



## ИНТЕРВЬЮ ДИРЕКТОРА ДЕПАРТАМЕНТА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ООО «РТСофт – Смарт Грид» Надежды Александровны КУЦЕВИЧ ГЛАВНОМУ РЕДАКТОРУ ЖУРНАЛА «АВТОМАТИЗАЦИЯ И IT В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОБЛАСТИ» Александрю Александровичу ЕГОРОВУ



 **RTSoft**  
Группа компаний

**Надежда Александровна КУЦЕВИЧ** – директор департамента информационно-управляющих систем промышленных предприятий ООО «РТСофт-СГ».

Работает в группе компаний «РТСофт» с 2000 г. Ранее занимала должности директора SCADA-Центра, затем MES-Центра. До этого работала научным сотрудником Института радиотехники и электроники РАН. Окончила Казанский государственный университет по специальности «Прикладная математика».

В 1989 г. получила степень кандидата технических наук, в 2007 г. – доктора технических наук.

Имеет более 60-ти публикаций по автоматизации научных исследований, автоматизации технологических и производственных процессов, соавтор книг «MES-системы: взгляд изнутри» и «SCADA-системы: взгляд изнутри», соавтор нового учебного курса ГК «РТСофт» «Ключевые аспекты и практический опыт создания решений от АСУ ТП до MES».

**Вопрос:** Что такое MES, для каких целей внедряется на производство и что дает компании внедрение MES-системы?

**Ответ:** Начнем с истории этого термина, поскольку происходит уточнение, обогащение его смысловой части. В 1990 году в недрах компании AMR Research родилось понятие MES как наименование систем, значительно расширивших возможности прежних решений, прежде всего, в определении бизнес-процессов и систем для ИТ-поддержки. Два года спустя волею группы разработчиков ПО, консультантов и интеграторов была создана Ассоциация систем управления производством – MESA. Ассоциация сформулировала основные функции MES. Следующим этапом стала разработка стандартов по бизнес-процессам (документооборот) и стандартов на вертикальные (сквозные) интерфейсы между системами управления производством и предприятием (MES и ERP). Начиная с обсуждения стандартов ISA-88 в 1986 г. и ISA-95 в 1995 г., Международное Общество Автоматизации (*International Society for Automation, ISA*) сформировало стандарт применения во всех видах производства, для всех видов процессов.

В 2011 году по инициативе Германии появился термин «Индустрия 4.0» с технологией, когда машины автономно обмениваются друг с другом данными и, таким образом, оптимизируют протекание процессов.

Появившаяся новая модель MESA, представляющая собой основу более интеллектуального производства, объединяет три взаимосвязанные концепции: жизненные циклы, применяемые ко всем производственным предприятиям, сквозные потоки жизненного цикла, связывающие воедино функции между различными жизненными циклами для достижения конкретных производственных целей, и стимулирующие технологии (*enabling technology*), включая искусственный интеллект/машинное обучение путем создания приложений, которые выполняют сложные задачи, которые когда то требовали участия человека.

Таким образом, MES – это система управления производственными процессами – специализированное прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач синхронизации, анализа и оптимизации выпуска продукции для рассматриваемого производства.

Поступательное развитие качества MES-систем на предприятиях, выражающееся в наращивании перечня MES-модулей и в мощности по количеству реализуемых функций каждого модуля сформировало платформу совершенствования производственных процессов на основе самых лучших мировых MES-продуктов (это справедливо для нефтехимии, металлургии, ГОКов). Стимулирующие технологии на основе ИИ становятся серьезным инструментом повышения эффективности и производительности труда не только за счет автоматизации процессов и задач, но и оптимизации технологических и производственных процессов.

**Вопрос:** *В чем проявляется ценность современной системы MES для промышленности?*

**Ответ:** Системы, предназначенные для управления производством, обеспечивают отслеживание огромных объемов данных. Они в реальном времени получают информацию, при помощи которой могут:

- контролировать качество производства. В связи с тем, что информация передается системе в реальном времени, те компании, где внедрены MES, имеют возможность немедленно при необходимости поставить производство на паузу в случае выявления каких-либо проблем. Таким образом минимизируется количество переделок, брака, перерасхода и отходов;
- увеличить продолжительность бесперебойной работы. MES гарантирует баланс оборудования, материалов и персонала, формируя реалистичные графики. Интегрируя техническое обслуживание и планирование с целью применения активов и повышения потока продукции, система увеличивает продолжительность безотказной работы и повышает эффективность оборудования;
- повысить качество отслеживания продукции и генеалогию. Система ведет наблюдение за всеми этапами производственного цикла, формируя конечные партии согласно необходимым производственным данным. Благодаря таким данным улучшается нормативное соответствие для тех производителей, которые должны соблюдать отраслевые или государственные предписания;
- сократить запасы. Система постоянно обновляет инвентаризационные данные, учитывая возникновение брака и не соответствующих требованиям материалов, число произведенной продукции. Это позволяет сотрудникам отдела планирования, закупок

и отгрузки знать, какие материалы и в каком количестве есть в наличии. В результате сокращаются запасы незавершенного производства, экономятся средства как на производстве и хранении, так и транспортировке, и контроле имеющихся запасов;

- отказаться от бумажного документооборота. Это позволяет уменьшить вероятность возникновения человеческих ошибок. Также все полученные от цехов данные становятся моментально доступными ответственному сотруднику в интегрированных системах, что дает возможность принимать необходимые решения в реальном времени.

Система управления производством (MES) осуществляет настройку производства на сбалансированный, согласованный режим работы на всех этапах: начиная от отбора сырья, заканчивая выпуском готовой продукции.

**Вопрос:** *Справедливо ли утверждение — MES-система является ключом к эффективности производства?*

**Ответ:** Получение в реальном времени большего объема информации позволяет уменьшить расходы и повысить эффективность производства. Производство становится прозрачным и управляемым. Набор инструментов MES позволяет специалистам достичь высоких показателей.

Информация о производстве часто опаздывает, неприятные новости скрываются. MES призвана обеспечить автоматизированный и при необходимости ручной ввод данных в едином, в том числе распределенном хранилище с санкционированным контролем доступа.

Собранная информация позволяет объектно выделить и поощрить лучших работников. При дальнейшем планировании работ учитывать незавершенное производство, нехватку комплектующих или текущую перегрузку оборудования.

Отслеживание статуса о работе оборудования, производственного персонала, движении сырья и полуфабрикатов становится предметом постоянного анализа. MES интегрирована с АСУ ТП для автоматического сбора данных. Следовательно, руководство может принимать обоснованные решения и контролировать исполнение.

MES может разработать детальный план, поддержит диспетчера при перепланировании производства.

При этом интеллектуальный мониторинг производства позволит не утонуть в потоке информации, система выделит критические отклонения, сообщит о них.

Рассматриваемые инструменты позволяют навести порядок с организацией производственных процессов на предприятии, оценить качество их функционирования, выделить узкие места. Руководители, специалисты привлекаются по узким местам.

Для разруливания узких мест привлекаются новые технологии.

Подход непрерывного совершенствования производственных процессов обеспечивает сокращение производственного цикла, соблюдение сроков производства, снижение объемов незавершенного производства, объема брака, сокращение затрат на ввод и получение новой информации, сокращение бумажной работы.

**Вопрос:** *Возникают ли проблемы при вводе данных о производстве в MES-системы и если возникают, то какие?*

**Ответ:** Описание бизнес-процессов “как есть” и “как должно быть” завершается описанием модели данных. Основными источниками данных для производства являются системы нижнего уровня, включающие АСУ ТП, различные локальные системы, системы телемеханики и др. Сбор данных производится по стандартным и проприетарным протоколам. На уровне диспетчерских систем или систем мониторинга данные сохраняются в общем хранилище с использованием их как в MES-компонентах, так и системах отчетов, системах искусственного интеллекта.

При решении конкретных задач, скажем, оптимизации, прогнозном моделировании достаточно часто не хватает определенных данных. Восполнение полноты и качества данных возможно установкой дополнительных датчиков, счетчиков, дополнительных модулей ручного ввода, вычисления выбранных параметров косвенным методом на основе имеющихся данных. Популярным становится метод вычисления не измеряемых или редко измеряемых параметров технологией ML-машинного обучения.

**Вопрос:** *Какие данные необходимо собрать в MES-систему, чтобы применить технологии машинного обучения?*

**Ответ:** ML технология требует данных за большой период времени, поскольку датасеты используются для оценки возможности создания предиктивных моделей, оптимизационных модулей. В качестве основы используются исторические данные, полученные в системах АСУ ТП или локальных АСУ. Выбор таких данных зависит от решаемой задачи и от целевых показателей, которые необходимо вычислить.

К перечню имеющихся в базе технологических данных реального времени часто добавляются данные лабораторий, сезонные данные (температура, давление, влажность и др). В качестве базы для формирования обучающих выборок целесообразно использовать имеющиеся исторические (архивные) данные на входе и данные на выходе (любым способом измеренные выходные данные). Данные обучающих выборок необходимо привести к определенному формату и качеству в части нормализации данных и приведения их к единому масштабу времени.

Следующий шаг заключается в согласовании данных и включает проведение статистического анализа по входным данным – удаление выбросов и заполнение пропущенных данных.

На данном этапе для каждого целевого показателя определяется набор значащих входных параметров, которые требуются для последующего обучения расчетной модели. Подбор должен происходить с максимально возможной прослеживаемой логической (причинно-следственной связью), составляющей цели расчета. Как правило, предлагается выбрать критерий входящим данным (указать тип информации, целевой или сопутствующий), соответствующим которым в свою очередь будут строиться зависимости и прослеживаться связи.

Производится следующая последовательность операций:

- первоначальная статистическая проверка (рассеяние, распределение входных и выходных параметров);
- проверка входных и выходных параметров на р-тест (по критерию Фишера). Проверяется вероятность того, что входные и выходные параметры с данным распределением Фишера превысят значение статистики. Если значение статистики меньше уровня значимости, то нулевая гипотеза отвергается, в противном случае принимается. Опровержение нулевой гипотезы дает предположение о том, что не существует связи между входными и/или выходными данными;
- вычисление взаимной информации между входными параметрами. Статистическая функция двух параметров, описывающая количество информации, содержащейся в одной случайной последовательности одного параметра относительно другой последовательности параметра;
- вычисление взаимной корреляции между входными параметрами. Стандартный метод оценки степени корреляции/сходства двух последовательностей входных параметров только по форме сигнала.

На следующем этапе происходит формирование и обучение модели, этап является наиболее ответственным, занимающим значительное время и в конечном итоге будет определять качество разработанной модели.

Формирование и обучение модели проводится на согласованном наборе данных.

Обучение осуществляется на прецедентах (с учителем), в ходе которого находятся скрытые взаимосвязи между входными и выходными параметрами, позволяющие восстанавливать целевые (выходные) показатели на новых (тестовых) данных. После обучения выводятся результаты проверки моделей по метрикам качества.

**Вопрос:** *Проблемы при внедрении MES и пути их решений?*

**Ответ:** Чтобы избежать разочарований в процессе внедрения MES, каждое предприятие, прежде всего, должно представить, какие основные проблемы оно планирует решить. Каждая реализация MES обладает своими особенностями, сильными сторонами, подходами к техническим реализациям тех или иных функций. Для того чтобы система не стала еще одной неэффективной и дорогостоящей компьютерной программой, а приносила реальную управленческую и финансовую пользу, необходимо четко понимать проблемные места на производстве, которые необходимо решить с помощью MES-системы и, исходя из этого, выбирать наиболее подходящий вариант. При этом системный интегратор должен уже на ранних этапах контактов с заказчиком точно выяснить узкие места на производстве, представлять себе, сможет ли решить данные проблемы предлагаемая система, и привести заказчику примеры решений на основе имеющегося опыта внедрений.

Тонким моментом здесь является естественное желание заказчика минимизировать расходы на создание MES-системы, с одной стороны, и заранее оценить отдачу от ее использования — с другой. Большинство современных промышленных систем являются модульными, а значит, допускают поэтапное внедрение. Это помогает минимизировать первоначальные затраты, но в этом случае заказчик должен убедиться, что система позволит ему решать различные задачи повышения эффективности производства, даже если на текущем этапе будут использованы не все ее возможности. Например, в случае решения основной задачи обеспечения контроля производства, имея модуль планирования в ERP-системе, на первом этапе внедрения

MES можно создать подсистему отслеживания исполнения производственного плана и управления запасами. Решение поставленной задачи позволяет безболезненно интегрировать в систему модуль оптимизационного планирования MES для создания максимально эффективных производственных расписаний.

Следует понимать, что, как и в любом проекте, четкая организация при внедрении MES-систем является одним из основных факторов успеха. Это касается формирования проектной команды, выделения наиболее заинтересованных в системе людей в качестве руководителей проекта, готовности менеджеров среднего и высшего звена разрешать спорные ситуации и мотивировать персонал. Начиная внедрение, системный интегратор должен аргументированно обосновать выбор тех или иных принципов и подходов к производственному учету, к формированию производственных расписаний, к вводу информации в систему.

Одной из частых проблем при внедрении MES на предприятиях является отсутствие либо недостаточность жестко структурированной нормативно-справочной информации (НСИ) на предприятии: номенклатурных справочников изделий и полуфабрикатов, спецификаций и рецептур, детальных маршрутных карт. Готовясь к внедрению системы управления производством, каждый заказчик должен четко себе представлять, какое время у него займет создание таких справочников у себя на предприятии, поскольку только наличие таких справочников позволит запустить систему в эксплуатацию. Это одна из немногих задач при внедрении, где интегратор может только косвенно помочь заказчику: разъяснить необходимую структуру, верифицировать справочники на полноту информации и т.п.

Несмотря на все сложности при внедрении MES-систем, повышение эффективности производства окупает все затраты и, несмотря на риски, привлекает все больше организаций.

**Вопрос:** *Можно ли утверждать, что интеграция MES-систем и технологий искусственного интеллекта (машинное обучение, аналитические системы и т.п.) произведет революцию?*

**Ответ:** Искусственный интеллект основан на различных технологиях, таких как обработка естественного языка и распознавание изображений, машинное обучение. Машинное обучение — это один из разделов науки об ИИ. Здесь используются алгоритмы для анализа данных, получения выводов или предсказаний в отно-



шении чего-либо. Вместо того чтобы кодировать набор команд вручную, машину обучают и дают ей возможность научиться выполнять поставленную задачу самостоятельно.

Кроме того, ИИ — это наука на стыке математики, физики, химии, биологии, психологии, кибернетики и ещё кучи всего. Она изучает технологии, которые позволяют человеку писать “интеллектуальные” программы и учить компьютеры решать задачи самостоятельно. Главная задача ИИ — понять, как устроен человеческий интеллект, и смоделировать его.

Чтобы машина могла принимать решения, необходимы три вещи: Алгоритм — специальная программа, которая говорит компьютеру, что делать и откуда брать данные; Набор данных — примеры, на которых машина тренируется. Это могут быть картинки, видео, текст — что угодно; Признаки — на что компьютеру смотреть при принятии решения? Если мы занимаемся машинным обучением с учителем, то формируем статистические показатели: математическое ожидание, среднеквадратичное отклонение, кумулятивная сумма. Именно такие показатели будут основой оценки адекватности модели.

Именно в промышленности созревают условия применения технологий ИИ, поскольку существуют технологические карты процессов, накопленные данные АСУ ТП, компетенции технологов и научное сообщество физиков, химиков, биологов с знанием особенностей физических, химических, биологических основ производства, чтобы термо- и гидродинамические процессы устремить к равновесным, химические реакции — к сбалансированным. Трудным является сбор таких специалистов в одну команду.

В машинном обучении используются много разных алгоритмов: от простой линейной регрессии до нейросетей. При этом часто используется механизм контейнеризации программного обеспечения, позволяющий специалистам развертывать приложение в разных средах без каких-либо изменений или с минимальными изменениями.

Разрабатываемые модели контейнеризованы. Это дает возможность использовать платформу оркестровки для быстрого масштабирования при росте количества контейнерных приложений. Контейнеры независимы от ресурсов и архитектуры хоста (устройства, предоставляющего сервисы формата клиент-сервер в режиме сервера по каким-либо интерфейсам). Они создают изолированную среду для приложения, не используя CPU, RAM или хранилище хостовой ОС.

В настоящее время формируется множество задач, касающихся оптимизации отдельных технологических процессов, экологических выбросов загрязняющих веществ, энергосбережения, ресурсосбережения и др. В них ML-технологии — только компонент, позволяющий что-то рассчитать как эталон или целевое значение. Более общая задача требует дополнительных приемов, например, создание точных или строгих моделей рассматриваемого процесса, расчета дополнительных KPI, применения специальных систем уравнений или расчетов, что открывает большие возможности развития и совершенствования, но требует междисциплинарных знаний и компетенций.

**Вопрос:** *Существуют ли особенности в создании ML-приложений?*

**Ответ:** В отличие от создания обычных программ во многих ML-моделях на первых этапах сохраняется вопрос о качестве модели. Достаточно ли входных и выходных данных, насколько адекватно их качество по точности, по возможности их переобучения с учителем и без учителя. Поэтому создание моделей в зависимости от сложности и объема задачи требует пройти следующие этапы:

- разработка пилотного проекта Proof of Concept (*POC* — проверка концепции) — предварительный этап практической осуществимости какого-либо метода, идеи, технологии, реализуемости с целью доказательства факта, что метод, идея или технология работают и подлежат промышленному внедрению;
- создание MVP (*Minimum Viable Product* — минимально жизнеспособный продукт) — это версия реализации идеи с минимально необходимым набором функций, которая позволяет собрать решение проблемы, дать ценность клиенту, получить обратную связь от рынка и протестировать бизнес-процессы с минимальными затратами;
- выход на тиражируемый вариант MLP (*Minimum Lovable Product* — минимально привлекательный продукт) — это первичная версия продукта, которая нравится заказчику.

Создание MES-решений с применением искусственного интеллекта имеет большие перспективы и важно на этом пути обмениваться опытом, технологиями, инструментами!

*Редакция журнала благодарит Н.А. Куцевич за содержательные ответы.*