

# IIoT КАК СПОСОБ ПОВЫСИТЬ ОЕЕ: АНАЛИТИКА SEEQ

МАЙКЛ РИССЕ (MICHAEL RISSE)  
ПЕРЕВОД: ВЛАДИМИР РЕНТЮК

Расчет общей эффективности оборудования (overall equipment effectiveness, OEE) — это уже хорошо известный подход к анализу данных, однако современные приложения позволяют взглянуть на него по-новому и получить больше возможностей. Статья написана на основе практических примеров, которые наглядно иллюстрируют точку зрения автора.

**РИС. 1.** ▶  
Отчеты, отображенные на этом экране, представляют собой описательную аналитику, фиксирующую то, что уже произошло или что уже происходит. Все рисунки предоставлены компанией Seeq Corp.



В 2020 г. обсуждение такого вопроса, как OEE, кажется немного устаревшим. Как бы это ни называлось — OEE, отчеты о простоях или использование производственных активов, — тема не нова. За прошедшее время сам термин «актив» обрел немалую популярность и из бухгалтерской сферы перешел на новый, более широкий уровень. Теперь под ним понимаем совокупность машин и оборудования, зданий и сооружений, а также человеческий ресурс, то есть все, что так или иначе участвует в процессе изготовления конечного продукта — товара или услуги. Кстати, термин OEE может иметь и другие

специфичные для конкретного сценария названия — например, «очистка на месте» (метод очистки внутренних поверхностей труб, сосудов, технологического оборудования, фильтров и соответствующей арматуры без разборки, или вариация на тему, как быстро выполнить ремонт/обслуживание и вернуть активы в рабочее состояние).

Статьи более чем десятилетней давности описывают, как рассчитать OEE или измерить время простоя активов. Для этого в течение многих лет использовалась методология «Лин»<sup>1</sup>, или «Шесть сигм»<sup>2</sup>. Однако какое отношение это «устаревшее» понятие имеет к индустриальному «Интернету вещей» (Industrial Internet of Things, IIoT) и современной аналитике? Ответ прост: благодаря IIoT и расширенной аналитике использование OEE в качестве показателя эффективности производственного процесса улучшается.

Как это работает? Во-первых, приходит облегчение после многих лет

страданий в таблицах, посвященных проблемам простоя. Во-вторых, значительная экономия обусловлена тем, что сама аналитика показывает просто, причем не только состоявшиеся, но и вероятные, которые можно предупредить, а вред от них минимизировать. Наконец, ускоренное принятие решений и превентивных мер приводит к трансформации бизнеса на новый уровень. Эти существенные преимущества усиливают важность отчетов о простоях.

Но прежде чем мы рассмотрим истории успеха, углубимся все же в отчеты о простоях и OEE.

## НАГЛЯДНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ

Отчеты о простоях являются примером «описательной аналитики», потому что они отражают только то, что уже произошло. И хотя сам по себе этот термин связан с отчетами и визуализацией в виде статических и исторических данных, однако если отчеты периодически обновляются, даже с использованием панели мониторинга, они все равно остаются лишь описательной аналитикой. Сами числа могут быть не статичными, но расчеты и параметры (коды неисправностей, измерения и т. д.) все равно фиксируются в виде точек информационной панели конкретного исполнения (рис. 1) как уже свершившийся факт.

Исходя из сказанного, описательная аналитика считается базовой. Она вызывает на экран то, что следует найти по заранее определенным методикам расчета, а затем измеряет и представляет в заданном виде про-

<sup>1</sup> Модель «Лин» (англ. Lean, или точнее Lean production, Lean manufacturing — бережливое производство) — американское название производственной системы компании Toyota. Отправная точка бережливого производства — ценность для потребителя. Представляет собой подход к управлению организацией, направленный на повышение качества работы за счет сокращения потерь. Этот метод распространяется на все аспекты деятельности — от проектирования и производства до сбыта продукции.

<sup>2</sup> Модель «Шесть сигм» (англ. Six Sigma) — концепция управления производством, разработанная в корпорации Motorola в 1986 году, получила популярность в середине 1990-х после того, как ее внедрили в качестве ключевой стратегии в систему качества компании General Electric. Суть концепции сводится к необходимости улучшения качества выходов каждого из процессов, минимизации дефектов и статистических отклонений в операционной деятельности. Название происходит от статистического понятия среднеквадратичного отклонения, обозначаемого греческой буквой сигма ( $\sigma$ ).

изошедшие или происходящие события. Но, как всем нам хорошо известно, на промышленных предприятиях и объектах все постоянно меняется, и самые лучшие планы подвержены влиянию различных факторов, которые часто разрушают задуманное ранее. Как сказал еще в 1880 г. германский генерал-фельдмаршал, военный теоретик Хельмут фон Мольтке (Helmuth Karl Bernhard Graf von Moltke), «ни один план действий не распространяется с уверенностью за пределами первой встречи с главными силами противника».

Врагом здесь являются изменения и их потенциальные негативные последствия для ОБЕ, времени простоя и эффективности использования активов. Тот факт, что отчеты о простоях основаны на методах расчета, определенного еще до начала эксплуатации аналитической станции, означает, что, как только возникает что-то новое и непонятное, то есть как только происходит «встреча с противником», ценность отчета как отражения картины прошлого быстро уменьшается. Поэтому для борьбы с врагом необходим новый подход, а атаку на него возглавляют инженеры-технологи.

## ПРОРЫВ ИНЖЕНЕРОВ

Когда для решения неизвестной проблемы требуется нечто большее, чем взгляд на таблицу или индикатор, то есть понимание — например, чтобы выяснить, почему произошло то, что не ожидалось, почему показатель ниже запланированного или в чем состоит причинно-следственная связь, — то инженеру по обслуживанию оборудования нужно проанализировать время простоя вместе с экспертом в предметной области, таким как инженер-технолог. Такой подход ставит инженеро-технологов туда, где они и должны быть, — в первую линию атаки на врага. Образно говоря, они должны пойти на прорыв, и благодаря расширенной аналитике у них есть решение, которое работает значительно быстрее, чем метод на основе электронных таблиц.

Именно здесь наблюдается переход от описательной аналитики к диагностической (рис. 2). Если описательная аналитика — это просто отчет

о произошедшем событии или событиях, то диагностическая аналитика — интерактивное исследование и обнаружение, а в некоторых случаях и анализ первопричин. Диагностическая аналитика представляет собой инструмент, при помощи которого определяются причины и обнаруживаются корреляции. Она может включать решения из лучших практик и действовать путем сравнений. Все это, за счет применения инноваций в области компьютерных наук (большие данные, машинное обучение и т. д.), позволяющих использовать продвинутый, извините за тавтологию, уровень в передовых аналитических приложениях, очень быстро находит практическое воплощение.

## ДИАГНОСТИКА В ДЕЙСТВИИ

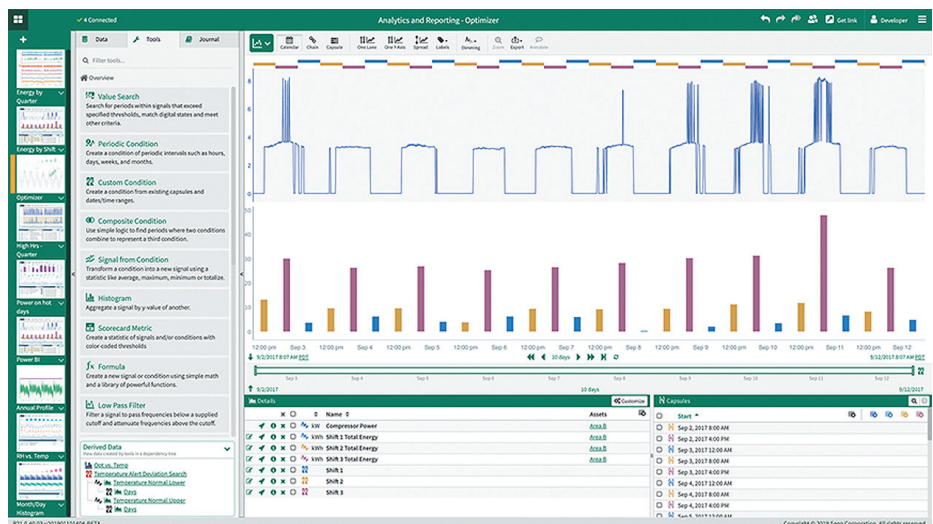
Вот наглядный пример: при сушке различных продуктов для определения оптимальной конечной точки важно понимать влияние различных параметров на время сушки. По словам д-ра Роберта Фореста (Dr. Robert Forest), инженера-разработчика из компании Bristol-Myers Squibb (далее — BMS), фундаментальный вопрос звучит так: «Как долго мы должны сушить влажный продукт (в данном случае это был кек), чтобы достичь нашей конечной точки сушки?» Если продукт сушится слишком долго, это неоправданно увеличивает время цикла. Но если продукт не высохнет достаточно хорошо, то контрольная проба ока-

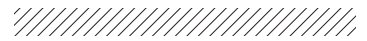
жется бракованной, а значит, расход сырья и затраты на аналитику будут неоправданны.

Перед использованием аналитического решения Seeq, предназначенного для обработки производственных данных, компания BMS, для того чтобы помочь определить время сушки, собирала много разных точек данных из данных тега PI System компании OSIsoft, используя простую сводку статистики. Сбор данных основывался на следующем алгоритме: техники должны контролировать и управлять минимальной, максимальной и средней температурой продукта, скоростью мешалки, температурой внутренней оболочки сушильной камеры и временем сушки продукта. Затем специалисты компании BMS сравнивают эти данные с фактической потерей растворителя из продукта, измеренной при отборе образцов в течение всего процесса сушки. Сбор данных вручную был утомительным, занимал много времени и был подвержен ошибкам из-за влияния человеческого фактора. Соответственно компания BMS пришла к выводу, что здесь требуется более автоматизированный способ сбора и анализа этих данных.

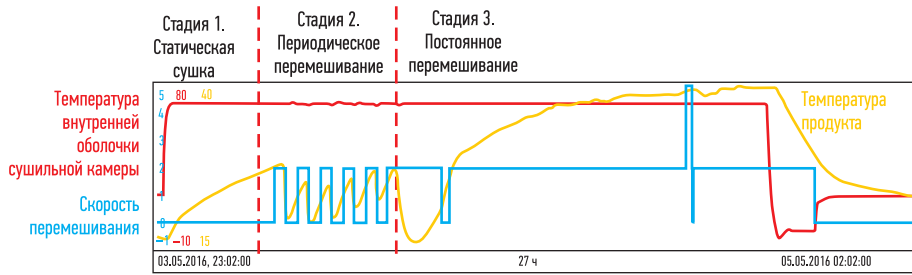
Типичный процесс сушки проходит три стадии (рис. 3). Стадия 1 (статическая сушка) начинается нагреванием без перемешивания. Стадия 2 — нагрев продолжается, но с периодическим перемешиванием. На стадии 3 нагрев продолжается при постоянном перемешивании.

**РИС. 2. ▼** Инженеры-технологи и другие эксперты могут использовать расширенную аналитику для быстрой диагностики проблем и поиска основных причин простоя оборудования





Основное представление: визуализация трехступенчатого процесса сушки



Параметры, представляющие интерес на каждой стадии процесса:

- \* Время сушки
- \* Температура внутренней оболочки сушильной камеры
- \* Температура продукта (мин., макс. и средняя)
- \* Скорость перемешивания.

**РИС. 3. ▲**  
Пример того, как удалось быстро диагностировать систему сушки и оптимизировать ее работу

Компания BMS хотела определить некоторые ключевые параметры для каждой стадии сушки, чтобы оптимизировать данный процесс для ряда различных партий исходного сырья. Для этого компании необходимо было автоматически определить, когда работает сушилка, связав фазу сушки с временем сушки, температурой внутренней оболочки сушильной камеры, температурой продукта (максимальной, минимальной и средней) и скоростью перемешивания.

Следующим шагом было разделение рабочих данных по стадиям сушки. На стадии 1, где нет перемешивания, аналитическое решение Seeq использовалось для простого поиска данных о периодах времени, когда мешалка была включена на длительный срок (а не работала

периодически), и объединения этих данных с результатами поиска высоких температур внутренней оболочки сушильной камеры (это необходимо как индикатор работы в режиме сушки).

Для сбора сводных данных на стадии 3 поиск был настроен так, чтобы сначала найти те периоды времени, когда мешалка была включена на длительный период, а затем объединить их с высокими температурами внутренней оболочки сушильной камеры. Определение параметров для стадии 2 было немного сложнее, поскольку мешалка включается и выключается периодически и нет информации от датчиков, на которой можно основывать поиск.

Для нахождения требуемых данных на стадии 2 компания BMS исполь-

зует функцию поиска по шаблону системы так, чтобы выявить все партии, в которых отображается режим включения/выключения мешалки. С помощью решения Seeq компания BMS создала поиск по шаблону для прямоугольной формы сигнала периодически включающейся и выключающейся мешалки. Благодаря чему пользователь может указать эвристику подобия и, соответственно, оптимизировать полученные результаты. Это также позволяет комбинировать результаты поиска по шаблону с температурой внутренней оболочки сушильной камеры. Таким образом, можно исключить периоды времени до фактического начала сушки, то есть стадии 2.

В ходе своего диагностического проекта команда Роберта Фореста смогла, в частности, разделить данные на три стадии и автоматически посчитать необходимую статистику. По словам д-ра Фореста, возможность использовать аналитическое решение Seeq для поиска по определенным данным и наложения пакетов сократила время, необходимое для сбора данных, и сэкономила в среднем один час анализа на пакет.

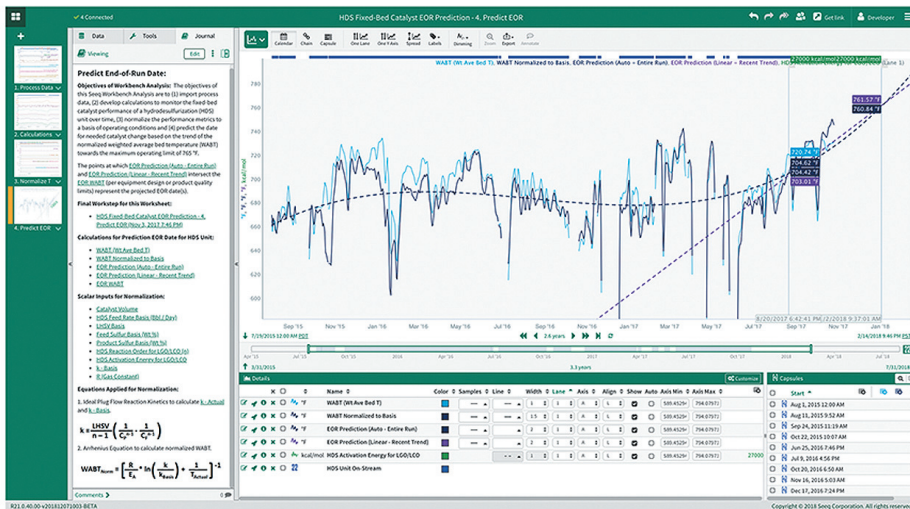
**СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Используя расширенную аналитику, по мере ее обработки и получения результатов сведения можно передать коллегам в виде веб-страниц, документов PDF или обновленных изображений. Этот процесс называется публикацией. Таким образом, инженеры используют интегрированный подход к описательной (Descriptive Analytics) и к диагностической аналитике (Diagnostic Analytics).

Конечно, интегрированные вместе расширенная и описательная аналитика являются преимуществом по сравнению с использованием двух разных инструментов, но не менее важно, что инженеры могут создавать, публиковать и обновлять аналитику без какого-либо вмешательства со стороны ИТ-персонала или узких специалистов.

В отличие от традиционных ОЕЕ-отчетов, подготовленных ИТ-отделами или администраторами предприятия на основе факторов, которые приводят к отклонениям от ранее намеченного плана (введены

**РИС. 4. ▼**  
Прогнозная аналитика позволяет инженерам выявлять потенциальные проблемы до того, как они повлияют на работу технологического и производственного оборудования





в действие новые активы, появились новые рецепты, условия или сырье и т. д.), по мере необходимости расширенная аналитика обеспечивает инженера-технолога, работающего на переднем крае процесса, информацией, требующейся для оперативной итерации базовых расчетов и исходных данных. Соответственно выяснение причин простоев оборудования происходит быстрее благодаря интегрированной расширенной и описательной аналитике, а право на самостоятельное принятие решений передается сотруднику, наиболее близкому к процессу или активу.

## ПРЕДСКАЗЫВАНИЕ БУДУЩЕГО

Следующий шаг инженеры-технологи делают, внедряя прогнозную аналитику (рис. 4), дополняющую диапазон данных от исторических (диагностических) и текущих (описательных) до ожидаемых. Таким образом инженеры могут предотвратить простои с помощью системы раннего предупреждения, которая обеспечивает предварительное уведомление от нескольких часов до нескольких недель, в зависимости от процесса, данных и опыта инженера по обслуживанию этого оборудования.

Например, для клиентов, заинтересованных в переходе от планового технического обслуживания к прогнозному, возможность заблаговременно выяснить, когда требуется техническое обслуживание и какие детали понадобятся для этого, имеет решающее значение. Цель состоит не в том, чтобы оценить историю сбоев активов в отчетах о простоях или ОЕЕ, а в том, чтобы максимально избежать простоев как таковых.

## ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИКИ ПО СИСТЕМЕ КРЕКИНГА С НЕПОДВИЖНЫМ КАТАЛИТИЧЕСКИМ СЛОЕМ

Задача для одного нефтеперерабатывающего завода состояла в том, чтобы оптимизировать его экономическую ситуацию в ближайшей и долгосрочной перспективе путем прогнозирования окончания работы системы крекинга с неподвижным каталитическим слоем. Для обучения

аналитической системы и нахождения необходимых корреляций потребовался выбор и изучение исторических данных, которые автоматически обновлялись по мере появления новых. Другая задача заключалась в том, чтобы создать возможность проведения совместного анализа и изучения проблемы между лицензиаром нефтеперерабатывающего завода и поставщиком катализатора.

Для реализации уравнений первого принципа<sup>3</sup>, необходимых для расчета нормализованной средневзвешенной температуры слоя (weighted average bed temperature, WABT) катализатора реакторной системы с неподвижным слоем, были использованы формулы аналитического решения Seeq. Следующим этапом стала нормализация WABT для скорости подачи, качество сырья и продукта, соотношение обрабатываемых газов и т. д. Затем функции прогнозирования из Seeq были использованы в создании необходимой для прогнозирования нормализованной WABT-модели как функции времени в условиях устойчивого состояния. Это позволило нефтеперерабатывающему заводу определить дату окончания эксплуатации катализатора в сравнении с известным порогом производительности WABT и применить данную методологию к другим процессам, в которых также используются катализаторы с неподвижным слоем.

Преимущества решения включали мониторинг дезактивации катализатора для совместной оптимизации краткосрочной экономики и планирования с учетом рисков технического обслуживания. Уточненный прогноз конца цикла эффективности катализатора позволил более тщательно проанализировать компромисс между снижением его эффективности и затратами на техническое обслуживание. Расчет срока службы катализатора помог быстро обнаружить неожиданные изменения в работе установки крекинга и внести соответствующие коррективы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диагностическая, описательная и прогнозная аналитика может быть выполнена на существующих данных из системы диспетчерского контроля и сбора данных SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), исторических данных

и других производственных наборов данных. Кроме описанных в статье разновидностей аналитики, есть еще одна ее форма. Этот тип аналитики пока не имеет установленного названия, и его можно приравнять к тому, что было упомянуто в начале статьи как «лин». Кстати, мы должны помнить, что конечная цель любой аналитики — не любопытство ради любопытства, а облегчение процесса делать «правильные вещи», то есть здесь мы опять вспоминаем правило «шести сигм».

Да, это может звучать несколько наивно, но инженеры, использующие системы аналитики Seeq, были полны энтузиазма по поводу его эффективности для быстрого определения правильного способа улучшения работы. В прошлом для изучения электронной таблицы требовалась уйма времени, а сама работа была обременительной, поэтому отвечающие за ход процесса специалисты просто не могли вовремя выполнить необходимые расчеты, чтобы должным и, главное, оптимальным способом повлиять на производственные результаты и улучшить их.

Но в приложениях Seeq дни и недели сокращаются до минут и часов, что позволяет аналитикам более оперативно вносить изменения, учитывать компромиссы и эффективно оптимизировать ситуацию в целом.

Никто не спорит, что отчеты о простоях и их варианты, такие как ОЕЕ, не являются новой концепцией. Но они служат основой любого операционного руководства. Однако это совсем не значит, что для улучшения всех видов аналитики нет возможности по-новому взглянуть на потенциал приложений расширенной аналитики. Дополнительная информация по данной проблематике доступна по ссылкам [1, 2]. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. Риссе М. (Michael Risse). Несколько шагов к эффективной обработке данных с нефтегазовых месторождений // Control Engineering Россия. 2019. № 2.
2. Риссе М. (Michael Risse). Почему электронные таблицы ограничивают возможности анализа данных // Control Engineering Россия IoT. 2019. № 3.

<sup>3</sup>Первый принцип — это базовое суждение или предположение, которое не может быть выведено из какого-либо другого суждения или предположения. В формальной логической системе, то есть в наборе предложений, согласованных между собой, возможно, что некоторые утверждения могут быть выведены из других утверждений. В физике и других науках теоретическая работа считается основанной на первых принципах, или ab initio, если она начинается непосредственно на уровне устоявшейся науки и не делает предположений, таких как эмпирическая модель и подгонка параметров.