту идею – проводит обучение специалистов, разрабатывает соответствующие системы. Результаты их тестирования и валидирования дают уверенность в правильности такого подхода, в том, что он эффективен и дает возможность строить надежные инфраструктуры.

В своих разработках компания Cisco использует для связи детерминированный Ethernet – это основное требование для критически важных систем. Обычная сеть Ethernet не обладает такими свойствами, как детерминизм и стабильность электрических характеристик; иными словами, гарантия своевременной доставки в традиционном Ethernet отсутствует. Детерминированный Ethernet дает

гарантию передачи и доставки информации в определенный промежуток времени.

■ Кибербезопасность и физическая безопасность (рис. 2). Раньше вопросы кибербезопасности решались соответствующими службами, но теперь назрело понимание того, что ими необходимо заниматься на уровне генерального руководства компаний, так как речь идет о серьезных экономических рисках. Исторически вопросы кибербезопасности решались построением системы периметральной защиты (межсетевых экранов, систем обнаружения вторжений и т. п.). Сегодня, когда защита от внешних атак стала практически совершенной, более актуально направление защиты от атак изнутри. А существует ли средство мониторинга этой опасности? Обычно в нефтегазовых компаниях реальную информацию дает аудит, но проводится он крайне редко, а эффективной защиты от внутренних угроз вообще не существует. Cisco готова предложить решение этой задачи. Один из значимых результатов в этой области достигнут в работе с компанией Shell.

■ Новый подход к приложениям. Современные подходы ИТ к построению распределенных систем предусматривают использование частного облака и клиентов (устройств), однако при этом на реальном промышленном производстве каналы связи не всегда способны пропустить необходимый объем информации за приемлемое время. Создание же новых каналов с более высокой пропускной способностью – решение дорогостоящее и не всегда технически осуществимое. Cisco предлагает иной путь, названный fog computing (англ. «туманные вычисления»). Этот подход предполагает деление облака на два уровня: верхний является частным облаком в его традиционном понимании, а нижний играет роль связующего звена между верхним уровнем и клиентами. Он состоит из отдельных элементов, каждый из которых работает со

своим клиентом. Элементы облака нижнего уровня берут на себя часть вычислений и отсылают «наверх» лишь некоторые общие данные (метаданные); подробную информацию они хранят у себя. Таким образом удается уменьшить объем передаваемых данных, снизить требования к каналам их передачи, а также связанные с этим затраты. Многие решения элементы нижнего уровня могут принимать самостоятельно, без участия основного облака – системы более громоздкой и загруженной, что дает ощутимый выигрыш в быстродействии.

Например, на удаленных морских платформах со спутниковым каналом связи в 256 Кбит/с применяется следующая схема: со всех дочерних платформ и трубопроводов информация сводится на агрегирующие платформы, на которых размещаются вычислительные ресурсы для туманных вычислений, а потом с агрегирующих платформ информация стягивается в частное облако.

Данный подход уже нашел отклик на рынке, и особенно в нефтегазовой отрасли, где приходится обрабатывать и анализировать огромное количество данных, получаемых на географически распределенных системах. К примеру, DAS-технология в рамках мониторинга ствола скважины производит порядка 2 Тбайт информации в день только по одному стволу. Для обработки такого количества информации используются туманные вычисления со сложной процессорной системой. Если у инженера или геолога возникает потребность увидеть картинку в более высоком разрешении, то он может запросить данные по тому или иному сегменту.

Основываясь на перечисленных элементах технологии, Cisco предлагает следующие решения для нефтегазовой отрасли.

■ Интеллектуальное местоорождение. Это решение предполагает совершенствование операционной деятельности (удаленные

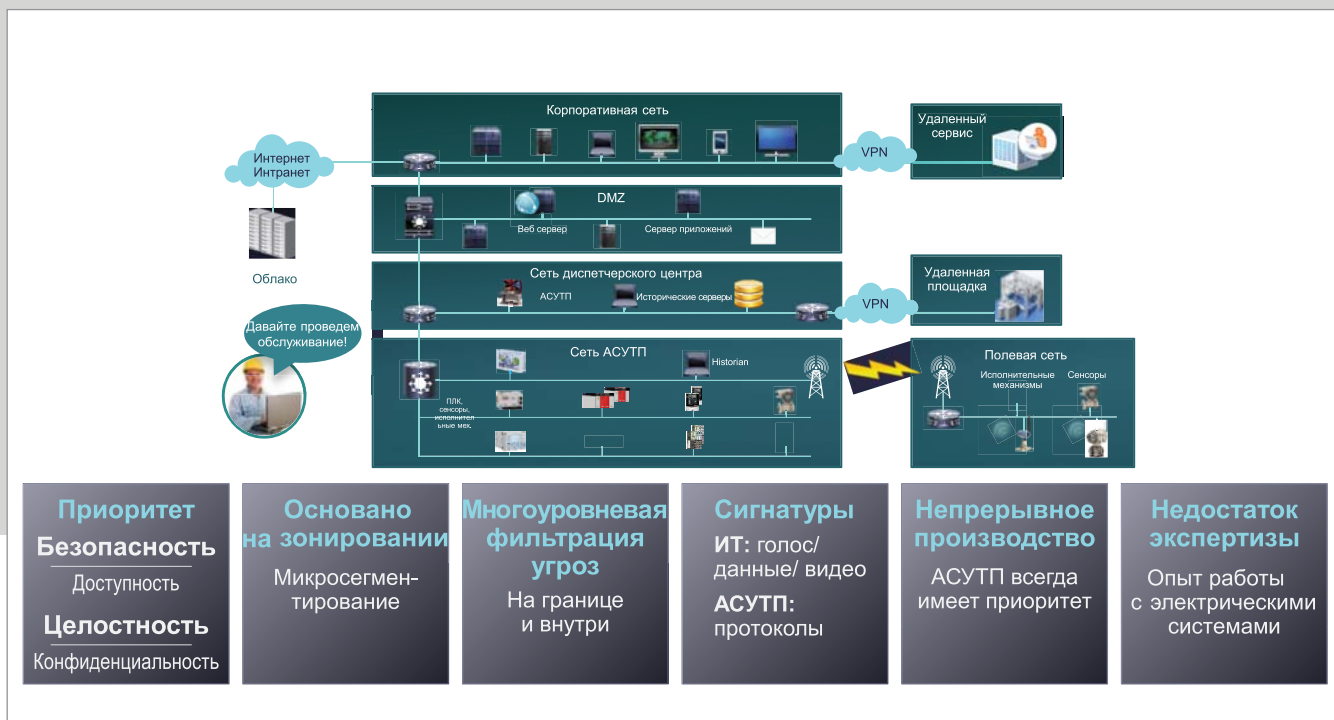


Рис. 2. Безопасность АСУТП

операции), повышение безопасности персонала и целостное использование активов, что способствует предупреждению опасностей и ускорению принятия решений в режиме реального времени.

■ Умный трубопровод. Обеспечение целостности и отказоустойчивости трубопроводов, предупреждение и оперативное обнаружение протечек и врезок, которые могут иметь как экономические, так и экологические последствия, а также создавать угрозу безопасности трубопроводов.

■ Промышленная кибербезопасность. Информационная безопасность и управление рисками позволяют энергетическим предприятиям противостоять новым угрозам, в частности в области управления технологическими процессами. Осознавая высокий уровень угроз, компании готовы делиться информацией о наработках в области кибербезопасности; в частности, эта тема постоянно присутствует на заседаниях клуба нефтегазовых лидеров.

■ Умный завод. Это внедрение беспроводных технологий, позво-

ляющих при необходимости сравнительно быстро и дешево расширять систему (что особенно актуально на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки). В настоящее время значительная часть рабочего времени (по неофициальной статистике – 82 %) уходит на заполнение отчетов, получение разрешений, перемещение персонала по территории, различные согласования и так далее, и лишь 18 % затрачивается на выполнение основных функций компании. Технология «умный завод» обеспечивает сокращение внеплановых простоев и направлена на повышение продуктивности труда как минимум в два раза для определенных сценариев.

Практический опыт применения решений, разработанных компанией Cisco, насчитывает уже целый ряд успешных мероприятий. Так, на протяжении двух лет в тесном сотрудничестве с ИОС и ЕРС реализуется современный подход к дизайну комплексных систем на одном из месторождений Северного моря, открытом норвежскими компаниями. Упрощение инфраструктуры, осуществленное в целях максимального аппаратного

сжатия, дало уменьшение количества сетей с 37 до трех и соответственно массовое высвобождение кабеля – 30 т по весу и 43 м³ по объему. Такая экономия весьма значима для условий плавучей платформы, имеющей строгие ограничения по нагрузке и свободному пространству. Новая для нефтегазовой отрасли модель интеграции способствовала существенному повышению надежности инфраструктуры, а также открыла перспективы расширения функционала за счет установки новых устройств. Первая часть этого интереснейшего проекта, заслуживающего эпитета «платформа будущего», уже запущена, работа над ним продолжается.

На одном из месторождений США в 2015 году была решена задача удаленного мониторинга скважин и управления МУН актива. Исходная проблематика на этом объекте была типичной: подземная структура пластов такова, что повышение давления в одном секторе вызывает его снижение в другом, и управлять всем комплексом параметров, не понимая, как ведет себя месторождение в целом,

весьма затруднительно. Кроме того, режим работы насосов оператор выбирает вручную исходя из своего опыта и знаний, и этот человеческий фактор не способствует повышению эффективности их работы.

На этом объекте была сконструирована платформа, которая дала возможность организовать сбор данных в реальном времени. Построена система управления, мгновенно реагирующая на любые изменения режима работы, – на смену еженедельным замерам пришел обмен в реальном времени от RTU по 14 000 скважин. Аналитическая система вырабатывает оптимальный режим искусственного нагнетания в пласт газов или химикатов и осуществляет управление работой насосов, что значительно увеличивает срок их жизни.

Результаты реализации этого проекта – значительный прирост дебита нефти, оптимальное использование EOR, повышение отдачи актива, сокращение количества выездов на скважину, трудозатрат, простоев скважин, экономия средств. Следует отметить, что в России также ведутся разработки в этом направлении.

Показательным примером интеллектуальной нефтепереработки является проект, выполненный для одного из нефтеперераба-

тывающих заводов Сингапура в 2015 году. Он основывается на технологии Wi-Fi, идея применения которой на промышленном предприятии долго вызывала недоверие: опасались, что это небезопасно и ненадежно, так как контроль над такими подключениями производить существенно сложнее, чем над подключениями через проводную инфраструктуру. То, что одна из крупнейших нефтяных компаний, далеко не новатор, приняла решение о глобальном развертывании Wi-Fi на всех своих предприятиях, можно считать показателем зрелости этой технологии. Было выполнено несколько пилотных версий проекта, разработана внутренняя политика компании, регламентирующая принципы построения системы и определяющая зоны ответственности. В результате достигнуто двукратное повышение производительности, а также существенное улучшение безопасности труда.

С помощью Wi-Fi в режиме реального времени осуществляется беспроводной мониторинг и видеоаналитика работы персонала, что позволяет фиксировать текущее физическое состояние работника и его местоположение на территории предприятия. Например, в критических ситуациях датчики дают возможность обнаружить человека, определить положение

его тела, сигнализируют о наличии в воздухе опасных для здоровья летучих соединений и так далее. Кроме того, система обеспечивает автоматизированное реагирование на инциденты. К сожалению, известно немало случаев, когда персоналу, пострадавшему при производстве работ, не оказывалась своевременная медицинская помощь именно из-за невозможности получить информацию об инциденте. Такие происшествия и двигают науку вперед.

Стоит отметить и такую сторону технологии Wi-Fi, как более широкие возможности подключения новых устройств мониторинга и контроля за счет экономии на линиях связи. Общее снижение затрат при внедрении технологии может достигать 90 %.

Говоря о новых устройствах, нельзя обойти вниманием мобильные устройства, сертифицированные для применения в нефтегазовой промышленности. Для компании Cisco, создающей промышленные беспроводные сети, они являются клиентами: на них ставится клиентское ПО, например приложения, благодаря которым можно установить видеосвязь между сотрудником, работающим на объекте, и экспертом, находящимся в диспетчерском центре или центре компетенции. Обучение, консультации, практическая помощь – все это становится возможным с внедрением технологии Wi-Fi (рис. 3).

Таким образом, в условиях роста спроса на решения в области промышленного интернета вещей в нефтегазовой отрасли компания Cisco способна обеспечить надежную и безопасную сетевую инфраструктуру для реализации всех преимуществ технологии: объединить несвязанные сети, выполнить масштабирование для удовлетворения растущих потребностей трафика, задействовать расширенные возможности аналитики данных, стимулировать разработку нового класса интеллектуальных приложений.



Рис. 3. Новое решение: Cisco Remote Expert и специализированные приложения SAP, Maximo и др.

УДК 141.132:553.98: 622.276.34:622.276.344

О необходимости разработки Государственной программы цифровизации и интеллектуализации нефтегазовой отрасли

Л.А. Абукова, д.г.-м.н., проф.,
А.Н. Дмитриевский, д.г.-м.н., проф.,
академик РАН
/ИПНГ РАН, г. Москва/

Раскрывается понятие умного месторождения (Smart Field), показаны возможности и достоинства умного месторождения. Определены основные предпосылки для внедрения интеллектуальных технологий в нефтегазовую отрасль. Рассказываются о проектах по внедрению Smart Field в РФ.



Н.А. Еремин, д.т.н., проф.
ernn@mail.ru
/РГУ нефти и газа (НИУ) имени
И.М. Губкина, ИПНГ РАН, г. Москва/

Ключевые слова: умное месторождение (Smart Field), нефтеотдача, интеллектуализация нефтегазовой отрасли РФ, интегрированная система управления нефтегазовыми месторождениями.

С.Ю. Фролов
/Cisco/

Умное месторождение – это нефтегазовое месторождение с элементами искусственного интеллекта, в котором процесс добычи нефти и газа может осуществляться как в замкнутом (безлюдном), так и в полужамкнутом (автоматическом или автоматизированном) режиме.

Умное месторождение основано на новой концепции ценностей, моделей постановки проблем и их технических решений, направленных на динамичное развитие и рост капитализации (стоимости основных активов) месторождения в режиме реального

времени – 60/24/7. Умные месторождения также известны как цифровые месторождения, месторождения будущего, интеллектуальные месторождения, электронные месторождения. Основные достоинства умного месторождения: быстрая оценка сценариев разработки, добычи и производственных ситуаций, интеграция технологических циклов нефтегазового производства, снижение капитальных и эксплуатационных издержек путем осуществления операций в режиме реального времени, оптимизация технологических операций.

Основные предпосылки для внедрения интеллектуальных технологий организации умного месторождения (Smart Field) нефтегазовыми компаниями

Целью современного развития нефтяных и газовых компаний является увеличение стоимости активов компании в режиме реального времени на основе интеграции всех его компонентов в единое целое. Характерная особенность современной эксплуатации месторождений углеводородов – компьютеризация, а также широкое использование информационных, сетевых и коммуникационных технологий. Создание современных систем управления нефтяными и газовыми операциями и принятия решений, включая унификацию сбора, подготовки, переработки и передачи больших объемов данных (Big Data) на основе единых стандартов, форматов и протоколов связи, является одной из приоритетных задач компании.

Основная предпосылка для внедрения интеллектуальных технологий организации умного месторождения (Smart Field) нефтегазовыми компаниями – существенное снижение эксплуатационных затрат, что, в свою очередь, приводит к увеличению извлекаемых запасов нефти и газа. Если первое положение (снижение эксплуатационных затрат) достаточно широко известно в профессиональных кругах, то второе (увеличение извлекаемых запасов УВ) комментируется достаточно узким кругом специалистов. С момента начала добычи нефти с середины XIX столетия в основном разрабатывались месторождения с легкой, маловязкой нефтью. Достигнутая общемировая средняя нефтеотдача по таким месторождениям составляет 30 % (в РФ – 29 %), т.е. 70 % открытых ресурсов нефти остаются лежать нетронутыми в нефтенасыщенных горизонтах [8, 9, 20, 21]. Снижение эксплуатационных затрат позволяет извлечь эти остаточные запасы

за счет незначительных вложений в цифровизацию и интеллектуализацию месторождений (соответственно, \$1-2 и \$3-4 на 1 баррель добытой нефти). По оценке Cambridge Energy Research Associates (CERA), внедрение интеллектуальных технологий позволит увеличить среднюю нефтеотдачу до 50 %. Общие затраты на цифровизацию и интеллектуализацию нефтегазовой отрасли РФ в ближайшие 5-15 лет могут достичь \$0,5-2,0 миллиардов в год.

Относительно уровня снижения эксплуатационных затрат 10 июня этого года одним из авторов данной статьи был задан вопрос главному экономисту компании BP Спенсеру Дейлу – можно ли ожидать, что вложения компании BP в интеллектуальные технологии приведут к снижению эксплуатационных затрат на интеллектуальных месторождениях до уровня затрат на месторождениях Среднего Востока. Спенсер Дейл ответил, что они работают над этим, в том числе в РФ совместно с компанией ПАО «Роснефть». Профильный комитет Госдумы РФ по энергетике поддержал предложения РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина и ИПНГ РАН по цифровизации и интеллектуализации нефтегазовой отрасли РФ, направленные на то, чтобы «восстановить эффективную добычу легкой маловязкой нефти обводненных месторождений, вступивших в позднюю стадию разработки, в недрах которых еще остается 50-70 процентов нефти, продлить «жизнь» крупных и гигантских месторождений, возродить старые регионы нефтегазодобычи» (см. Решение Комитета по энергетике ГД РФ шестого созыва № 3.25-5/114 от 11 декабря 2015 г. «Наука и производство: применение инновационных разработок в нефтегазодобыче»; Решение Комитета по энергетике ГД РФ шестого созыва № 3.25-5/116 от 23 декабря 2015 г. по результатам проведения круглого стола 30 ноября 2015 г. «Импортозамещение нефтегазового оборудования как основа эконо-

мической и энергетической безопасности» [13, 17]).

О проектах по внедрению Smart Field в РФ

Хотелось бы отметить, что «идеального Smart Field» ни в РФ, ни за рубежом не существуют. Каждая компания развивает и внедряет те элементы цифровых и интеллектуальных технологий, которые наиболее пригодны для того или иного месторождения. На 01.01.2016 количество цифровых месторождений (включая месторождения, на которых был частично внедрен ряд элементов цифровых технологий) в мире достигло 240; количество интеллектуальных месторождений – 2. Из них в РФ количество цифровых месторождений достигло 27: ПАО «НК «Роснефть» – 10; ПАО «Газпром» – 7 (одно – безлюдное, Ю.-Кириновское); ПАО «ЛУКОЙЛ» – 5; ОАО «НОВАТЭК» – 2 (одно – безлюдное); ПАО «Татнефть» – 1; АО «РИТЭК» – 1; АО «Зарубежнефть» – 1 (см. рисунок).

Российский подход к организации умного месторождения от зарубежного принципиально не отличается. Если за рубежом первое умное месторождение было запущено в эксплуатацию в 2001 г., то в РФ – в 2008-м. Лидерами внедрения технологий умного месторождения за рубежом являются компании Shell и BP, все остальные компании, как зарубежные, так и российские, являются компаниями-последователями. Можно отметить, что у других компаний-последователей во внедрении инновационных интеллектуальных технологий отмечается отставание от компаний-лидеров от трех до пяти лет. Представителями отечественной нефтегазовой отрасли наиболее востребованы технологии строительства умных нагнетательных и добывающих скважин; создание центров управления операциями в режиме реального времени; строительство оптоволоконных систем сбора, передачи исходных данных и управляющих параметров.

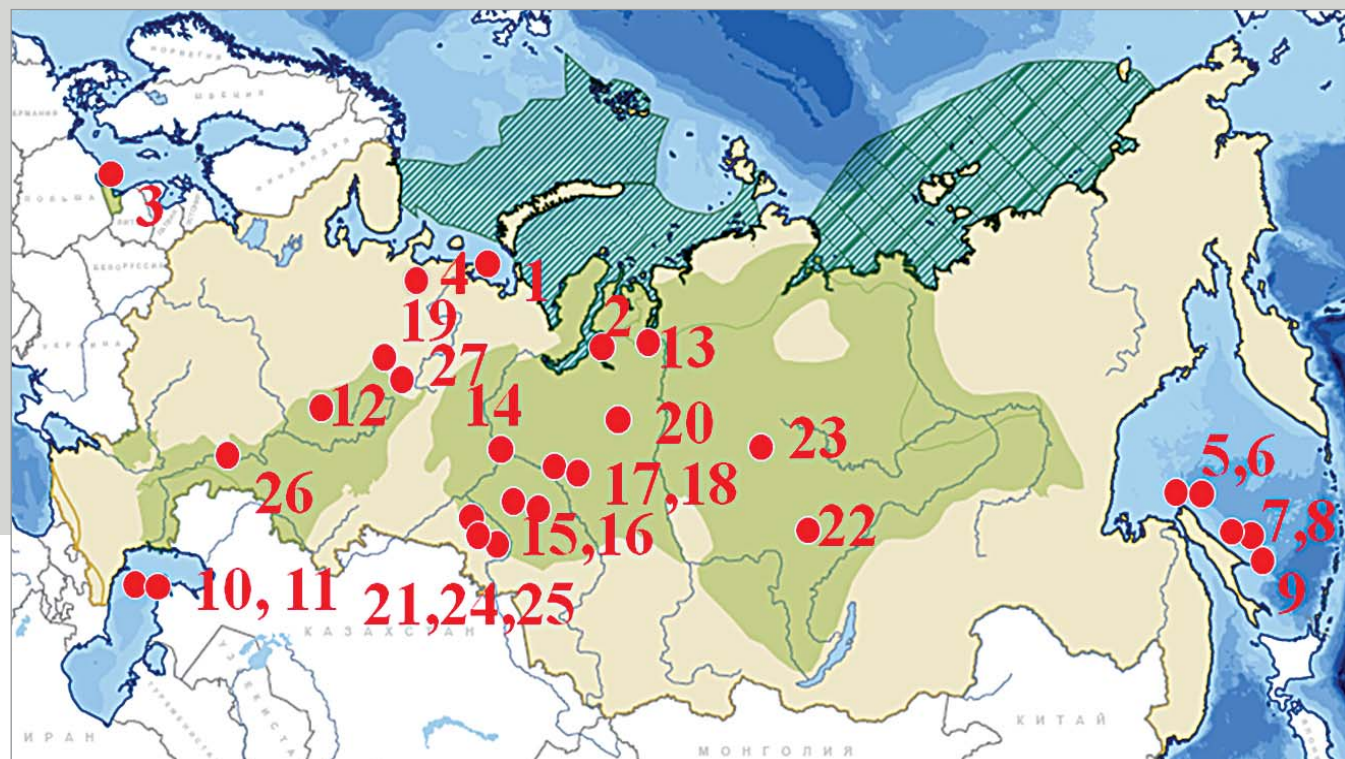


Схема размещения месторождений с элементами цифровых и интеллектуальных технологий (Smart Field) в РФ

ПАО «Газпром»: 7, 8 – Пильтун-Астохское, Лунское (Сахалин II); 9 – Кириновское – безлюдное (Сахалин III); 1 – Приразломное – Печорское море; 21 – 3-Салымское; 24 – В.-Салымское; 25 – Вадельпское; ПАО «НК «Роснефть»: 5, 6 – Чайво, Одопту (Сахалин I); 13 – Ванкорское; 14 – Приобское; 15, 16 – Уватская группа месторождений – Уренское и Каменное; 17 – Самотлорское, 18 – Ваньеганское; 22 – Верхнеконское; 23 – Юрубчено-Тохомское; ПАО «ЛУКОЙЛ»: 3 – Кравцовское – Балтийское море; 10, 11 – Ю. Корчагина, Филановского – Каспийское море; 19, 27 – им. Архангельского и им. Сухарева (север Пермского края); ОАО «НОВАТЭК»: 2 – Юрхаровское – Тазовская губа, 20 – Северо-Ханчейское ГКМ – безлюдное; ПАО «Татнефть»: 12 – Ромашкинское; АО «РИТЭК»: 26 – Котовское; АО «Зарубежнефть»: 4 – Харьягинское

Основные сложности, возникающие при реализации проектов умного месторождения

Основными сложностями, с которыми приходится сталкиваться при реализации проектов умного месторождения и компаниям-лидерам, и компаниям-последователям, являются проблемы интеграции данных, сенсоров, процессов, технологий и персонала в единую интегрированную систему управления нефтегазовыми месторождениями [1-7, 10-12, 14-16,

18, 19, 22]. Наиболее успешно этот вопрос решается компанией Shell, которая в этом году заканчивает перевод всего своего эксплуатационного фонда количества 50 000 скважин на управление в режиме реального времени. Компания BP планирует перевести 80 % эксплуатационного фонда в режим реального времени к 2018 г. В РФ процесс перевода эксплуатационного фонда в режим реального времени идет медленно. В компании ПАО «НК «Роснефть» на месторождении Самотлор один цех добычи с эксплу-

тационным фондом в 2000 скважин был недавно переведен на управление в режиме реального времени.

Принятие регулирующими государственными органами соответствующей программы ускорит переход нефтегазовой отрасли на цифровой формат управления, снизит эксплуатационные издержки до уровня расходов в странах Персидского залива, обеспечит высокую степень энергобезопасности РФ. Группа компаний ITPS внесла свои предложения в проект указанной программы.

Литература

1. Гаричев С.Н., Еремин Н.А. *Технология управления в реальном времени: учеб. пособие*. В 2 ч. – М.: МФТИ, 2015. – Ч. 1. – 196 с.: ил. ISBN 978-5-7417-0563-6 (Ч. 1).
2. Гаричев С.Н., Еремин Н.А. *Технология управления в реальном времени: учеб. пособие*. В 2 ч. – М.: МФТИ, 2015. – Ч. 2. – 304 с.: ил. ISBN 978-5-7417-0572-8 (Ч. 2).
3. Garichev S.N., Eremin N.A. *Technology of management in real time. The Moscow Institute of Physics and Technology (State University)*, Part 1, 2013, ISBN 978-5-7417-0501-8; ISBN 978-5-7417-0503-2, 228 p.
4. Garichev S.N., Eremin N.A. *Technology of management in real time. The Moscow Institute of Physics and Technology (State*

University), Part 2, 2013, ISBN 978-5-7417-0501-8; ISBN 978-5-7417-0505-6, 167 p.

5. Eremin A.N., Eremin A.N., Eremin N.A. *Smart Fields and Wells, Publishing Center of Kazakh-British Technical University (KBTU) JSC*, 2013, 320 p., Almaty, ISBN 978-601-269-053-8.
6. Еремин Н.А., Еремин А.Н., Еремин А.Н. *Управление разработкой интеллектуальных месторождений: учеб. пособие для вузов*. В 2-х кн.: учеб. пособие для вузов. – Кн. 2. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. – 165 с.: ил. ISBN 978-5-91961-329-7.
7. Еремин Н.А. *Управление разработкой интеллектуальных месторождений*. В 2-х кн.: учеб. пособие для вузов. – Кн. 1. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. – 200 с.: ил. ISBN 978-5-91961-019-9.

8. Богаткина Ю.Г., Пономарева И.А., Еремин Н.А. *Применение информационных технологий для экономической оценки инвестиционных проектов*. – М.: МАКС Пресс, 2016. – 148 с. ISBN 978-5-317-05187-7.
9. Еремин Н.А., Богаткина Ю.Г., Лындин В.Н. *Проблемы разработки месторождений шельфа и методология их технико-экономической оценки* // Нефть, газ и бизнес. – 2015. – № 11. – С. 37-40.
10. *Скважинные сенсорные системы* / Н.А. Еремин, А.Н. Дмитриевский, В.Г. Мартынов, С.П. Скопинцев, Ал.Н. Еремин // Нефть. Газ. Новации. – 2016. – № 2. – С. 50-55.
11. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Тихомиров Л.И. *Настоящее и будущее интеллектуальных месторождений* // Нефть. Газ. Новации. – 2015. – № 12. – С. 44-49.
12. Еремин Ал.Н., Еремин Н.А. *Современное состояние и перспективы развития интеллектуальных скважин* // Нефть. Газ. Новации. – 2015. – № 12. – С. 50-53.
13. *Решение Комитета по энергетике ГД РФ шестого созыва № 3.25-5/114 от 11 декабря 2015 г.* «Наука и производство: применение инновационных разработок в нефтегазодобыче».
14. Коновалов С. *Общемировые тенденции развития нефтегазовой индустрии. Как большие нефтегазовые компании адаптируются в период низких цен на нефть/газ* // Партнерский саммит по решениям Cisco для нефтегазового сектора, г. Москва, Бизнес-центр «Крылатские холмы», 19 мая 2016 г. – Материалы на CD.
15. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н. *Цифровизация и интегрированные операции на нефтегазовых месторождениях* // Партнерский саммит по решениям Cisco для нефтегазового сектора. М., Бизнес-центр «Крылатские холмы», 19 мая 2016 г. – Материалы на CD.
16. Волков С.В., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Тихомиров Л.И. *Инновационные методы управления нефтегазо-*

- добычей на основе интегрированных операций: Доклад на сессии «Современные информационные и цифровые технологии в ТЭК»* // III Национальный нефтегазовый форум, Москва, 18-21.04.2016, доклад 20.04.2016. – Материалы на CD.
17. *Решение Комитета по энергетике ГД РФ шестого созыва № 3.25-5/116 от 23 декабря 2015 г. по результатам проведения круглого стола 30 ноября 2015 г.* «Импортозамещение нефтегазового оборудования как основа экономической и энергетической безопасности».
 18. Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. *О необходимости разработки Государственной программы интеллектуализации нефтегазовой отрасли* // Интегрированные операции как инструмент повышения эффективности процесса нефтедобычи: совместный семинар ИПНГ РАН и ITPS, Центр Cisco, 23 июня 2016 г. – Материалы на CD.
 19. Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. *OilNet и интегрированные операции* // Интегрированные операции как инструмент повышения эффективности процесса нефтедобычи: совместный семинар ИПНГ РАН и ITPS, Центр Cisco, 23 июня 2016 г.
 20. *Обоснование новых технологий освоения месторождений на акваториях Азовского моря* / Н.А. Еремин, О.Н. Сарданашвили, Ю.Г. Богаткина, П.Г. Терещенко // Труды РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2016. – № 2/283. – С. 48-58.
 21. Еремин Н.А., Еремин Ан.Н., Еремин Ал.Н. *МПН/МУН – современное состояние и тренды развития* // Нефть. Газ. Новации. – 2016. – № 4. – С. 64-69.
 22. *Цифровизация и интеллектуализация нефтегазовых месторождений* / А.Н. Дмитриевский, В.Г. Мартынов, Л.А. Абукова, Н.А. Еремин // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. – 2016. – № 2 (24), апрель-июнь. – С. 13-19.