

OEE/DTM – Золушка в семействе MES-решений

А.Г. Шопин, И.В. Занин, С.В. Спиридонов (ООО "СМС Информационные технологии")

Рассматриваются вопросы применения показателей OEE/DTM для анализа производительности и наработки оборудования и приводится пример настройки показателей в ПК "Инфоконт".

Ключевые слова: MES, информационные системы производства, OEE/DTM, учет простоев и наработки оборудования, бережливое производство.

Спросите любого эксперта по MES – зачем нужны эти системы. В ответ прозвучит красочный рассказ о координации и синхронизации производственных процессов, информационном ландшафте предприятия и т.д. Обычно эти слова произносятся убежденно, с пафосом и от души. Единственный способ прервать поток красноречия – это спросить прямо, а каков будет эффект от внедрения этих систем для предприятия? Ответом будет уже менее уверенное рассуждение на тему, что все зависит от специфики предприятия, что не все просто и есть много тонкостей и особенностей.

В таком объяснении есть доля истины – эффект от внедрения MES действительно зависит от многих факторов. При этом среди компонентов мира MES есть один, внедрение которого дает быстрый результат. Это OEE/DTM – компонент для расчета показателей работы и простоев оборудования, который позволяет увидеть, как оборудование работает, а также когда и почему простаивает.

Главный инженер, возможно, возразит, что и так знает график загрузки оборудования. Сегодня оно работает все время кроме двух остановов на полчаса на переналадку.

А вот и нет! Если с помощью автоматической системы проанализировать данные, окажется, что оборудование налаживалось не два раза по полчаса, а два раза по 36 и 39 мин (а 15 мин – это уже 1% от суток). Кроме того, оно 10 раз останавливалось на 3 мин (вот они микропростои, которые никто не учитывает). Еще полсмены было снижение на 20% числа выпущенных изделий, а в конце вообще провал по производительности. И брака последний час работы было столько, что лучше бы это время оборудование вообще не работало.

Эти системы показывают интересную картину. Они дают информацию, на основе которой можно принимать решения как технологические, так и организационные. Это как внедрение СКУД в офисе – картина приходов, уходов и перекуров налицо. Плюс дисциплина усиливается.

Но, если спросить о системах OEE/DTM специалиста по MES, он, скорее всего, нахмурится. Ему не интересно о них говорить – слишком просто то, что они делают, тут нет места "информационному ландшафту предприятия".

Вот и работают эти системы день и ночь, как Золушка из сказки, не слыша о себе доброго слова. Свое время появиться доброй фее.

Терминология

В статье используются следующие термины.

1) OEE (Overall Equipment Effectiveness) – общая эффективность работы оборудования. Набор показателей, численно характеризующих эффективность работы оборудования, а также подход к их анализу.

2) DTM (Downtime Management) – управление простоями и наработкой оборудования. Термин также объединяет набор показателей и метод их анализа.

3) Плановое время – время, в течение которого запланирована работа оборудования. Фактически это есть то время, в течение которого ожидается, что оборудование будет выпускать продукцию. Не включает плановые остановки на ремонты.

4) Операционное время – время, в течение которого оборудование действительно работало. Не включает время переналадки, аварийных ремонтов и прочих внеплановых остановок.

OEE. Немного теории

Если бы наше оборудование работало 100% времени с производительностью 100% не допуская брака, то мы получили бы максимально возможное количество произведенной качественной продукции. Это возможно, когда на бесперебойно работающей линии выпускаются однотипные качественные изделия. Однотипные – это значит, что не нужны остановки для переналадки. Бесперебойная работа подразумевает отсутствие простоев и остановок даже в момент передачи смены, а также работу на постоянно максимальной скорости.

На общую эффективность работы оборудования влияют следующие факторы:

- операционное время – время реальной работы оборудования;
- производительность работы оборудования;
- уровень брака выпускаемых изделий.

Метод численного определения показателей производительности был предложен японцем Сэйтии Накадзима во второй половине XX века [1]. Он учитывает каждый из факторов и находит общую эффективность производства.

Численное значение показателя OEE показывает отношение реально выпущенной качественной продукции к теоретическому максимально возможному производству. Распишем теоретически возможную продукцию как произведение планового времени на теоретическую скорость производства. Помножим числитель и знаменатель на полный объем произведе-

денной продукции и на операционное время. Производство операционного времени на теоретическую скорость дает теоретически возможное количество продукции за операционное время. Сгруппируем множители и получим следующую формулу:

$$OEE = A \cdot P \cdot Q,$$

где A – показатель доступности, характеризующий потери на остановки, P – показатель производительности, который характеризует потери в скорости, а Q – показатель качества.

Каждый из этих показателей так же, как и OEE в целом, представляет собой отношение реального значения (отработанного времени, скорости, число качественных изделий) к идеальному или теоретически возможному.

Показатели вычисляются по следующим формулам.

A (Доступность) = Операционное время / Плановое время;

P (Производительность) = Произведенная продукция / Теоретически возможное количество продукции за операционное время;

Q (Качество) = Качественная продукция / Произведенная продукция.

Часто производительность также определяют как отношение времени идеального производственного цикла к реальному [2]. Для производств, где имеет смысл понятие производственного цикла, в том числе для непрерывного производства, это определение эквивалентно приведенному выше (<http://www.oeeindustrystandard.org>).

DTM. Еще немного теории

Рассмотрев показатель OEE, предлагаем вернуться ко второму компоненту пары OEE/DTM.

Для вычисления OEE достаточно знать, сколько времени оборудование не работало. Но что делать, если мы получили низкий OEE? Тогда нужно разбираться с его составляющими. И, если проблемы были с доступностью, то необходимо узнать больше о простоях.

Для управления простоями необходимо уметь их классифицировать и выявлять моменты наступления и продолжительность. Для классификации используется дерево режимов, содержащее рабочие режимы, ремонты, а также различные простои, организованные в иерархическом виде.

В автоматизированной системе OEE/DTM режим работы оборудования в каждый момент времени определяется в соответствии с деревом режимов. При переходе между режимами момент перехода и продолжительность фиксируется.

На основе собранных данных можно рассчитывать совокупное время работы в каждом режиме и число включений/отключений оборудования. Для ряда оборудования, чей ресурс определяется числом

переключений или общим временем наработки, автоматизация их учета позволяет перейти к практике планово-предупредительных ремонтов и уйти от ремонтов по факту аварий.

Дополнительно DTM позволяет рассчитать такие показатели надежности, как среднее время между сбоем (MTBF) и среднее время между ремонтами (MTTR), а также среднее время между наладками и другие показатели. Подробнее о них можно прочитать в статье [2].

Немного практики

Покажем на примере, как конфигурируется расчет показателей OEE/DTM и как в дальнейшем анализируются полученные данные. Для демонстрации используется ПК Инфоконт (<http://infocont.ru>). Аналогичные подходы используются и в других продуктах, в частности в MES SIMATIC IT фирмы Siemens [3].

Для получения значений показателей OEE/DTM необходимо:

- 1) сконфигурировать дерево режимов работы для одной или нескольких единиц оборудования;
- 2) для каждой единицы оборудования определить параметр, по значениям которого можно будет классифицировать режим работы оборудования в соответствии с ранее настроенным деревом режимов;
- 3) сопоставить узлам дерева режимов возможные значения параметра;
- 4) создать расчетные параметры, указать для них требуемый алгоритм расчета OEE/DTM и вывести значения параметров на формы отображения.

После конфигурирования алгоритмов система будет автоматически отслеживать значения параметра режима и фиксировать все моменты переключения. По собранной информации в дальнейшем будет происходить расчет параметров.

Теперь ни один микрпростой от нас не уйдет!

Выполним вышеописанные шаги и посмотрим детали.

Конфигурирование дерева режимов

В самом примитивном случае дерево режимов может содержать два элемента – "в работе" и "не в работе". В сложном случае дерево может включать разные режимы работы и простоев, например, можно выделить простои по причине переналадки, ожидания сырья, персонала и т.д. На рис. 1 представлено дерево режимов, которое будет использоваться в примере.

Определение параметра режима и конфигурация дерева

Далее требуется научиться в каждый момент времени понимать, в каком режиме сейчас находится наше оборудование. Обычно это решается выбором существующего или созданием расчетного параметра, чьи значения будут точно идентифицировать режим.

Наименование	Идентификатор
Остановлен	stop
Рабочий режим	main
В работе	work
Запуск	starting

Рис. 1. Дерево режимов

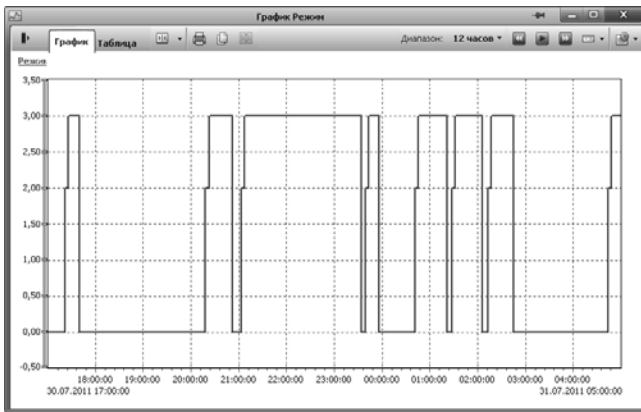


Рис. 2. Параметр режима

Как можно получить параметр режима, если явно такого параметра у оборудования нет? Режим работы можно вычислить, исходя из значений параметров оборудования. Например, если давление больше одной атмосферы, тогда оборудование работает, если меньше – не работает. Бывают и более сложные случаи, когда для определения параметра состояния приходится писать сложные алгоритмы, использующие много параметров.

В примере создан расчетный параметр (рис. 2), принимающий значения "0" (Остановлен), "2" (Запуск) и "3" (В работе). Далее необходимо сопоставить эти значения узлам дерева режима.

Но зачем нужны все эти деревья режимов и последующий сбор статистики, если и так имеется параметр, характеризующий режим? Не только ли затем, чтобы, например, вместо незапоминающегося кода 335 использовать всем понятное наименование "ожидание сырья"? Для этого тоже, но есть более веские причины.

1) При использовании деревьев режимов можно получать данные по всем режимам, детализирующим обобщенный режим. Например, имеется возможность собирать статистику как по каждой из причин простоев, так и в целом по простоям.

2) Для разного оборудования можно настраивать разные параметры состояния с разными значениями, привязывать к единому дереву режимов, а потом единообразно анализировать причины простоев, не вспоминая внутренние коды, которые человеку знать необязательно.

3) Обычно исходный параметр фиксируется часто, но его архив живет недолго – несколько недель или месяцев. Собранный же информация по режимам, привязанная к дереву, является более компактной, занимает существенно меньше места и может храниться принципиально дольше. Поэтому можно использовать информацию по простоям за произвольный момент времени в прошлом.

	Текущее	Лучшее за месяц
ОЕЕ	50	86
A	82	100
P	63	89
Q	88	100

Количество включений 1

Рис. 4. Отображение параметров OEE/DTM

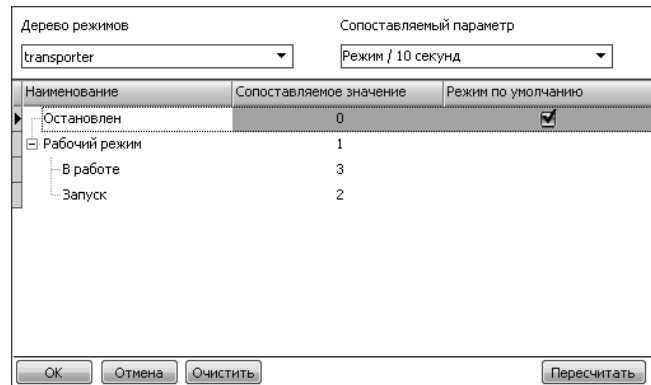


Рис. 3. Привязка значений параметра состояния к дереву режимов

4) А еще со временем коды могут меняться, и вряд ли захочется через полгода вспоминать, какому режиму соответствует значение 25 – "холодному пуску" или "работе в штатном режиме". Намного удобнее добавить контекст – словесное описание режима, обшее для многих единиц оборудования.

После настройки дерева режимов и выбора параметра режима для оборудования необходимо указать соответствие между режимами и значением параметра (рис. 3).

На этом все подготовительные действия завершены, и можно получить значения показателей OEE/DTM.

Создание расчетных параметров и отображение их значений

Показатели OEE/DTM должны быть инструментом, который ежедневно используется руководителями производства, а также его участков. Эти показатели наряду с другими наиболее важными параметрами должны выводиться на информационную приборную панель, которая может быть организована с помощью информационной системы производства [4].

В примере созданы параметры OEE, A, P, Q. Их значения необходимо вывести на мнемосхему. Ниже будет объяснено, как интерпретировать полученные данные, пока же без объяснений причин выведем рядом с последними значениями показателей лучшие значения за последний месяц. И еще добавим параметр DTM, показывающий число включений/выключений оборудования за рассматриваемый период. На рис. 4 представлен внешний вид формы отображения.

На рис. 5 представлен фрагмент алгоритма расчета OEE для примера. Дерево расчета отображается в отдельном окне (по щелчку мыши на любом расчетном параметре), что позволяет увидеть алгоритмы и значения операндов. Если операнд, в свою

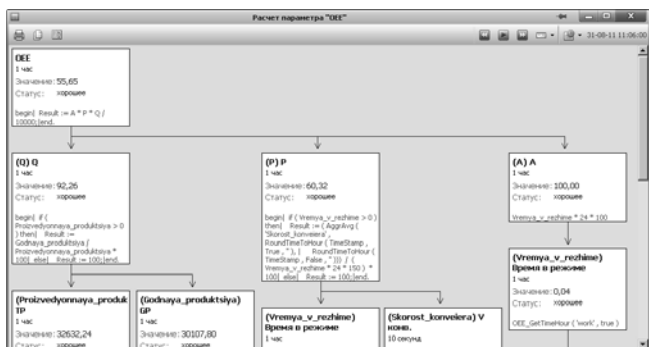


Рис. 5. Формулы расчета параметров OEE/DTM

очередь, тоже является расчетным, то его алгоритм расчета также будет представлен в виде поддерева.

Анализ показателей OEE

Показатели OEE нужно анализировать в двух случаях: когда значение за некоторый интервал времени слишком низкое и нужно понять, что произошло, или когда ищутся пути увеличения производительности и анализируются обычные для производства данные.

Для понимания того, низкий показатель или нет, его нужно с чем-то сравнить. Например, OEE, равный 72%, — это хорошо или плохо? В публикациях и на практике часто делаются попытки сравнивать показатели между заводами и разными единицами оборудования. Бывает, значение сравнивают с эталонном, в качестве которого часто фигурирует значение 85%. Запретить такое сравнение нельзя, но разные единицы оборудования, изделия и циклы производств делают такое сравнение не совсем приемлемым.

Сравнивать имеет смысл с собой (с данными по своей единице оборудования) в лучшие моменты времени. Именно поэтому на нашу форму выедены лучшие данные по месяцу.

Для удобства анализируемые показатели можно вывести на график (рис. 6) и посмотреть их значения за интересующий период.

Когда проблемные места связаны с доступностью оборудования, необходимо подключать анализ показателей DTM.

Когда информация по причинам простоев собрана, можно провести мероприятия по их снижению. И после можно анализировать во времени изменение показателей OEE с выделением положительных результатов проводимых действий.

Неоднородность показателей OEE

Возвращаясь к показателям OEE, необходимо отметить их неоднородность.

Доступность (A) и производительность (P) отражают потери из-за недопроизводства. Если выработано меньше, чем можно, значит, оборудование не работало (A) или работало непродуктивно (P). Это потери по отношению к тому, что можно было сделать, то есть в некотором роде это виртуальные потери. Качество (Q), напротив, отражает фактические потери, которые

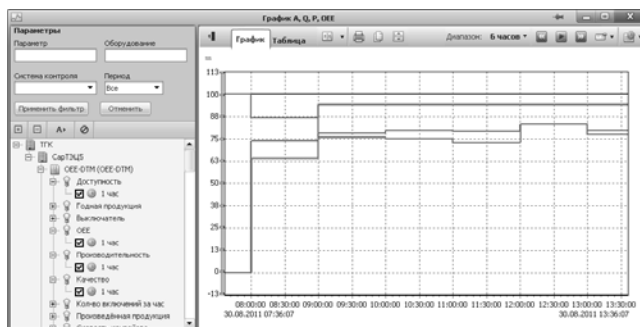


Рис. 6. Отображение показателей на графике

получены. Некачественную продукцию в лучшем случае нужно заново обработать, а в худшем выкинуть.

При одинаковом значении OEE экономический результат очень отличается (лучше 10% времени не работать, чем выпустить 10% брака, хотя OEE будет один и тот же), и поэтому анализировать нужно не только один OEE, но и все его составляющие, а также показатели DTM.

OEE и бережливое производство

Отметим связь расчета показателей OEE/DTM с бережливым производством. Суть бережливого производства в удалении из производственного процесса шагов, не несущих ценности для потребителя. Его задача — выяснить, когда происходит потеря темпа или качества, и изменить процесс.

Но как искать? Можно стоять с секундомером, с этого, кстати, век назад начинал Форд. И этот метод до сих пор используется. Но постоянно с секундомером стоять не будешь. К тому же принцип измерения требует, чтобы измерения не влияли на объект. А когда над тобой стоят с секундомером, то результат становится другим.

И еще, секундомер позволяет выявить постоянные методичные проблемы, то есть с его помощью изучаются правила, а не с исключения и отклонения (нельзя же угадать, где будет сбой, чтобы заранее прийти туда).

Внедрение системы OEE/DTM позволяет обеспечить круглосуточный мониторинг процесса с возможностью в любой момент включить машину времени и перенестись с секундомером в проблемное место. И все это не выходя из кабинета. Форд и Тайити были бы довольны.

Бережливое производство и OEE/DTM все чаще упоминаются вместе. Их объединяет общая идея — вместо внедрения больших и дорогих систем сосредоточится на анализе текущей ситуации и на выявлении мест, которые могут быть улучшены.

Вернемся к эффекту

Где же тот быстрый эффект от внедрения, который был анонсирован в начале статьи? Куда подставлять мешок, в который должны посыпаться звонкие монеты?

Подождите, сама система не меняет процесс производства, для этого нужен специалист предприятия, на

котором она внедряется. Он должен быть внимателен к деталям и должен обладать полномочиями для изменений. Он должен стать проводником перемен.

Он получит информацию по простоям, браку и потере производительности. Например, это будет информация о том, как показатели эффективности различаются между сменами, как они меняются в зависимости от разных факторов. Анализируя эти факторы, можно вносить изменения в процесс.

Возможно, на ночную смену нужно давать меньше переналадок, поскольку ночью они занимают больше времени. Возможно, нужно присмотреться к первой бригаде, чья производительность на 10% выше остальных. А может быть стоит пожуричь старшего мастера, в чью смену набралось 1,5 часа микропростоев.

Эффект будет достигнут человеком, а система OEE/DTM просто поможет ему, предоставив инфор-

Шопин Андрей Геннадьевич — канд. техн. наук, директор по развитию и коммерции,

Занин Иван Владимирович — зам. директора по управлению проектами,

Спиридонов Станислав Владимирович — программист

ООО "СМС Информационные технологии" Группа компаний СМС Автоматизация.

Контактный телефон (846) 205-79-00. Email: Andrey.Shopin@sms-automation.ru

Новый офис ТНК-ВР: инновации на стороне бизнеса

Компания "Астерос" завершила создание ИТ-инфраструктуры нового офиса ТНК-ВР. Офис располагается в бизнес-центре Nordstar Tower и занимает 20 этажей общей площадью 37 тыс. м². Совместными усилиями специалисты "Астерос" и ТНК-ВР внедрили более 20 различных систем, обеспечивающих работу 3500 сотрудников и поддерживающих стремительное развитие бизнеса компании.

ТНК-ВР является одной из ведущих нефтяных компаний России и входит в десятку крупнейших частных нефтяных компаний в мире по объемам добычи нефти. До недавнего времени управленческий аппарат холдинга размещался в 12 распределенных по Москве офисах.

Чтобы оптимизировать затраты на содержание офисов, руководство ТНК-ВР в I квартале 2010 г. приняло решение о переводе всех подразделений в одно здание. Для этого компания арендовала 20 этажей в новом бизнес-центре Nordstar Tower, где нужно было построить мощную и надежную корпоративную инженерную и ИТ-инфраструктуру.

По результатам открытого конкурса реализация проекта была доверена компании "Астерос". Ранее специалисты "Астерос" уже выполняли масштабные проекты по созданию офисов "под ключ" для финансовой группы ВТБ, Международного аэропорта Сочи и "Аэрофлота".

Проект стартовал в сентябре 2010 г. В крайне сжатые сроки, за 7 мес., специалисты "Астерос" совместно со специалистами ТНК-ВР внедрили свыше 20 различных инженерных и ИТ-систем, от которых зависит ежедневная работа нефтяной компании.

Инновационные решения были использованы почти на каждом этапе проекта. Мониторинг и интеллектуальное управление структурированной кабельной

магию. А потом останется работать, собирать и обрабатывать данные, чтобы предупредить о снижении производительности или в нужный момент опять предоставить информацию, которая поможет для будущих изменений.

Список литературы

1. *Nakajima S.* Introduction to TPM: Total Productive Maintenance //Portland: Productivity Press, 1988.
2. *Шопин А.Г., Занин И.В.* ОЕЕ и управление простоями: от теории к реализации в SIMATIC IT // Автоматизация в промышленности. 2006. №9.
3. *Эрик Ван Хоутвен.* Общая эффективность оборудования (ОЕЕ) и управление простоями (DTM) // <http://www.sms-automation.ru/support/info/OEE-DTM.pdf>
4. *Шопин А.Г., Занин И.В., Бурдин А.В.* MIS и ЕМІ: Информационные системы уровня MES // Автоматизация в промышленности. 2009. №9.

системой (СКС) обеспечиваются решением Panduit PanView IQ. Эта система позволяет контролировать все изменения конфигурации сети в режиме РВ. СКС насчитывает 146 тыс. портов и поддерживает работу 3500 сотрудников. Сегодня это самая крупная в России и Восточной Европе структурированная кабельная система на оборудовании Panduit.

Для исследования геологических, геофизических и гидродинамических моделей нефтяных месторождений был построен центр визуального моделирования. Информация, поступающая от филиалов и предприятий нефтяной группы, отображается в формате 3D. Для этого помимо современной проекционной техники использован уникальный сплошной экран размерами более 6x2 м, специально произведенный для задач ТНК-ВР.

Дополнительные видеостены расположены в конференц-залах офиса, а также в помещении кризисного центра, где группа поддержки бизнеса оперативно реагирует на возникновение чрезвычайной ситуации, опираясь на данные информационно-аналитических систем.

Кроме того, специалисты "Астерос" создали систему корпоративной IP-телефонии и систему видеоконференцсвязи. Интегрированный с ними комплекс мультимедийных систем объединил переговорные комнаты, конференц-залы, зоны открытого офиса, приемные и актовые залы.

Современные тенденции были использованы и при проектировании переговорных помещений. Одно из них разработано таким образом, что при необходимости может разбиваться на несколько независимых переговорных с сохранением полного функционала как каждого зала в отдельности, так и большого зала в целом. Управлять системами любого зала можно с помощью iPad.

[Http://www.asteros.ru](http://www.asteros.ru)