

## МЕЖСИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ НА БАЗЕ ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

И.Ю. Юнак, Д.В. Бахаев (ООО «Сименс»)

Показана важность наличия качественно проработанных интерфейсов между различными системами предприятия. Описаны преимущества применения облачной интеграционной платформы, поддерживающей технологию промышленного Internet вещей. Интеграционная платформа является связующим звеном как для основных ИТ-систем предприятия, так и для производственного оборудования.

Ключевые слова: промышленный Internet вещей, интерфейс, интеграция, облачные вычисления, предиктивная аналитика.

### Введение

Классической структурой системы управления предприятием много лет считалась пирамида, на вершине которой находится ERP либо PLM-система, а у основания - полевое оборудование под управлением SCADA-системы. С увеличением аналитических возможностей предприятий и распространением оборудования, которое в реальном времени может передавать большие массивы данных о своем состоянии и технологическом процессе, в некоторых источниках на вершине этой пирамиды стали появляться системы класса OLAP<sup>1</sup> или системы аналитической обработки данных в реальном времени.

Такая вертикальная интеграция требует значительных затрат при разработке межсистемных интерфейсов. Полибрендовая архитектура, наиболее часто встречающаяся на промышленных предприятиях вследствие исторических и процедурных причин, увеличивает сложность в разы. Причин может быть несколько:

- 1) системы разных производителей могут не иметь общих протоколов взаимодействия;
- 2) перед интеграторами, внедрявшими те или иные отдельные системы, не была изначально поставлена задача предусмотреть возможность интеграции с конкретными системами и т.д.

Это привело к тому, что разработчики программного и аппаратного обеспечения для закрепления своих

позиций на рынке вынуждены были внедрять в свои системы связку «стандартных» протоколов, используемых для данных задач. С одной стороны, это упрощает интеграцию: теперь заказчик должен лишь купить нужный интерфейс и организовать его настройку, но, с другой, - не может не отразиться на стоимости «коробочного решения». При необходимости передавать информацию, например, с нижних уровней пирамиды на верхние в обход нескольких слоев, задача начинается «играть новыми красками». Пользователь вынужден обращаться к одному интегратору для поддержки и масштабирования системы, потому что по прошествии некоторого времени разобраться в ней становится очень сложно.

Альтернатива рассмотренному подходу была предложена в середине 2010-х годов в связи с развитием концепции промышленного Internet вещей (IIoT) и «туманных вычислений» (FOG или EDGE computing)<sup>2</sup>. Это децентрализованная система управления, на верхнем уровне которой находятся некоторые облачные приложения, выполняющие функции аналитики и управления.

Однако наиболее простой с точки зрения интеграции и эффективной в управлении дискретным предприятием является кольцевая структура (рис.1). Преимущества таких систем подробно описаны в открытых источниках, однако все авторы сходятся в

том, что очень важным является процесс создания архитектуры бизнес-процессов. Недостаточно проработанные межсистемные интерфейсы могут свести на «нет» хорошо прописанную функциональность отдельных ИТ-систем. При этом найти специалистов, обладающих необходимым опытом и способных прописать взаимодействие всех необходимых на предприятии процессов – задача нетривиальная.

Одним из вариантов решения задачи является общая

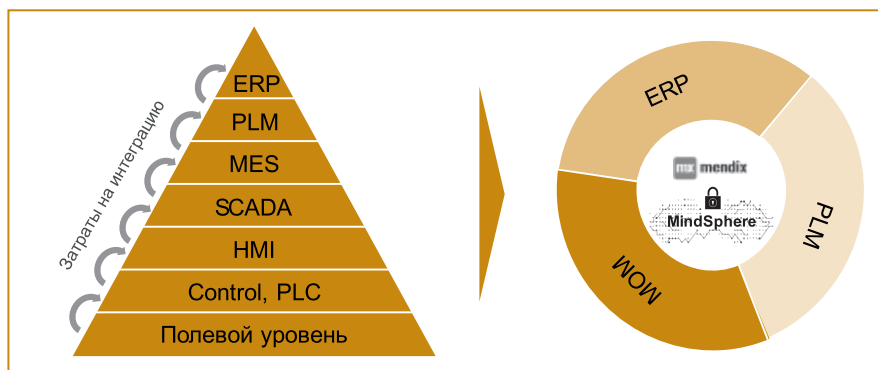


Рис. 1. Трансформация вертикальной структуры системы управления предприятием в кольцевую

<sup>1</sup> OLAP (online analytical processing, интерактивная аналитическая обработка) — технология обработки данных, заключающаяся в подготовке суммарной (агрегированной) информации на основе больших массивов данных, структурированных по многомерному принципу.

<sup>2</sup> Туманные технологии - аналог облачных, но вычислительные ресурсы расположены в пределах самого предприятия. Преимущества туманных технологий заключаются в их близости к источникам данных и их пользователям, в оперативном анализе потоков данных внутри предприятия.

справочная база данных предприятия, к которой обращаются различные ИТ-системы. В литературе это называется Master Data Management (MDM). Такие системы неплохо зарекомендовали себя при интеграции ERP и PLM систем, однако для оперативного управления производственным уровнем малопригодны.

Возможным решением является облачная интеграционная платформа с возможностью быстрого создания приложений, являющаяся связующим звеном как для основных ИТ-систем предприятия, так и оборудования с возможностями подключения к ПоТ. На первый взгляд, эта задача может показаться нелогичной: общая интеграция различных систем и оборудования требует значительной подготовительной работы с точки зрения разработки логики взаимодействия и интерфейсов, информационной безопасности. Для доказательства обратного рассмотрим кольцевую архитектуру ERP-MOM-PLM, опирающуюся на общую облачную интеграционную платформу с элементами ПоТ на возможных примерах реализации (рис.2).

#### (ERP-MOM-PLM)+Cloud

Рассмотрим упрощенно выполнение заказа на примере металлообрабатывающего производства. Опустим этап разработки детали в CAD, предположим, что чертеж детали уже есть. При поступлении заказа из системы ERP в PLM системе на базе конструкторско-технологической документации формируется ведомость (BOM), который

передается в MES, включающая список оборудования и материалов, необходимых для изготовления детали. Согласно этому списку происходит отгрузка материалов и инструментов со складов, осуществляется планирование и т.д. В классической вертикально интегрированной платформе для осуществления данной работы необходимо построить отдельные интерфейсы к каждой паре подсистем, например список инструментов генерации в САМ вместе с управляющей программой должен быть передан в MES, затем в APS. Системы оперативного планирования производства APS должны иметь связь с ERP/TMS<sup>4</sup>, чтобы необходимый инструмент был собран и передан на конкретный станок вовремя. Если внедрением всех этих систем занимались разные компании, и использовались продукты многих разработчиков, все интеграционные действия могут вызвать дополнительные временные и материальные затраты. Кроме того, для полноценной реализации оперативного планирования и контроля качества обработки потребуются связь с оборудованием через систему мониторинга состояния и сбора технологических параметров. Для реализации данной задачи необходимы значительные коммуникационные ресурсы (как транспортные, так и вычислительные), загрузка которых во время функционирования предприятия может быть неравномерной, то есть предприятию придется вкладываться в инфраструктуру «с запасом», поскольку производительность может быть в итоге ограничена даже не производственными ресурсами, а телекоммуникационными. Узким местом

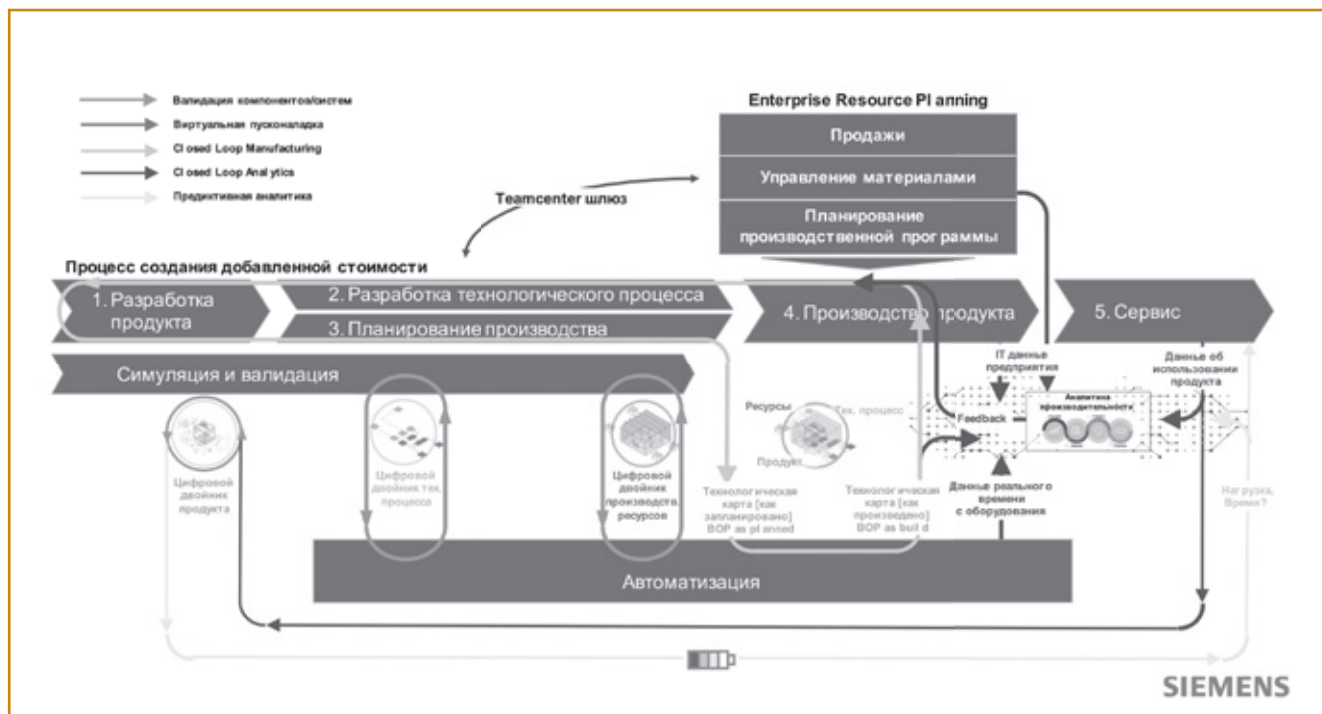


Рис. 2. Цифровое дискретное предприятие. Организация обратных связей и межсистемного взаимодействия

<sup>3</sup>MOM – manufacturing operational management, общее название группы систем, включающей оперативно управление производством (MES), оперативное управление качеством (QMS), оперативное планирование производства (APS)

<sup>4</sup>TMS – Tools management system - система управления инструментом. Более подробно смотри [6]

станет не сам производственный процесс, а его организация с точки зрения информационного обеспечения [1].

Именно поэтому предварительная детальная проработка архитектуры системы управления предприятием с учетом всех бизнес-процессов, проведенная перед внедрением отдельных систем может впоследствии сэкономить значительные средства.

Покажем, как кольцевая структура взаимодействия с облачной интеграционной платформой может упростить архитектуру системы. Каждая система отдает в облако *минимально необходимый пакет данных (МНПД)* для одного или нескольких бизнес-процессов. Например, список инструментов необходимый токарно-фрезерному станку для выполнения предписанных операций над конкретной деталью. При этом в облаке есть также информация с данного станка о присутствующем в магазине инструменте с текущей наработкой. Облачное приложение анализирует наличие необходимого в магазине инструмента, его износ и формирует список на пополнение. Этот список передается на склад для отгрузки и заодно является базовой информацией для другого облачного приложения, к которому благодаря возможностям ИТ подключены посты сборки и измерения инструмента. При загрузке инструментов в магазин станка данное облачное приложение передает всю информацию о новых инструментах в станок [2]. Хранение в облаке актуальных на данный момент минимально необходимых пакетов данных от различных систем и оборудования и обра-

щение к ним только тех приложений, которым нужна эта информация в данный момент, делает бизнес-процесс максимально логичным и прозрачным.

Значительным преимуществом облака как интеграционной платформы может быть возможность реализации некоторых задач при помощи приложений, написанных при помощи технологии low-code/no-code. Low-code/no-code — это подход к созданию, настройке и модификации систем и приложений, который практически не требует написания программного кода. Например, приложения для анализа наличия инструментов на станке в облачной платформе MindSphere может быть быстро реализовано даже непрофессиональным программистом на Mendix<sup>5</sup>. Low-code программирование — вполне естественный этап повышения уровня абстракции при разработке приложений — они создаются в графической среде с помощью блоков и связей между ними, которые строятся по методу перетаскивания (drag-and-drop). Такой подход позволяет создавать приложения специалистами, не обладающими навыками и знаниями в области программирования, то есть инженерами, бизнес-аналитиками или даже продвинутыми пользователями. Это ключевые сотрудники, носители информации о процессах компании. Предоставление в их руки инструмента, позволяющего, по сути, создавать/изменять компоненты ИТ-системы предприятия, помогает повысить гибкость и прозрачность бизнеса, снизить затраты, увеличить скорость разработки корпоративной ИТ-системы. Однако в данном

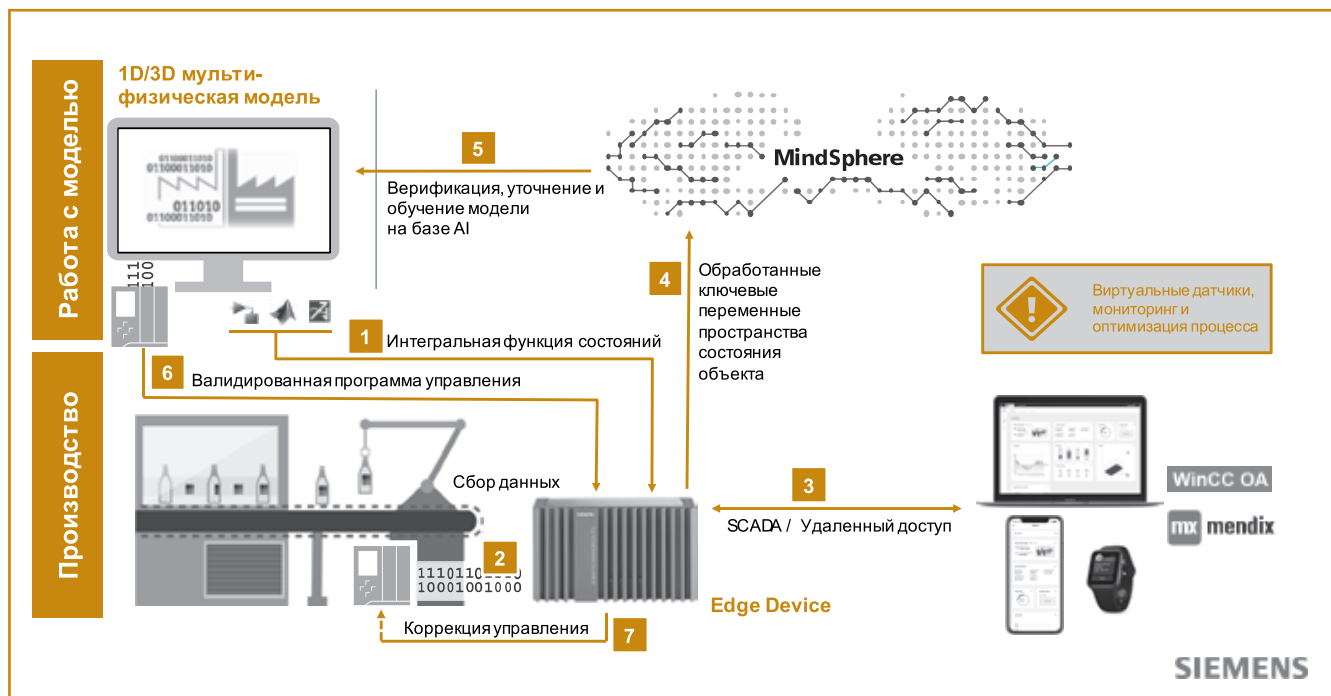


Рис. 3. Концепция промышленной адаптивной системы управления с эталонной моделью (реальная предиктивная аналитика и управление на базе KPI в будущем)

<sup>5</sup> Mendix — это бескодовая (no-code) программная платформа, предоставляющая инструменты для создания, тестирования, развертывания и проверки программных приложений.

случае возрастает важность предварительной проработки бизнес-процессов. Информация должна передаваться в облако в простом формате с минимальным дублированием данных, разделенных на минимально необходимые пакеты. Именно в таком формате вся необходима информация для настройки бизнес-процессов, проверки гипотез и аналитики будет доступна широкому кругу пользователей, а поиск и исправление ошибок в исходных данных не потребует много времени.

Отметим, что современные облачные платформы обладают высочайшей степенью надежности и сохранностью данных и соответствуют ведущим мировым стандартам в области кибербезопасности: ISO 27001 и IEC 62443. Данные передаются и хранятся в MindSphere в зашифрованном 256-битным шифрованием формате, а механизмы безопасности элементов подключения MindConnect соответствуют лучшим практикам защиты систем (Industrial Control System).

#### Предиктивная аналитика как дальнейшее развитие интегрированной структуры

Другим примером, иллюстрирующим возможности облачной платформы при интеграции данных из разных систем, является задача предиктивной аналитики. Облачные ресурсы дают необходимые вычислительные возможности для реализации данной задачи «по запросу». Для анализа ресурса и адаптации управления объектом под производственные задачи с учетом текущего состояния статического цифрового двойника системы, созданного на этапе ее разработки, недостаточно. Реальная система может эксплуатироваться в различных условиях окружающей среды, с разной нагрузкой, а кроме того, в процессе его сборки могут быть допущены отклонения, которые влияют на эксплуатационные характеристики. При реализации обслуживания любой механической системы по фактическому состоянию эти факторы могут иметь накопительный эффект, значительно меняющий схему технического обслуживания.

Возможная схема реализации построения *реально-го цифрового двойника* показана на рис.3. Основными элементами системы является: сам объект с системой управления на базе PLC, EDGE устройство, облачная платформа MindSphere и 1D-3D модель объекта управления, реализованная, например, на базе SimCenter [3].

Изначально, базируясь на анализе идеализированной 1D-3D модели объекта, в SIMATIC EDGE загружается интегральная функция состояния объекта<sup>6</sup>, показывающая область допустимых значений ключевых параметров пространства состояния, вектора управления объекта и прочих значимых факторов [4]. Во время функционирования объекта SIMATIC

EDGE собирает данные о его фактическом состоянии с учетом текущей программы управления, планируемого задания и предыдущего состояния. EDGE анализирует полученные данные и в сжатом виде (для экономии трафика) передает их в облачную платформу MindSphere. При накоплении существенных расхождений значений наблюдаемых параметров о состоянии объекта с первоначальной моделью облачное приложение на базе искусственного интеллекта анализирует данные, поступавшие от EDGE, и проводит параметрическую коррекцию 1D-3D модели объекта, приближая ее к фактическому состоянию реального объекта [3]. Обновленная модель позволяет скорректировать интегральную функцию состояния объекта, на базе которой можно практически в реальном времени проводить предиктивную аналитику самого объекта управления, например, корректируя программу PLC для оптимального решения текущей бизнес-задачи (например, максимальной производительности при минимальном износе или оптимизации режима работы для обеспечения непрерывного функционирования в определенный промежуток времени при заданной производительности с учетом таких сложно наблюдаемых явлений, как, например усталость конструкции) или решать задачу контроля качества продукции по параметрам технологического процесса с минимизацией процедур контроля качества изделий. Последняя задача уже реализована на заводе Сименс по производству контроллеров SIMATIC в г. Амберг. Использование цифрового двойника производственного процесса и результата аналитики больших данных в MindSphere позволили на 30% снизить число операций рентгеновского контроля печатных плат без потери качества готовой продукции. Примечательным является то, что ввиду большого объема проанализированных данных и неизменности продукта, постоянное использование облачной платформы для обработки больших данных более не требуется. Обученный алгоритм контроля качества плат работает на SIMATIC EDGE локально, а облачные и телекоммуникационные ресурсы могут быть использованы под другие задачи и будут подключены только в случае значительного изменения технологического процесса для анализа данных, обучения модели и выработки новой интегральной функции качества.

При построении реального цифрового двойника системы может потребоваться написание приложений, решающих локальные задачи по визуализации, аналитике, *виртуальной сенсорике* либо интеграции данных из разных источников. В отличие от классических языков программирования и локальных серверных приложений, реализация данных задач на MindSphere и Mendix позволяет намного сократить время внедрение системы и отработку различных сценариев бизнес-процессов.

<sup>6</sup>В зарубежной литературе модель, реализующая данную функциональность, называется reduced order model (ROM). Однако в зависимости от решаемой задачи интегральная функция состояния объекта может не ограничиваться только редуцированной физикой объекта, но также включать функции различной природы, например, качество или надежность

Отметим, что не имеет смысла все подсистемы интегрировать при помощи одного облака. Например, системы для конструкторской и технологической проработки изделия в PLM логично не смешивать в одном облаке с производством. Во-первых, это приведет к увеличению трафика и переквалификации вычислительных ресурсов. Во-вторых, может нести потенциальные угрозы с точки зрения кибербезопасности.

#### Заключение

Ситуация в промышленности кардинально изменилась за последние 15 лет. Сегодня существует возможность получить доступ практически ко всем производственным данным, что способствует появлению различных решений для обработки большого объема разнородной информации. Также много предприятий встречается с проблематикой необходимости использования/внедрения большого числа различных ИТ решений и возможностью быстрой и гибкой интеграции/кастомизации своими силами. Все эти потребности конечных заказчиков толкают вендоров к разработке таких решений как технологии IoT, которые позволяют быстро собирать и быстро получать информацию о происходящем на производстве и с конечным продуктом. Инструменты Low Code/No Code решают проблему необходимости больших бюджетов и сроков на разработку необходимого ПО под существующие потребности бизнеса. Проекты, ранее требовавшие 2-3 лет внедрения, сегодня можно сделать за 6 мес. при минимальных издержках.

*Юнак Илья Юрьевич — руководитель группы, управление «Цифровое производство», подразделение «Промышленный сервис» ООО «Сименс».*

*Бахаев Денис Владимирович — руководитель по развитию направления «Цифровые решения» Siemens Digital Industries Software.*

*E-mail: ilya.yunak@siemens.com, denis.bakhaev@siemens.com*

Коллаборативная интеграционная платформа на базе облачной операционной системы MindSphere и Mendix позволяет облегчить задачу создания информационного пространства предприятия в общем контуре ERP-MOM-PLM. Данный подход значительно экономичнее, чем традиционный вертикальный, когда вначале различными подразделениями разрабатывается и утверждает техническое задание на отдельные системы, которое передается непосредственно исполнителям, использующими программные продукты разных вендоров. После этого, как правило, отдельным заданием формируются интеграционные связи, выполняется тестирование и, наконец, ввод в эксплуатацию. Процесс полноценного внедрения может занимать от года и более в зависимости от задачи и количества ресурсов. При использовании облаков с элементами IoT и low-code/no-code платформы для межсистемной интеграции позволяет сэкономить до 70% ресурсов на решении отдельных задач.

#### Список литературы

1. Элияху М. Голдратт. Цель. Процесс непрерывного совершенствования. 2014. Литагент «Альпина».
2. Юнак И.Ю. Система управления инструментом на металлообрабатывающем производстве // Автоматизация в промышленности. 2020. №5.
3. Prashanth Pillai, Anshul Kaushik, Shivanand Bhavikatti, Arjun Roy, Virendra Kumar. A Hybrid Approach for Fusing Physics and Data for Failure Prediction // International Journal of Prognostics and Health Management, 7(025):1-12, 2016.
4. Буков В.Н. Адаптивные прогнозирующие системы управления полетом. Изд. «Наука». 1987.

#### «Газпромнефть-Восток» и ITPS создали «цифровой двойник» Урмано-Арчинской группы месторождений

Центр управления добычей (ЦУД) ООО «Газпромнефть-Восток» получил высокотехнологичный инструмент для эффективного управления нефтегазодобывающим промыслом — «цифровой двойник» или интегрированную модель (ИМ) Урмано-Арчинской группы месторождений. Цель проекта — повысить бизнес-эффективность добывающих активов при помощи современных технологий. Проект по созданию и запуску ИМ реализован в партнерстве с группой компаний ITPS.

Центр управления добычей является неотъемлемой частью комплексной программы ПАО «Газпром нефть» «Актив будущего», нацеленной на организационную и цифровую трансформацию бизнес-модели блока разведки и добычи компании на всех уровнях управления — от производственного цеха до корпоративного центра. Задача программы — совершенствование бизнес-процессов, технологичности и развития современной цифровой инструментальной базы для повышения эффективности работы блока и достижение стратегической цели компании: стать бенчмарком отрасли по операционным показателям за счет роста производительности труда и сокращения себестоимости добычи.

Основная задача ЦУД — контроль выполнения планов по добыче на оперативном горизонте. Интегрированная модель является одним из инструментов управления эффективностью актива, поскольку позволяет оперативно рассчитать оптимальные режимы работы скважин.

Уникальность проекта заключается в том, что из-за действовавших в 2020 г. ограничений основная часть работ, включающих как создание модели, так и обучение персонала, была проведена дистанционно.

Специалистами ITPS создано комплексное решение на основе ПО IPM Petroleum Experts, которое включает девять PVT-моделей флюида, 12 моделей пласта (материальный баланс), 119 моделей добывающих скважин (фонтанные и ЭЦН), 11 моделей нагнетательных и поглощающих скважин, одна модель системы сбора и транспортировки, одна модель системы поддержания пластового давления. Выполнена сборка и настройка ИМ.

В рамках опытно-промышленной эксплуатации совместно с инженерами ЦУД было проведено три цикла актуализации моделей-компонентов и ИМ на фактических данных. С каждым циклом актуализации доля участия специалистов ЦУД возрастала. На завершающей стадии проекта специалисты ООО «Газпромнефть-Восток» получили все необходимые компетенции и практические навыки, чтобы самостоятельно работать с ИМ.

В результате успешной реализации проекта ЦУД получил инструмент, позволяющий оперативно выполнять краткосрочный прогноз добычи УВ до одного года, оптимизировать режимы работы добывающих скважин, выявлять потенциальные риски и выполнять экспресс-оценку экономической эффективности мероприятий на фонде, технологический эффект от которых предварительно рассчитан на интегрированной модели. Сопоставление с фактическими показателями подтвердило достоверность прогнозов. Это дает предприятию дополнительные возможности для повышения эффективности производства и снижения себестоимости добычи.

<http://itps.com>