

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА. СИНЕРГИЯ РЕГЛАМЕНТАЦИИ И САМООРГАНИЗАЦИИ

АВТОРЫ:

А.Н. АНТОНОВ,
АО «ПОЛИГОН»

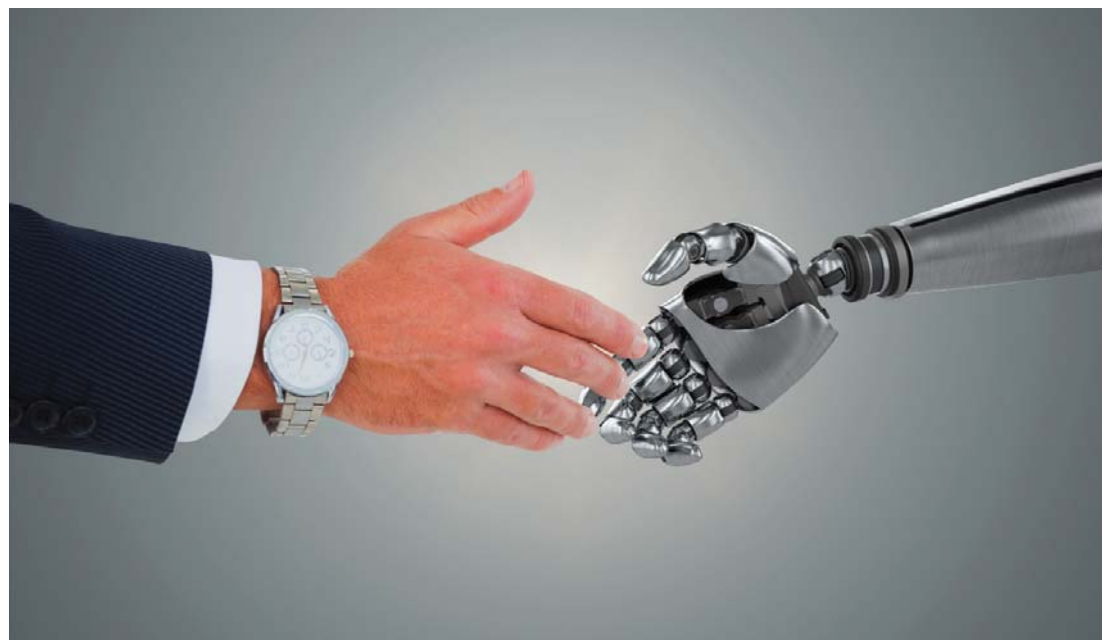
С.А. БАЧУРИНА,
Д.Э.Н.,
РЗУ ИМЕНИ
Г.В. ПЛЕХАНОВА,

А.А. БАШНИН,
АО «ПОЛИГОН»

Традиционные информационные системы корпоративного управления крайне чувствительны к «достоверности» данных и качеству регламентации. В современных условиях резервы повышения эффективности следует искать в более полном использовании

интеллектуальных и волевых ресурсов сотрудников, иначе говоря, самоорганизации. Накопление в информационных системах предметных знаний и отчуждаемого у экспертов опыта становятся ключевыми факторами успешности адаптивной модели управления.

Ключевые слова: мультиагентные системы; BIM-технология; PLM-системы; регламентация; качество данных; онтология предметной области; база знаний; интеллектуальные системы; информационная модель.



ВВЕДЕНИЕ

Для отечественных госкорпораций характерно «ручное управление» как при эксплуатации объектов, так и при управлении проектами создания, реконструкции и утилизации объектов. Одной из причин такого положения служит недостаток внимания к корпоративной архитектуре данных. В каждом функциональном блоке организован свой порядок в данных, но для выработки общекорпоративной картины возникает необходимость привлечения группы экспертов для кроссфункциональной интерпретации данных функциональных блоков. В отсутствие корпоративных архитекторов данных с большими полномочиями, корпоративные ИТ представляют собой нагромождение в основном зарубежного программного обеспечения, эффективного в других условиях управления данными. Установка этих инструментов на хилом фундаменте разрозненных данных госкорпораций раздувает бюджеты интеграции и дискредитирует ИТ как механизм повышения эффективности деятельности.

Есть три вектора преодоления нынешнего способа производства данных:

- выравнивание существующих данных и радикальная реконструкция прав участников процесса в целях создания среды для эффективного применения существующего программного обеспечения;
- сквозная регламентация производства данных с целью наполнения информационной модели в течение всего жизненного цикла объекта от оценки инвестиционной привлекательности до эксплуатации;
- применение адаптивных систем управления, построенных на предметной онтологии и базе знаний в целях снижения

чувствительности управления к низкому качеству данных.

В Программе инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» на 2016–2020 годы с перспективой до 2025 года предусмотрен раздел «Цифровое проектирование», суть которого раскрыта ниже:

«Экосистема инжиниринга, проектирования на базе современных информационных технологий проектирования, поддержка коллективной работы и параллельного инжиниринга, внедрение методов цифровой оценки и виртуальных проверок инженерных решений.»

Настоящая Стратегическая инициатива направлена на реализацию Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации, утвержденную распоряжением Правительства РФ от 3 апреля 2013 г. № 511-р, в части повышения результативности и снижения удельной стоимости инвестиций и соблюдения требований единой технической политики на всех стадиях жизненного цикла энергообъектов путем решения задач оптимизации и информатизации инженерной деятельности, внедрения современных промышленных методов производства средствами создания электронных сервисов, которые могут работать в рамках интегрированной информационной среды, обеспечивающей единообразие процессов проектирования, сооружения и взаимодействия субъектов при строительстве электросетевого объекта.

Ключевые технологии: САПР (PLM, BIM), средства моделирования, электронные каталоги, электронные расчетные сервисы, логистические средства обработки данных, мобильные терминалы, геолокационные, лазерные технологии».

Мировая строительная отрасль проходит процесс серьезной

трансформации, связанный с отказом от традиционных методов проектирования и строительства в пользу инновационных способов. Технология BIM (Building Information Modeling) нацелена на повышение культуры производства данных и более активное отчуждение накопленного экспертами опыта по всем этапам жизненного цикла. Эксперты в области BIM утверждают, что преимущество технологий заключается в том, что они основаны на использовании электронной информационной модели, рассчитанной на весь цикл поэтапной реализации проекта: начиная с изысканий и включая эксплуатацию объекта.

Технология информационного моделирования (ТИМ) объектов недвижимости больше известна в своем английском эквиваленте — BIM. Ключевое преимущество BIM-моделирования на этапе проектирования в том, что эта технология позволяет увязать всех участников процесса — инженеров, проектировщиков, конструкторов — в единую среду. Появилось понятие информационной модели объекта строительства, которая содержит не только трехмерную проектную модель (BIM), но и информацию о проекте строительства на протяжении всего его жизненного цикла. Стоимость проектов создания объектов, при реализации которых на различных этапах применялись технологии информационного моделирования, снизилась примерно на 30%, хотя в переходном периоде само проектирование дорожает в среднем до 15% в зависимости от уровня компетенций и зрелости проектной организации.

Практикой доказано, что BIM повышает качество проектной документации и обоснованность смет. Применение новой технологии позволяет раньше обнаруживать ошибки проектирования, смещение ошибок влево удешевляет строи-

тельство, а на последующем этапе — и эксплуатацию. В жизненном цикле создания объекта чем дольше задерживается исправление ошибок, тем дороже оно стоит. Однако более качественное в сравнении с традиционным проектирование по технологии BIM, пусть временно и более дорогое, может использоваться до тех пор, пока широкая практика не накопила обширных библиотек элементов. Необходимо подчеркнуть, что добиться общей экономии мешает разобщенность проектировщиков и строителей. Трудно убедить проектировщиков начать проектировать дороже во имя значительного удешевления последующей стройки: повышая цену, они как бы утрачивают конкурентное преимущество. В целях удешевления реализации проекта в целом государство берет на себя роль обобщенного менеджера, заинтересованного в общем итоге, и принятием Федерального Закона вынудит применять новую технологию проектирования. В итоге совокупная стоимость проектирования и реализации проектов снизится, кроме того, наличие цифровой модели снизит и стоимость эксплуатации объекта.

Однако предусмотренное стратегией единообразие процессов проектирования, сооружения, взаимодействия субъектов при строительстве электросетевого объекта возникает как бы само собой и не предусматривает изменения системы управления. Даже идеальный проект не обеспечит руководителю строительства безмятежности, неизбежно возникает необходимость действий по ситуации. Таким образом, при реализации стратегии возникают не только задачи перехода на новую технологию проектирования и создания сквозного управления жизненным циклом объекта, но и задача построения адекватной новым условиям системы поддержки принятия решений. Действительно, наличие единой поэтапно наращиваемой

общей информационной модели объекта позволит иначе принимать решения как в области внесения изменений в проектную документацию, так и в области оперативного перепланирования и принятия адекватных управленческих решений по обстоятельствам.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ В ЭЛЕКТРО- ЭНЕРГЕТИКЕ

Применение BIM при строительстве и реконструкции объектов энергетики представляет собой частное применение систем проектирования и управления жизненным циклом (PLM/PDM), давших заметную экономию в других областях. Наибольшее развитие новые способы проектирования получили в атомной энергетике, а в других областях электроэнергетической отрасли все еще популярно традиционное проектирование на уровне чертежей (2D).

Первым крупным проектом в гидроэнергетике стала информационная модель ОАО «Нижне-Бурейская ГЭС» (НБГЭС) и водохранилища. Научно-технический центр «Конструктор» для управления жизненным циклом объекта использовал проектную платформу СОЮЗ-PLM, а информационную модель составил по технологии BIM. В рамках проекта по реализации технологии многомерного моделирования и проектирования, решены следующие задачи:

- Отработка технологии создания комплексной информационной 3D-модели НБГЭС на основе 2D-чертежей путем организации единой среды управления проектными данными (проектное пространство).
- Создание расчетной информационной модели водохранилища НБГЭС с использованием

данных лазерного сканирования зоны водохранилища.

- Составление электронных формуляров НБГЭС, эксплуатационной документации на основное оборудование, планирования и учет проведения регламентных работ, диагностики оборудования и поиска неисправностей, автоматизированного заказа материалов и запасных частей.
- Проведение опытной интеграции информационной модели с принятой в «РусГидро» ERP (Enterprise Resource Planning) MAXIMA.

В электросетях в 2013 году Федеральная сетевая компания (ПАО «ФСК ЕЭС») начала строительство вставки постоянного тока на подстанции 220 кВ Могоча в Забайкальском крае, соединяющей энергосистему Востока с единой энергосистемой страны. Это был проект трехмерного моделирования в электросетях, выполненный Научно-техническим центром Федеральной сетевой компании (АО «НТЦ ФСК ЕЭС»). Все сооружения объекта были выполнены в 3D и привязаны к местности в принятой в ФСК геоинформационной системе ArcGIS. Было разработано техническое задание на разработку правил геоинформационной привязки. Но в то время ПАО «ФСК ЕЭС» не было готово принять новую, более дорогую на этапе внедрения технологию, позволяющую повысить качество проектирования и решить проблему контроля физических объемов строительства. В результате такой позиции, АО «НТЦ ФСК ЕЭС» вынужден был сосредоточиться на традиционном 2D-проектировании.

Однако сегодня ситуация иная. Минстрой России уже на законодательном и нормативно-техническом уровне готовит рекомендации по использованию технологий информационного моделирования для промышленных объектов, в том

числе объектов электроэнергетики. По оценкам министра строительства Михаила Меня, применение технологий информационного моделирования при строительстве объектов по госзаказу может стать обязательным в 2019 году. При Минстрое России созданы рабочая группа и экспертный совет, которые работают над трансформацией отрасли. Разработана законодательная основа для внедрения технологии BIM, предстоит выработать единый национальный стандарт BIM. Государство взяло на себя роль лидера инновационного развития и преодолевает множественное сопротивление.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Среди традиционных подходов сегодня можно выделить два способа управления. Устаревший и критикуемый, опирающийся исключительно на данные бухгалтерского учета, т.е. использование запаздывающих индикаторов бизнеса. Второй,

более прогрессивный, включает другие корпоративные данные, позволяющие построить опережающие индикаторы и обоснованные прогнозы. В любом случае оба эти способа основаны на статистических методах обработки данных и оценках конкретных экспертов. Начало практике статистического управления положил Э. Деминг, автор японского чуда 50-х годов XX века и знаменитого цикла организационного управления — PDCA («Plan-Do-Check-Act») или Планирование (Проектирование) — Реализация (Работа) — Контроль (Анализ) — Корректировка (Регулировка). В современных корпорациях накопление корпоративных данных

РАСПОЛОЖЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ КОНСЕРВАТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПОЛЕ СИТУАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

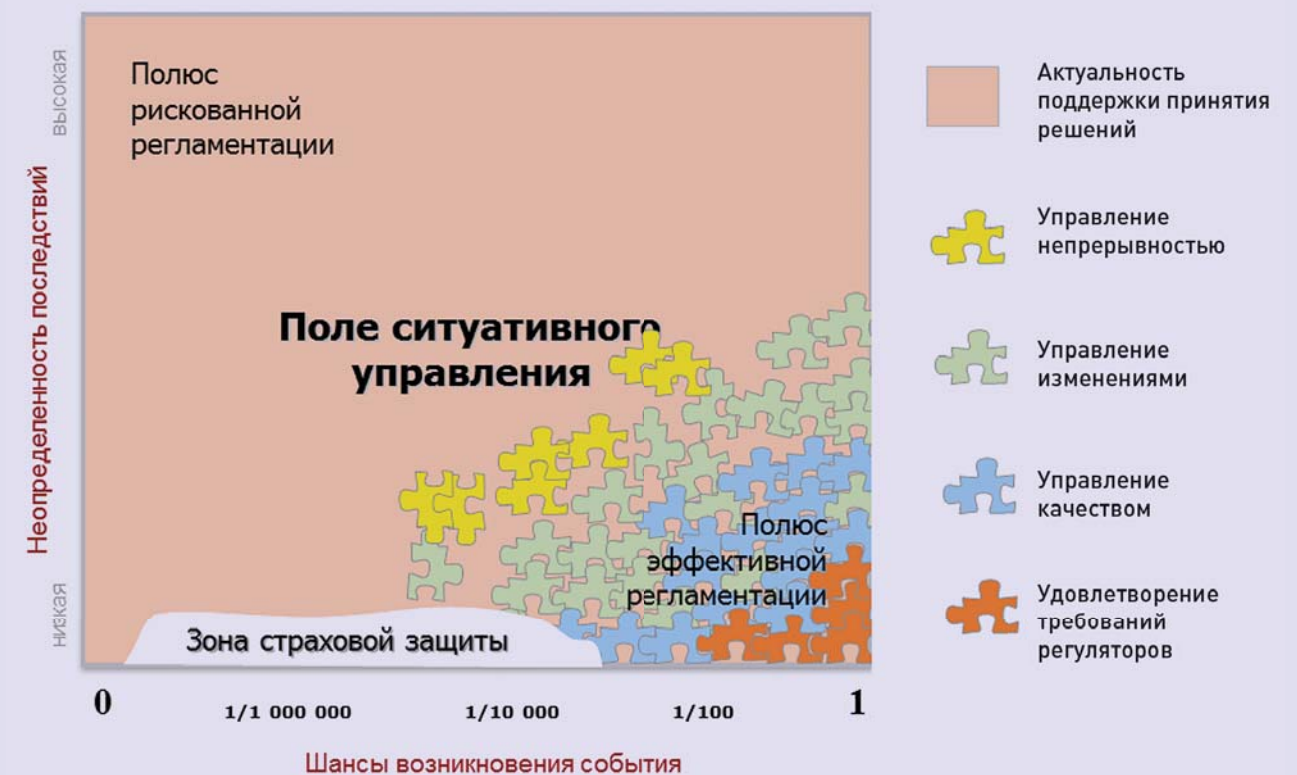


Рис. 1

никак не ограничено, развиваются все более сложные механизмы обработки данных, среди которых инструменты бизнес-анализа, «добычи данных» и обработки гигантских данных (BI, Data Mining и Big Data соответственно). В первую очередь Big Data нацелена на поиск «слабых сигналов» в накопленных данных, сильные сигналы уже известны. Главным препятствием к получению результатов методами Big Data является фрагментация корпоративных данных, блокирующая возможность обработки всей совокупности накопленной информации и унификацию экспертных оценок.

Традиционные системы поддержки принятия решения в основном опираются на ERP-системы, которые крайне чувствительны к качеству данных. В сложных системах обеспечить высокое качество данных не удастся. Несоответствие качества данных требуемому идеалу приводит

к снижению эффективности использования ERP-систем в масштабе реального времени. Топ-менеджеры, безусловно, владеют цифрами, но все же решения принимают на основе общих оценок, а не результатов детального BI-анализа.

Нарастающая сложность автоматизированных систем все более обнажает односторонность традиционного управления на основе статистических методов и вероятностных оценок. Нельзя ликвидировать неопределенность, упростив сложные ситуации. Также нельзя положиться на современные математические методы прогнозирования для того, чтобы предсказать будущее. Особенно трудно, в условиях часто возникающих непредвиденных обстоятельств, жестко распланировать работу. Мы находимся «в плену» постулатов детерминизма и предсказуемости ньютоновской науки. Детерминизм — это принцип

взаимообусловленности происходящих процессов и явлений и полной причинности и определенности всех происходящих событий.

Многие естественные науки пережили кризисы, приведшие к отказу от детерминизма, сдерживающего развитие. Физика прошла путь от абсолютного отрицания неопределенности в классической механике до теоретического обоснования предела точности измерений в квантовой механике, то есть узаконила наличие неопределенности. Биология испытала несколько кризисов отказа от опоры на однозначность причинно-следственных связей. По всей видимости, подобный кризис назрел и в управлении. Управление посредством должностных инструкций и регламентов — очевидное проявление детерминизма. Научная альтернатива корпоративному детерминизму — корпоративная саморегуляция.

Большинство современных производителей процессных систем управления соревнуются в удобстве и скорости изменения бизнес-процессов, сеть разрешенного становится все плотнее, но поле эффективной регламентации объективно ограничено. Косвенно оценку детерминизму дают профессионалы процессного управления. Профессор М. Каменнова так перечисляет новые виды процессов: динамические процессы или «процессы по целям»; «теневые» процессы — это скрытые и «спрятанные» работы, которые неявным образом склеивают и интегрируют отдельные функции, операции, процедуры в рамках процессов; неструктурированные процессы — это процессы, в которых последовательность контактов и взаимодействия меняется всякий раз при выполнении процесса [1]. Таким образом, лидеры процессного управления фактически отказываются от детерминированного подхода. По оценке аналитиков Gartner, до 60% процессов в организации являются неструктурированными и, как следствие, неконтролируемыми, неуправляемыми, невидимыми и не регулируемые правилами.

Устойчивое мнение о потенциалах детерминированного управления на основе статистических данных имеют и профессиональные математики. Автор книги «Фракталы и хаос в динамических системах» Р. Кроновер считает, что математический хаос — это характерная черта именно детерминированных систем с существенной зависимостью от начальных условий (мы никогда не знаем их настолько, чтобы предсказать развитие событий в хаосе) [2]. Управление хаотично, несмотря на детерминированность и избыточность «измерений» бизнеса. К критике увлечения статистическим подходом можно отнести и известный парадокс о длине береговой линии: бесконечное повышение точности измерения вопреки ожиданиям приводит не к более

точному значению, а к бесконечности. Таким образом, становится ясно, что в точности корпоративных данных, как и в природе, существует «золотая середина». Точность «измерений» должна соответствовать актуальным задачам бизнеса на конкретном этапе жизненного цикла.

Наилучший способ справиться с неопределенностью — развить способность к самоорганизации, которая нейтрализует или снизит влияние непредвиденных обстоятельств. Способные к самоорганизации процессы, которые могут достигать цели даже при работе в условиях неопределенности, называются адаптивными. Таким образом, этапы жизненного цикла следует моделировать с учетом накопленных знаний о динамике возникновения непредвиденных обстоятельств.

Чувствительность к итоговой «достоверности» накапливаемых данных традиционными системами управлениякратно снижает эффективность их применения.

В современных условиях основные резервы для повышения эффективности деятельности любой организации следует искать не только в совершенствовании бюрократии, но в более полном использовании интеллектуальных и волевых ресурсов людей, иначе говоря, самоорганизации, воплощая экспертные знания в адаптивной модели.

С другой стороны, нельзя обойтись без действий по ситуации. Ситуативное (ситуационное) управление — универсальный способ, он востребован при любом столкновении сотрудника с несовершенством механизмов консервативного менеджмента. Именно адекватность внебюджетных решений определяет профессиональную ценность руководителей. Консервативный менеджмент и ситуативное управление не следует противопоставлять. Поле ситуативного управления лишь частично покрыто инструментами консервативного менеджмента, обнажая необходимость «действовать по ситуации» даже в ходе опе-

организацией опыт в виде описания бизнес-процессов, технических порядков, тарифной политики, показателей эффективности, схем документооборота, положений, расписаний, системы автоматизации, библиотеки элементов, норм и правил, других документов, регламентирующих порядок действий, а также организационной структуры и негласных правил корпоративной культуры. Иными словами, все, что изменяется в относительно низком темпе и составляет традицию организации, можно назвать консервативным менеджментом. Именно в инструментах консервативного менеджмента накапливается отчужденный у экспертов опыт. Однако отчуждать опыт экспертов не всегда удается, нередко совершенствование регламента подменяется заседаниями комиссий, на которых решаются конкретные вопросы. В отсутствие регламента принимаются внебюджетные решения, пополняющие лишь личный опыт эксперта, укрепляющего его корпоративную значимость. В этом смысле BIM и как технологический процесс, и как доступный участникам результат этого процесса играет важнейшую роль, делая обязательным отчуждение личного опыта.

МЕХАНИЗМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭКСПЕРТНОГО ОПЫТА

Работа корпорации связана с совершенствованием операционной деятельности. В ходе операций постепенно формируется консервативная составляющая управления, аккумулирующая накопленный

НАРУШЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СОЗДАНИЯ ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТА

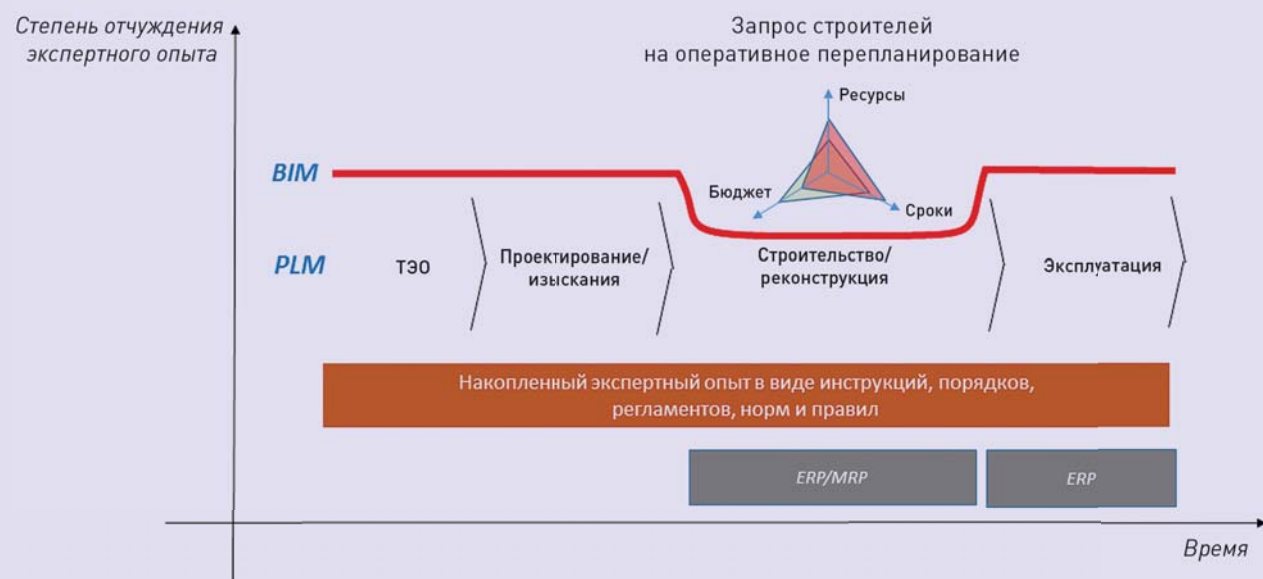


Рис. 2

рационной деятельности. Источником развития консервативного менеджмента служит отчуждение экспертного опыта, возникающего как при выполнении операций, так и при выходе из критических ситуаций. На рисунке 1 показано, что «пазл» консервативного менеджмента покрывает поле ситуативного управления с дефектами, обусловленными несовершенством регламентации. Подробнее о полноте прямоугольника угроз целям организации можно прочитать в статье «Информационная поддержка ситуативного управления при обеспечении непрерывности бизнеса» [3].

Жизненный цикл объекта открывается обоснованием инвестиций, оценкой технико-экономического обоснования (ТЭО). Информационное моделирование позиционируется как технология для всего жизненного цикла, однако основной экономический эффект достигается на этапах проектирования и эксплуатации. При проектировании применение BIM стимулирует отчуждение опыта эксперта, накапливает его в библиотеках для повторного использования при проектировании следующих объектов. Адекватная действительности и настраиваемая информационная модель дает экономию при эксплуатации. Этап строительства слишком подвержен непредвиденным обстоятельствам. Высококачественный проект и точные сметы, безусловно, улучшат планирование на всем жизненном цикле объекта, но преимущества, которые дает BIM в ходе строительства, совершенно иные, чем на этапе проектирования и эксплуатации. Рассчитанный нормативным способом полный план выполнения работ в минимальный срок с минимальным бюджетом неизбежно потребует оперативного перепланирования. Имея план, руководитель строительства вынужден оперативно перепланировать:

- работу в минимальный срок, к дате навязанного финиша, определив бюджет;
- работу с минимальным бюджетом, определив дату планируемого завершения работ;
- потребность в ресурсах, в том числе целесообразность использования рабочих с переработкой, найма большего количества рабочих и оплаты вынужденного простоя и т.п.

На строительной площадке основная роль BIM — инструмент организации производства и контроль исполнения графиков: выполнения работ, материально-технического снабжения, расходования средств. Проекты организации строительства и планы производства работ принимают реальную силу и значение. На этапе строительства информационное моделирование все больше проявляется в мобильном исполнении, когда сама модель «остаётся в офисе», а со стройки идут лишь обращения к ней. Во время производства строительных работ информационное моделирование приносит экономические выгоды в сфере материально-технического обеспечения объекта. Удобство использования BIM также заключается в том, что если в ходе строительных работ проектировщик или заказчик внесли какие-либо изменения в проект, об этом сразу узнают все участники проекта: руководитель проекта, сметчик, электрик и т.д. Оперативное принятие изменений во время строительства поможет избежать излишних затрат, увеличения стоимости и сроков строительства. Так, на практике мы включаем BIM в контур проектного управления.

При принятии решений подрядчик строительства вынужден в реальном времени искать баланс в векторах ресурс — бюджет — срок. Баланс достигается на основе данных ERP как учетной системы либо «вруч-

ную», либо с помощью инструментов цифрового моделирования и информационной поддержки процесса принятия решений.

На рисунке 2 в концепции жизненного цикла обозначены традиционный уровень отчуждения экспертного опыта. Освоение BIM повысит этот уровень, но оставит в границах детерминированного подхода. Наличие «провала» в области строительства/реконструкции говорит о том, что успешность деятельности на этом этапе в высокой степени зависит от качества системы управления проектом, готовности к оперативному перепланированию в реальном времени.

Среди этапов жизненного цикла управление строительством выделяется необходимостью постоянного оперативного перепланирования в связи с непредвиденными событиями. Преимущества применения BIM помогают заказчику наладить контроль стройки на физическом уровне, а цифровое моделирование помогает решить актуальные для руководителя строительства задачи оперативного перепланирования. С другой стороны, государственного заказчика строительство интересует меньше, чем корректность проекта и правильная оценка его стоимости. Регулирование деятельности участников процесса осуществляется посредством саморегулирующих организаций (СРО), однако этот отраслевой механизм регулирует выполнение операций, но не регулирует оперативного реагирования на внешние события.

На этапе строительства ключевым преимуществом становится адаптивность — способность быстро выдавать правильное решение в ответ на непредвиденные изменения внешней среды. В новых условиях работы инженеров, проектировщиков, конструкторов, сметчиков в среде BIM, подрядчику следует предло-

жить более совершенный механизм принятия решения по оперативному перепланированию. Механизм корпоративной саморегуляции повысит качество управления сроками выполнения работ и уровень адаптивности к нештатным ситуациям.

ПРЕИМУЩЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЗНАНИЙ

Сегодня все более заметно видоизменение доминирующих организационных структур: сетевые вытесняют иерархические, сервис приходит на смену функции. Еще одна особенность состоит в том, что устройство организационных структур переходит от монолитных, иерархически выстроенных и управляемых сверху вниз (неважно, в какой области — политической, экономической, военной) к небольшим единицам, связи в которых являются динамичными.

Саморегуляция стала ключевым понятием. Реализация нового подхода вынужденным образом ломает существующие бюрократические стереотипы в менеджменте компаний и приводит к появлению принципиально новых сетевых форм организации предприятий. В частности, одной из таких новых форм можно считать структуру холонического предприятия А. Кестлера [4], представляющего собой многоярусную сеть относительно самостоятельных бизнес-единиц, самоорганизующихся для решения задач. Централизованные, монолитные и последовательные программы с фиксированной структурой дополняются или заменяются распределенным сообществом автономных программ, работающих асинхронно и квазипараллельно, способных самостоятельно формировать требуемые структуры и взаимодействовать для решения поставленных задач.

Такая конструкция преобразует цикл отчуждения экспертного опыта.

На рисунке 3 приведены схемы цикла накопления экспертного опыта непосредственно в механизмах консервативного менеджмента и двойной цикл динамического построения адекватной ситуации плана действий на основе знаний.

Более двадцати лет Самарская школа мультиагентных систем (Институт проблем управления сложными системами РАН) посвятила смене парадигмы принятия решений. В ноябре 2015 года мультиагентные технологии вошли в список наиболее перспективных информационных технологий, по версии Gartner. Практические результаты получены Самарской научно-производственной компанией «Разумные решения» [5]. Внедрения мультиагентных систем (МАС) в области логистики, космоса, проектирования, машиностроения, проектирования устойчиво дают от 10% до 40% экономии. Среди заказчиков компании — «Ракетно-космическая корпорация

ЦИКЛЫ НАКОПЛЕНИЯ ОТЧУЖДЕННОГО ЭКСПЕРТНОГО ОПЫТА

Цикл прямого накопления опыта в виде регламента



Новый цикл накопления опыта в виде знаний



Рис. 3

«Энергия», РЖД, «Авиаагрегат», Объединенная двигательная корпорация и другие стратегически важные российские производства. Среди крупных зарубежных заказчиков — корпорации Airbus, LEGO.

Наблюдается впечатляющая статистика роста интереса научного сообщества к тематике в области логики рассуждений агентов, методов представления знаний, платформ для мультиагентных решений, а также прикладных систем в диапазоне от моделирования социальных процессов — до управления роботами. Однако практика применения мультиагентных систем пока значительно скромнее. Причины этой ситуации состоят в том, что рассматриваемые системы, отвечая новым вызовам глобальной экономики и информационного общества, во многом меняют саму парадигму программирования, требуя разработки принципиально новых методов и средств решения этих задач в реальном времени. В новой парадигме опыт накапливается не в механизмах консервативного менеджмента, а в базе знаний, которые позволяют предложить адекватный ситуации план действий.

Чтобы повысить эффективность управления в электроэнергетике, необходима комбинация методов консервативного менеджмента и ситуативного управления. Инструментами ситуативных внебюджетных решений обычно служат элементы мультиагентных систем, являющихся особым классом систем цифрового информационного моделирования.

В соответствии с модельным приближением строится «виртуальный мир», в котором отражаются события мира реального. Формирование плана действий обеспечивают программные агенты. Каждому участнику в соответствие ставится один или несколько программных

РАЗЛИЧИЕ АРХИТЕКТУР ТРАДИЦИОННЫХ И МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

Традиционная (иерархическая) система Мультиагентная (сетевая) система

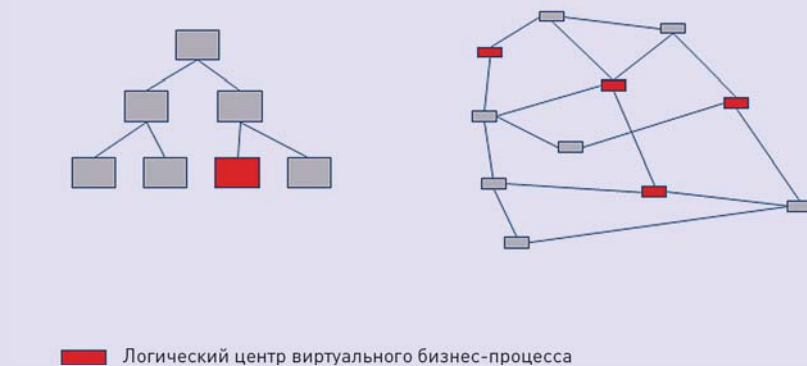


Рис. 4

агентов, способных действовать от его имени и по его поручениям. Программный агент постоянно активен, обладает высокой степенью автономности, у него есть свои «сенсоры», цели, предпочтения и ограничения, текущее состояние, а также сценарии принятия решений и коммуникации с другими агентами. Агенты взаимодействуют в «виртуальном мире», они могут действовать, исходя из заложенной в систему логики. Правила выработки решений агентами определяются моделью сети спроса и предложения. Принятие решений несколькими агентами и установление связей между ними для решения задач, непрерывно возникающих при поступлении каждого нового события, вызывает изменение условий функционирования для других агентов. Такое положение определяет процесс самоорганизации системы, приводящей к перестройке планов в ответ на события.

Постоянный поиск соответствий между агентами потребностей и возможностей в виртуальном мире системы позволяет строить

решение задачи любой сложности как динамическую сеть связей, гибко изменяемую в реальном времени.

На рис. 4 представлено сравнение архитектуры традиционных и мультиагентных приложений.

Знания, на основе которых агенты принимают решения, в определенной степени отделены от программного кода и хранятся в онтологии системы, что обеспечивается с помощью специального инструментария поддержки онтологий и сцен. Следует отметить, что чем выше удовлетворенность потребностью или возможностью, тем сильнее связи между элементами (порядок в системе) и тем труднее будет его изменить в будущем. И, наоборот, чем менее удовлетворены агенты своими состояниями, тем активнее они продолжают искать альтернативные варианты. При этом даже самая незначительная на первый взгляд входная информация может породить кардинальные изменения в решениях, генерируемых системой.

Схематично система представлена на рисунке 5: конструктор онтологий и база знаний содержат знания о предметной области, содержание которых влияет на действия программных агентов, работающих автономно, но по правилам.

Применение мультиагентных систем даст эффект при решении частных задач, требующих оперативного перепланирования, — это управление ремонтными бригадами, аварийным запасом, ремонтами по состоянию, сменно-суточными заданиями при строительстве объектов, акту-

ализация схем территориального подключения и т.д.

Мультиагентные системы (МАС) радикально отличаются от традиционных систем, построенных на комбинаторном переборе с последующей оптимизацией. МАС имеет ряд привлекательных особенностей: МАС в сравнении с ERP не так критичны к качеству данных; МАС обеспечивают решения в реальном времени; МАС предлагают конкретные решения, а не материал для их формирования, как в традиционных системах поддержки принятия решений; МАС не ищет всех решений комбинаторным перебором, а предлагает алгоритмически ближайшее к начальным условиям; МАС руководствуется не инструкциями, а знаниями, что позволяет предложить решение, адекватное ситуации. Все это приближает работу МАС к естественному ходу событий. Отличия традиционных и мультиагентных информационных систем приведены в таблице 1.

На рисунке 6 совмещены графики изменения производительности ресурсов и изменения удовлетворенности потребителя при работе МАС. Восстановление происходит практически в режиме реального времени. Система поднимает уровень удовлетворенности до возможного при текущем состоянии ресурсов.

СТРУКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ

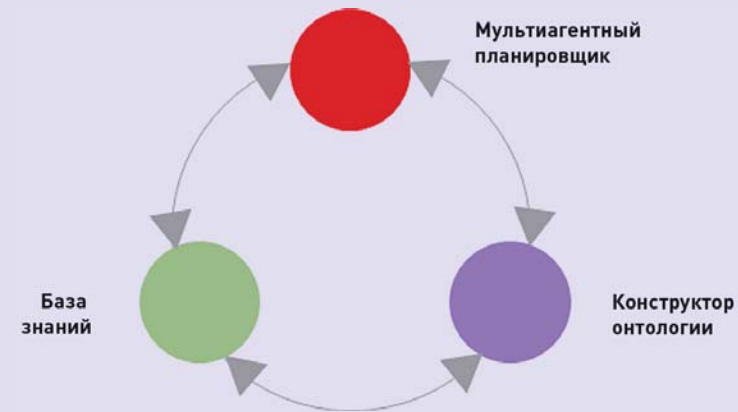


Рис. 5

ГРАФИК САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОСЛЕ УТРАТЫ ДОСТУПНОСТИ ЧАСТИ РЕСУРСОВ

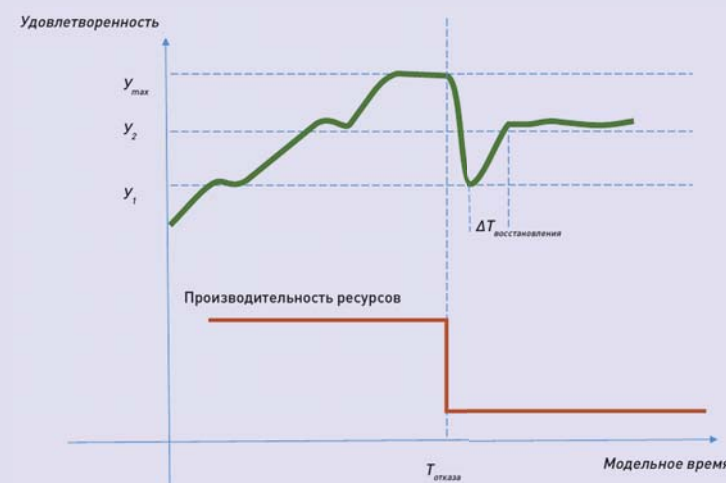


Рис. 6

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛЮС МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Переход на BIM-технологии — дело решенное, но для встраивания BIM

КЛЮЧЕВЫЕ ОТЛИЧИЯ ТРАДИЦИОННЫХ И МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Традиционные системы	Мультиагентные системы
- Иерархия больших программ	- Большие сети малых агентов
- Последовательное выполнение операций	- Параллельное выполнение операций
- Инструкции сверху вниз	- Переговоры равных сторон
- Централизованные решения	- Распределенные решения
- Чувствительны к качеству данных	- Дефектные данные дополняются знаниями
- Предсказуемость	- Самоорганизация
- Массовые регламентированные процессы	- Сложные эволюционирующие процессы
- Стремление уменьшать сложность	- Возможность наращивать сложность
- Комбинаторная оптимизация	- Поиск баланса интересов
- Вынужденный тотальный контроль	- Создание условий для развития

Таблица 1

в практику понадобится провести интеграцию с действующими ERP/MRP-системами каждого вовлеченного в процесс предприятия, создать центры компетенции, построить систему управления. Отечественные разработки в области управления дают возможность скомбинировать четкое планирование на этапе проектирования и эксплуатации с оперативным перепланированием на этапе стро-

ительства. Повышение качества проектирования не поменяет всю страну, непредвиденные ситуации останутся. Адаптивность к непредвиденным изменениям внешней среды остается ключевым преимуществом на этапе строительства. Для построения адаптивной системы управления, способной обрабатывать непредвиденные ситуации в реальном времени, следует обратить внимание на мультиагентный

подход. Вслед за законодательной инициативой Минстроя России по закреплению правил описания BIM должна последовать инициатива внедрения правил типовой предметной онтологии для этапа строительства.

Мультиагентные системы уместны там, где требуется оперативное перепланирование по ситуации в реальном времени, где детерминизм является тормозом развития. В электроэнергетике наряду с решением частных задач предлагается использовать технологию мультиагентных систем для построения адаптивных систем нового поколения. Новые возможности предоставит мультиагентный подход к практике управления портфелем инвестиций и проектов, объективно подверженных перепланированию. Глобально видит перспективу применения самоорганизующихся систем заместитель министра энергетики А. Черезов в статье «Мультиагентные технологии — новый подход к единому технологическому управлению инфраструктурами» [6]. Саморегулируемые системы будут построены иначе, чем опирающиеся на механизмы консервативного управления. Опыт действий по ситуации будет накапливаться,



Рис. 7
НБГЭС. Визуализация

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Рис. 8

многочисленные ситуационно-аналитические центры, наконец, обретут интеллектуальную составляющую, преобразуются из экранов коллективных видеоконференций и витрин собранных нередко «вручную» данных в генераторы предлагаемых решений.

На рисунке 8 представлены направления применения мультиагентных технологий на этапах жизненного цикла объекта электроэнергетики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В промышленной экономике ключевым фактором успеха была организация массового производства. В процессе развития экономических систем ключевые факторы успешности изменяются. Усложнение

современных систем автоматизации управления приводит к росту объемов данных, возникают трудности с обеспечением приемлемого качества данных на протяжении жизненного цикла. Крайняя чувствительность детерминированных систем к качеству данных снижает их эффективность. Применение BIM на всех этапах жизненного цикла создаваемого объекта даст результат, но значительный эффект скрыт в отказе от детерминизма при построении новых систем управления. Российский опыт создания отечественных мультиагентных систем позволяет комбинировать два подхода накопления экспертного опыта: традиционного, отражаемого в виде инструментов консервативного менеджмента, и динамического, позволяющего сформировать план действий по ситуации на основе предметных знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Каменнова. Смена парадигмы в управлении бизнес-процессами и подходах к их автоматизации, Information Management специальный выпуск, 2013.
2. A. Koestler, The Ghost in the Machine. Arkana, 1990.
3. А. Башнин, Информационная поддержка ситуативного управления при обеспечении непрерывности бизнеса, Information Management №02, 03, 2013.
4. Р. Кроновер, Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории, 2000.
5. П. Скобелев, Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания Самарской научной школы мультиагентных систем, «Мехатроника, Автоматизация, Управление» №12, 2010.
6. А. Черезов, Мультиагентные технологии — новый подход к единому технологическому управлению инфраструктурами, «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение», №4, 2013.