

# ОПТИМИЗАЦИЯ

Возможности сервиса.

Программа

## «Повышение эффективности сборочных линий».

Часть 2

Цифровая модель производства



Текст: Александр Куликов

”

В предыдущей статье («Вектор высоких технологий» № 6 (19) октябрь 2015) мы рассмотрели проблемы, с которыми сталкиваются владельцы и сотрудники производств электроники, а также обозначили потребность в новом методе оказания услуг сервисного обслуживания для своевременного ответа на вызовы завтрашнего дня. В настоящей статье мы подробнее рассмотрим решение, которое предлагает ООО «Остек-СМТ» именно в области комплексного сервиса — программу «Повышение эффективности производств», ее этапы и выгоды применения.

Сервисная программа называется «Повышение эффективности производства» и, разумеется, повышение эффективности является ее основной целью. Программа включает целый ряд услуг и видов обслуживания, как разовых, так и оказываемых в несколько этапов, и призвана помочь любому предприятию электроники повысить производственную эффективность. Программа является модульной, это значит, что в зависимости от целей и потребностей применяется комплекс только необходимых мер, заказчик может выбирать из набора услуг любые, нужные ему.

## Методология программы

Методологию программы можно выразить словами: «измерить, чтобы понять; понять, чтобы управлять». Концептуальная схема проведения мероприятий показана на рис. 1.

1. Базовый элемент программы — измерение показателей работы производства. Необходимо, чтобы непрерывно проводился мониторинг, велась запись данных о работе оборудования и процессах. Этот элемент работает на основе программно-аппаратных средств, внедряемых на предприятии. По исследованиям консалтинговой компании McKinsey<sup>1</sup>, до 99 % доступной производственной

информации теряется и не используется при принятии решений. Однако анализ этой информации может дать ключ к пониманию причин неэффективного использования оборудования и повышению производительности и экономичности производства.

2. Обследование производства. Аудит производства позволяет качественно дополнить собираемые цифровые данные, расширить понимание процессов, сделать отпечаток «как есть» с производства. Кроме того, в рамках этого этапа совместно с руководством предприятия окончательно выявляются цели сервисной программы и «узкие места», т. е. проблемные области, требующие приоритетной оптимизации.
3. Собираемые данные анализируются (часть из них — автоматически), и в результате анализа определяются необходимые мероприятия для повышения эффективности.
4. Внедрение разработанных мер также занимает определенное время, после чего очень важно продолжать мониторинг данных, чтоб понимать динамику и контролировать изменения показателей.
5. Повышение эффективности — это не скачкообразный процесс, важно, чтобы он протекал плавно, планомерно и управляемо. Кроме того, по данной программе возможно повышение эффективности производства за несколько циклов.



1 Концептуальная схема проведения методологических мероприятий

1 Hartmann B., Narayanan S. and King W.P. Digital manufacturing: The revolution will be virtualized [Электронный ресурс] // McKinsey.com: сервер исследовательской компании. 2015. URL: [http://www.mckinsey.com/insights/operations/digital\\_manufacturing\\_the\\_revolution\\_will\\_be\\_virtualized](http://www.mckinsey.com/insights/operations/digital_manufacturing_the_revolution_will_be_virtualized) (дата обращения: 22.10.2015)

## Этапы программы

### ЭТАП 1. СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА

Используя возможности программно-аппаратного комплекса собственной разработки Остек-СМТ «Синтиз» («Система интеллектуальных измерений») и локализованной системы мониторинга производственных процессов SMART-Мониторинг (о системе мы рассказывали в журналах «Вектор высоких технологий» № 1(6) 2014, № 4(9) 2014 и № 8(13) 2014) можно оцифровать практически все процессы, связанные с производством. Описание систем выходит за рамки настоящей статьи, приведем лишь их характеристики и рассмотрим выгоды от их внедрения.

Программно-аппаратный учетный комплекс «Синтиз» — это уникальный продукт, контролирующий потребление энергии (не только электричества, но и при необходимости других ресурсов: сжатого воздуха, тепла и т. д.). Его основная особенность заключается в частоте и точности измерений — мониторинг энергопотребления 24/7 с частотой измерений до 1 Гц. Подобная частота дает возможность с невероятной точностью измерять режимы энергопотребления, на их основе создавать паттерны энергопотребления любого производственного оборудования. Это позволяет точно нормировать производство, понимать такт и ритм работы производственных линий, время переходов между операциями и т. д. Оборудование способно регистрировать малейшие потери и отклонения, а программное обеспечение — визуализировать циклограммы, на которых видны все режимы работы, включая холостой ход, брак, отсутствие оператора. Это, в свою очередь, поможет четко определить потери на непроизводительное время, а также усилить контроль энергопотребления.

Основные функции ПАК «Синтиз»:

- объективный аппаратный контроль эффективности производства 24/7;
- количественное измерение эффекта от технических мероприятий;
- борьба с нецелевым использованием ресурсов;
- нормирование выпуска изделий;
- профилактика отказов оборудования и брака из-за низкого качества электропитания;
- недопущение превышения установленной мощности;
- контроль технологической дисциплины.

На сборочно-монтажном производстве при использовании ПАК «Синтиз» можно повысить финансовые показатели за счет обозначенных на рис. 2 результатов.

SMART-Мониторинг является составной частью MES-системы SMART от Остек-СМТ. Сегодня системы управления производственными процессами все чаще внедряются на предприятиях, они призваны упорядочить производственные процессы согласно выбранным и настраиваемым показателям эффективности.



2 Результаты применения ПАК «Синтиз» для повышения эффективности монтажно-сборочного участка на пять единиц оборудования

Функции SMART-Мониторинга:

- полная прослеживаемость работы линии: сбор данных в реальном времени и вывод их на консоль;
- настройка режимов работы линии и каждой единицы оборудования;
- настройка мультилинейных показателей эффективности производства;
- актуальная система представления информации о режимах работы линий;
- уменьшение количества брака за счет отработки ошибок и мониторинга отказов;
- выравнивание производственного цикла и анализ узких мест в производственных процессах;
- автоматическая корректировка производственного плана в случае непредвиденных ситуаций;
- оптимизация логистики, Just-in-Time;
- уменьшение складских запасов (оптимизация оборачиваемости склада).



3 Создание цифровой модели производства

Для решения задач программы повышения эффективности важно, что в отличие от «Синтиз» SMART выполняет мониторинг параметров работы оборудования через протоколы обмена данными и программные интерфейсы, получая доступ к характеристикам станков. Можно сказать, что «Синтиз» осуществляет измерение и контроль входных параметров электропитания, а SMART-Мониторинг — рабочих параметров и выходных значений. Один комплекс контролирует энергию и потребление, а другой — работу, замыкая, таким образом, цикл мониторинга. Резюмируя выгоды, получаемые от применения на производстве программно-аппаратных средств измерения, можно вывести следующий их перечень рис 3:

- оцифровка всех производственных процессов;
- создание цифровой модели производства;

- накопление статистики по каждой единице оборудования и производству в целом;
- анализ паттернов работы и выявление скрытых взаимосвязей между элементами производственного процесса, построение циклограмм<sup>2</sup>;
- выявление ключевых драйверов потерь (приоритетов программы);
- фиксация отклонений;
- прогнозирование длительности простоев.

Основной ценностью от внедрения измерительной мониторинговой системы является именно возможность создания цифровой модели производства, на основе которой можно внедрить цифровую структуру управления. Цифровая модель производства представляет собой

2 Исследования показывают, что ежедневный анализ данных, собираемых с оборудования, может увеличить производительность на 10-50 % — по данным исследовательской компании McKinsey. URL: Digital manufacturing: The revolution will be virtualized. [http://www.mckinsey.com/insights/operations/digital\\_manufacturing\\_the\\_revolution\\_will\\_be\\_virtualized](http://www.mckinsey.com/insights/operations/digital_manufacturing_the_revolution_will_be_virtualized) (дата обращения 10.10.2015); Taming manufacturing complexity with advanced analytics. URL: [http://www.mckinsey.com/insights/operations/taming\\_manufacturing\\_complexity\\_with\\_advanced\\_analytics](http://www.mckinsey.com/insights/operations/taming_manufacturing_complexity_with_advanced_analytics) (дата обращения: 10.10.2015); Manufacturing's next act URL: [http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/manufacturings\\_next\\_act](http://www.mckinsey.com/insights/manufacturing/manufacturings_next_act) (дата обращения: 10.10.2015)

инструмент, похожий на финансовую модель организации: она точно так же оцифровывает значения различных важных переменных и позволяет осуществлять управление по целям. Отличие модели производства от финансовой модели заключается в том, что она больше ориентирована на процессы и содержит много информации о производственных и вспомогательных операциях. В нынешнем состоянии модели производства зачастую представляют собой разрозненные данные об оборудовании, технологии производства, конструкции изделия, квалификации и методах работы персонала, способах организации производства. Цифровая модель позволяет скоординировать и увязать воедино всю эту информацию, обеспечивая тем самым большую слаженность протекания процессов. Наглядность модели наряду с аналитическими инструментами дает возможность тестировать гипотезы и наблюдать изменение параметров, в том числе и экономических, проверяя правильность решений. Информация об объектах обработки, операциях и состоянии оборудования движется параллельно с процессом производства или быстрее его, обеспечивая необходимую скорость принятия решений. Обеспечение ритмичного протекания процесса производства возможно благодаря выравниванию (сокращению) производственного цикла за счет сокращения складских запасов и ускорения оборачиваемости, прослеживаемости процесса и контроля технологической дисциплины. При этом более точно решаются задачи нормирования, оптимизации «узких мест».

Остек-СМТ разрабатывает целый ряд программно-аппаратных решений под общим названием «Цифровая фабрика», которое позволяет качественно дополнять цифровую модель производства новыми модулями данных и действительно «выстраивать» цифровую фабрику. Об этом мы расскажем в следующих номерах журнала.

Анализ и изменения в цифровой модели производства — суть цифровой структуры управления. Чтобы концептуально понять ее смысл, обратимся еще раз

к анализу всеобщей эффективности оборудования. По существу, повышение данного коэффициента происходит за счет последовательного анализа и сокращения всевозможных потерь. В экономике и управлении существует понятие транзакционных издержек. Максимально широко они трактуются как всевозможные потери (временные, денежные, репутационные, издержки судебные, издержки неявных контрактов и асимметрия информации), связанные с обеспечением осуществления различных операций. Классические транзакционные потери — время на переход между производственными операциями. Экономия на транзакционных издержках является причиной возникновения фирм как таковых, а также появления различных форм контрактов, посредничества и отраслевых иерархий.

Информационная структура управления позволяет получать информацию о производственных и иных процессах, а также распространять ее, анализировать, передавать почти без маргинальных издержек, обеспечивая кардинально новый подход к ведению производственной деятельности. Позволим себе пофантазировать и представим, что дальнейшее углубление анализа транзакционных издержек в какой-то области, в нашем случае — в производстве, ведет к сокращению производственных циклов, к появлению оптимальных форм организации, новых видов бизнеса, например, «облачное» производство (по аналогии с «облачным» хранением данных). Поэтому цифровая модель управления и концепция продуктов «Цифровая фабрика», на наш взгляд, лежат в области дальнейшего развития подтвержденных опытом экономических теорий, что оправдывает ее применение как концептуальной базы программы.

## ЭТАП 2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ АУДИТ

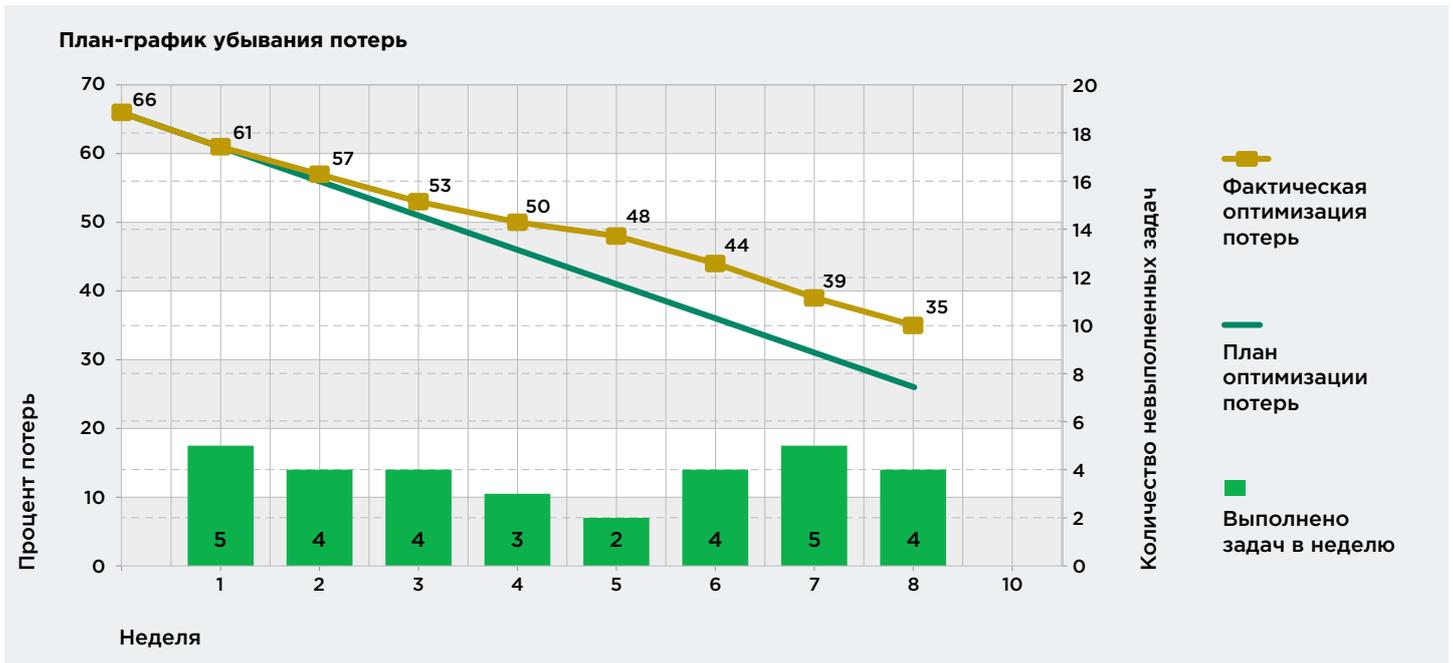
Обследования производства могут проводиться по следующим направлениям:

- техническое обследование оборудования и оснастки;



Потенциальный комплекс мер по повышению эффективности производства

Доступность	Производительность	Качество
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Планирование технического обслуживания</li> <li>• Аварийный набор ЗИП</li> <li>• Обучение персонала работе с оборудованием</li> <li>• Внутренняя логистика (Storage Solutions)</li> <li>• Оценка изделий на технологичность (внедрение в производство)</li> <li>• Создание рабочих программ, сокращение времени переналадки</li> <li>• Удаленный доступ к оборудованию для оперативной реакции на возникновение неполадок</li> <li>• Контроль технологической дисциплины</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повышение производительности оборудования</li> <li>• Модернизация существующего оборудования (модернизация агрегатов, обновления ПО)</li> <li>• Создание и оптимизация рабочих программ</li> <li>• Автоматизированное администрирование производства, автоматизированный учет</li> <li>• Автоматический контроль отклонений производственных процессов от установленных значений</li> <li>• Углубленное обучение персонала</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Планирование технического обслуживания силами заказчика (программа обучения)</li> <li>• Модернизация (дополнительные опции для оборудования, оказывающие влияние на качество выпускаемых изделий)</li> <li>• Автоматический анализ качества сборки печатных плат и внедрение автоматических операций оптического и рентгеновского контроля</li> <li>• Обучение технологии</li> <li>• Обеспечение условий для хранения компонентов</li> <li>• Мониторинг внешних воздействий (энергозатраты, параметры внешней среды)</li> </ul>



4 План-график убывания потерь

- технологическое обследование процесса производства;
- анализ бизнес-процессов (или административных процессов), относящихся к производству;
- анализ производственной инфраструктуры;
- аттестация персонала.

Результатом обследования становится отпечаток производственной эффективности «как есть», качественно дополняющий цифровые данные. Аудиты позволяют получить качественные данные о работе производства, уровне квалификации персонала, увидеть и зафиксировать условия эксплуатации оборудования, материалы, производственные компоненты, проследить организацию и управление процессом на месте. Далее логично следует третий этап — разработка рекомендаций по повышению эффективности производства.

### ЭТАП 3. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Одна из важнейших частей программы — анализ полученных данных, который должен проводиться только вместе с заказчиком. Заказчик должен знать и понимать, какие меры и для чего будут приняты, быть осведомлен о возможных результатах. Важно, чтобы итогом аналитических усилий явился понятный и простой документ — «план-график убывания потерь», включающий необходимые меры по повышению эффективности и календарный план выполнения действий, расставленных в порядке убывания приоритета, и совмещенный с результатом этих действий в процентах прироста эффективности **рис 4**.

Данный этап включает следующие стадии:

- анализ собранных материалов;
- расстановку приоритетов «узких мест» и проблемных активов/процессов (участков, островов);
- факторный анализ проблематики эффективности производства;
- разработку мер по улучшению каждого проблемного участка;
- разбиение комплекса на отдельные мероприятия;
- оценку времени на реализацию каждого мероприятия;
- выполнение задач в определенные с заказчиком интервалы.

Анализ и выявления ключевых точек приложения усилий уже является способом получения конкурентного преимущества, причем очень востребованным в наше время способом.

### ЭТАП 4. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА МЕР

Специалисты Остек-СМТ реализуют разработанный комплекс мер и проводят необходимые мероприятия. Если вернуться к проблемным областям производства, классифицированным по трем уровням всеобщей эффективности оборудования, то комплекс мер может выглядеть так, как представлено в **Т 1**.

Приведенный вариант мероприятий представляет собой неплохой задел для повышения эффективности производства и конкурентоспособности предприятия, а механизмы измерения эффекта («Синтиз» и SMART) позволяют очень точно измерять эффект от внедрения. Этот эффект порой очень сложно измерить и, соответ-

ственно, оценить и принять корректирующие меры для получения максимального результата. Программное обеспечение позволяет измерять любые цифровые данные, что называется, «пощупать» и увидеть реальный эффект от действий.

### **Результаты внедрения программы «Повышение эффективности производства»**

Результатами внедрения программы повышения эффективности производства должны стать результаты в производительности и экономичности:

- существенное снижение времени простоя оборудования;
- существенное снижение времени переналадки и запуска изделия в производство;
- увеличение межремонтного цикла;
- уменьшение количества производственного брака;
- снижение времени планово-предупредительных ремонтов;
- обеспечение необходимого уровня технической готовности оборудования;
- оптимизация технического обслуживания производственных активов;
- автоматический анализ конструкции изделий на стадии проектирования;
- учет и анализ показателей работы оборудования.

Как было сказано в начале статьи, нашей целью является экономическая эффективность. В этой области результатами внедрения программы станут:

- значительное снижение издержек, перенос части капитальных затрат в область операционных издержек;
- быстрый запуск продукции в производство — увеличение скорости запуска в производство достигает 30-50 %;
- снижение себестоимости производства изделий;
- применение современных методов управления активами и организации процесса производства;
- повышение качества изделий;
- выпуск конкурентоспособной продукции;
- увеличение производительности до 50 %;
- увеличение рентабельности инвестиций: активы начинают приносить больший доход;
- уменьшение периода окупаемости вложений.

Конечно, эти результаты опосредованы улучшением технических параметров производства, однако именно производство обеспечивает саму возможность получения прибыли и экономическую эффективность. Поэтому важно не только обеспечить эту возможность, но также открыть новые способы снижения затрат и создания ценности.

В заключение, подытожим информацию, рассмотренную в двух частях статьи.

Остек-СМТ, как специалист в оказании сервисных услуг по классам высокоточного оборудования, отмечает нарастающий интерес и потребность в сервисных программах нового типа — в комплексных программах на основе мониторинга и диагностики состояния оборудования специальными техническими средствами. Спрос на данный вид услуг обусловлен изменившейся структурой конкуренции на конечных для заказчиков рынках и возросшей динамикой изменений, а также самой возможностью применять информационные технологии для анализа работы оборудования и характеристиками этих технологий.

Проблемы, с которыми сталкиваются производства, в целом являются типовыми. Существуют методики классификации проблем и повышения эффективности производства. Одной из таких методик является расчет и оптимизация коэффициента общей эффективности оборудования на основе трех групп: доступности оборудования для выполнения рабочих операций, производительности или скорости выполнения этих операций и, наконец, качества производства изделий.

Остек-СМТ на основе анализа возможностей для повышения эффективности работы монтажно-сборочного оборудования, собственной экспертизы, методик расчета и собственных программно-аппаратных разработок представляет сервисную программу, основанную на постоянном мониторинге работы оборудования техническими средствами и дополненную качественными шагами: аудитом, разработкой мер повышения эффективности по трем упомянутым выше категориям. Данная программа помогает решать большинство проблем, возникающих на монтажно-сборочном производстве.

Однако не только в возрастающей эффективности производства лежит вся ценность мониторинга и учета параметров работы оборудования, а также использования для этого программно-аппаратных средств. Остек предлагает взглянуть на производство с позиции полного перевода всех информационных потоков в цифровую форму — построить цифровую модель производства. Это предоставляет ряд неоспоримых выгод, ценность которых может показаться небольшой, однако в реальности несет глубокие структурные изменения в производстве и дополнительные знания для принятия решений. Это — экспертные системы принятия решений по технологии производства, накопление статистических данных, позволяющих проводить анализ взаимосвязей и решать задачи нормирования и прогнозирования производства. Существуют решения, позволяющие снижать время на запуск изделия в производство и переналадку, а также анализировать транзакционные данные и еще глубже вникать в вопросы повышения эффективности оборудования или принимать решения относительно управления активами.

Данные направления развития выходят за рамки настоящей статьи, но мы вернемся к ним в новом цикле статей, посвященных «Цифровой фабрике» 