дайджест • 8 (15)

2019

НЕФТЕГАЗ

ЕЖЕМЕСЯЧНОЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ. СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ НАЦИОНАЛЬНОГО НЕФТЕГАЗОВОГО ФОРУМА И ВЫСТАВКИ «НЕФТЕГАЗ»

ПЕРЕДОВЫЕ РАЗРАБОТКИ И ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ

Уважаемые коллеги!

От имени Министерства энергетики Российской Федерации приветствую вас на международной выставке «Нефтегаз-2019», которая уже пятый год подряд проводится совместно с Национальным нефтегазовым форумом.

Объединение выставки и форума привело к созданию крупнейшей отраслевой демонстрационно-коммуникационной площадки. По отзывам участников, такой формат делового общения является наиболее эффективным.

Выставка «Нефтегаз», проводимая в 19-й раз, давно зарекомендовала себя как масштабное и авторитетное международное мероприятие, знакомящее с передовым оборудованием и инновационными технологиями для нефтегазового комплекса. Это, безусловно, заметное и значимое событие для представителей нефтегазовой индустрии и смежных отраслей.

В рамках деловой программы Национального нефтегазового форума ежегодно проводятся мероприятия, фокусирующие внимание на актуальнейших вопросах технологического и инновационного развития топливно-энергетического комплекса страны.

Уверен, что ведущие игроки рынка, авторитетные эксперты, участники выставки «Нефтегаз-2019» и Национального нефтегазового форума выскажут важные рекомендации, которые будут иметь практическое значение. Безусловно, проведение очередного совместного мероприятия будет способствовать дальнейшей консолидации нефтегазового сообщества.

Желаю плодотворного общения и успешной результативной работы!

Заместитель Министра энергетики
Российской Федерации *П.Ю. Сорокин*

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КАК КЛЮЧ К РАЗВИТИЮ

Эра фонтанирующих скважин уходит в историю — времена, когда на Самотлоре можно было пробурить скважину с притоком более 1 тыс. тонн нефти в сутки, кажутся историческим вымыслом. С 1990 года доля фонтанного способа добычи сократилась в два раза, с 12 до 6%. В сегодняшних реалиях истощающихся запасов, мигрирующей нефти и обводненности скважин нефтяникам приходится разрабатывать всё более изощренные технологии, для того чтобы поднимать нефть из недр на поверхность. В суровых условиях отрицательных температур российские компании больше других нуждаются в новейших технологиях для работы на всех этапах производства.

Так, доля направленного и горизонтального бурения и гидроразрыва пласта в российской нефтедобыче за последние несколько лет выросла более чем в два раза. Уже треть общероссийского объема проходки приходится на горизонтальное бурение, а на месторождениях со сложной структурой запасов эта величина достигает 50% *(данные Минэнерго РФ).*

Отечественные ВИНК показывают хорошие технологические результаты и в утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ), который в СССР считался побочным продуктом и сжигался на факелах. Согласно данным Минэнерго России, за последние пять лет показатель утилизации ПНГ вырос почти на 12% и в 2017 году составил в среднем около 87%, причем на некоторых месторождениях он уже доведен до целевого уровня и превышает 95%.

Утилизация ПНГ ТОП-5 нефтяных компаний РФ в 2017 году*

Компания	Уровень утилизации
Сургутнефтегаз	99,32%
Татнефть	96,16%
ЛУКОЙЛ	95,4%
Газпром нефть	90,1%
Роснефть	89,2%

*** Данные годовых отчетов, за 2018 год еще данных нет**

Увеличение уровня использования ПНГ позволяет сокращать прямые выбросы парниковых газов и других вредных веществ. Например, общий объем выбросов CO_2 ЛУКОЙЛа за 2017 год составил 31,14 млн тонн, «Роснефти» — 52,16 млн тонн.

Борьба с выбросами углекислого газа стала крайне актуальной для отечественных нефтяников после того, как в ноябре 2016 года вступило в силу Парижское соглашение, призванное удержать рост глобальной средней температуры ниже 2°С и приложить усилия для ограничения роста температуры на 1,5°С. Глобальное потепление связано именно с сильнейшим увеличением выбросов вредных газов, выход в атмосферу которых удвоился с начала 1970-х годов, а с начала 2000-х вырос примерно на 40%, что связано с ростом объемов глобального производства (CO_2 Emissions from Fuel Combustion 2018 Highlights). Несмотря на то, что основными загрязнителями воздуха в мире являются США (15%) и Китай (27%), на долю которых приходится более 40% выбросов, Россия также оказалась в антирейтинге на 4-м месте (4,5%). 3-е место занимает Индия (6,8%) *(Global Carbon Atlas).*

Если мировые компании, в частности российские, не начнут создавать современные умные технологии и применять инновационные разработки в нефтегазовой отрасли, к 2040 году выбросы CO_2 в результате развития энергетического сектора вырастут почти на 10% (*BP Energy Outlook 2019 edition).* В этой связи в декабре 2018 года был подготовлен проект ФЗ «О государственном регулировании выбросов парниковых газов (ВПГ)», предполагающий до 2025 года создание системы мониторинга ВПГ и механизма установления целевых значений по ВПГ, а также сбор за их превышение. Пока проект остается в разработке.

Кроме того, в 2018 году в России стартовало 12 национальных проектов, среди них «Экология» и «Наука», в рамках которых будут реализованы масштабные технологические инициативы (*далее - все цифры из паспортов нацпроектов).* Так, нацпроект «Экология», на который за 2019–2024 годы будет потрачено 4 трлн рублей, предполагает анализ потребностей объектов первой категории, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, вклад которых в суммарные выбросы загрязняющих веществ составляет не менее 60%, в оборудовании экологического машиностроения. В рамках нацпроекта будут сформированы система оценки и экспертное сообщество наилучших доступных технологий (НДТ).

Также уже к 2021 году должно быть достигнуто снижение совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 5%. К 2024 году задача стоит еще более амбициозная — предполагается снижение выбросов на 22%. Более 3 трлн рублей будет потрачено из внебюджетного фонда, то есть из средств промышленников и нефтяников.

Нацпроект «Наука», на который за 2019–2024 годы израсходуют значительно меньше, чем на экологию (всего 636 млрд рублей), предполагает развитие научно-производственной кооперации, а также передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок, в частности, увеличение организаций, работающих в сфере технологических инноваций, до 50% от общего числа, а также обновление на 50% приборной базы организаций, выполняющих научные исследования и разработки. Уже к 2021 году планируется создание 15 научно-образовательных центров (НОЦ).

Поддержку обоим нацпроектам может оказать Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК на период до 2035 года, определяющий перспективные области научных исследований и разработок в России. Документ, утвержденный Минэнерго России, содержит анализ глобальных тенденций технологического развития энергетики, способных в перспективе оказать существенное влияние на дальнейшее развитие мира. Ключевые задачи разработчики Прогноза видят в синхронизации усилий всех заинтересованных сторон — научного сообщества, органов государственной власти, компаний ТЭК, институтов развития и инвесторов — по разработке, апробации и в дальнейшем по промышленному производству и применению инновационных технологий и материалов в энергетике, а в также в заблаговременном формировании необходимых образовательных и научных компетенций под перспективные технологии будущего.

К числу наиболее перспективных направлений развития нефтегазового сектора относятся технологии увеличения нефтеотдачи и коэффициента извлечения нефти, освоения трудноизвлекаемых запасов нефти и шельфовых месторождений, а также производства сжиженного природного газа и его транспортировки, требующие новаторского подхода, который определяет конкурентоспособность отечественного производства на мировых рынках.

К сожалению, в последние несколько лет в структуре российской экономики вес предприятий, осуществляющих технологические инновации, не превышал 10%. Как правило, стратегическими новаторами являются крупные корпорации, финансовые возможности которых позволяют осуществлять масштабные научные и инновационные проекты. Однако не стоит оставлять в стороне малый и средний инновационный бизнес, на который в последнее время в России возлагаются большие надежды. Это подтверждает принятый на 2019–2024 годы национальный проект «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы» с финансированием в размере 481,5 млрд рублей.

При наличии благоприятных условий, созданных государством, малый и средний бизнес (МСБ) может оказаться крайне эффективным. В связи с этим в рамках научной и инновационной политики следует развивать не только разнообразные формы поддержки малых и средних инновационных предприятий, но и создавать условия для взаимодействия малого и крупного бизнеса.

Например, на сегодняшний день российские вертикально-интегрированные нефтяные компании (ВИНК) интенсивно разрабатывают технологии, способные повысить нефтеотдачу пластов, тем не менее остается ряд остро стоящих проблем, которые снижают продуктивность работы. В этих условиях в отрасли активно растет спрос на передовые технологии российских разработчиков, которые реализуются представителями МСБ.

При добыче нефти и газа на эффективность работы серьезное влияние оказывают прорывы воды в добывающих скважинах. Согласно данным компании ВОРМХОЛС, резидента «Сколково», при использовании традиционных технологий прорыв может произойти в течение трех-шести месяцев после запуска скважины, что приводит к добыче воды в объемах, многократно превышающих добычу полезных ископаемых. Иногда уже после трех месяцев эксплуатации скважины добывается до 98% воды, что приводит к усилению воздействия на узлы агрессивной высокоминерализованной пластовой жидкости, изменению забойного давления и дебита, увеличению объема жидких отходов.

Важнейшим фактором экологической безопасности в нефтегазовой отрасли является эксплуатационная надежность промысловых трубопроводных систем — на современных НПЗ острейшей проблемой остается коррозия оборудования. По данным компании VDK, в нефтедобывающей промышленности и на транспорте нефти 70% отказов оборудования происходит по причине коррозионных повреждений. Основной причиной коррозии является высокая концентрация минеральных солей в сырой нефти, главным образом хлоридов, содержащихся в эмульгированной пластовой воде. Мировые затраты на капитальный ремонт предприятий нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей сферы и борьбу с коррозией составляют от $60 до $170 млрд. Потери российской нефтеперерабатывающей промышленности от коррозионных процессов и затраты на борьбу с коррозией составляют до $9,6 млрд.

Существующие системы обеспечивают плохо предсказуемый и нестабильный основной технологический параметр процесса обессоливания нефти — размер глобулы воды или водно-щелочного раствора на выходе из аппарата. Традиционные устройства не позволяют адекватно реагировать на существенные колебания степени обводненности и солености исходной нефти, плотности и вязкости сырья, а также незначительные колебания расхода исходного сырья.

Еще одним вызовом для современных технологий бурения являются образования гидратов и парафинов в скважинах. Аварии с полным перекрытием ствола скважины по трубному и затрубному пространству связаны с длительным затратным процессом освобождения лифта и практически полной его выбраковки. Наиболее эффективным способом ликвидации всех видов парафино-гидратных пробок являются различные методы воздействия на них теплом.

Компания «СервисНефтегазТехнологии» (СНТ), получившая ноябре 2018 года грант фонда «Сколково» на реализацию проекта CleanWells (технологии предупреждения парафино-гидратных отложений), предлагает активное внедрение метода выработки тепловой энергии непосредственно на месте парафино-гидратной пробки. Данная технология становится особенно актуальной для компаний, работающих в условиях Крайнего Севера и следящих за безопасной и бесперебойной работой своих комплексных установок.

Помимо обеспечения безопасности и надежности, современное оборудование для энергообеспечения удаленных автономных объектов предприятий ТЭК должно гарантировать качество энергоснабжения инженерной инфраструктуры, повышать энергетическую эффективность объекта в целом, эксплуатироваться в автоматическом режиме без постоянного пребывания персонала и способствовать переходу на интеллектуальный микросетевой принцип формирования гибридных систем локальных технологических объектов.

Одним из доступных решений в этой связи является применение автономных энергетических когенерационных установок, в которых могут применяться различные источники энергии — термоэлектрические элементы, генераторы с приводом от двигателей внутреннего сгорания, турбодетандерные преобразователи тепловой энергии, микротурбины. Однако все эти источники имеют зачастую невысокие показатели коэффициента полезного действия (КПД).

Для решения вопросов эффективного энергообеспечения удаленных автономных объектов с потребляемой мощностью от 500 Вт до 10 кВт специалистами компании ООО «Наука-Энерготех» разработаны источники автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС на базе свободнопоршневого двигателя Стирлинга (СПДС). Модульный принцип и унифицированные технические решения позволяют создать в эксплуатирующей организации единую систему технического обслуживания при использовании ЭВОГРЕССа.

Трансфер современных технологий необходим также и в сфере каталитических установок НПЗ. В связи с постоянным ужесточением требований к качеству производимых НПЗ продуктов особое внимание уделяется оптимальному использованию имеющихся ресурсов. Вследствие этого растет запрос на максимальный срок службы катализаторов за счет бережной регенерации. Согласно опыту ведущих мировых производителей катализаторов, активность катализаторов после проведения регенерации может составлять от 75 до 90%. Для большинства современных катализаторов проведение регенерации возможно дважды, что позволяет достичь срока службы, в 2,5 раза превышающего первый межрегенерационный пробег.

В текущих условиях отечественные НПЗ часто сталкиваются с нехваткой мощностей по регенерации катализаторов на территории страны. В будущем ежегодная потребность российских НПЗ в регенерированных катализаторах может достичь порядка 10 тыс. тонн, в то время как суммарная мощность существующих в РФ установок составляет менее 8 тыс. тонн. Причем бóльшая часть существующих установок, находящихся в восточной части РФ, имеет очень низкую экономическую эффективность регенерации катализатора для НПЗ из-за высокого процента потерь в виде пыли при транспортировке отработанного катализатора до места регенерации и обратно. Такие потери могут составлять до 10% от общего количества.

В сложившейся ситуации команда ООО «ПромСинтез» и ФГБОУ ВО «СамГТУ» создала установку мобильной регенерации, которая временно размещается на территории НПЗ или в непосредственной близости от него. Конструкция установки дает возможность вести регенерацию в воздушной среде с высокой концентрацией кислорода до 20%.

Неоднозначная ситуация складывается и с разработкой программного обеспечения, предназначенного для создания 2D-геологических моделей. Существующие продукты, как правило, решают относительно узкоспециализированные задачи, в то время как построение геологической модели подразумевает интеграцию в рамках существующей концепции всего объема геолого-геофизической информации, накопленной на всех этапах проведения работы.

Зачастую экспертам не хватает функциональных возможностей для построения непротиворечивых 2D-геолого-геофизических моделей в рамках единого программного пакета. Получается, что на рынке отсутствует специализированное программное обеспечение, позволяющее в полном объеме выполнять широкий спектр задач, связанных с технологиями картопостроения, прогноза и комплексирования геолого-геофизических данных.

В программе IngeosMAP® (iMAP), основной задачей которой является построение цифровых 2D-геологических моделей, представлены качественно новые возможности редактирования и анализа данных, сформирован удобный и интуитивно понятный пользователю интерфейс, заложен большой потенциал для дальнейшего наращивания обширного круга задач. Программа дает возможность проводить полный цикл работ с 2D-данными: импорт/экспорт, фильтрация, анализ, интерполяция, визуализация данных.

Резюмируя, можно сделать вывод о том, что, несмотря на непростую ситуацию с трансфером технологий, в России постоянно появляются новые эффективные разработки по разным направлениям деятельности, которые необходимо интегрировать в работу ВИНК для повышения продуктивности отечественного ТЭК. С учетом государственной политики, нацеленной на реализацию масштабных национальных проектов, а также ответственного подхода бизнеса, качественные изменения в отрасли могут произойти уже в ближайшие пять лет.

ОЛЕГ ЖУРАВЛЕВ
Генеральный директор ООО «Вормхолс Внедрение»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА КАК БОРЬБА ЗА ЭКОЛОГИЮ

Российская компания «ВОРМХОЛС» построила инновационный бизнес в России и разработала оборудование мирового уровня, позволяющее значительно уменьшить негативное воздействие добычи нефти и газа на окружающую среду. Компания является резидентом «Сколково» и выводит на рынок новые уникальные технологии и продукты, которые дают возможность значительно увеличить эффективность добычи нефти и газа.

При добыче нефти и газа эффективность напрямую зависит от наличия прорывов воды в добывающие скважины. При использовании традиционных технологий прорыв может произойти в течение трех-шести месяцев после запуска скважины, что приводит к добыче воды в размерах, многократно превышающих добычу полезных ископаемых. Достаточно часто уже после трех месяцев эксплуатации скважины добывают до 98% воды. Это немедленно сказывается на экологической ситуации в районе добычи нефти и газа.

Добываемую воду необходимо правильно утилизировать, за счет откачки большого количества воды пластовое давление может значительно упасть, что, в свою очередь, может привести к проседанию грунта и, как следствие, к экологическим катастрофам. Так, например, в американском штате Оклахома, где несколько лет назад было принято решение приостановить добычу нефти, поскольку попутно добывалось слишком много воды. Исследования показали, что это привело к разрушительным землетрясениям и появлению большого количества торнадо.

Аналогичная ситуация складывается с прорывами попутного газа в нефтедобывающие скважины. Обычно такой газ имеет нестабильный состав и плохое качество, поэтому его невыгодно добывать и транспортировать, его добыча также может вести к уменьшению пластового давления и проседанию почвы. На месторождениях до сих пор можно увидеть горящие факелы, где сжигается попутный газ.

Все эти факторы являются угрожающими для экологии не только районов, где ведется добыча, но и могут оказать влияние более глобального масштаба.

Компания «ВОРМХОЛС» разработала технологические решения и показала их эффективность в борьбе с прорывами воды в нефте- и газодобывающие скважины. Устройства, реализованные на основе разработок компании, позволяют уменьшить добычу воды в несколько раз, что показывают установки оборудования как в уже работающие, так и новые скважины. Например, в компании «Башнефть» установка систем контроля притока в уже работающие скважины позволила снизить добычу воды почти в пять раз.

Возможности новых технологических решений также позволяют работать при высоком выносе песка. Использование фильтров с набивкой и устройствами контроля притока компании «ВОРМХОЛС» дали возможность при установке в Сербии сформировать высокопроницаемую фильтрационную подушку из частиц песка, которые выносятся из пласта. При этом данная система была настроена таким образом, чтобы пропускать нефть или газ и тормозить добычу воды.

Кроме того, необходимо правильно и своевременно принимать решения по управлению добычей, использованию устройств, дающих возможность управлять притоком жидкости в скважину. Установка трассерного мониторинга притока на Русском месторождении, которое только вводится в эксплуатацию, позволит узнать, какие интервалы скважин лучше работают, вовремя определить интервалы прорыва воды в скважину и своевременно принять меры для изменения режимов разработки месторождения, своевременно принять решение для внедрения необходимых технологий и предотвратить увеличение добычи воды.

Данный подход поможет не только увеличить эффективность добычи и значительно снизить воздействие на окружающую природную среду, но и рационально использовать природные ресурсы, что положительно скажется на экологической обстановке в целом по региону.

Важно, что компанией был создан не единичный пример внедрения новых технологий в нефтегазовой отрасли. Фактически была создана и оптимизирована бизнес-модель с учетом специфики работы в России, которая позволяет постоянно выводить на рынок новые востребованные инновационные продукты, технологии, напрямую влияющие на эффективность добычи и экологическую обстановку в районе добычи нефти и газа.

За короткое время на рынок выведено несколько уникальных технологий, которые дают возможность замерять дебиты нефти, воды и газа во время добычи, выбирать и контролировать оптимальный режим работы скважин для увеличения эффективности добычи нефти и газа, снижения воздействия на земельные ресурсы, поверхностные и подземные воды в районе месторождений нефти и газа.

СЕРГЕЙ ШАГАЛОВ
Директор по развитию
ООО «ВДК»

РЕАЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ ЛИНИЯХ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ УЛЬТРАСОВРЕМЕННЫХ АППАРАТОВ ВВОДА И ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ И ВОДНО-ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ

Коррозия оборудования на НПЗ остается острейшей проблемой. Мировые затраты предприятий нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей сферы на капитальный ремонт и борьбу с коррозией составляют миллиарды долларов. Анализ причин аварий нефтегазовых сооружений свидетельствует о превалирующем влиянии коррозионного фактора.

Причиной коррозии является высокое содержание в сырой нефти минеральных солей, главным образом хлоридов, содержащихся в эмульгированной пластовой воде, а также хлорорганические соединения, нерастворимые в воде и неудаляющиеся при промывке нефти на электро-обессоливающих установках (ЭЛОУ).

Промывка и защелачивание нефти — отработанные технологические приемы, однако в настоящий момент на предприятиях очень ограниченно внедрены надежные схемы дозирования, ввода, диспергирования и массообмена промывной воды и водно-щелочных растворов.

ОПЫТ КОМПАНИИ VDK

Коллектив VDK 10 лет успешно решает задачи ввода и гомогенизации реагентов с помощью проточных устройств. Статические смесители S-Mix эксплуатируются на крупнейших предприятиях страны. Только за последние три года компанией было поставлено более 300 аппаратов проточной гомогенизации и диспергирования моно- и гетерофазных систем.

Опыт VDK и тесное сотрудничество с предприятиями заказчика позволили успешно внедрить в эксплуатацию аппараты линейки S-Mix, разработанные для процессов промывки и защелачивания нефти. Как ведущий специализированный разработчик и производитель статических смесителей в стране удалось обеспечить уровень контроля над технологическим процессом ввода и диспергирования промывной воды и водно-щелочного раствора, недоступный ранее на отечественных предприятиях.

ТРАДИЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ

Для диспергирования и перемешивания промывной воды используются различные вихревые устройства, форсуночные смесители и клапаны. В общих чертах аналогично решается задача ввода щелочи с поправкой на высокую скорость образования отложений на поверхностях аппарата.

Традиционные системы обеспечивают непредсказуемый и нестабильный основной технологический параметр процесса обессоливания нефти — размер глобулы воды или водно-щелочного раствора на выходе из аппарата. Традиционные устройства не позволяют адекватно реагировать на такие важные факторы работы НПЗ, как:

- существенные колебания степени обводненности и солености исходной нефти, плотности и вязкости сырья;
- значительные колебания расхода исходного сырья (70–130% — штатный нормативный показатель).

Настройка аппаратов (если таковая в принципе предусматривается конструкцией) осуществляется, как правило, однократно в момент пусконаладки всей установки. В результате вышеуказанные факторы приводят к тому, что традиционно используемые устройства не могут обеспечивать стабильное качество массообмена.

РЕШЕНИЕ VDK

Коррозионные агенты в сырой нефти сконцентрированы главным образом во включениях пластовой воды в форме устойчивой тонкодисперсной эмульсии. Удаление из нефти глобул воды размером до 10 мкм на современных дегидраторах существенно затруднено.

Ключевым параметром, определяющим эффективность обессоливания нефти, является размер глобулы промывной воды, а также равномерность распределения глобул в потоке водонефтяной эмульсии. Другим фактором является способность смесительного устройства обеспечить необходимый контакт и массообмен между глобулами пластовой и промывной воды.

Особенность процесса защелачивания нефти заключается в том, что глобулы нейтрализованного раствора, как правило, не сепарируются и остаточная эмульсия подается напрямую в колонну. Это сводит задачу к получению максимальной поверхности раздела фаз системы нефть — щелочь для развития площади массообмена.

Управление размером глобул на выходе из смесительно-диспергирующего устройства, а также получение узкого распределения плотности размеров глобул успешно достигается компанией VDK благодаря применению аппаратов S-Mix и S-Mix DS.

Подход VDK строится на внедрении комплексных принципов:

- прецизионное моделирование процессов диспергирования, гомогенизации и массообмена. VDK обладает специалистами и 10-летним опытом выполнения расчетов проточных аппаратов для гетерофазных и монофазных систем. Результат установки устройства подтвержден верифицированной расчетной моделью и сотнями инсталляций аппаратов S-Mix;
- полевое исследование водонефтяных эмульсий на технологических линиях предприятий. Только за прошлый год специалистами компании были проведены исследования на трех крупных НПЗ;
- кооперация с технологическими службами предприятий. В VDK внедрен процесс непрерывного сбора и анализа информации по работе устройств.

Флагманские решения S-Mix для нефтеперерабатывающих производств

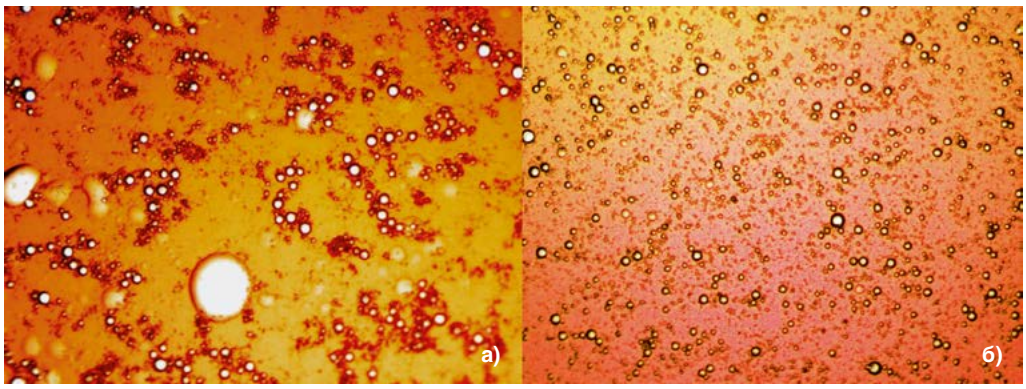
статический смеситель S-Mix Тип 3

смесительно-диспергирующий модуль S-Mix DS

На иллюстрации флагманские решения S-Mix для нефтеперерабатывающих производств: статический смеситель S-Mix Тип 3 (для компаундирования вязких нефтепродуктов) и смесительно-диспергирующий модуль S-Mix DS.

Компания VDK создает как традиционные смесительно-диспергирующие устройства линейки S-Mix, не содержащие движущихся частей, точно рассчитанные с учетом особенностей конкретного технологического процесса, так и внедряет устройства нового поколения S-Mix DS, позволяющие осуществлять контроль параметров эмульсии в режиме реального времени.

Разница качества получаемой эмульсии промывной воды на выходе из (а) штатного смесительного клапана и (б) статического смесителя S-Mix



На микрофотографиях, выполненных методом съемки водонефтяных эмульсий в светлом поле на технологической линии нефтеперерабатывающего предприятия, представлена разница качества получаемой эмульсии промывной воды на выходе из (а) штатного смесительного клапана и (б) статического смесителя S-Mix.

Смесители S-Mix Типов 3 и 4 обеспечивают качественные и предсказуемые результаты в задачах диспергирования промывной воды и водо-щелочных растворов в нефти, а также в других технологических процессах нефтеперерабатывающих предприятий. Результат достигается благодаря фирменной технологии тонкой настройки геометрии смесительных устройств, разработанной VDK.

Интеллектуальная система S-Mix DS позволяет гарантировать результат даже в случае неустойчивого качества сырья и значительных колебаний расходов. Принцип работы S-Mix DS основан на использовании управляемой в реальном времени системы дозирования и ввода промывной воды, а также сердца системы — регулируемого диспергатора. Система дает возможность получать глобулы промывной воды оптимальной дисперсности и осуществлять эффективный контакт и коалесценцию пресной и пластовой вод. Применение диспергатора дало возможность не только управлять распределением и размером глобул промывной воды, но и значительно снизить гидравлические потери на аппарате благодаря реакции системы на изменение расхода нефти в сырьевой линии.

Система управления в реальном времени регулирует расход промывной воды и осуществляет настройку диспергатора, обеспечивая оптимальный режим работы и экономию ресурсов. Систему можно интегрировать в SCADA предприятия.

В настоящее время система S-Mix DS проходит подтверждающие испытания в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина и готовится к промышленному внедрению.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ В ОТРАСЛИ

Уже сегодня ключевые элементы системы S-Mix DS производства VDK успешно эксплуатируются на крупнейших нефтеперерабатывающих предприятиях страны и ТС, включая самую мощную отечественную установку первичной переработки нефти. Широкий опыт промышленной эксплуатации и мощный инженерный коллектив VDK делает смесители-диспергаторы S-Mix самым продвинутым на рынке инструментом создания водо-нефтяных эмульсий заданных характеристик.

Эффект внедрения систем S-Mix и S-Mix DS на предприятиях это:

- снижение коррозионной активности и повышение качества сырья, направляемого на переработку;
- снижение расхода промывной воды и объема сточных вод;
- снижение перепада давления на аппарате;
- эффективное реагирование на изменение качества сырья.

Система S-Mix DS, не имея прямых аналогов как в России, так и за рубежом, обладает высоким экспортным потенциалом. В настоящее время компания ведет переговоры о поставке с заказчиками из Северной Африки и Ближнего Востока.

СЕРГЕЙ ПИСКАЙКИН
Директор
ООО «ПромСинтез»

МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РЕГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРА И СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ УСТАНОВОК ГИДРООЧИСТКИ

В настоящее время из-за постоянно ужесточающихся требований к качеству производимых НПЗ продуктов особое внимание уделяется оптимальному использованию имеющихся ресурсов. Одним из аспектов такого подхода является достижение максимального срока службы катализаторов путем бережной регенерации, в ходе которой катализатор максимально восстанавливает активность. Согласно опыту ведущих мировых производителей катализаторов, активность катализаторов после проведения регенерации может составлять от 75 до 90% при грамотном соблюдении технологического режима в ходе этого процесса. Для большинства современных катализаторов проведение регенерации возможно дважды, что позволяет достичь срока службы, по крайней мере, в 2,5 раза превышающего первый межрегенерационный пробег. Возможно проведение регенерации внутри реактора на технологической установке и вне реактора на специализированной установке.

При проведении регенерации внутри реактора существуют риски возникновения процесса неконтролируемого горения внутри слоя катализатора и риск повреждения трубопроводов после реактора из-за большого содержания в газах регенерации кислых газов, приводящих к коррозии. Кроме того, невозможно заранее оценить количество отложившегося кокса, серы и других примесей на катализаторе и, следовательно, затруднительно оценить время, которое потребуется на

регенерацию и активность регенерированного катализатора. Из-за перечисленных рисков, а также с целью минимизации простоя технологических установок большинство НПЗ предпочитают проведение регенерации вне реактора на специализированных установках.

К сожалению, в настоящее время российские НПЗ постоянно сталкиваются с нехваткой мощностей по регенерации катализаторов на территории РФ, а вывоз катализаторов на регенерацию за рубеж связан с серьезными временными и финансовыми затратами, а также таможенными сложностями при его оформлении. Согласно оценкам экспертов, в будущем ежегодная потребность российских НПЗ в регенерированных катализаторах составит около 10 тыс. тонн в год, в то время как суммарная мощность существующих в РФ установок по регенерации — менее 8 тыс. тонн в год. Кроме того, стоит отметить крайне низкую экономическую эффективность регенерации катализаторов для НПЗ, находящихся в восточной части РФ из-за высокого процента потерь в виде пыли при транспортировке отработанного катализатора до места регенерации и обратно. Практика показывает, чтотакие потери могут составлять до 10% от общего количества.

В сложившейся ситуации командой ООО «ПромСинтез» и ФГБОУ ВО «СамГТУ» создана уникальная установка мобильной регенерации, которая временно размещается на территории НПЗ или в непосредственной близости от него. Ключевым разработчиком технологии регенерации является доктор химических наук А.А. Пимерзин, заведующий кафедрой «Химическая технология переработки нефти и газа» ФГБОУ ВО «СамГТУ». Кафедра имеет широкую научную базу, а также большой опыт в разработке катализаторов и их применении в процессах производства топлив Класса 5. Лабораторное оборудование, имеющееся на кафедре, позволяет полностью обеспечить проведение анализов отработанных и регенерированных катализаторов, а также подбор режимов на пилотной установке регенерации и тестирование активности катализаторов гидроочистки. Разработанная технология регенерации является интеллектуальной собственностью ООО «ПромСинтез» и защищена патентом РФ № 168779.

Установка регенерации представляет собой модульную конструкцию, состоящую из следующих основных блоков:

- просев нерегенерированного катализатора;
- печь регенерации;
- просев и охлаждение регенерированного катализатора;
- блок обеспыливания и очистки отходящих газов.

Ключевым блоком является модуль регенерации. Он представляет собой вращающуюся барабанную печь. В течение всего процесса в печи находится только тонкий слой катализатора (3–5 см), что обеспечивает равномерную и безопасную регенерацию с минимальными потерями катализатора. Подогретый воздух подается в нижнюю часть печи по всей длине аппарата, что дает возможность достигать высокой степени очистки катализатора, не допуская его перегрева. Температурный режим процесса поддерживается в четком соответствии с рекомендациями поставщика катализатора и может варьироваться от 300 до 550°С. Все динамическое оборудование оснащено частотными преобразователями, позволяющими дистанционно вести процесс выжига кокса на катализаторе в оптимально подобранном режиме. Установка оснащена системой аварийной подачи азота в случае обнаружения неконтролируемого горения в слое катализатора.

Конструкцией данной установки не предусматривается использование для подогрева природного газа, что дает возможность вести регенерацию в воздушной среде с высокой концентрацией кислорода до 20%. Разогрев печи до температуры окисления кокса и серы осуществляется электрическими подогревателями и необходим только на этапе пуска установки. В дальнейшем температура в печи поддерживается за счет экзотермических реакций окисления, протекающих при регенерации, и тепла, привносимого с подаваемым подогретым воздухом. Воздух подогревается отходящими дымовыми газами, рекуперируя их тепло. Таким образом, данная технология на сегодняшний день является самой энергоэффективной из существующих в промышленности технологий регенерации.

Другой отличительной чертой является модульность и небольшие размеры установки. Самым крупногабаритным оборудованием является печь регенерации. Ее размеры составляют 9х2х2 метра, а масса всего 5 тонн, что позволяет легко перевозить установку на грузовом полуприцепе и размещать в непосредственной близости от места проведения регенерации. Внешний вид установки приведен на фотографиях (рис. 1).

Размещение установки на небольшом расстоянии от НПЗ способствует сокращению транспортных расходов и, кроме того, значительно сокращает количество образующейся катализаторной пыли, так как катализатор не подвергается транспортировке на большие расстояния. Стоит отметить, что созданная установка — единственная в мире, реализованная в мобильном варианте. Все остальные фабрики регенерации, существующие на сегодняшний день, являются стационарными и не предполагают модульности и масштабируемости.

Рис. 1. Внешний вид установки регенерации

Мобильность установки диктует и другие требования, связанные с легкостью монтажа на площадке и оперативным вводом в эксплуатацию. В результате детальной проработки этого вопроса и использования разъемных соединений там, где это необходимо, был выработан алгоритм монтажа и пусконаладки установки. Так, все необходимые операции, проводимые с момента разгрузки установки на площадке, подготовленной для развертывания комплекса регенерации, до момента выхода печи на нормальный технологический режим, занимают всего 24–36 часов.

Этапы НИР, НИОКР, строительства установки, пуска и опытно-промышленной апробации успешно завершены. С февраля 2016 года на установке проводится регенерация промышленных партий катализаторов гидроочистки. На сегодняшний день обработано более 500 тонн катализатора гидроочистки. Лабораторные анализы показывают, что даже при загрязнении исходного катализатора на уровне 22–24% содержание серы и кокса в регенерированном катализаторе не превышает 0,5 и 0,8%, соответственно. Проведенные в лаборатории ФГБОУ ВО «СамГТУ» исследования регенерированного катализатора гидроочистки показали восстановление его активности на 90% по сравнению со свежим катализатором той же марки. Внешний вид отработанного и регенерированного катализаторов приведен на рис. 2.

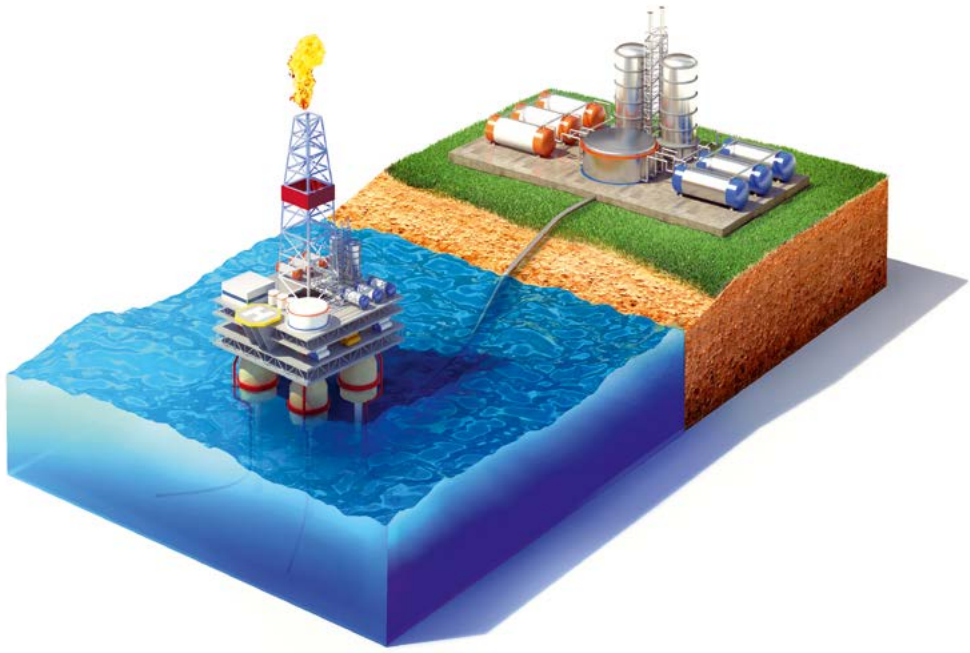
Рис. 2. Внешний вид отработанного и регенерированного катализаторов

Первые партии регенерированного ООО «ПромСинтез» катализатора были загружены в реакторы установки гидроочистки дизельного топлива. Достигнутая продолжительность пробега катализатора подтвердила на практике высокие показатели по восстановлению его активности в условиях разработанной технологии.

Разработанная технология и построенная установка оказались эффективными не только при регенерации катализаторов гидроочистки дизельного топлива. Пилотными испытаниями доказана эффективность регенерации катализаторов дегидрирования, гидрокрекинга, адсорбентов осушки природного газа. Кроме того, ООО «ПромСинтез» предпринимаются шаги для получения разрешения на регенерацию катализаторов ExxonMobil, используемых на нефтехимических предприятиях.

Таким образом, мобильный комплекс регенерации для нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств это:

- значительное снижение финансовых затрат на процесс регенерации в связи с отсутствием транспортных и таможенных расходов (например, по сравнению с регенерацией катализатора за рубежом затраты снижаются на 75%);
- существенное сокращение сроков проведения регенерации благодаря временному размещению установки на площадке завода или в непосредственной близости от него, а также за счет выполнения регенерации катализатора во время ремонта установки.



НИКОЛАЙ КРИВОУСОВ
Генеральный директор ООО «ИНГЕОСЕРВИС-Ск»

ОЛЕГ СМИРНОВ
Главный геолог

АНДРЕЙ ЗАЙЦЕВ
Заместитель главного геолога по геологическому моделированию

ОЛЬГА СУСАНИНА
Главный специалист по комплексированию геолого-геофизических данных

ИННОВАЦИОННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО 2D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОМ СЕРВИСЕ

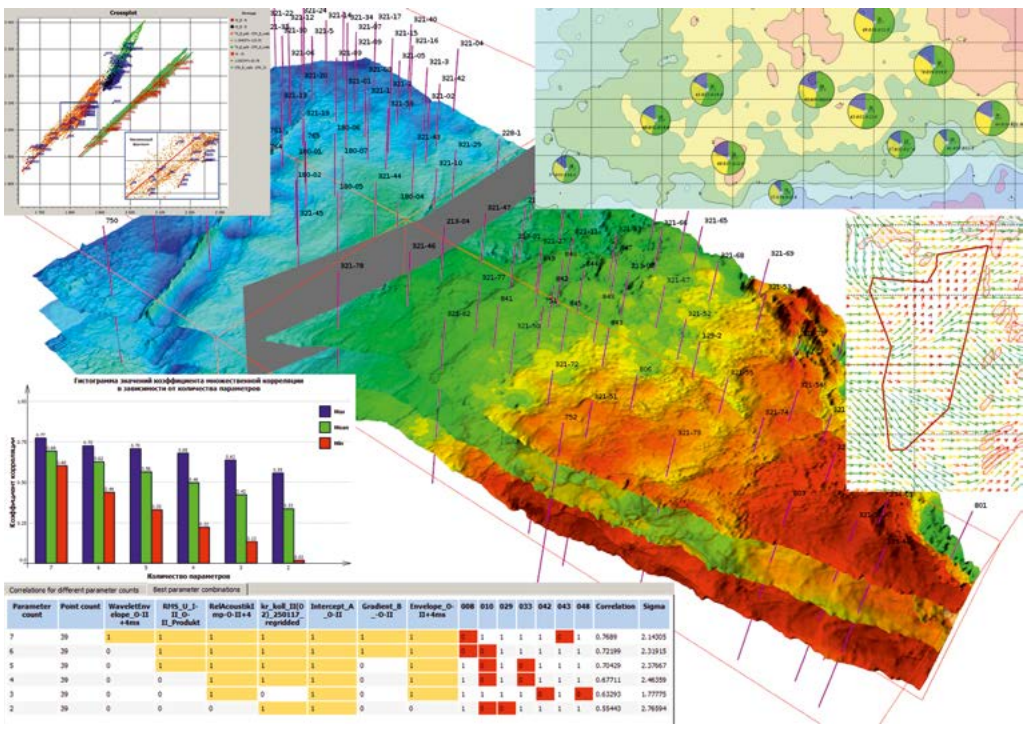
В настоящее время сложилась неоднозначная ситуация с программным обеспечением, предназначенным для создания 2D-геологических моделей. С одной стороны, существует достаточно большой набор программных продуктов, как правило, решающих относительно узкоспециализированные задачи, будь то интерпретация данных сейсморазведки, построение 3D-геологических моделей или подсчет запасов. Построение же геологической модели подразумевает интеграцию в рамках существующей концепции всего объема геолого-геофизической информации, накопленной на всех этапах проведения работы, с обязательным анализом взаимосвязей между разнородными наборами данных и оценкой их качества. Как следствие, зачастую мы имеем недостаточный набор функциональных возможностей для построения непротиворечивых 2D-геолого-геофизических моделей в рамках единого программного пакета.

Таким образом, с другой стороны, на рынке отсутствует специализированное программное обеспечение, позволяющее в полном объеме выполнять широкий спектр задач, связанных с технологиями картопостроения (загрузка, анализ, фильтрация, интерполяция, редактирование данных, визуализация и последующая печать), прогноза и комплексирования геолого-геофизических данных (бурения, сейсмо-, грави- и магниторазведки). Многие технологии, с которыми приходится работать специалистам, так или иначе представлены в разных программных продуктах, но не позволяют получить желаемого результата.

В программе IngeosMAP® (iMAP), основной задачей которой является построение цифровых 2D-геологических моделей, представлены качественно новые возможности редактирования (в том числе локального, с привлечением точечных объектов, полигонов и линий как для плика-

тивных, так и для дизъюнктивных поверхностей) и анализа данных, которые предоставляют современные средства программирования, сформирован удобный и интуитивно понятный пользователю интерфейс, заложен большой потенциал для дальнейшего наращивания обширного круга задач, входящих в компетенцию широкого круга специалистов: геологов, интерпретаторов, специалистов по геологическому моделированию и подсчету запасов.

Рис. 1. Программный комплекс IngeosMAP® (iMAP)

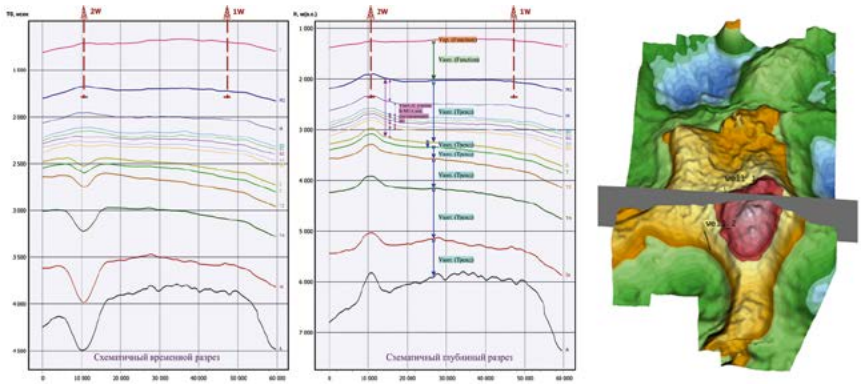


Главные преимущества и решаемые задачи ПО IngeosMAP® (iMAP):

- полный цикл работ с 2D-данными: импорт/экспорт, фильтрация, анализ, интерполяция, визуализация данных (в том числе аксонометрия, визуализация данных в виде составных векторных объектов), редактирование, экспорт графики и печать, хранение оформленных графических приложений и растровых объектов в проекте;
- работа с большими массивами данных (BigData);
- распараллеливание счетных процессов;
- гибкие настройки для редактирования сеточных объектов с учетом разломов (локальное интерактивное редактирование вдоль векторов; сглаживание вдоль разломов, линий, контуров, внутри/вне полигонов, в окне, заданном гридом; автоматическая посадка на скважины и контура/линии с учетом разломов; сшивка/вклейка фрагмента гридов, коррекция зоны сшивки);
- анализ связей грид/грид, скважина/скважина, скважина/грид с построением кроссплотов;
- построение секторных круговых диаграмм;
- метод валидации для оценки точности структурных построений;
- пересчет координат — работа с географическими и прямоугольными координатами;
- расчет инклинометрии и разбивок по горизонтам/пластам в скважинах;
- расчет трансформант потенциальных полей;
- автоматическое построение изопахического/изохорического треугольника;
- комплексирование данных (классификация с построением матрицы классов; мультилинейная регрессия с автоматической валидацией как эталонов, так и регрессоров; построение карт меры сходства);
- открытые кроссплатформенные библиотеки Qt, Qwt, OpenCV, VTK, что позволяет разрабатывать и запускать программу в системах Windows и Linux.

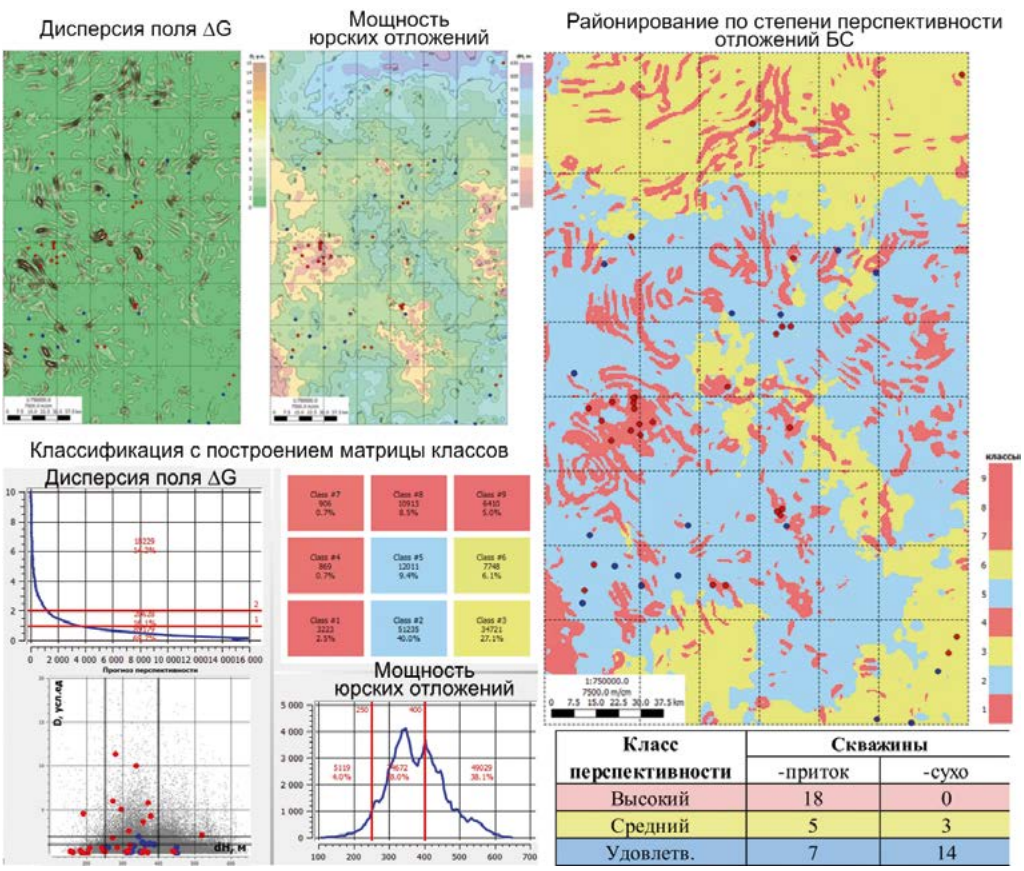
В качестве примера задач, успешно решаемых средствами ПО IngeosMAP® (iMAP), можно выделить учет скоростных аномалий (рис. 2) при переходе время — глубина с применением функционала разложения на частотные составляющие. Расчет локальных компонент сам по себе является мощным инструментом анализа данных, предоставляя, кроме того, широкие возможности для локального редактирования сеточных объектов.

Рис. 2. Схематичный временной и глубинный разрез через зону, осложненную скоростной аномалией



Иллюстрацией возможностей ПО IngeosMAP® (iMAP) при комплексировании данных служит рис. 3. Опираясь на закономерности, выявленные на уровне скважинных данных, по данным анализа мощности юрских отложений и дисперсии гравитационного поля можно провести районирование территории по степени вероятности продуктивности отложений БС.

Рис. 3. Анализ взаимосвязи региональных критериев продуктивности отложений БС с данными по испытаниям скважин



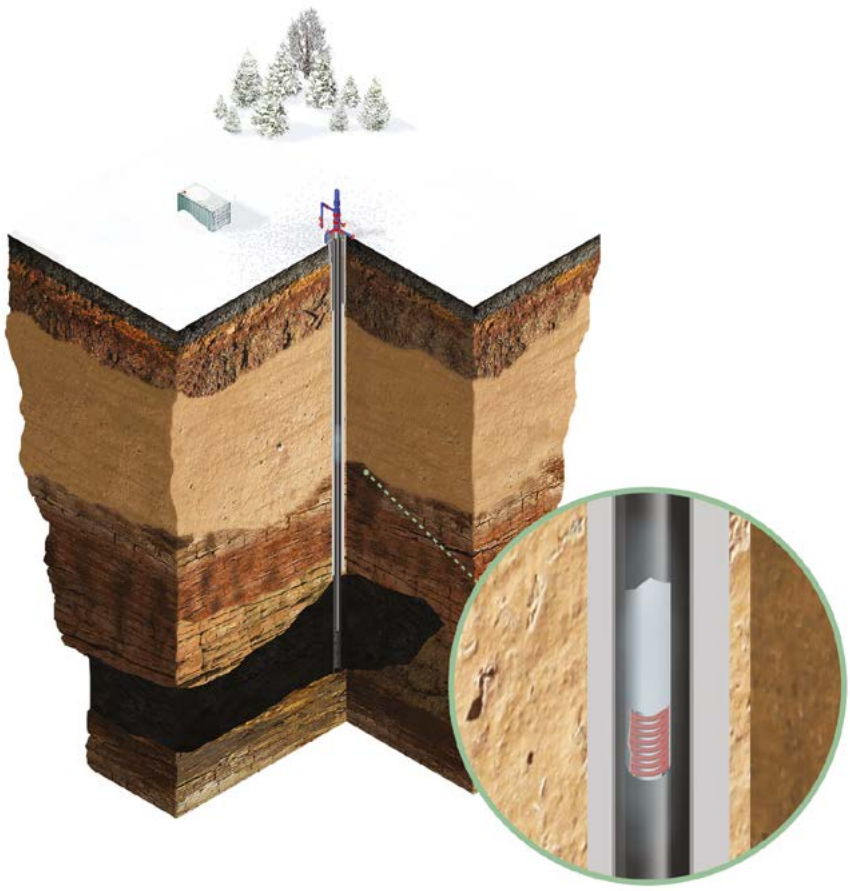
Таким образом, авторами и разработчиками ПО IngeosMAP® (iMAP) в одном программном продукте собран полный спектр инструментов, позволяющий решать задачи, связанные с комплексным анализом геолого-геофизических данных и построением 2D-геологических моделей.

ПО IngeosMAP® (iMAP) — результат многолетнего опыта специалистов в области геолого-геофизического моделирования. Это постоянно развивающийся продукт, предназначенный для широкого круга пользователей с дружелюбным интерфейсом, позволяющий работать с большими объемами данных, и, конечно же, это полностью российская разработка, что наиболее актуально в свете постоянно вводимых санкций в отношении Российской Федерации.

В настоящее время ПО IngeosMAP® (iMAP) интегрируется в платформу, создаваемую под патронажем специалистов Научно-технического центра «Газпром нефти» (ООО «Газпромнефть НТЦ») для обработки и интерпретации данных сейсморазведки, которая способна сопровождать весь цикл сейсмических задач — от постановки задач до завершения проектов.

ВЯЧЕСЛАВ ВАСИЛЬЕВ
К.г-м.н., основатель и научный руководитель ООО НПК «СервисНефтегаз-Технологии»

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВ
Основатель и генеральный директор ООО НПК «СервисНефтегаз-Технологии»



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОТЛОЖЕНИЯ В СТВОЛЕ СКВАЖИНЫ И ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЕ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА

ООО НПК «СервисНефтегазТехнологии» образовано в начале 2018 года специалистами, имеющими большой опыт работы на месторождениях Крайнего Севера Красноярского края практически на всех этапах освоения нефтяных и газовых месторождений — от поиска до эксплуатации. Именно работы, связанные с КРС, испытанием, освоением и ликвидацией аварий при разведке и эксплуатации скважин определили основной вектор деятельности компании. Свою деятельность под эгидой фонда «Сколково» компания начала с получения мини-гранта на разработку устройств, облегчающих устранение и/или предотвращающих образование парафино-гидратных пробок в скважинах.

Нефтяникам, работающим в условиях Крайнего Севера на объектах с интенсивным образованием гидратов и парафинов в скважинах, известны две удручающие истины. Первая — аварии с полным перекрытием ствола скважины по трубному и затрубному пространству связаны с длительным затратным процессом освобождения лифта и практически полной его выбраковки. Вторая — наиболее эффективным способом ликвидации всех видов парафино-гидратных пробок являются различные методы воздействия на них теплом. Если первая истина особых комментариев не требует и понятна каждому специалисту КРС, участвующему в ликвидации такой аварии путем обуривания, отворота аварийного лифта влево и подъема из скважины по одной трубе НКТ, то на второй остановимся подробнее.

Необходимая для разрушения парафино-гидратных пробок тепловая энергия может быть сосредоточена в требуемом интервале скважины двумя способами. Первый — это транспортировка энергии с поверхности. И здесь неважно, каким способом она будет доставлена в нужное место, —

электрическая энергия по кабелю на нагреватель либо прокачкой (с циркуляцией или на поглощение) жидкого горячего теплоносителя. В обоих случаях потери энергии на транспортировку будут зависеть от глубины скважины и температуры околоскважинного пространства. Поэтому для глубин от 1500 до 2500 метров и свыше потери энергии на транспортировку уже не обеспечивают решение задачи разрушения пробок в затрубах. Дополнительно необходимо свободное прохождение по трубному пространству лифта как для нагревателя на кабеле, так и для жидкого теплоносителя. Попутно отметим, что освобождение от пробок трубного пространства на практике особых проблем не содержит.

Наиболее интересен и, понашему убеждению, экономичен второй способ доставки тепла в заданную точку скважины. Это выработка тепловой энергии непосредственно на месте парафино-гидратной пробки. Наша компания имеет опыт применения для этой цели термохимических зарядов на основе реакции металлического кальция с соляной кислотой. Для этого кислота размещается в трубном пространстве в заданном интервале, а кальциевый заряд в специальном контейнере (наша разработка) доставляется на более тонких трубах НКТ (ГНКТ) в этот интервал.

Практическое использование данного метода показало его жизнеспособность и эффективность при ликвидации полного запечатывания лифта гидратами. Недостатком оказалось разрушение (ослабление) части резьбовых соединений труб аварийного лифта под действием концентрированной кислоты. Учитывая опыт работы с термохимическими зарядами, мы пришли к выводу, что следует найти иной, более эффективный способ получения тепловой энергии в скважине на неограниченных глубинах и вне зависимости от профиля скважины.

Для этой цели в ноябре прошлого года НПК «СервисНефтегазТехнологии» получила мини-грант Фонда «Сколково» на реализацию проекта Clean Wells. На данном этапе реализации проекта Clean Wells разработан потоковый скважинный нагреватель (ПСН) Hoton F-58 (рис. 1). Устройство с наружным диаметром 58 мм представляет собой последовательное сопряжение следующих элементов: гидравлический двигатель (серийный ВЗД-58), повышающий 1:10 редуктор-мультипликатор (собственная уникальная разработка), электрогенератор (собственная конструкция W=3,5–4 кВт) и соответствующий генератору по мощности нагреватель. Стендовые испытания изготовленного прототипа устройства показали, что разогрев нагревателя до температуры 250 ^{0}C достигается за 30 минут, а падение температуры до 20 ^{0}C после прекращения работы генератора происходит в течение 2 часов на открытом воздухе. Эти параметры работы Hoton F-58 дают неоспоримые доказательства его способности к разрушению гидратных пробок любого типа на неограниченной глубине и без подъема лифта из скважины. Изготовление с применением этой конструкции устройств большего диаметра (мощности) расширит возможности устройств серии Hoton для любых работ, требующих доставки необходимого количества тепловой энергии на неограниченную глубину скважины, включая обработку призабойной зоны продуктивного горизонта. Подана заявка на изобретение устройства.

Рис. 1. Потоковый скважинный нагреватель (ПСН) Hoton F-58

Винтовой двигатель ВЗД
4 кВт 600 об/мин.

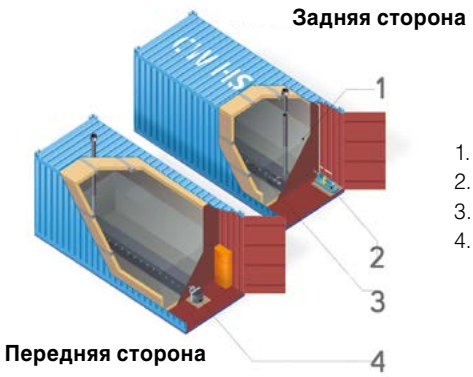
Редуктор-мультипликатор
3,8 кВт 9000 об/мин.

Генератор
5,5 кВт 75А

Тепловой излучатель
t - 120 - 200 ^{0}C

Помимо Hoton F-58 в рамках проекта Clean Wells компания разработала и испытала тепловую установку HS-18M (рис. 2). Установка предназначена для нагрева технологических скважинных растворов широкого спектра применения до температуры кипения. Она представляет собой теплоизолированную емкость объемом 18–20 м^3, снабженную топкой (собственная разработка), 1–2 дизельными горелками и насосом, способным обеспечивать закачку/выкачку раствора и обеспечивать перемешивание внутри емкости циркуляцией. Установка собрана в 20-футовом контейнере по взрывобезопасной системе и сертифицирована для работы на нефтяных и газовых скважинах в рамках ЕАС.

Рис. 2. Тепловая установка HS-18M



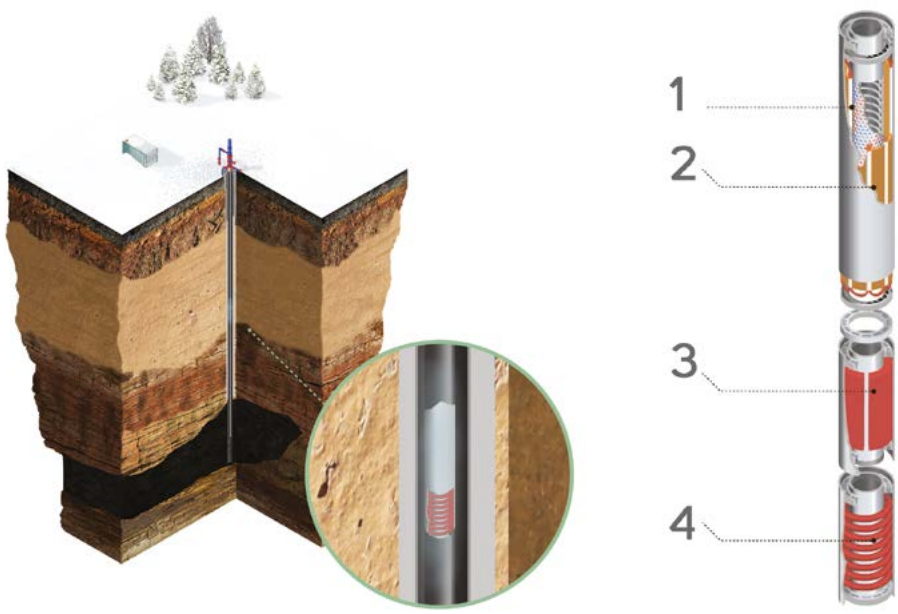
1. Универсальный котел
2. Аксиальный плунжерный насос высокого давления
3. Топочный узел
4. Горелка (мощность 80-140 кВт/час)

Обеспечивает горячим ингибитором (хлористый кальций) профилактику образования гидратов при испытании скважин, быстрый разогрев полностью замерзшего бурового либо технологического раствора после длительного простоя (консервации) буровой.

Эксплуатация HS-18M не требует водоподготовки, проста в обслуживании, по расходу дизтоплива экономичнее ППУ в 1,5–2 раза. Особенно актуально применение установки на одиночных скважинах при испытании/освоении или КРС с подъемника при отсутствии стационарной котельной и дефиците электроэнергии.

Для решения задачи предупреждения образования отложений в нашей компании запланирована разработка автономного скважинного нагревателя ACH Hoton A-116 (рис. 3).

Рис. 3. Разработка автономного скважинного нагревателя ACH Hoton A-116



Зона гидратообразования

1. Ротор
2. Статор
3. Аккумуляторный нагреватель
4. Нагревательный элемент

Предупреждение образования отложений или их разрушение происходит за счет нагрева поверхности труб до температуры 110–150 °С. ACH A-116 нагревает трубу за счет преобразования части энергии восходящего потока пластовой жидкости в электроэнергию и дальнейшего преобразования в тепловую. Устройство работает с использованием данной энергии и является полностью автономным.

Тепловой модуль — греющая композиция с саморегулируемыми электрическими свойствами, не требующая при эксплуатации дополнительных датчиков температуры и электронных схем обратной связи; композиция включает в себя полимерный материал и углеродсодержащий наполнитель.

ИГОРЬ ЦАРЬКОВ
ООО «Наука-Энерготех»

ИСТОЧНИКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВОГРЕСС НА БАЗЕ СВОБОДНОПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Современное оборудование для энергообеспечения удаленных автономных объектов предприятий топливно-энергетической отрасли должно гарантировать высокую надежность и качество энергоснабжения инженерной инфраструктуры, повышать энергетическую эффективность объекта в целом, эксплуатироваться в автоматическом режиме без постоянного пребывания персонала и способствовать переходу на интеллектуальный микросетевой принцип формирования гибридных систем локальных технологических объектов.

Одним из доступных решений обозначенных задач является применение автономных энергетических когенерационных установок. В таких установках могут применяться различные источники энергии — термоэлектрические элементы, генераторы с приводом от двигателей внутреннего сгорания, турбодетандерные преобразователи тепловой энергии, микротурбины. Однако все эти источники имеют зачастую невысокие показатели коэффициента полезного действия (КПД).

Для решения вопросов эффективного энергообеспечения удаленных автономных объектов с потребляемой мощностью от 500 Вт до 10 кВт специалистами компании ООО «Наука-Энерготех»

разработаны источники автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС на базе свободнопоршневого двигателя Стирлинга (СПДС) с интегрированным линейным генератором, использующие в качестве топлива природный газ, СПБТ, не подготовленный природный газ, попутный нефтяной газ, нефть.

СПДС является термодинамической системой с внешним подводом тепла, предназначенного для преобразования тепловой энергии в механическую энергию возвратно-поступательного движения. Конструкция СПДС имеет две основные движущиеся части: вытеснитель и рабочий поршень. Обе работают в замкнутом объеме с гелием и не связаны механически друг с другом.

Для преобразования механической энергии возвратно-поступательного движения рабочего поршня в электрическую энергию используется однофазный синхронный линейный генератор, индуктор с постоянными магнитами которого присоединен к рабочему поршню.

Двигатель Стирлинга и линейный генератор конструктивно размещены в герметичном корпусе, который образует единый объем, заполненный инертным газом — гелием — под давлением 3,6 МПа.

Рис. 1. Свободнопоршневой двигатель Стирлинга в разрезе

Неоспоримыми преимуществами СПДС являются его высокий ресурс — от 50 тыс. до 100 тыс. часов, отсутствие технического обслуживания в течение всего срока службы, высокий электрический КПД — до 25%, малый расход топливного газа — не более 0,6 нм^3/час, широкий интервал регулирования нагрузки — до 90%.

Источники автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС представляют собой автономные энергетические когенерационные установки высокой заводской готовности, полезной электрической мощностью от 0,5 до 10 кВт, возможностью покрытия кратковременных пиковых электрических нагрузок до 20 кВт и полезной тепловой мощностью от 3 до 30 кВт. Уровень напряжения, вырабатываемый установкой, определяется требованиями эксплуатирующей организации и может составлять 24 В, 48 В и 220 В при частоте 50 Гц.

Реализация когенерационного режима работы увеличивает общий КПД установки до 85%.

Рис. 2. ЭВОГРЕСС 1.0. Внешний вид

Рис. 3. ЭВОГРЕСС 6.0. Внешний вид

Источники автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС имеют модульное построение и структурно состоят из:

- системы генерации на базе универсальных генерирующих модулей единичной мощностью 1 кВт;
- системы накопления электроэнергии на аккумуляторных батареях;
- системы преобразования электроэнергии на основе двунаправленного инвертора, обеспечивающего перераспределение токов элементов накопителя электроэнергии в зависимости от величины мгновенной мощности нагрузки;
- системы управления.

Автоматическая система управления и реализованные в ней алгоритмы работы обеспечивают надежную и безаварийную эксплуатацию установок без присутствия персонала, диагностирование параметров процессов генерации, распределения и потребления энергии, предоставление информации в удобном для оператора виде. Управление и мониторинг состояния осуществляются через стандартное интернет-подсоединение.

Всепогодное укрытие и система отопления и вентиляции обеспечивают эксплуатацию установок без ограничения в любых климатических условиях.

Заявленные технические параметры подтверждены приемочными испытаниями и опытно-промышленной эксплуатацией в ПАО «Газпром», в соответствии с СТО Газпром 2-6.2-306-2009 «Типовая программа приемочных и эксплуатационных испытаний электрогенерирующего оборудования на электростанциях ОАО «Газпром» источник автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС рекомендован к применению на объектах ПАО «Газпром».

Источники автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС имеют длительный межсервисный интервал, который составляет 8670 часов. При техническом обслуживании используется малое количество регламентных запасных частей, а в первые три года эксплуатации установок обслуживание сводится к осмотру и контролю оборудования.

Высокая степень автоматизации и длительные межсервисные интервалы делают возможным использование источников автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС для энергоснабжения удаленных труднодоступных объектов.

Для повышения показателей энергетической эффективности и сокращения расхода топлива в источниках автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС реализована возможность подключения и работы с установками на базе возобновляемых источников энергии в приоритетном режиме путем создания централизованной инверторно-накопительной системы.

Примененные технические решения способствуют созданию на основе источников автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС локальных энергетических микросетей, адаптированных к условиям объектов, где необходимая генерируемая мощность определяется исходя из среднегодового потребления электроэнергии. При этом мощность и длительность пиковых нагрузок компенсируются за счет мощности инвертора и емкости накопителя электроэнергии.

В свою очередь, размещение источников генерация тепловой и электрической энергии в непосредственной близости от локальных потребителей сокращает потери при передаче и преобразовании энергии.

Рис. 4. Источник автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС 6.0 в комплекте с технологическим контейнером для объекта «Промежуточная радиорелейная станция»

Рис. 5. Источник автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС 4.1 обеспечивает энергоснабжение модуля автоматизированной технологической обвязки скважин. Объект: Чаяндинское газовое месторождение

Высокая степень заводской готовности минимизирует объем монтажных и наладочных работ на объекте и заключается в подключении установки к внешним сетям.

Модульный принцип и унифицированные технические решения, используемые во всем модельном ряде источников автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС, позволяют создать в эксплуатирующей организации единую систему технического обслуживания.

Себестоимость электроэнергии при использовании источников автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС в горизонте расчета 20 лет эксплуатации составляет порядка 43 руб./кВт*час, что является минимальным показателем среди конкурирующих технологий генерации электроэнергии.

В настоящее время конструкторское бюро компании осуществляет разработку комплектных установок, включающих в себя энергопотребляющее оборудование с интегрированным источником автономного энергоснабжения ЭВОГРЕСС необходимой мощности. Эти изделия могут комплектоваться средствами электрохимической защиты, телемеханики, связи, а также другими потребителями электроэнергии.

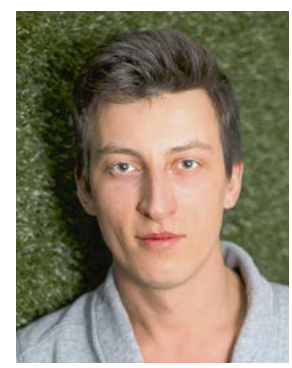
Таким образом, применение источников автономного энергообеспечения ЭВОГРЕСС в системах энергоснабжения удаленных автономных объектов является практической реализацией мероприятий по повышению энергетической эффективности и обеспечивает надежность поставок и качество вырабатываемой энергии при сокращении капитальных затрат на строительство, реконструкцию и эксплуатацию энергетических сооружений объектов предприятий топливно-энергетической отрасли.

Табл. 1. Технические характеристики источников автономного энергообеспечения

Обозначение установки	Электрическая мощность, Вт		Тепловая мощность, Вт	Напряжение, В		Расход топлива, нм³/ч	
	Полезная	Пиковая	Полезная	ток DC	ток AC	Природный газ	СПБТ
Эвогресс 1.0	500	3 000	3 000	24/48	220	0,60	0,25
Эвогресс 2.0	1 500	6 000	6 000			1,20	0,50
Эвогресс 3.0	2 500	6 000	9 000			1,80	0,75
Эвогресс 4.0	3 200	8 000	12 000			2,40	1,00
Эвогресс 5.0	4 200	10 000	15 000			3,00	1,25
Эвогресс 6.0	5 000	12 000	18 000			3,60	1,50
Эвогресс 7.0	6 000	14 000	21 000			4,20	1,75
Эвогресс 8.0	7 000	16 000	24 000			4,80	2,00
Эвогресс 9.0	8 000	18 000	27 000			5,40	2,25
Эвогресс 10.0	9 000	20 000	30 000			6,00	2,50

НИКОЛАЙ БАРСУКОВ
Директор ЦПИ «Пульсар», чл.-корр. МАХ

ВЛАДИМИР ЖВАКИН
Заместитель директора ЦПИ «Пульсар»



АРТЕМИЙ БАРСУКОВ
Главный инженер ЦПИ «Пульсар»

ТЕХНОЛОГИЯ «ЭГРА» — НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ГРАДИРНЕСТРОЕНИИ

Одним из важнейших условий эффективной работы любой градирни является подача необходимого количества воздуха в активную зону агрегата. Побудителем воздушного потока в башенных градирнях является самотяга башни. В вентиляторных – принудительная подача. В первом случае приходится строить громоздкие дорогостоящие башни, во втором – тратить значительные дополнительные средства на привод и техническое обслуживание вентилятора. В то же время циркулирующие в водооборотных циклах потоки зачастую несут в себе большое количество энергии в виде остаточного давления.

Попытки полезного использования этой энергии предпринимались неоднократно как в России, так и за рубежом. Для этой цели наилучшим образом подходит эффект эжекции в силу своих специфических свойств. Самым характерным представителем аппаратов этого типа является малогабаритный эжекционный охладитель фирмы «Baltimore Aircoil» (США), послуживший прототипом для всех последующих конструкций. Начиная с 90-х годов и в России стали появляться подобные аппараты – «Муссон» (ООО «Политехника», г. Ярославль), «Прагма» (ООО «Инженерный центр ВК», г. С.-Петербург), градирня фирмы «Новые технологии» и др.

Однако охладители балтиморовского типа так и не смогли составить серьезную конкуренцию существующим типовым градирням, ввиду их низких эксплуатационных характеристик – недостаточной глубины охлаждения, большого каплеуноса (до 3% и более), незначительных перепадов температур (не более 5 °С), высокого потребного давления (0,3—0,5 МПа), малой единичной производительности и др. К немногочисленным достоинствам этих агрегатов можно отнести простоту конструкции, малые габариты и, соответственно, низкую себестоимость. Все это и предопределило область их применения – предприятия с небольшими расходами воды, где существенные перерасходы электроэнергии на обеспечение высокого давления не столь ощутимы.

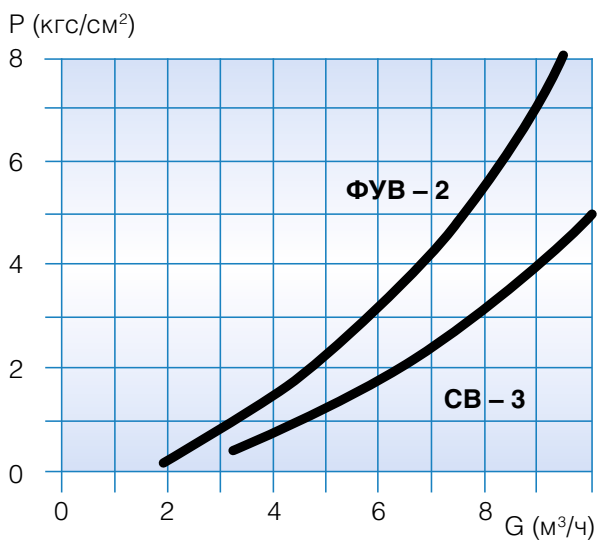
Тем не менее идея полезного использования бросовой энергии оставалась весьма заманчивой. В этой связи специалисты НПФ «Пульсар» с конца 90-х годов прошлого века начали

проводить углубленные исследования процесса тепломассообмена при эжекции. При этом был сделан акцент на проблемах средних и крупных потребителей оборотной воды, включая объекты большой энергетики.

Для снижения энергоемкости процесса в НПФ «Пульсар» была разработана форсунка струйно-вихревого типа марки ФУВ-2, обеспечивающая необходимые коэффициенты эжекции в диапазоне рабочих давлений 0,15—0,25 МПа (патент РФ на изобретение №2486965). С использованием этих форсунок были разработаны конструкции специальных эжекционных узлов цилиндрической и щелевидной формы с ориентацией факела диспергированной жидкости снизу вверх. Эти технические решения определили наиболее эффективную схему движения теплоносителей и новый способ организации процесса тепломассообмена, который также запатентован. В результате многолетней работы была создана технология «ЭГРА», являющаяся основой для нового направления в градирнестроении. Сущность технологии изложена в десяти патентах РФ на изобретения. Технология позволила разработать целый ряд принципиально новых эжекционных градирен серии «ЭГРА». Модульные градирни различной модификации малой и средней производительности с расходом до 1200 м^3/час (патент РФ на изобретение №2462675). Секционные градирни средней и большой производительности с расходом до нескольких тысяч кубометров в час (патент РФ на изобретение №2506512). Многоконтурные градирни большой производительности с расходом от 4,5 до нескольких десятков тысяч кубометров в час (патент РФ на изобретение №2473855). Градирни серии «ЭГРА» практически по всем показателям превосходят в 1,5—2 раза известные аналоги.

На первом этапе развития «технологии» были спроектированы, построены и успешно эксплуатируются на предприятиях РФ шесть эжекционных градирен серии «ЭГРА». На основе опыта их эксплуатации и многолетних исследований с 2016 года НПФ «Пульсар» приступил к проектированию и строительству градирен серии «ЭГРА» второго поколения. Для этих целей была разработана конструкция новой форсунки струйно-вихревого типа марки СВ-3 с эжектирующим факелом (патент РФ на изобретение №2462675). Форсунка имеет улучшенные показатели по всем основным характеристикам, в том числе обеспечивает более высокие коэффициенты эжекции при снижении рабочих давлений. Гидравлические характеристики форсунок представлены на рис. 1.

Рис. 1. Гидравлические характеристики форсунок ФУВ-2 и СВ-3



Второе поколение эжекционных охладителей серии «ЭГРА» началось с секционной градирни открытого типа, конструкция которой кардинально отличается от всех предшествующих и не имеет близких аналогов как в России, так и за рубежом (патент РФ на изобретение №2560453). Данная градирня имеет улучшенные эксплуатационные и технические характеристики на уровне современных вентиляторных градирен, а по ряду показателей и превосходит их. В частности, обеспечивает снижение энергоемкости процесса, существенно повышает надежность агрегата и имеет гибкую систему регулирования режимов работы в зависимости от тепловых нагрузок и климатических условий. Градирня оснащена эффективной противообледенительной системой, позволяющей эксплуатировать ее даже в северных широтах. Такая градирня спроектирована для водооборотного цикла космодрома «Восточный».

Помимо строительства новых градирен технология «ЭГРА» дает возможность не менее эффективно реконструировать и старые градирни, улучшая эксплуатационные показатели и продлевая срок их службы. Встраивание только в пределах «мертвой зоны» башенных градирен эжекционного блока позволяет снизить температуру охлажденной воды на 2—3 °С (патент РФ на изобретение №2674857). Если же реконструировать весь тепломассообменный узел типовой башенной градирни по технологии «ЭГРА», то это позволит снизить температуру охлажденной воды на 3—5 °С.

До настоящего времени на предприятиях РФ эксплуатируется большое количество башенно-вентиляторных градирен СК-400 и СК-1200. В НПФ «Пульсар» разработан проект реконструкции таких градирен, позволяющий демонтировать вентиляторную установку, обеспечив при этом перепады температур на входе и выходе агрегата порядка 7—9 °С. По этой технологической схеме уже осуществляется реконструкция градирни СК-400 на одном из химических предприятий в г. Кемерово. По такой же схеме на месте старых могут быть построены и новые эжекционные градирни серии «ЭГРА» в виде автономного модуля (патент РФ на изобретение №2683611).

На сегодняшний день градирни серии «ЭГРА» уже являются полноценной альтернативой типовым вентиляторным и башенным градирням. Однако в РФ и других развитых странах не менее половины от общего расхода оборотной воды охлаждается в башенных и вентиляторных градирнях, величина рабочих давлений в которых на уровне водораспределительной системы, как правило, лежит в диапазоне 0,04—0,1 МПа. Поэтому разработка конструкций эффективных эжекционных узлов и форсунок для них, работающих на пониженных давлениях, является важной задачей. В данный момент ее решением занимается ООО «Центр прикладных исследований «Пульсар» (дочернее предприятие НПФ «Пульсар») в структуре инновационного центра «Сколково». Успешное решение этой проблемы позволит использовать достижения технологии «ЭГРА» практически во всех отраслях промышленности и способствовать развитию энергосберегающих технологий.

Табл. 1. Основные характеристики градирен различных типов

Тип градирни	Наименование показателя							
	Расход оборотной воды, м³/час	Диапазон оптимальных давлений перед форсункой, МПа	Перепад температур (без рециркуляции), °С	**Максимальная глубина охлаждения (без рециркуляции), °С	Потери воды, %		Удельная электрическая мощность насосов и вентиляторов на охлаждение 1м³ воды, кВт	Удельные затраты на строительство, включая бассейн и фундамент (на 1м3 воды), тыс.руб.
					Испарение	Каплеунос		
Вентиляторные градирни	600–8000	0,07–0,15	8–10	5–7	До 1,5	До 2	*0,183	13–14
Башенные градирни	5000–15000 (и более)	0,04–0,1	7–8	7–9	До 0,9	До 2,5	0,133	21–22
Эжекционные «Балтиморовского типа»	До 200	0,4–0,5	4–5	8–10	До 0,6	До 4,5	0,36	4–5
Эжекционные градирни серии «ЭГРА» 2-го поколения	150–15000 (и более)	0,1–0,2	8–10	5–7	До 1,4	0,4	0,156	11-12
***Эжекционные модифицированные градирни серии «ЭГРА» 2-го поколения	150–15000	0,05–0,15	8–10	5–7	До 1,4	0,3	0,133	11-12

* При величине потребных давлений (базовым для расчета вентиляторных градирен принят насос марки Д3200-33-2 с подачей 3200 м³/ч, напором 33 м и мощностью электродвигателя 400 кВт).

** Величина превышения температуры охлажденной воды над температурой воздуха по смоченному термометру.

*** При использовании малогабаритных эжекционных узлов (конструкции ЦПИ «Пульсар»), оснащенных новыми форсунками, работающими в диапазоне пониженных давлений.

Применение градирен серии «ЭГРА» обеспечивает следующие преимущества.

По сравнению с вентиляторными градирнями:

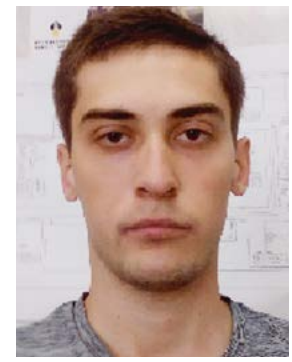
- экономия электроэнергии может достигать 30%;
- сокращаются расходы по техническому обслуживанию агрегата на 25% и более;
- межремонтные периоды увеличиваются в 2—3 раза;
- себестоимость строительства на 25—30% ниже типовых вентиляторных градирен той же производительности.

По сравнению с башенными градирнями:

- снижение температуры охлажденной воды в башенных градирнях уменьшает себестоимость выработки электроэнергии на тепловых и атомных станциях за счет повышения КПД турбинных циклов;
- капитальные затраты на строительство ниже на 30—40%.

Кроме того, все градирни серии «ЭГРА» обладают повышенной надежностью и обеспечивают удобство технического обслуживания агрегата даже в процессе его работы.

На сегодняшний день только технология «ЭГРА» позволяет проектировать и строить эжекционные градирни любой производительности для крупных предприятий, в том числе энергетических объектов (ТЭЦ, ГРЭС и АЭС).



ГЕННАДИЙ ГОЛОВАЧЕВ
Техник по учету службы АСКУЭ, УиРЭПРЦЭиЭ №2 УЭ АО «Самаранефтегаз»

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПУНКТОВ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ I-TOR НА ОПОРАХ ВЛ-110 КВ

ПАО «НК «Роснефть» — лидер нефтяной отрасли как в России, так и за ее пределами. Дочерние общества ПАО «НК «Роснефть» владеют большим количеством электросетевого оборудования, при этом являются как потребителями электроэнергии, так и предприятиями, оказывающими услуги по ее передаче. Электроэнергия — уникальный товар, который практически нельзя складировать, а ее учет требует точности и объективности.

Для регулирования отношений субъектов рынков электроэнергии приборы учета подлежат установке на границах балансовой принадлежности. Как известно, чем выше класс напряжения, тем более громоздким является используемое оборудование, соответственно, тем сложнее реализовать этот принцип, отчего в сетях 110 и 35 кВ установка узлов учета сопряжена с существенными капитальными затратами и учет часто организован на стороне низкого напряжения.

Такое положение вещей искажает реальную картину потребления электроэнергии и приводит к дополнительным материальным затратам, а также к спорным ситуациям. До настоящего времени в ПАО «НК «Роснефть» для учета электроэнергии применялись исключительно наземные пункты коммерческого учета, которые, в свою очередь, отличаются большими габаритами и массой, а внедрение их сопряжено с необходимостью проведения инженерных изысканий и получением землеотвода.

Говоря простым языком, для того чтобы установить комплект приборов учета электроэнергии, необходимо организовать строительство практически в масштабе подстанции.

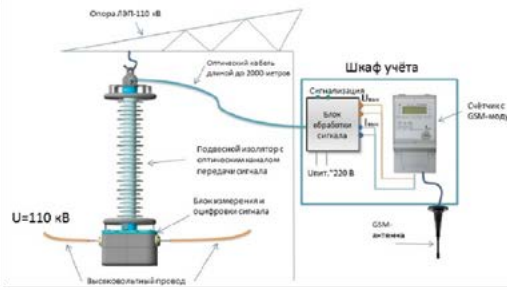
Внедрение автономного пункта коммерческого учета электроэнергии i-TOR

В 2018 году АО «Самаранефтегаз», на примере Бариновского узла, рассмотрело и утвердило приоритетные точки для организации коммерческого учета электроэнергии на границах балансовой принадлежности сторон с применением автономного пункта коммерческого учета электроэнергии в сети 110 кВ типа i-TOR-110, который предназначен для измерения и масштабного преобразования тока и напряжения в сетях переменного тока промышленной частоты с номинальным током от 100 до 1000 А включительно до электрических величин, пригодных для измерения стандартными электроизмерительными приборами, а также для создания гальванической развязки между высоковольтной сетью и приборами измерения.

i-TOR-110 — это инновационное устройство российского производителя, позволяющее организовать учет электроэнергии с точностью, пригодной для коммерческих взаиморасчетов, непосредственно на границе балансовой принадлежности различных субъектов рынка электроэнергии.

Измерительный компонент конструктивно представляет собой изолятор подвесного или опорного типа, в котором расположен блок измерения. С одной стороны к изолятору крепится корпус с выводами для подключения первичной цепи, в котором и расположен блок измерения тока и напряжения. С другой — узел подключения оптического соединения устройства и монтажное устройство для подвеса изолятора на опору.

Измерения выполняются электромагнитным трансформатором тока и резистивным делителем напряжения, которые дают возможность преобразовать высокое напряжение и большой ток в удобные для измерения электронными блоками величины. Преобразованные значения тока и напряжения подаются в электронный блок аналого-цифровых преобразователей с оптическими передатчиками, где происходят преобразование аналогового сигнала в цифровой двоичный код и дальнейшая передача его по оптическому каналу связи в блок обработки сигнала. Здесь осуществляется обратное преобразование цифрового сигнала в аналоговый, который затем поступает в прибор учета. А информация со счетчика электроэнергии передается в любую систему АИИС КУЭ уже по отработанному принципу.



Примененные при разработке и создании i-TOR технологии и решения обеспечивают малые габариты, массу пункта коммерческого учета и устойчивость к внешним факторам среды, что позволяет монтировать его не только на подстанциях, но и на любой анкерной опоре линии электропередачи 35–110 кВ.

Достигаемые цели

Применение оборудования i-TOR дает возможность достичь ощутимых финансовых показателей, поскольку существовавшие ранее технические ограничения по переводу объектов электрохозяйства ПАО «НК «Роснефть» с РРЭ на ОРЭ остались в XX веке!

Выводы

Оборудование i-TOR обладает малой массой и габаритами и позволяет комплексно решить ряд вопросов:

- обеспечить учет электроэнергии в любой точке сети на любой анкерной опоре;
- исключить затраты на землеотвод;
- при малых габаритах и массе обеспечивает измерение токов с классом точности 0,2S и напряжения — 0,2;
- не требует применения тяжелой грузоподъемной техники, обустройства сложных фундаментов и применения дополнительных защитных аппаратов.

Все это позволяет организовать узел учета на базе i-TOR вдвое дешевле, чем на традиционных трансформаторах тока и напряжения, с возможностью включения в любую систему АИИС КУЭ. Монтаж и наладка оборудования производятся в течение одной рабочей смены, что актуально в наше время.

N п/п	Вид рынка	Тариф на покупку электроэнергии руб.	Потребление 2016г, тыс.кВт*ч	тыс.руб/год
1	РРЭ	3,031	4 604 598	13 956 537
2	ОРЭ	2,88	4 604 598	13 261 242
3	выгода			695 295

Контакты ООО «АЙ-ТОР»
620089, РФ, г. Екатеринбург, ул. Машинная, 42а, оф. 1002
Тел.: +7 (343) 237-25-56, +7 (343) 351-76-08
E-mail: zapros@i-tor.ru, www.i-tor.ru

КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ:

в центре внимания, в центре Москвы

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МИНПРОМТОРГ РОССИИ

РСПП

Российское Газовое Общество

СОЮЗ НЕФТЕГАЗОПРОМЫШЛЕННИКОВ РОССИИ

ЭКСПОЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ МОСКВА

Messe Düsseldorf