

Толмачев А.А. (Stoll Andreas)

Германия. Компания **BDE-Engineering**

– производитель программно-аппаратных комплексов **PROefficient**

## **Использование принципов ТРИЗ в информационных технологиях на примере MES-системы PROefficient (Германия)**

### **1. MES-системы и их функции**

Современный этап развития общества можно смело назвать информационной революцией, в ходе которой происходят принципиальные преобразования на фазах сбора, передачи, хранения, обработки и анализа информации. При этом преобразования на *этапе подготовки и принятия* решений во многом остаются на прежнем уровне. Можно утверждать, что принципиально новые *технологии подготовки и принятия решений* еще не разработаны.

Информационный поток, поступающий к руководителю, резко возрос. А возможности руководителя по переработке информации увеличились незначительно.

Основное *противоречие*, которое в дальнейшем во многом будет определять важнейшие направления развития - это противоречие *между новыми* информационными (электронными) *и старыми* управленческими *технологиями*.

Именно создание, внедрение и освоение новых технологий на этапе подготовки и принятия решений вызовет переход промышленности на качественно новый уровень. В этом мы видим успех во многом лишь декларируемой сейчас модернизации производства.

Сначала несколько слов о том, что такое MES-системы вообще, каковы их функции в промышленном производстве.

**MES** (от англ. *Manufacturing Execution System*, производственная исполнительная система) — специализированное прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках какого-либо производства. С 2004 года термин расшифровывается как *Manufacturing Enterprise Solutions* - англ. - корпоративные системы управления производством. В России широко употребляется термин *системы оперативного управления производством*, что по сути одно и то же.

Международная ассоциация производителей и пользователей систем управления производством (MESA International) определила в 1994 году стандарт, описывающий основные функции MES-систем:

1. **RAS** (англ. *Resource Allocation and Status*) — Контроль состояния и распределения ресурсов, а также управление технологическим оборудованием, материалами, персоналом, обучением персонала, а также другими объектами, такими как документы, которые должны быть в наличии для начала производственной деятельности. Управление ресурсами включает резервирование и диспетчеризацию, с целью достижения целей оперативного планирования.
2. **ODS** (англ. *Operations/Detail Scheduling*) — Оперативное/Детальное планирование. Обеспечивает упорядочение производственных заданий, основанное на очередности, атрибутах, характеристиках и рецептах, связанных со спецификой изделий таких как: форма, цвет, последовательность операций и

др. и технологией производства. Цель — составить производственное расписание с минимальными перенастройками оборудования и параллельной работой производственных мощностей для уменьшения времени получения готового продукта и времени простоя.

3. DPU (англ. *Dispatching Production Units*) — Диспетчеризация производства. Управляет потоком единиц продукции в виде заданий, заказов, нарядов, серий, партий. Диспетчерская информация представляется в той последовательности, в которой работа должна быть выполнена, и изменяется в реальном времени по мере возникновения событий на цеховом уровне. Это дает возможность изменения заданного календарного плана на уровне производственных цехов. Включает функции устранения брака и переработки отходов, наряду с возможностью контроля трудозатрат в каждой точке процесса.
4. DOC (англ. *Document Control*) — Управление документами. Контролирует содержание и прохождение документов, которые должны сопровождать выпускаемое изделие, включая инструкции и нормативы работ, способы выполнения, чертежи, процедуры стандартных операций, программы обработки деталей, записи партий продукции, сообщения о технических изменениях, передачу информации от смены к смене, а также обеспечивает возможность вести плановую и отчетную цеховую документацию. Также включает инструкции по безопасности, контроль защиты окружающей среды, государственные и необходимые международные стандарты. Хранит историю прохождения и изменения документов.
5. DCA (англ. *Data Collection/Acquisition*) — Сбор и хранение данных. Взаимодействие информационных подсистем в целях получения, накопления и передачи технологических и управляющих данных, циркулирующих в производственной среде предприятия. Функция обеспечивает интерфейс для получения данных и параметров технологических операций, которые используются в формах и документах, прикрепляемых к единице продукции. Данные могут быть получены с цехового уровня как вручную, так и автоматически от оборудования.
6. LM (англ. *Labor Management*) — Управление персоналом. Обеспечивает получение информации о состоянии персонала и управление им в требуемом масштабе времени. Включает отчетность по присутствию и рабочему времени, отслеживание сертификации и непромышленной деятельности, такой, как подготовка материалов или инструментальные работы, в качестве основы для учета затрат по видам деятельности (*activity based costing, ABC*). Возможно взаимодействие с функцией распределения ресурсов для формирования оптимальных заданий.
7. QM (англ. *Quality Management*) — Управление качеством. Обеспечивает анализ в реальном времени измеряемых показателей, полученных от производства, для гарантированно правильного управления качеством продукции и определения проблем, требующих вмешательства обслуживающего персонала. Данная функция формирует рекомендации по устранению проблем, определяет причины брака путём анализа взаимосвязи симптомов, действий персонала и результатов этих действий. Может также отслеживать выполнение процедур статистического управления процессом и статистического управления качеством продукции (*SPC/SQC*), а также управлять выполнением лабораторных исследований параметров продукции. Для этого в состав MES добавляются лабораторные информационно-управляющие системы (*LIMS*).

8. РМ (англ. *Process Management*) — Управление производственными процессами. Отслеживает производственный процесс и либо корректирует автоматически, либо обеспечивает поддержку принятия решений оператором для выполнения корректирующих действий и усовершенствования производственной деятельности. Эта деятельность может быть как внутриоперационной и направленной исключительно на отслеживаемые управляемые машины и оборудование, так и межоперационной, отслеживающей ход процесса от одной операции к другой. Она может включать управление тревогами для обеспечения гарантированного уведомления персонала об изменениях в процессе, выходящих за приемлемые пределы устойчивости. Она обеспечивает взаимодействие между интеллектуальным оборудованием и MES, возможное благодаря функции сбора и хранения данных.
9. ММ (англ. *Maintenance Management*) — Управление техобслуживанием и ремонтом. Отслеживает и управляет обслуживанием оборудования и инструментов. Обеспечивает их работоспособность. Обеспечивает планирование периодического и предупредительного ремонтов, ремонта по состоянию. Накапливает и хранит историю произошедших событий (отказы, уменьшение производительности и др.) для использования в диагностировании возникших и предупреждения возможных проблем.
10. РТГ (англ. *Product Tracking and Genealogy*) — Отслеживание и генеалогия продукции. Обеспечивает возможность получения информации о состоянии и местоположении заказа в каждый момент времени. Информация о состоянии может включать данные о том, кто выполняет задачу, компонентах, материалах и их поставщиках, номере лота, серийном номере, текущих условиях производства, а также любые тревоги, данные о повторной обработке и другие события, относящиеся к продукту. Функция отслеживания в реальном времени создает также архивную запись. Эта запись обеспечивает отслеживаемость компонентов и их использование в каждом конечном продукте.
11. РА (англ. *Performance Analysis*) — Анализ производительности. Обеспечивает формирование отчетов о фактических результатах производственной деятельности, сравнение их с историческими данными и ожидаемым коммерческим результатом. Результаты производственной деятельности включают такие показатели, как коэффициент использования ресурсов, доступность ресурсов, время цикла для единицы продукции, соответствие плану и соответствие стандартам функционирования. Может включать статистический контроль качества процессов и продукции (SPC/SQC). Систематизирует информацию, полученную от разных функций, измеряющих производственные параметры. Эти результаты могут быть подготовлены в форме отчета или представлены в реальном времени в виде текущей оценки эксплуатационных показателей.

По поводу того, считать ли какую-либо систему, позиционирующую себя на рынке как MES-система, таковой или не считать ведутся ожесточенные дискуссии на форумах в интернете, на конференциях и различных презентациях, но полной ясности нет до сих пор.

Можно назвать два основных подхода к определению MES-систем.

1. MES-системой можно назвать только такую информационную систему, которая выполняет ВСЕ без исключения перечисленные выше MES-функции. Данное определение выгодно производителям очень сложных систем, стремящихся занять монополию на рынке. Такие продукты чрезвычайно сложны для внедрения,

эксплуатации и сопровождения особенно для мелких и средних предприятий, к тому же имеют огромную стоимость.

А если заказчику нужна только одна функция из известных одиннадцати? Он все равно должен покупать дорогостоящую и сложную систему? Ведь если вам в доме нужен утюг, вы идете в магазин и выбираете подходящий вам утюг. Вряд ли вас устроит новинка, которая помимо нужной вам функции «гладить белье» объединяет в себе еще и функции холодильника, электроплиты, стиральной машины и телевизора. И стоит это удовольствие будет в 50 раз дороже, чем обычный утюг. Что решит домохозяйка?

Или другой пример: вы хотите приобрести велосипед, а вам предлагают автомобиль.

А что думают специалисты, принимающие решение купить, например, систему SAP, когда им нужен всего лишь самый простой «планировщик» для 10 единиц оборудования, производящих «монопродукт» и работающих по предварительному заказу. Ведь адаптированное MES-приложение обошлось бы в сотни раз дешевле.

Сформулируем противоречие: MES-система **должна быть дорогой и сложной**, т.к. она по определению должна выполнять **ВСЕ** функции **и должна быть недорогой и несложной**, чтобы ее охотно покупали.

Мы поступили следующим образом: сначала разбили абстрактную MES-систему на абстрактные подсистемы, каждая из которых отвечает за выполнение определенной функции (Принцип «*Дробления*»), затем объединили некоторые из них в новые подсистемы (по принципу «*Объединения*», предлагающему объединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты), которые соответствуют потребностям заказчика. Мы получили так называемые MES-приложения, позволяющие решать конкретные производственные задачи.

Здесь мы подходим к второму подходу при определении производственной MES-системы (мы придерживаемся именно такого подхода):

*2. Производственная MES-система – это совокупность MES-приложений, каждое из которых выполняет одну или несколько известных MES-функций, учитывая производственную специфику.*

Что дает такое представление о MES-системах:

- экономию на стоимости самого внедрения и сокращение сроков внедрения
- ускоренное получение отдачи от внедрения и экономии на отдельных участках производства
- значительное сокращение сроков окупаемости системы (например, для системы **PROefficient** эти сроки составляют от нескольких дней до нескольких месяцев)

Это достигается за счет:

- Отказа от полномасштабного внедрения «универсальных» систем (SAP, ERP, MES, SCADA, PLC) – в этом мы видим самое главное в вопросах реализации и внедрения MES-систем (это значит не пытаться решать задачу сразу **на уровне надсистемы**)
- Комплексной автоматизации отдельных (ключевых) технологических процессов и цепочек (**Принцип местного качества**)
- Внедрения отдельных модулей указанных систем, требуемых для решения конкретных производственных задач (**Решение задачи сначала на уровне подсистемы**)

- Гибкого сочетания отдельных компонентов различных систем (*принцип Динамичности*)
- Постепенного совершенствования системы и ее расширения за счет подключения новых модулей или MES-приложений с учетом наработанного опыта, учета недостатков работы отдельных модулей (*Принцип полноты системы*)

Это означает, что внедрение MES-системы на производстве должно осуществляться поэтапно. Сама MES-система должна быть гибкой, развивающейся, учитывать индивидуальные проблемы функционирования и развития конкретного предприятия т.е. строиться в соответствии с *принципом самоорганизации*. Так может быть реализован на практике подход **Best of breed** применительно к MES-системам.

Еще одно противоречие, сформулированное по ТРИЗ-правилам:

- Система **должна выполнять как можно больше** функций MES-систем, которые требуются на производстве. Но тогда эта система будет очень дорогая, замедлится ее внедрение, положительный эффект от внедрения отложится на долгие годы. Экономические риски чрезвычайно велики, а с ними и персональная ответственность лиц, принимающих решение.

- И система **должна выполнять минимум функций**, чтобы быть привлекательной с точки зрения цены. Но тогда потребности производства не будут обеспечены полностью.

Как быть? ТРИЗ четко отвечает на подобные вопросы: противоречие может быть **разрешено во времени**: минимальный функционал на начальном этапе, и максимальная реализация на конечном. Зато система сразу начнет работать на повышение продуктивности производства, а значит и получение прибыли

### Техническое сопровождение продукта.

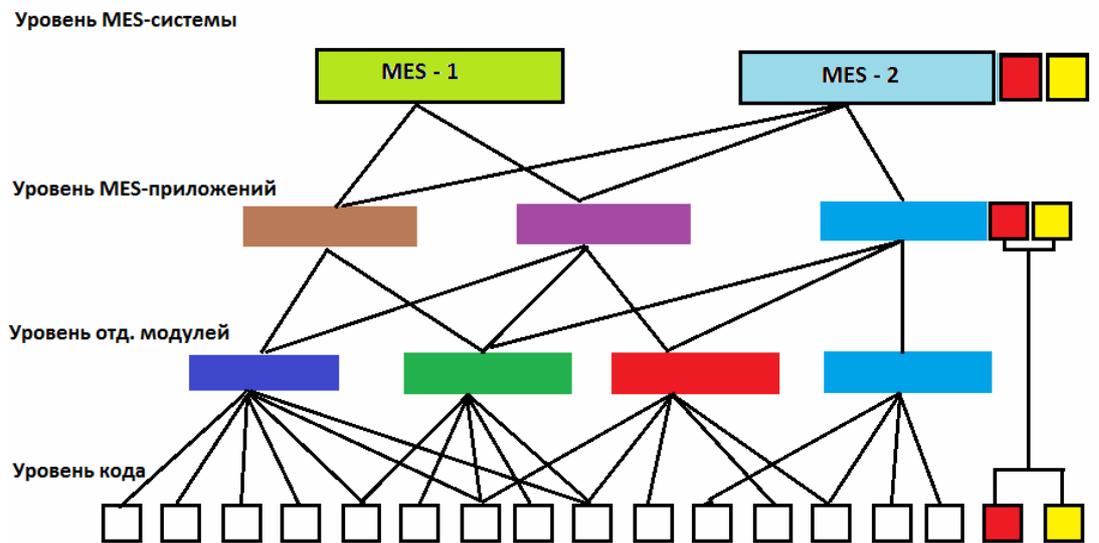
Производители софта знают, что гораздо легче разрабатывать и сопровождать один универсальный продукт, чем поддерживать сопровождение множества индивидуальных решений.

Если код универсальный, то все его пользователи обладают одни и тем же набором функций. Такой код легче сопровождать, но пользователь получает «излишнюю» функциональность, которой не пользуется, и за которую еще приходится платить.

Мы исходим из принципа, что MES-система должна реализовывать *все функции*. Но только если речь идет о *всех функциях конкретного заказчика*. Таким образом, изначальный набор кода общий, а «сборка» MES-приложения индивидуальна. Из «кубиков» кода сначала собираются программные модули, выполняющие специфические задачи приложений (например, права и аутентификация пользователей, базовые окна, основные диалоги и т.д.), необходимые заказчику модули объединяются в MES-приложение, а все приложения образуют MES-систему. При таком подходе иногда все же возникает необходимость в «узкоспециализированных блоках», в которых отражается специфика отдельного предприятия. На приведенной ниже схеме эти блоки располагаются на низшем уровне и помечены желтым и красным цветом. С позиций ТРИЗ в этом можно пронаблюдать проявление **принципа местного качества**.

При этом изменения в «общем коде» сразу же переносятся автоматически в приложения, которые в то же время являются «различными». Работу на уровне кода можно сравнить с принципом **перехода на микроуровень**.

Ведь если задача не имеет решения на уровне системы, то она может быть решена при переходе в **подсистему** (или даже подподсистему)



Такой подход в десятки, а иногда и сотни раз удешевляет готовое решение, которое отвечает конкретным потребностям заказчика и в то же время является расширяемым. Снижаются затраты на его сопровождение. Наша философия: «MES-системы должны быть доступны по стоимости не только крупным, но также средним и мелким предприятиям»

## 2. Место MES-систем в производстве

В общей структуре производства MES-системы занимают промежуточный слой между чисто производственным уровнем АСУТП (на котором работают системы типа SCADA) и уровнем финансово-хозяйственного управления (в информационных системах представленным ERP-системами).



ERP-системы ориентированны на *планирование* выполнения заказов, т.е. отвечают на вопрос: *когда и сколько* продукции должно быть произведено? На этом уровне может осуществляться лишь «теоретическое планирование». Такая схема показывает, как могло бы выглядеть спланированное производство, если бы не произошло ничего непредвиденного, т.е. оборудование бы не ломалось, не простаивало, не нуждалось бы в ремонте, вовремя бы поставлялся необходимый материал, всегда был бы в наличии персонал и т.д. В практике даже на протяжении сравнительно небольшого времени (неделя, месяц) такое не наблюдается НИКОГДА.

MES-системы в состоянии постоянно следить за реальной производственной ситуацией, при необходимости *пересчитывая* данные, внося корректировку в производственный план. Без актуальной в любой момент времени или, другими словами, постоянно обновляющейся информации внести корректировки в план «вручную» невозможно. Оборудование должно САМО сообщать о необходимости внесения изменений, о сроках планово-предупредительных ремонтов, о соблюдении технологического режима (*принцип самоорганизации*) и т.д. Как это может быть реализовано, будет рассказано подробно на примере системы **PROefficient**.

В Европе MES-системы применяются гораздо более широко, чем на российских предприятиях. Почему? MES-системы широко используются, т.к. западные предприятия «имеют больше денег» для их внедрения? Или, наоборот, MES-системы внедряются, в частности, именно *для того*, чтобы предприятие «имело больше денег», поскольку позволяют лучше организовать производство, сократить расходы и увеличить прибыль?

Я занимаюсь MES-системами более 10 лет и могу уверенно ответить на второй вопрос. MES-система **PROefficient** установлена более чем на 300 предприятиях во многих странах Европы не случайно. Являясь непосредственным разработчиком этой системы, могу свидетельствовать о том, как тщательно предварительно просчитывается заказчиками каждое новое расширение к таким системам. И компании заказывают, как правило, только то, что им действительно нужно. Мы же, в свою очередь, имеем возможность «не предлагать автомобиль вместо желаемого велосипеда» благодаря гибкому подходу при комплектации необходимой заказчику MES-системы.

И все же каких конкретных результатов позволяет добиться использование в промышленности MES-систем? Основываясь только на собственном практическом опыте, утверждаем, что в результате интеграции MES **PROefficient** в производство клиенты получают прирост продуктивности производственных линий от 5 до 25% при одновременном сокращении расходов на обслуживающий персонал от 2 до 5%. Это главные результаты непосредственно на участке внедрения.

Кроме того внедрение MES-систем позволяет:

- Снизить временные затраты на получение необходимой управленческому звену информации на 40-90%
- Сократить число случаев потери производственной информации на 30-60%
- Сократить объем "бумажной" работы на 20-80%
- Повысить производительность труда на 5-30%
- Улучшить показатели соблюдения сроков производства
- Снизить объемы незавершенного производства на 3-30%
- Снизить объем брака на 3-30%

Помимо финансовых показателей, MES-системы в полном объеме обеспечивают менеджмент предприятия всеми необходимыми производственными данными (вплоть до параметров работы отдельного станка или обрабатываемой детали) и позволяют оптимизировать информационные потоки, связанные с визуализацией и представлением производственных данных.

Существенным моментом в анализе информации является не только ее *оперативность*, но и *достоверность*. При правильной эксплуатации MES системы обеспечивают полную *корректность* производственных данных и исключают какие-либо преднамеренные или непреднамеренные манипуляции ими.

Отсутствие средств оперативного анализа производственных данных не позволяет снизить *фактор неопределенности* в принятии оперативных управленческих решений производственных управленцев, что статистически снижает эффективность этих решений. Даже наличие на предприятии информационной системы управления ресурсами, как правило, обеспечивает управление в первую очередь по *финансовым показателям*, не позволяя оперативно (в течение минут) реагировать на изменение *производственных* показателей. В условиях современного конкурентного, быстро меняющегося рынка управление сложным, многоуровневым высокотехнологичным производством по финансовым показателям не обеспечивает необходимой оперативности в силу самой природы формирования финансовых показателей – эти показатели на многих предприятиях формируются, как правило, на периодах от одной недели до месяца. Управление же современным производством должно быть сосредоточено на анализе *оперативных* данных.

MES-система предприятия как раз и является недостающим связующим звеном, обеспечивающим считывание и обработку данных, поступающих от производственного оборудования, контролируемого, как правило SCADA-системами, формирование оперативной производственной информации и представление производственных данных в слой ERP системы.

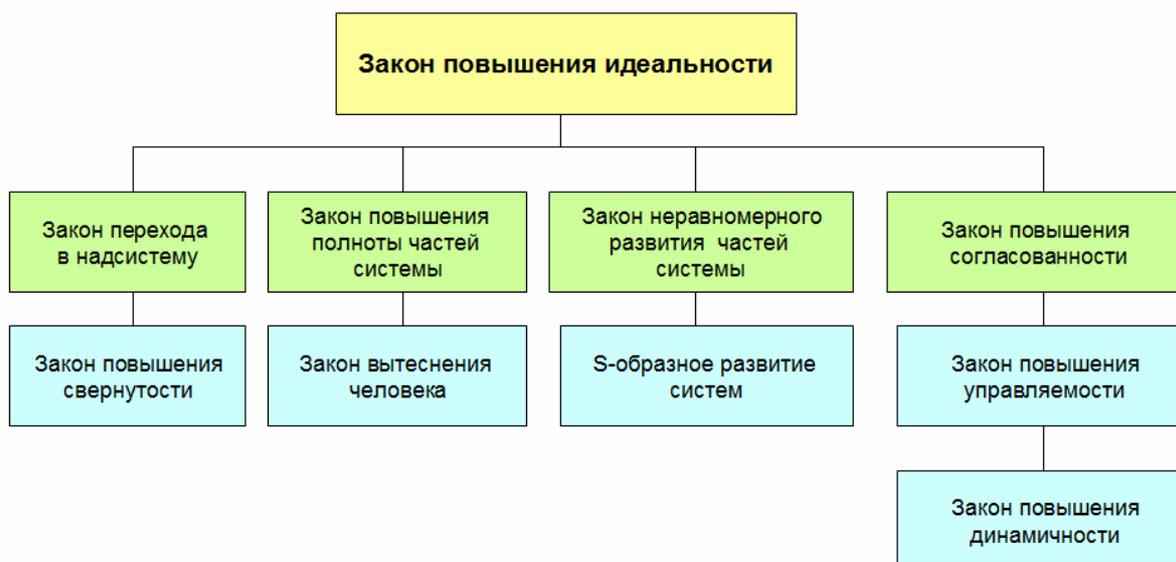
Особенность уровня MES в иерархии информационных систем предприятия - сбор, аналитическая обработка и представление данных в реальном времени, что позволяет производственному управленческому персоналу оперативно принимать необходимые решения, контролировать в реальном времени ход технологических процессов.

Многие предприятия внедряющие системы оперативного управления производством, используют решения и оборудование сразу *нескольких* компаний-поставщиков. Например:

- На уровне АСУТП используется система SCADA
- Данные с оборудования считываются терминалами типа Captor
- Эти данные используются MES-системой Wonderware
- Для выполнения задач межцехового планирования применяется отечественная программа Фобос
- А в роли вышестоящей системы управления представлена система SAP

С точки зрения ТРИЗ все перечисленные системы образуют одну *надсистему*, которая сама по себе тоже является системой более высокого порядка. Назовем ее «Система управления».

Такая система обладает множеством недостатков с точки зрения ее внедрения, обслуживания, расширения и т.п. поскольку в ней наблюдаются нарушения *закона повышения идеальности* технических систем (по ТРИЗ).



Самое главное, что подсистемы перечисленных выше уровней *«несогласованы»*. Любое расширение системы приведет к тому, что необходимо будет обращаться сразу к нескольким поставщикам программно-аппаратного обеспечения, чтобы согласовать необходимые изменения.

Каждая из подсистем рассматриваемой нами системы управления с организационной точки зрения подлежит *свертыванию*. Что это значит? Поскольку подсистемы представлены различными поставщиками, в каждой из них есть задачи внедрения, сопровождения, дальнейшего расширения. Эти задачи выполняются различными командами. Несколько команд «внедренцев», несколько команд технической поддержки (support), несколько команд разработчиков.

*Частичное свертывание* могло бы выглядеть так: вместо нескольких команд «внедренцев» существует только одна. Такую задачу выполняют уже существующие на рынке специальные фирмы-интеграторы.

*Полностью свернутая система* обозначала бы, что есть только одна команда по каждому из направлений (внедрение, обслуживание, разработка). На практике это должно означать, что заказчик получает все от одной фирмы. Примером такой свернутой системы можно считать нашу компанию BDE-Engineering:

1. Компания производит терминалы для считывания данных с оборудования
2. Компания разрабатывает программное обеспечение для терминалов, отвечая любым пожеланиям заказчика
3. Компания разрабатывает и поставляет заказчику набор необходимых именно ему MES-приложений (или *согласованных подсистем*), образующих единую MES-систему.
4. Компания осуществляет установку, техническое сопровождение и способствует дальнейшему расширению системы.

В результате все компоненты в системе **PROefficient** являются согласованными, гибкими, расширяемыми в соответствии с индивидуальными требованиями заказчиков.

Для малых и средних предприятий система **PROefficient** может полностью заменить такие дорогостоящие и системы как SCADA, SAP а для крупных – с успехом дополняет эти системы.

Остановимся еще на одной очень важной проблеме, связанной с информационными потоками и способами представления данных.

Общий принцип оперативного управления заключается в том, что на каждом этапе производственного процесса необходимо обеспечить его участников актуальной информацией, необходимой для принятия решения. Проблема заключается в следующем:

1. Квалификация участников производственного процесса *различна* (не только по уровню образования, но и по характеру деятельности), а потому требует различных особенностей мышления
  - a. на уровнях подразделений люди обычно оперируют однозначной информацией: событие произошло – не произошло, операция выполнена – операция не выполнена. Уровень мышления при этом также *операциональный*, четко регламентированный.
  - b. на управленческом уровне (менеджеры, руководители цехов) людям приходится иметь дело со сценарными событиями (планирование объемов производства, финансирование, построение маркетинговых стратегий) - для этого уже необходимо обладать *вероятностным* мышлением, способностью к *прогнозированию*.
2. Участники производственного процесса в общей «технологической цепочке» сталкиваются с *разными* задачами, а значит, для принятия решения на данном уровне им требуется и РАЗЛИЧНАЯ информация. Например,
  - a. старший производственный персонал (мастера) должны владеть информацией о загрузке оборудования, о наличии достаточного количества материала, о распределении персонала и т.д
  - b. оператор производственной линии, отвечающий только за свой участок работы, должен владеть информацией о ходе выполнения своего наряд-заказа, о технологическом режиме своего оборудования, о требованиях к настройке данной линии при смене производимого продукта и т.д.
  - c. начальники цехов/менеджеры должны получать актуальную информацию для осуществления контроля за выполнением всех производственных заказов в реальном времени, а также для планирования этих заказов по всем производственным линиям
  - d. руководство предприятия должно иметь системную информацию о функционировании оборудования по самым различным критериям: сгруппированную по времени (рабочая сменам, день, неделя, год), заказам, продуктам, группам оборудования, по результатам анализа (коэффициенты загрузки, общей эффективности работы оборудования и т.д)

Производственную информацию также можно рассматривать как систему. Это значит, мы можем и здесь проследить различные системные переходы и закономерности:

- Подсистема => система => надсистема
- Система => бисистема => свернутая система => полисистема
- Повышение степени свернутости

При этом может наблюдаться *информационный конфликт*, заключающийся в том, что несмотря на то, что информация на том или ином уровне может присутствовать и применяться для управления, она не может быть использована с тем же успехом на другом уровне. Так для бухгалтеров чисто техническая информация, предоставляемая системой SCADA, теряет всякий смысл. Так же и оператор производственной линии не в состоянии разобраться с бухгалтерским «планом счетов».

Наблюдается противоречие: Информация *должна быть понятной*, чтобы использовать ее для оперативного управления, и информация *не может быть понятной* для участников производства разного уровня управления, поскольку существуют объективные различия на этих уровнях.

Именно поэтому использование на предприятиях очень сложных и дорогостоящих систем, позволяющих считывать множество технических параметров с оборудования, зачастую не дает должного эффекта, поскольку данная информация не может быть использована представителями всех уровней управления. Мы считаем, что одним из критериев эффективности использования MES-систем должен являться принцип «*информационной прозрачности*» и «*согласования информационных потоков*».

Информация *должна меняться* при переходе от уровня к уровню, чтобы быть понятной, и *не должна меняться*, чтобы сохранялась ее целостность. Данное противоречие призвана разрешить используемая на предприятии MES-система.

В системе **PROefficient** данная проблема решается за счет «переформатирования», т.е информация нижестоящих уровней переводится на вышестоящем уровне в формат, принятый на этом уровне. При этом *объем* информации сохраняется, но *форма* ее представления меняется. Это достигается за счет:

- представления информации в удобном для восприятия пользователем данного уровня виде;
- использования принципа «дополненной реальности», когда реальная картинка (например, с видеокамеры) дополняется данными MES-системы;
- повышения *уровня формализации* качественной информации (введение шкал, мер для представления информации в количественном виде)
- повышение *уровня свернутости* информации (статистические и аналитические показатели)
- создания и представление *новых разрезов* существующей информации (различные формы обобщения и группировки);
- создания и представление *новых видов информации* (ОЕЕ, анализ Паретто и т.д)

Перейдем теперь к непосредственному ознакомлению с системой **PROefficient**, в ходе которого на конкретных примерах будем показывать, какие принципы ТРИЗ нашли свое применение в тех или иных проблемных ситуациях.

### 3. Системный анализ в практике работы компании BDE-Engineering

При внедрении MES-системы PROefficient или ее последующем расширении мы обязательно проводим *системный анализ*, который предполагает реализацию взаимодополняющих друг друга подходов:

- *Компонентный*, изучающий состав системы (т.е. из каких частей или подсистем состоит система), системы более высокого порядка, в состав которых входит рассматриваемая система, а также исследуются производственные условия (например, промышленное оборудование). В результате определяется минимальный набор MES-приложений системы PROefficient, удовлетворяющий потребностям клиента, выбираются типы терминалов, используемых для регистрации данных и модули аналитической программы. На первом этапе внедрения требуется обеспечить минимальный согласованный набор компонентов, отвечающих требованиям заказчика и реально производственной ситуации.
- *Структурный*, рассматривающий организацию и взаимное расположение частей системы и связей между ними. Например: Определяется структура данных о производственных заказах, которые поступают от вышестоящей системы типа ERP, решается вопрос об экспортной информации, которой MES-система PROefficient, в свою очередь обеспечивает, скажем, финансовый отдел. Выбирается подходящий способ визуализации данных в цехах, отделах и т.д.
- *Функциональный*, предполагающий определение главной и дополнительной функций системы, рассмотрение соответствующих антисистем, а также взаимодействие отдельных модулей (подсистем), составляющих приложения (системы). При этом подходе решается, должна ли система PROefficient дополнять уже имеющуюся систему SCADA или является единственной используемой на предприятии системой регистрации данных, а также решаются вопросы безопасности данных и т.д.
- *Генетический*, уделяющий внимание развитию системы во времени, обнаружению на этой основе закономерностей и тенденций развития системы. Большинство наших клиентов, убедившись в работоспособности и надежности, предлагаемых им решений, последовательно переходят на все новые поколения разрабатываемой нами системы. От «старой» системы A35win к стандарту PROefficient 2005, затем к актуальному стандарту PROefficient 2009. В нашу задачу входит обеспечение *преемственности* использования наших систем, архивирование и миграция данных в новые базы данных, а также разработка *нового поколения* системы PROefficient.NET Кроме того мы помогаем нашим клиентам определиться с тенденциями развития установленной у них системы, диагностируя этап ее развития и рекомендуя дальнейшие шаги по ее совершенствованию. В этом нам помогает знание общих закономерностей развития систем.
- *Динамический*, предполагающий рассмотрение системы и ее частей в статическом (неизменном) и динамическом (изменяющемся) режиме. При реализации данного подхода меняются в частности формы внедрения, технического обслуживания и расширения системы. В последнее время появились формы *удаленного обслуживания* наших клиентов, например, с использованием возможностей программы Team Viewer.

#### 4. Описание программно-аппаратного комплекса PROefficient

MES-Система PROefficient – это система, состоящая из нескольких подсистем, каждая из которых представляет собой MES-приложение, которое выполняет ряд MES-функций, направленных на решение конкретных производственных задач.

Базовый комплект MES-системы **PROefficient** представлен четырьмя основными приложениями:

- PROcom** - программно-аппаратная часть системы, непосредственно связанная с оборудованием, в задачу которой входит «считывание» необходимой информации и представление ее в доступной для других подсистем форме (например, в форме текстовых файлов). Данная подсистема состоит из регистратора или, в наших терминах, *терминала* (hardware) и установленного на нем программного обеспечения (software).
- PROservice** - своеобразный адаптер, который выполняет задачи «бидерекционального посредника» между терминалом и программами анализа и визуализации, с одной стороны, выполняя функции *экспорта* данных, снабжая терминал информацией об актуальных настройках и параметрах, необходимых для работы терминала, с другой стороны - сохраняя данные о работе оборудования в базе данных, т.е. *импортируя* эти данные.
- PROvis** - программа представления данных об актуальном состоянии оборудования в *реальном времени*. Постоянно изменяющаяся информация о состоянии оборудования, выполнении производственных заказов, соблюдении технологических режимов выводится на экран дисплея и постоянно обновляется.
- PROwork** - справочная и аналитическая подсистема.

Известно, что в успешных творческих коллективах (которые тоже можно считать системами) можно пронаблюдать очень четкое распределение ролей. Этим во многом объясняется сама успешность таких коллективов. По аналогии с этим фактом мы стремились и в нашей системе к тому, чтобы рассмотреть основные задачи, которые должны выполнять подсистемы, и сделать подсистемы «узкоспециализированными». Это значит, что каждая подсистема должна выполнять только свои функции. А **полнота системы и согласованность** этих функций делает систему эффективной.

Рассмотрим работу данных подсистем и постараемся проследить в ней проявление принципов ТРИЗ на примере использования PROefficient в производстве дискретного типа.

## 5. Регистрация данных оборудования (PROcom – подсистема коммуникации)

Важнейшим элементом данной подсистемы является терминал, который непосредственно связан с оборудованием и выполняет задачу регистрации данных, необходимых другим подсистемам .

В настоящее время система с использует терминалы PROtouch, которые являются *собственной разработкой* компании BDE-Engineering. Скажу честно, мы не сразу пришли к этому. Сначала мы использовали терминалы сторонних производителей:



KIENZLE 2480



OMNI-CADET



KLM



MICROCAP

И все время мы сталкивались с одной и той же проблемой. Если заказчику требовались какие-либо новые возможности регистрационного оборудования, мы не могли ему их предоставить, т.к. были ограничены возможностями терминалов и не могли изменять их по собственному усмотрению. Наши возможности по разработке программного обеспечения были ограничены статичностью, неизменностью аппаратного обеспечения.

Нам нужен был идеальный «поставщик», который бы легко изменял функционал терминалов так, как мы этого пожелаем. Определение *идеальной системы* по ТРИЗ: «Идеальная система – система, которой нет, но функции выполняются». Это означает, что мы САМИ должны были стать поставщиком для самих себя, т.е. возникла объективная необходимость разработки собственного терминала с учетом наработанного опыта и знаний множества отраслевых решений, уже внедренных нами в производства. Подобный терминал как система должен был объединить достоинства всех предшествующих ему систем, воплощая их в новом техническом решении. Так нами был создан терминал PROtouch, который можно назвать *полностью свернутой полисистемой* нового типа.

Вот пример одной из многих проблем, которая была решена в результате введения в эксплуатацию терминалов PROtouch.

Терминалы должны функционировать в условиях производства и часто в так называемых «агрессивных средах» (пыль, влага, высокая температура и т.д.)

Противоречие: терминал *должен быть защищен* (например от пыли или влаги), чтобы сохранялось его нормальное функционирование, и *не должен быть защищен*, поскольку это не предусмотрено в его конструкции. Как решалась эта проблема до появления терминалов PROtouch? Очень просто. Терминал помещался внутрь специальных «шкафов», которые отвечают подобным нормам. Такие шкафы производятся, например, фирмой Siemens. Но это решение ведет к существенному удорожанию регистрационного оборудования, что не выгодно заказчику.

Сформулируем противоречие и обратимся к определению *идеального* защитного шкафа.

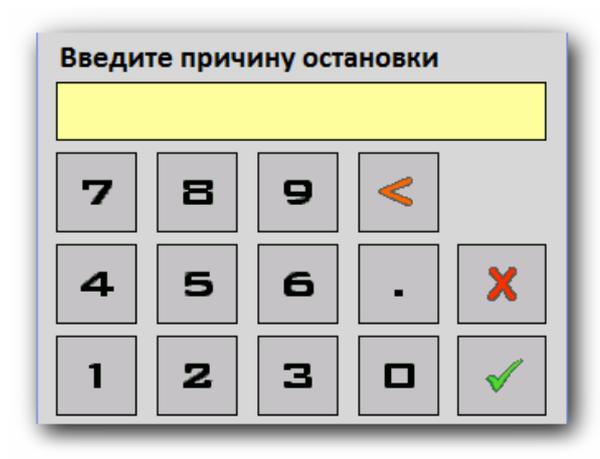
Шкаф *должен быть*, чтобы защищать терминал, и *его не должно быть*. Зачем покупать дополнительное оборудование? Идеальный шкаф - это шкаф, которого нет, а функция защиты выполняется. В системе шкаф + терминал, какой-то из элементов должен взять на себя эту функцию. Т.е. терминал должен САМ выполнять роль защитного шкафа. **Повышение идеальности** может достигаться **повышением свернутости системы**. Система «шкаф + терминал» должна превратиться просто в систему «терминал», выполняющую и функции защитного шкафа. Именно поэтому корпус терминала PROtouch изначально создавался с учетом повышенных требований со стороны производства. Терминалы PROtouch сертифицированы по нормам пыле- и водонепроницаемости и т.д.



Еще один пример. Если обратиться к приведенным выше рисункам, на которых изображены предшествующие типы используемых в системе PROefficient терминалы, можно заметить, что все эти терминалы имеют клавиатуру для ввода данных. В условиях загрязненных производств применение клавиатуры становится практически невозможным. Специалист по ТРИЗ, даже не знакомый ни с информационными технологиями, ни с MES-системами, привел бы сразу несколько формулировок идеального конечного результата:

*Идеальная клавиатура* – это клавиатура, которой нет, но ее функция выполняется. Функцию клавиатуры может выполнять может либо *сам* терминал, либо некий *X-элемент*, входящий в систему. У нас нашли свое применение оба определения:

Терминалы PROtouch снабжены сенсорными экранами, виртуальными клавиатурами, которые позволяют осуществить ввод данных, не используя обычную клавиатуру.



X-элементом, который также позволяет заменить клавиатуру, является подключаемый к терминалу сканер, считывающий штрих-код, в котором заложена необходимая для ввода информация.



Все необходимые команды для терминала заранее представлены в виде штрих-кодов. Создание таких таблиц можно рассматривать как *предварительное действие*, являющееся условием ввода данных.



**Зарегистрировать заказ**

1. Ввести пер.номер вручную (см. символ) или штрихкодом Персонал
2. Ввести номер заказа вручную (см. символ) или штрихкодом. Затем - начало работы
3. Ввести причину помехи вручную (с. символ) или штрихкодом (см. ниже).

**Начало работы:**  
\* START \*

**Конец работы:**  
\* ENDE \*

**Автом.-Вкл:**  
\* AEIN \*

**Автом.-Выкл:**  
\* AAUS \*

Регистрация номера бригады рабочим

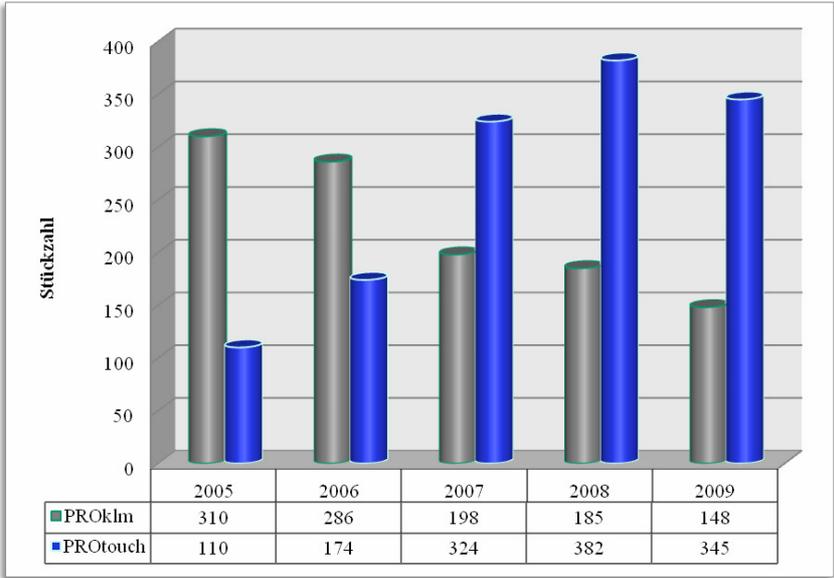
Бригада 1 <1> \* P1 \*      Бригада 2 <2> \* P2 \*      Бригада 3 <3> \* P3 \*  
 Бригада 4 <4> \* P4 \*

Ввод причины помехи после опознавания состояния простоя по статусу машины

**Причины помех**

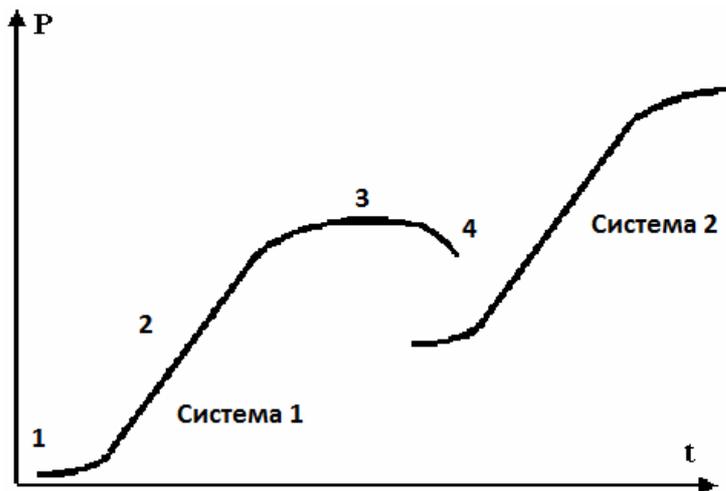
* U00 * Ремонт <0>	* U01 * Тест <1>	* U02 * Станок <2>
* U03 * Инструм. <3>	* U04 * Деталь <4>	* U05 * Материал <5>
* U06 * Предохр. <6>	* U07 * Отходы <7>	* U08 * МатОшиб <8>
* U09 * Попытка <9>	* U10 * Снятие <10>	* U11 * Чистка <11>
* U12 * Закрыв. <12>	* U13 * Механика <13>	* U14 * Электр. <14>

Если проанализировать объемы продаж по различным видам терминалов при внедрении системы PROefficient, можно четко проследить закономерности, которые в графическом представлении называются S-образными кривыми.



На приведенной диаграмме видно, как снижается количество продаж старых терминалов (PROklm) и увеличивается количество продаж терминалов PROtouch. Рынок – самый объективный показатель. Результаты доказывают востребованность терминалов нового типа. Наблюдаемые тенденции еще раз подтверждают правильность положений ТРИЗ об S-образных кривых .

Общие тенденции в развитии технических систем могут быть представлены в виде схемы (S-образные кривые).



В развитии технической системы можно пронаблюдать момент ее рождения, периоды «детства» или «взрослости», а также заметить тенденции «старения», когда есть смысл подумать о создании системы нового поколения.

На этапе возникновения новой системы (сначала в виде опытных образцов) еще нельзя отказываться от существующей старой. Необходимо, наоборот, как можно больше использовать существующие ресурсы, учитывать наработанный опыт. Совершенно необязательно, что старая система отомрет с возникновением новой.

В нашем случае мы поддерживаем клиентов, которых устраивают имеющиеся у них системы с терминалами старого типа. Если система долгие годы стабильно и надежно работает, отвечает требованиям безопасности, удовлетворяет потребностям производства в оперативной информации, то вряд ли есть смысл что-то менять. Конечно, бесконечно такая ситуация длиться не может. Придут новые операционные системы на смену старым, и их появление потребует соответствующих изменений применяемого программного обеспечения.

Терминалы PROtouch *закономерно* появились на рынке оборудования для регистрации производственных данных. В настоящее время наблюдается этап развития, характеризующийся быстрым ростом. На этом этапе мы адаптируем терминалы к уже существующим отраслевым решениям и расширяем их функциональные возможности.

Развитие технических систем происходит в результате *разрешения технических противоречий*. Поясним это понятие на примере использования терминалов в системе PROefficient

При креплении терминалов типа Captor на стене выяснилось одно неудобство, связанное с тем, что человек смотрит на дисплей под углом. В результате наблюдается естественное отражение. Информацию становится хуже видно.



Желательно, чтобы угол зрения и поверхность дисплея находились (в идеале) под углом 90 градусов. Приходится придумывать специальные способы крепления терминала под углом. Именно так поступали на многих предприятиях.



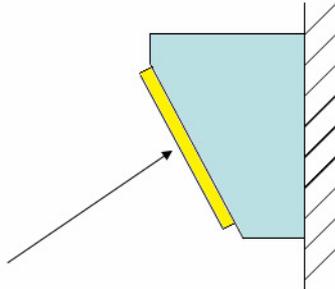
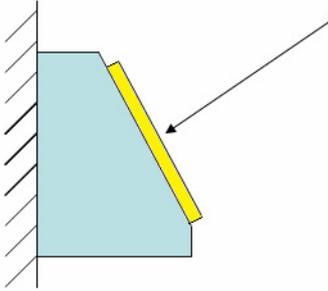
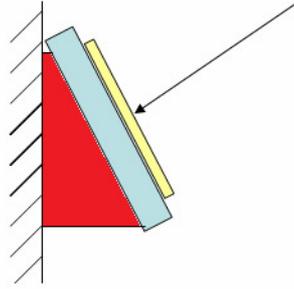
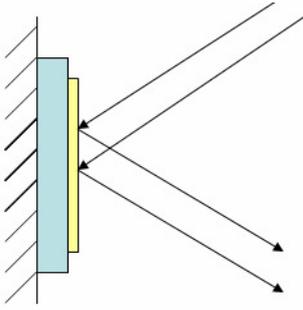
Сформулируем противоречие: терминал нужно крепить под углом, чтобы было лучше видно, и нельзя крепить под углом, т.к. для этого необходимы дополнительные крепящие конструкции. Если на производстве необходимо установить 200 – 300 терминалов, то дополнительные затраты на крепления становятся вполне ощутимыми.

Идеальный конечный результат говорит о том, что система (или ее части) САМА должна обеспечить выгодное для глаз расположение и одновременно удобное крепление на стене.

На приведенной внизу схеме понятно, какое конструктивное решение было найдено. ТРИЗ утверждает, что трудности, связанные с размещением объекта в одной плоскости, могут быть устранены при переходе к пространству трех измерений.

Использовался *принцип перехода в другое измерение*, который, в частности, рекомендует

- наклонить объект или положить его «на бок»
- использовать обратную сторону данной площади



Терминал PROtouch

Задняя стенка расположена параллельно стене, что позволяет легко крепить на ней терминал (например, просто навешивая его), при этом экран расположен под углом.

Важная деталь: при сборке терминала корпус можно «переворачивать». Применения принципа *инверсии* или «наоборот» позволяет менять угол наклона экрана таким образом, что на терминал удобно смотреть как снизу вверх, так и сверху вниз.

Заметим, что принципы ТРИЗ довольно универсальны. Их можно применять не только в чисто технических областях. Вот пример из «коммерческой» практики компании BDE-Engineering:

Как производители не только промышленного «софта» (software), но и «железа» (hardware) мы, естественно, хотим получать больше прибыли за единицу продукции, т.е. за один терминал. Но любое повышение цен ведет к снижению спроса. Возникает противоречие: повышение цены ведет к повышению прибыли (положительный фактор), но одновременно снижается спрос, и соответственно снижаются объемы продаж (отрицательный фактор). Возможно ли повысить цену на терминал, чтобы при этом объемы продаж терминалов не уменьшались?

Если мы будем предлагать одни и те же терминалы по более высокой цене, ничего не получится. Нужно *совершенствовать* систему, следуя законам повышения идеальности. Необходимо расширять *функциональные* возможности, делать систему более гибкой, многофункциональной, динамичной.

Наш ответ на поставленный выше вопрос: Нужно предлагать РАЗЛИЧНЫЕ терминалы.

Слово «различные» обозначает различные по своим характеристикам, функциям и т.п.

## 6. Продуктовая линейка терминалов компании BDE-Engineering

Рассмотрим пример перехода: *система => система со сдвинутыми характеристиками => бисистема => частично свернутая бисистема => полисистема => частично свернутая полисистема*

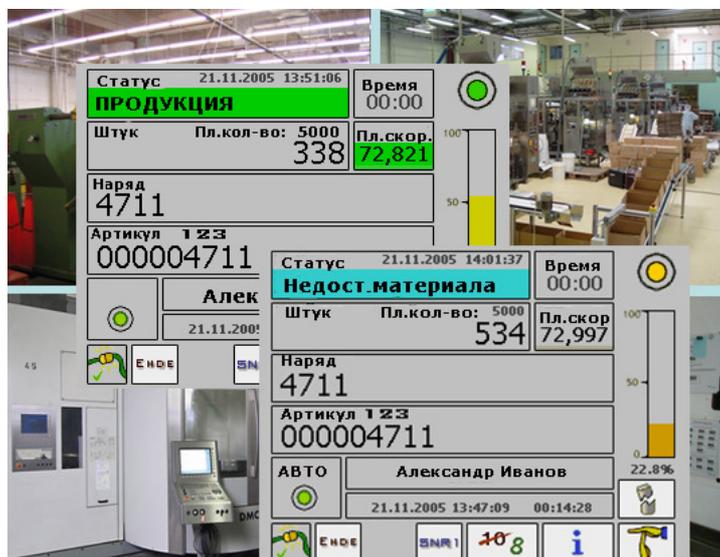
Что значит в нашем случае *система со сдвинутыми характеристиками*?

Терминалы предназначены для считывания данных с оборудования в автоматическом режиме. Такие терминалы подключаются, например, к автоматическим производственным линиям. На терминалах регистрируются заказы, «отмечаются» операторы (пришел - ушел), регистрируются остановки, простои, ведется «автоматическая отбраковка» и т.п.

А если заказчик хочет получать подобную информацию не с автоматических линий, а с рабочих мест без подключения терминалов к ним? Подобная информация вводится в терминалы «вручную» или при помощи «штрих-кода» и сканера. В этом случае в терминал загружается другая «терминальная программа». Это и есть «сдвинутые» характеристики. И такие терминалы существуют и предлагаются нашей компанией. Один такой терминал можно использовать для множества рабочих мест одновременно.

Все функции системы PROefficient реализовывались как результат разрешения *противоречия между новыми потребностями производства и старыми способами их удовлетворения*. Инициатором всех «новинок» выступали сами наши клиенты.

Вот так выглядит информация на дисплеях двух терминалов, подключенных к различным автоматическим линиям:



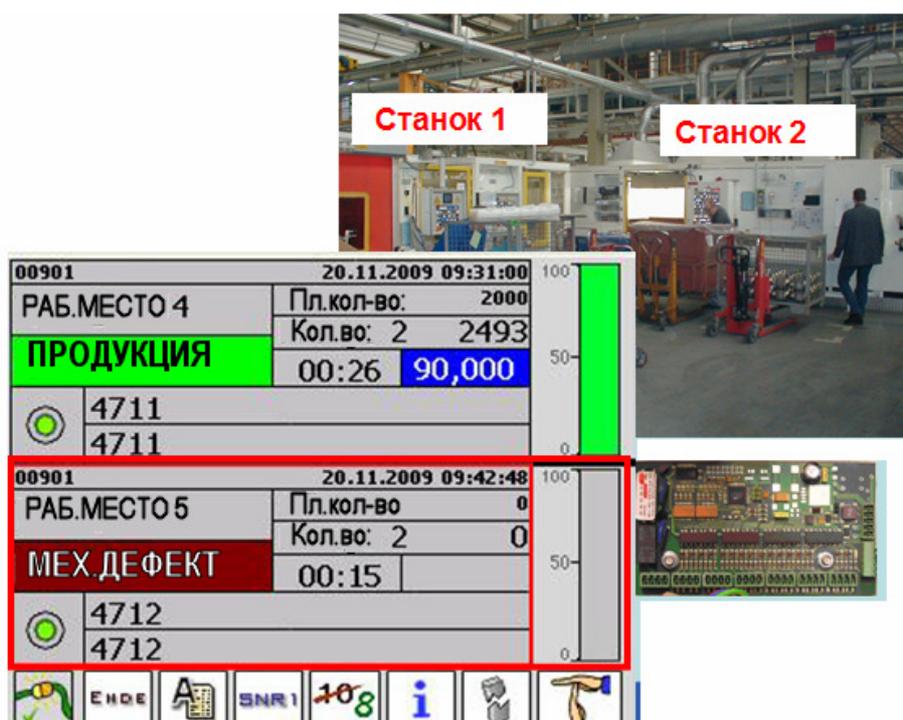
Статус показывает, в каком состоянии находится линия. На первой линии идет процесс производства (статус «ПРОДУКЦИЯ» обозначен зеленым цветом). Вторая линия простаивает по причине недостатка материала (см. статусную строку, обозначенную голубым цветом).

Пример производственной ситуации: рядом расположены две единицы оборудования (два станка с ЧПУ). Вопрос-пожелание заказчика: **Нельзя ли использовать один терминал сразу для двух станков?**

В терминах ТРИЗ это означало бы перейти от системы к бисистеме, фактически объединив задачи двух терминалов в одном.

Простое механическое объединение двух систем (например, путем скрепления двух терминалов вместе) недопустимо. А объединение двух электронных схем в одном терминале - уже *частично свернутая система*, т.к. объединенные системы имеют один общий корпус. Увеличение *степени свернутости* может обозначать, что существует не только один корпус, но и один экран, на который выводится информация сразу о двух системах. Но тогда эта информация будет слишком «мелкая», плохо различимая, особенно текст. Поэтому должна быть представлена не вся информация, а только ее часть.

Вот так выглядит экран свернутой «бисистемы» PROtouch-two:



По сути это уже другой терминал. Реализация двух терминальных программ в одном требует расширения электронной схемы по принципу «местного качества», т.е. меняется лишь часть электронной схемы, в нее встраивается дополнительная микросхема. Терминал PROtouch-two несколько дороже стандартного терминала PROtouch, но дешевле, чем два стандартных. В результате цена на терминал может быть увеличена, а общий спрос только возрастет.

Специалист по ТРИЗ, владеющий знаниями законов развития систем, долго не думая, спрогнозировал бы и следующий тип терминала, имея в виду закономерный переход к полисистеме. Так в «продуктовой линейке» терминалов системы PROefficient закономерным образом появились сначала терминалы PROtouch-four, а затем и PROtouch-six, объединяющий в себе четыре и даже шесть отдельных терминалов.

На приведенном ниже рисунке представлен внешний вид экрана терминала PROtouch-four, показывающий информацию сразу о четырех «машинах»



МА100	25.08.2010 09:39:12	Пл.кол-во:	0
00471002 150		Единиц:	2371
<b>ПРОДУКЦИЯ</b>		04:00	0,5080
МА200	25.08.2010 13:24:18	Пл.кол-во:	0
00471101 1800		Единиц:	32
<b>ПРОДУКЦИЯ</b>		15:01	3,9375
МА300	25.08.2010 13:40:08	Пл.кол-во:	0
00472010 0		Единиц:	0
<b>КОНТРОЛЬ</b>		00:05	
МА400	25.08.2010 13:40:55	Пл.кол-во:	0
00475002 34		Единиц:	0
<b>ПОМЕХА</b>		00:04	



А также терминал PROtouch-six



РА01	26.08.2010 10:31:17	Плановое кол-во:	7777,0
Артыкул А123		Единиц:	223,9
<b>ПРОДУКЦИЯ</b>		00:05	77,1
РА02	26.08.2010 10:31:38	Плановое кол-во:	888,0
М0000198 / 123456 Артыкул В123		Единиц:	0,4
<b>ПРОДУКЦИЯ</b>		00:00	89,1
РА03	26.08.2010 10:31:54	Плановое кол-во:	6666,0
М0000200 / 654123 Артыкул С123		Единиц:	0,0
<b>ТЕХ.ОБСЛУЖ.</b>		00:05	
РА04	26.08.2010 10:32:12	Плановое кол-во:	6666,0
М0000201 / 222222 Артыкул Д123		Единиц:	0,0
<b>НЕТ ЗАКАЗА</b>		00:05	
РА05	26.08.2010 10:33:02	Плановое кол-во:	7777,0
М0000202 / 416520 Артыкул Е123		Единиц:	0,0
<b>НЕТ МАТЕРИАЛА</b>		00:04	
РА06	26.08.2010 10:33:41	Плановое кол-во:	8000,0
М0000203 / 416520 Артыкул К123		Единиц:	0,0
		00:03	

- Модуль: PROtouchsix (PROtouch 12,1" / 15")

Для возможности отображения на экране большего объема информации по желанию отдельных заказчиков были разработаны терминалы с дисплеями разного размера .



Терминалы PROtouch-two, PROtouch-four, PROtouch-six имеют и свои недостатки, поскольку любое улучшение какого-либо параметра системы ведет к ухудшению других параметров. Использование этих типов терминалов удобно, если «машины» находятся рядом.

А как быть в следующей ситуации? Имеется производственная линия, состоящая из нескольких обрабатывающих станков. Каждый станок связан с терминалом и обслуживается одним оператором. Оператор следит за своим станком. Но сами станки находятся на расстоянии нескольких десятков метров друг от друга. В технической системе «производственная линия» важно обеспечить согласование работы подсистем типа «станок». За этим должен следить, например, мастер. Но ведь он не может все время бегать от терминала к терминалу, к тому же за время его перемещения ситуация может измениться.

Сформулируем противоречие: мастер *должен находится* у каждого терминала одновременно, чтобы следить за согласованностью работы оборудования и *не должен находится*, т.к. это просто невозможно. Он должен видеть терминал и он не может его видеть. Как быть? Ну что ж, если мастер не идет к терминалу пусть терминал «идет к мастеру». Сформулируем желаемый результат иначе: «мастер должен получать информацию о всех терминалах одновременно».

Для решения данной проблемы в терминальной программе пришлось, выражаясь языком ТРИЗ, «сдвинуть некоторые характеристики» в терминальной программе. Каждый терминал системы «производственная линия» предоставляет возможность увидеть на экране основную информацию *о всех подсистемах*, входящих в данную систему (в наших терминах - о всех машинах данной терминальной группы).

Ниже представлен экран терминала PROtouchRA (Remote Access), в котором реализовано описанное решение. Терминал один, его функции регистрации данных не изменились, а функция представления данных на экране расширилась показом минимально необходимой информации о других терминалах. Информацию при этом пришлось «масштабировать», т.е. уменьшать до необходимого минимума.



RA01	25.08.2010 10:35:41	Пл. кол-во:	7777.0
M0000199 / 416520	Проволока 123 Диаметр 12 мм	Катушек:	6.7
RA07	ПРОДУКЦИЯ	00:05	77,7
RA08			
RA09	RA02	25.08.2010 10:35:42	Пл. кол-во:
RA10	M0000198 / 123456	Проволока 234 Диаметр 8 мм	Катушек:
	ПРОДУКЦИЯ	00:00	70,2
RA03	25.08.2010 10:35:43	Пл. кол-во:	6666.0
M0000200 / 654123	Артикул 105 Решетка 25 x 35	Единиц:	0.0
	Нет помощника	00:05	
RA04		Пл. кол-во:	6666.0
M0000201 / 222222	Образец Упаковочн. материал 34	Метров:	0.0
	ПРОСТОЙ		

В ТРИЗ подобный принцип решения носит названия **принципа копирования**:

*Если нет возможности взаимодействовать с самим объектом или доступ к нему затруднен, необходимо заменить объект или систему объектов их оптическими копиями (изображениями), при этом можно использовать изменение масштаба.*

Сейчас все большую популярность завоевывают концепции «бережливого производства» (оригинальный термин lean production «ЛИН», дословно обозначающий «нежирное», «стройное» производство). Мы остановимся здесь на одном из принципов ЛИН – «визуальный офис». Это значит, что на производстве должна визуализироваться по возможности вся информация, влияющая на процесс принятия решения.

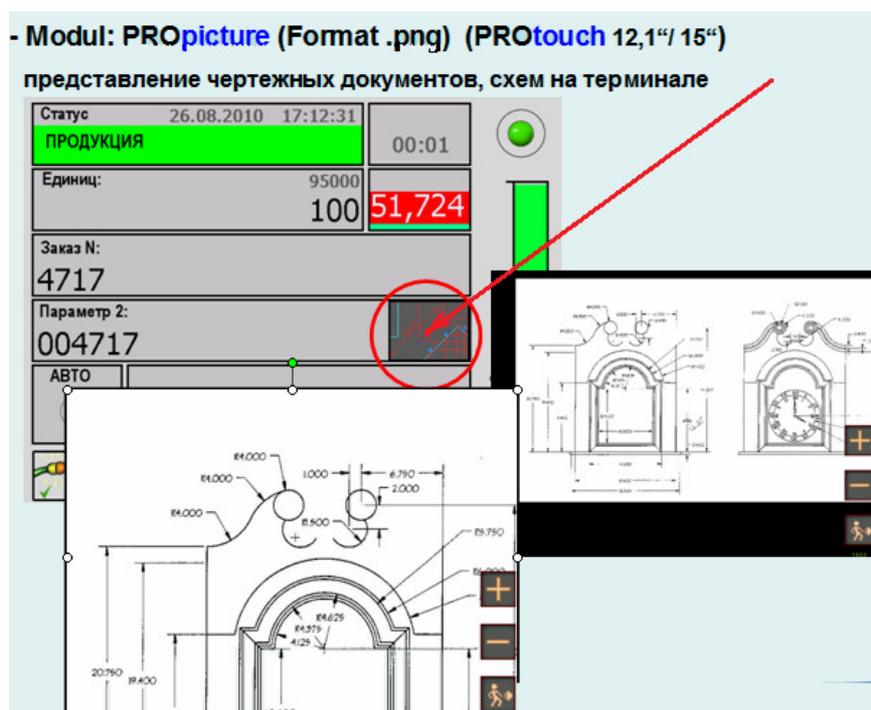
Визуальный офис обозначает к тому же доступность всей информации на любом звене производственной цепочки. В этом, в частности, заключается оперативное управление.

Например, происходит настраивание производственной линии или установка сменного оборудования. Необходимо соблюсти целый ряд инструкций, настроечных параметров и т.д. Чаще всего в данном случае помогает опыт работников. Но ведь человеку свойственно ошибаться. Человеческий фактор составляет одну из главных причин производственного брака. Допустим, имеется наладчик, который должен обслуживать ряд станков. На разных станках выполняются различные заказы, изготавливаются различные продукты. Очень часто для наладки нужны чертежи. Значит ли это, что наладчик должен иметь с собой папку с чертежами, постоянно отыскивая в ней необходимый. Добавьте к этому условия загрязненности и т.п.

Идеальный вариант, когда система САМА подсказывает наладчику, какие инструкции он должен соблюсти, что должен учесть. А еще лучше - *показать* чертежи. Принцип

копирования тоже подсказывает, если нет возможности использовать реальный чертеж, можно воспользоваться его копией, например оптической.

Как это реализовано в системе PROefficient? Рабочий регистрирует заказ на терминале (вручную вводит его номер, либо считывает штрихкод сканером). И все. С этой минуты терминал обладает полной информацией о том, что должно выполняться, сколько единиц должно быть сделано, какой технологический режим обработки должен соблюдаться. Дополнительный модуль «PROpicture» позволяет увидеть на экране имеющуюся в системе документацию по данному продукту: чертежи, схемы, инструкции по настройке, некоторые указания по безопасности и т.д. Достаточно нажать «кнопку» на терминале. Чертежи скалируются, чем разрешается противоречие «Чертеж должен быть крупный, чтобы различать мелкие детали и не должен быть крупный, т.к. размеры экрана ограничены».

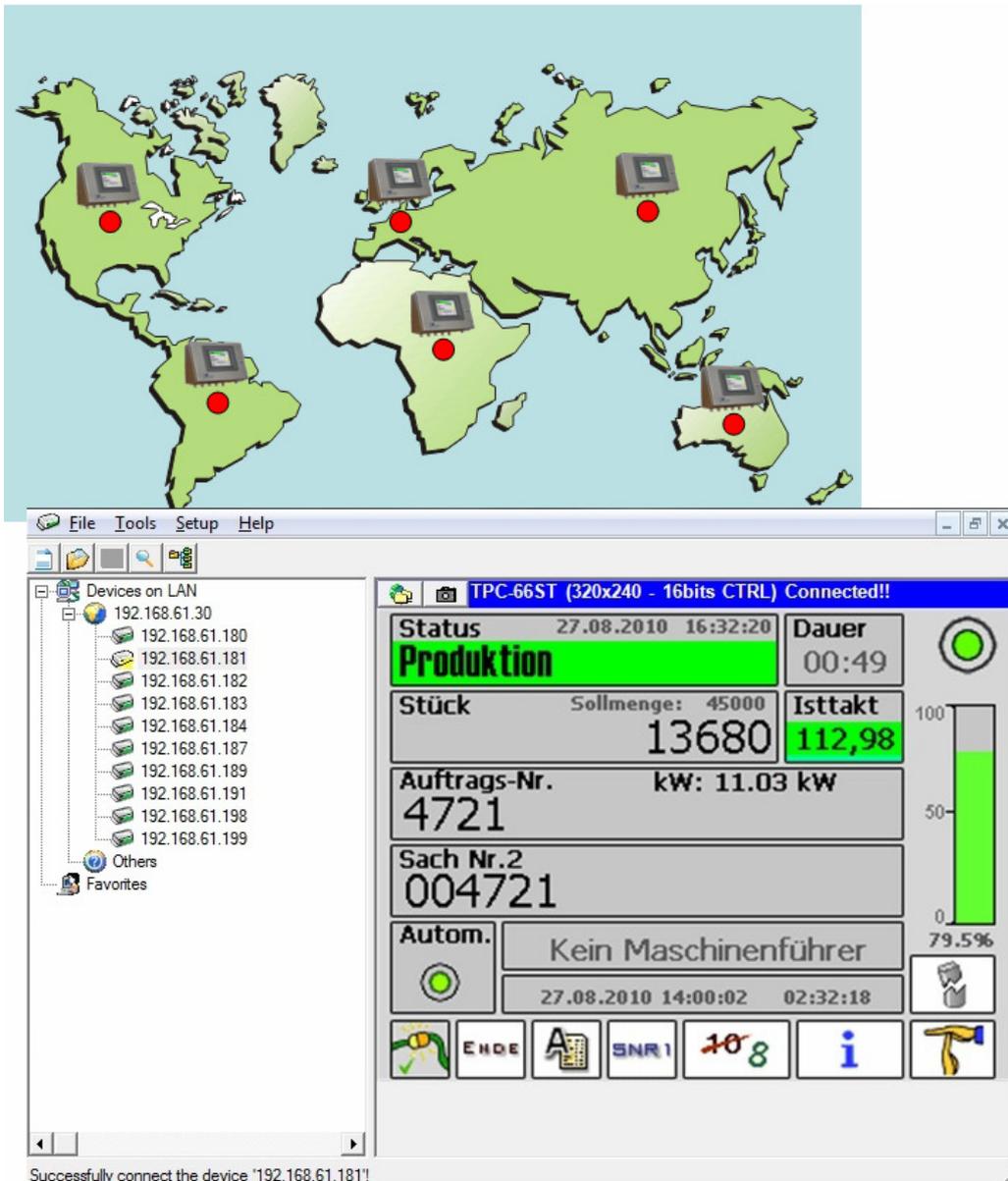


В информационных системах принцип копирования используется достаточно широко.

Мы приведем еще один пример на основе организации работ по сопровождению продукта в компании BDE-Engineering. На крупных предприятиях могут быть установлены сотни терминалов. Иногда возникает необходимость технической поддержки со стороны поставщика оборудования. Но у нашей компании более 300 фирм-клиентов. Как обеспечить присутствие наших специалистов на местах?

Читатель может попытаться здесь сам сформулировать противоречие, пользуясь подсказками: должен присутствовать – не должен присутствовать; должен находиться рядом – не должен находиться рядом; должен видеть экран терминала – не должен видеть экран.

Мы можем удаленно обслуживать наши терминалы, осуществляя на практике наше «присутствие без присутствия». Ведь терминал - это ни что иное, как компьютер подключенный к сети. А значит у него есть и IP-адрес. Мы можем подключиться к терминалу и проводить удаленное обслуживание. Вот так экран терминала будет представлен на компьютере нашего специалиста, оказывающего техническую поддержку.



Причем мы можем не только видеть дисплей терминала, но и работать с терминалом точно так же, как если бы мы находились рядом с ним. Мы переходим здесь от «визуализации» к «виртуализации». Виртуальный объект (здесь - виртуальный терминал) уже нечто большее, чем просто визуальная копия. Это активный функциональный объект. В этом кроются дополнительные ресурсы по расширению сервиса, а значит - и снижению затрат по техническому сопровождению для наших клиентов.

Рассмотрим пример применения принципа *предварительного действия* в специальной терминальной программе.

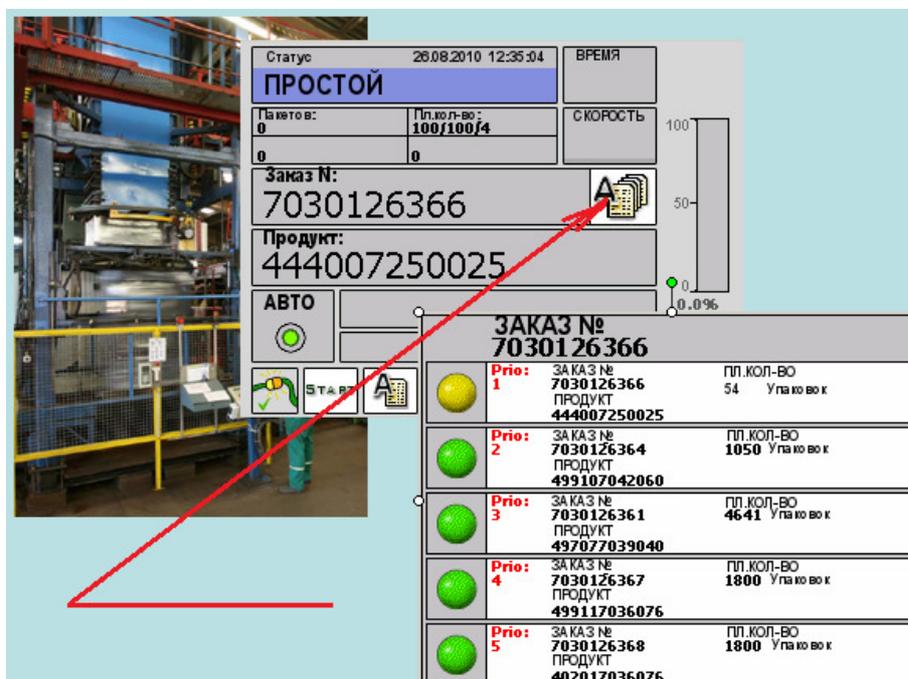
Возможная производственная ситуация: оператор производственной линии Иванов получает наряд на выполнения пяти производственных заданий. Причем очень важно, что задания должны быть выполнены в строго определенной последовательности, т.е. каждое из заданий имеет свой приоритет выполнения (как показатель срочности). Но оператор может просто перепутать последовательность. Нарушение приоритета

выполнения заданий может привести к тому, что на другой сборочной линии вовремя не поступят какие-либо детали, т.к. их выполнение «отложено» по ошибке оператора Иванова. Как избежать этого? Кто должен контролировать последовательность выполнения заданий? Идеальный результат – если система (или ее X-элемент ) САМА выполнит действие по контролю, предотвратив тем самым ошибку в последовательности выполнения заданий.

Принцип *предварительного действия* предлагает:

- а) заранее выполнить требуемое действие (полностью или частично)
- б) заранее расставить объекты так, чтобы они могли войти в действие без затрат времени на доставку или с наиболее удобного места

Как это может быть реализовано в терминале? Терминал получает информацию от подсистемы планирования (в MES-системе PROefficient эту роль выполняет MES-приложение PROplan), где указан приоритет выполнения заданий.



Оператору вообще не нужно держать в голове информацию о последовательности выполнения заданий (заказов). Всю необходимую информацию он может получить с экрана дисплея, просто нажав на иконку «А». На приведенном рисунке видно, что сейчас оборудование, на котором работает оператор, простаивает. Незаконченным (актуальным) является заказ 7030126366. Далее видна последовательность выполнения заказов:

7030126364 (приоритет 2) => 7030126361 (приоритет 3) => 7030126367 (приоритет 4) => 7030126368 (приоритет 5)

Терминал просто не позволит рабочему приступить к выполнению заказа 7030126361, перепрыгнув через заказ 7030126364. Как только завершается выполнение заказа (за этим тоже следит терминал), загружаются все доступные ресурсы по следующему заказу (характеристики продукта, технологические параметры для оборудования, инструкции, возможно, даже чертежи). Таким образом, в системе *оборудование +*

*человек* наблюдается согласование. Человек контролирует работу оборудования, а оборудование берет на себя многие функции «вытесняя» из них человека. Мы вновь наблюдаем проявление законов развития технических систем, а именно - закона повышения идеальности.

В рамках статьи мы не можем описать все возможности наших терминалов. Нами реализованы десятки и даже сотни таких решений. Модульность решений позволяет как из кубиков собирать новую терминальную программу, наиболее полно отвечающую потребностям клиента. Модули как подсистемы статичны (неизменны), но их объединение позволяет получать системы, которые обладают вариативностью. Так мы движемся в направлении повышения динамичности системы. Именно поэтому мы утверждаем, что PROefficient - это гибкая, динамичная, адаптивная и расширяемая MES-система.

## **7. Задачи импорта – экспорта данных в приложении PROservice**

Основная проблема, которую призвана решать система PROefficient – *непрерывность* наблюдения за процессом производства, обеспечение необходимой информацией вышестоящие системы, а также персонал, принимающий решения по управлению производством. Ключевое слово здесь - непрерывность.

Терминалы считывают множество различных параметров с оборудования, которой функционирует в непрерывном режиме. Чтобы считать эти данные, терминалы обращаются к оборудованию несколько раз в секунду: «Запрос - ответ». Таких сообщений может быть очень много. Каким образом сохранить их в базе данных? Ведь сама процедура записи в базу требует времени. Кроме того, если записывать все сообщения, то очень скоро база будет «переполнена» и записывать далее будет просто невозможно.

ТРИЗ советует использовать «*принцип периодичности*»:

а) *перейти от непрерывного действия к периодическому* (именно так и работают терминалы)

б) *если действие уже осуществляется периодически – изменить периодичность*

в) *использовать паузы.*

В системе PROefficient есть понятие «учетной записи». Что это значит? Это своеобразные *обобщенные* единицы информации, которые формируются терминалом. Если одно сообщение - это *момент* времени, то учетная запись – это *интервал* времени за который произошло обобщение информации. Каждая учетная запись имеет информацию о том, когда она началась (сообщение А) , когда закончилась (сообщение В), а также суммарную информацию по различным интересующим нас параметрам, например, сколько единиц продукции было произведено за временной интервал В – А, как долго простаивало оборудование на этом интервале, сколько времени работало продуктивно, сколько времени длились те или иные остановки и т.д.

Совокупность всех учетных записей дает полную картину непрерывного процесса, а сами записи генерируются дискретно в момент их окончания (сообщение В).

На языке символической аналогии можно было бы назвать такое явление «дискретная непрерывность».

Все учетные записи записываются терминалом в файл. Далее с этим файлом начинает работать приложение PROservice, осуществляющее экспорт данных из текстового

файла. Здесь имеется возможность снова изменить периодичность. Ведь нет смысла каждый раз запускать приложение, чтобы прочитать одну строку файла.

Заказчик лучше знает свое производство, имеет возможность сам выбирать подходящую ему периодичность запуска приложения в зависимости от скорости работы оборудования и числа учетных записей, генерируемых терминальными программами. Приложение запускается автоматически в соответствии настроенным с планировщиком задач, который имеется в Windows. Так может меняться периодичность процесса экспорта данных.

Еще пример: При обслуживании баз данных очень важно создавать их резервные копии - это требуют правило безопасности данных. Но как осуществлять процесс архивирования, если информация в базе постоянно меняется? Ряд таблиц может быть заблокирована для записи. Принцип периодичности советует использовать паузы. Паузы могут быть учтены заранее в планировщике задач.

Планировщик может не только регулировать запуск приложения, но выполнять антидействие – *не запускать приложение* в определенные промежутки времени. Именно эти промежутки и используются для создания архивной копии базы данных («back up»).

Приложение PROservice – это система в которой можно пронаблюдать выполнение не только основной функции импорта, но и противоположной ей функции (т.е. *антифункции*) экспорта данных. Все настройки для терминала не «зашиты жестко» в его электронных схемах, (в таком случае система не была бы гибкой), а вынесены из него во внешнее приложение PROwork, о котором мы еще расскажем. Как только пользователь изменяет настройки терминала в PROwork, информация об этих изменениях сразу же передается терминалам. Все подсистемы системы PROefficient работают *согласованно*. Терминалы согласованы по периодичности с функциями импорта-экспорта. Приложение, выполняющее эти функции согласовано с базой данных. Приложение управляющее справочными данными (например, настройками) согласованно работает с терминалами. Более того, принцип согласования должен распространяться и на взаимодействие со внешними системами. Так терминалы настраиваются на режим связанного с ними промышленного оборудования. А аналитическая часть системы передает проверенные, обработанные и обобщенные данные другим системам, например, системам финансовым или ресурсным по согласованию с графиком предоставления отчетности.

Рассмотрим, решение еще одной проблемы, с которой мы столкнулись решая задачу производительности процесса записи данных в базу для клиента, у которого число записей достигало несколько десятков тысяч за смену.

Например, планировщик задач настроен на интервал 5 минут. За это время с терминала поступает большое количество записей, для анализа и записи которых в базу данных требуется 6 минут. Как быть? Уменьшить число записей мы не можем. «Растянуть» время – тоже. Значит нужно попытаться «ускорить» процесс сохранения записей в базу.

Стандартная процедура сохранения записи в базе:

- прочитать строку из файла
- обработать строку
- проверить, возможно такая строка уже есть в базе (для случая, если в файле оказалось подряд две одинаковых строки)
- если строки в базе нет, сохранить ее, выполнив команду INSERT

С точки зрения формальной логики все правильно. На практике же это может означать следующее: В файле находится 100.000 строк, из которых только две попадут под критерий «уже существует». Но проверять-то нужно ВСЕ 100.000 строк. Решение было найдено применением принципа «*допустить недопустимое*», т.е. не проверять вообще. Сразу выполнять команду INSERT. При попытке вставить «двойную строку» система сгенерирует ошибку. Зная номер именно этой ожидаемой ошибки (2627 Violation of PRIMARY KEY), можно ее просто «отловить» (принцип «заранее подложенной подушки») и, воспользовавшись *принципом проскока* «перепрыгнуть ее». В нашем случае мы тем самым в несколько раз ускорили процесс записи данных в базу. Лучше два раза «проскочить эту ошибку», чем делать 99.998 ненужных запросов.

Перейдем к следующему компоненту нашей системы – приложению PROview.

## **8. Визуализация производственных данных (PROview - представление информации в режиме реального времени)**

Допустим, что на предприятии имеется 200 единиц оборудования (автоматические линии, станки и т.п., которые мы будем называть общим термином «машина» - такой термин используется в системе PROefficient). На этих машинах выполняются производственные заказы (наряды, технические задания и т.п.). В течении рабочего дня на каждой из машин может быть выполнено, например до 50 заказов. Итого мы имеем необходимость отслеживать  $200 \times 50 = 10.000$  информационных единиц в течении дня, не углубляясь в детали, что каждый заказ может быть раздроблен на более мелкие информационные единицы. Например, на станке выполняется заказ на изготовление X технических изделий, каждое из которых состоит из N модулей, а отдельный модуль из M деталей. Можно подсчитать, во сколько раз возрастет объем информации, которую нужно анализировать.

Представьте себе, что Вы просто хотите узнать, в каком состоянии находится каждая из машин. Возможные варианты состояний:

- машина работает в полном режиме
- машина работает с превышением скорости, нарушая тем самым технологический режим, и фактически производя брак
- машина работает в «полнагрузки», не выполняя производственный заказ к запланированному сроку и тем самым, возможно ставит под угрозу необходимость своевременной подачи деталей на сборочную линию, что может вызвать ее остановку
- машина простаивает по какой-то причине,
- машина находится в ремонте или с ней проводятся профилактические мероприятия (смазка, настройка и т.п.)
- машина находится в критическом состоянии, которое требует срочного вмешательства (истек срок службы определенного узла, или требуется замена вспомогательного оборудования)

Как наблюдать за этими состояниями? Часто бывая на различных производствах, мне довелось наблюдать, что кабинет мастера напоминает «наблюдательную вышку». Такое ее расположение как бы говорит: «Мне сверху видно все – ты так и знай!»

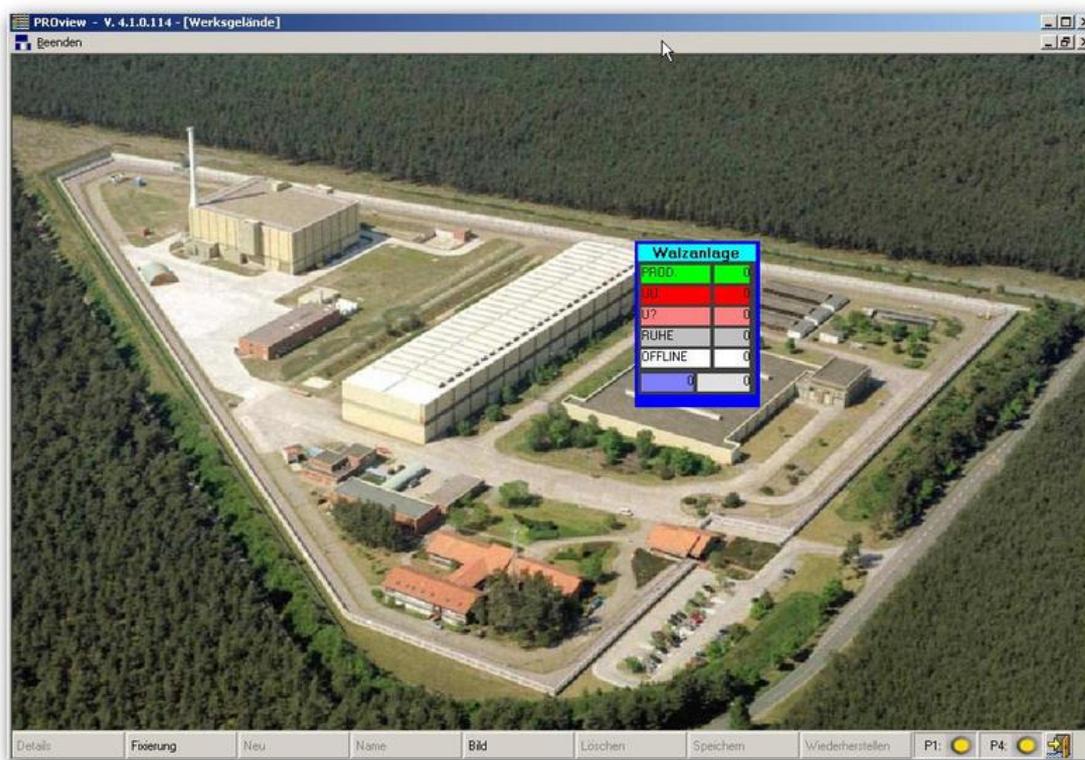
Наверное, так можно наблюдать за двумя-тремя станками или производственными линиями. Какую-то самую общую информацию (например, работает линия или нет)

получить можно. Но иметь точного детального представления о том, что именно происходит в данный момент, все равно не получится.

Система PROefficient (а точнее MES-приложение PROview) позволяет окинуть производство «одним взглядом», представляя данные в реальном времени.

Каждая техническая система (например токарный станок) является частью другой системы более высокого порядка (все токарные станки, или цех), называемой надсистемой и т.д. В соответствии с системными переходами надсистема => система => подсистема приложение PROview представляет данные «разного уровня»:

- на уровне конкретного цеха, предприятия или даже страны

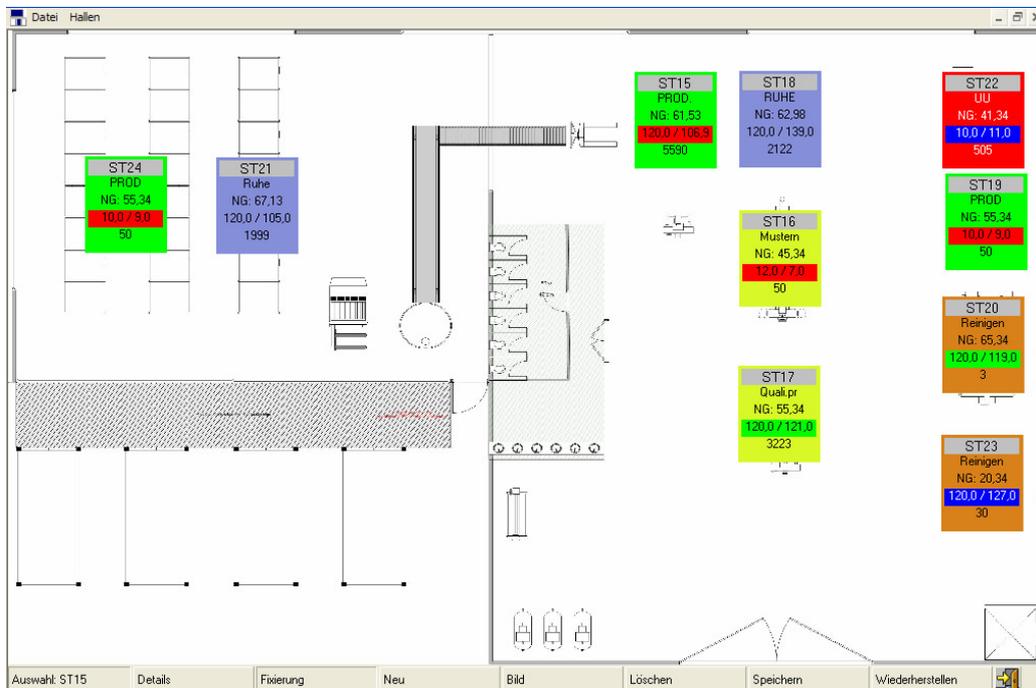


- На уровне группы станков или отдельного станка



В данном случае мы наблюдаем как бы «дополненную реальность». На изображение цеха накладывается визуальная информация о том, как работает оборудование.

Еще одна возможная форма представления, когда визуализированные данные накладываются на схему производственных процессов:



Представление может быть как в графической, так и в табличной форме (при необходимости получения детальной информации, состоящей из десятков регистрируемых параметров):

Maschine	Maschinen Status	Dauer	Startzeit	Auftrag	Auftrag -> Status	Menge 1	Menge 2	Menge 3	Menge Autom.-Aus	Sollmenge	Nutzungsgrad	Taktzeit	Solltakt
ST15	PROD	00:51:07	09:34:59	4711	22% - 03:01	5.489	5.489	5.489	0	25.000	60,00 %	107,4	120.
ST14	PROD		07:57:25	4716	44% - 00:23	10	10	1.852	0	4.200	35,34 %	99,0	101.
ST16	Mustern		08:57:25	4717	29% - 03:24	110	50	2.852	0	10.000	45,34 %	7,0	12.
ST17	Quali.pr		11:57:25	4718	97% - 00:01	3.223	3.223	4.872	0	5.000	55,34 %	121,0	120.
ST18	RUHE		13:57:25	4719	71% - 00:06	2.122	2.122	4.244	0	6.000	62,98 %	139,0	120.
ST19	PROD		08:57:25	4720	17% - 03:23	10	50	1.852	0	11.000	55,34 %	9,0	10.
ST20	Reinigen		10:57:25	4725	0% - 01:24	3	3	3	0	10.000	65,34 %	119,0	120.
ST21	Ruhe		09:52:25	4726	33% - 00:19	1.999	1.999	1.999	0	6.000	67,13 %	105,0	120.
ST22	UU		08:45:25	4727	20% - 02:53	105	505	2.453	0	12.000	41,34 %	11,0	10.
ST23	Reinigen		06:57:25	4728	0% - 02:05	30	30	30	0	16.000	20,34 %	127,0	120.
ST24	PROD		08:57:25	4720	17% - 03:23	10	50	1.852	0	11.000	55,34 %	9,0	10.
ST25	Reinigen		10:57:25	4725	0% - 01:24	3	3	3	0	10.000	65,34 %	119,0	120.
ST26	Ruhe		09:52:25	4726	33% - 00:19	1.999	1.999	1.999	0	6.000	67,13 %	105,0	120.
ST27	UU		08:45:25	4727	20% - 02:53	105	505	2.453	0	12.000	41,34 %	11,0	10.
ST28	Reinigen		06:57:25	4728	0% - 02:05	30	30	30	0	16.000	20,34 %	127,0	120.

Здесь наблюдается проявление принципа «дробления – объединения». На этапе регистрации данных происходит *дробление*, т.е. с каждой единицы оборудования данные считываются отдельно и передаются «программе-посреднику». Затем происходит *объединение*: данные группируются по желаемому критерию и представляются как единое целое.

Оборудование может находиться в различных *состояниях* (продукция, настройка, ремонт, остановка по причине отсутствия материала и т.д.) . Известно, что подсознание человека расшифровывает образы гораздо быстрее, чем текстовую информацию. Поэтому при визуализации мы используем в качестве «оптических ресурсов» зрительные образы, в частности ЦВЕТ. В системе PROefficient для обозначения состояния машины есть «статичные» цвета (например состояние продукции – зеленый и состояние остановки по неизвестной причине - красный) и есть цвета, которые определены пользователем (каждой причине остановки соответствует свой цвет).

Даже на приведенной выше картинке можно не сразу разобрать, *что написано* во второй колонке (на самом деле там представлено состояние оборудование), но это состояние легко распознается по цвету. Оборудование, которое работает, сразу заметно, как и то, которое простаивает по неизвестной причине.

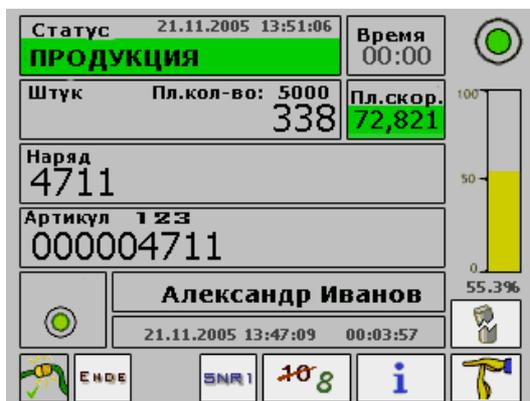
Что значит неизвестная причина? Красный цвет – цвет тревоги. Это значит, что станок остановился и этим никто не занимается. В таких случаях сразу же к станку должен подойти специалист, который осуществляет «первоначальную диагностику». Он подходит к терминалу и первое, что делает - сканирует код состояния «диагностика». На экране сразу же меняется цвет состояния оборудования, т.е. информация актуализируется. И мастер уже знает, что работа по устранению поломки началась.

Вся информация может быть видна не только на дисплее компьютера мастера или начальника цеха, но и на большом экране в цехе. Визуализированная информация это не только средство для принятия решения (например, мастер посылает наладчика к оборудованию со статусом «неопределенная остановка»), но и средство самоорганизации (наладчик сам видит, где нужна его помощь).

Приведу встречающийся практически на каждом предприятии пример. Рабочий выполняет аккордную работу. Он старается как можно быстрее выполнить порученное ему задание, т.к. оплата за наряд у него фиксированная, а время - нет. Чем быстрее сделать работу, тем выше получается почасовая оплата. Но поломки оборудования неизбежны. Например, рабочий из-за небрежного обращения сломал сверло. Ему необходимо время, чтобы его заменить. При этом время используется непродуктивно. Что будет делать рабочий, чтобы успеть выполнить работу в срок? Скорее всего попытается увеличить скорость станка и «нагнать» упущенное время. Все равно это вряд ли кто-то заметит. В тех случаях, когда для достижения необходимого качества требуется *строгое соблюдение* технологического режима, последствия такой работы могут быть негативными. Производится «брак», за который к тому же работодатель должен заплатить в соответствии с аккордным соглашением, т.к. брак «был изготовлен очень быстро». Абсурд? Конечно.

При применении MES-систем такое вряд ли возможно. Терминалы «следят» за соблюдением технологического режима, например, скорости работы оборудования и сообщают об этом.

#### 1. Информация «визуализируется» на дисплее терминала самого работника



Здесь видно значение плановой скорости = 72,821. Поле окрашено в зеленый цвет, что означает: скорость в пределах нормы. Если оборудование работает с превышением скорости – используется красный цвет, с отставанием по скорости - цвет синий.

Кроме того представлен коэффициент использования оборудования КИО = 50% (столбик верху справа).  $КИО = \frac{\text{Продуктивное время}}{\text{Время загрузки оборудования}}$ , выраженное в процентах.

Таким образом, уже невозможно «не заметить» возникновения простоев оборудования.

#### 2. Информация «визуализируется» в приложении PROview у мастеров, начальников цехов и т.д

- состояния оборудования (статус) см. 1 на приведенной ниже картинке
- «Тренд» - представление процента выполнения заказа и «остаточное время» см. 2
- Соблюдение технологического режима по скорости (красный - выше нормы, синий – ниже нормы) см. 3.

Maschine	Maschinen Status	Dauer	Startzeit	Auftrag	Auftrag -> Status	Menge 1	Menge 2	Menge 3	Menge Autom.-Aus	Sollmenge	Nutzungsgrad	Taktzeit	Sollakt
ST15	PROD.	00:51:07	09:34:59	4711	22% - 03:01	5.489	5.489	5.489	0	25.000	60,00%	107,4	120,
ST14	PROD.		07:57:25	4716	44% - 00:23	10	10	1.852	0	4.200	35,34%	99,0	101,
ST16	Mustern		08:57:25	4717	29% - 03:24	110	50	2.852	0	10.000	45,34%	7,0	12,
ST17	Quali.pr		11:57:25	4718	97% - 00:01	3.223	3.223	4.872	0	5.000	55,34%	121,0	120,
ST18	RUHE		13:57:25	4719	71% - 00:06	2.122	2.122	4.244	0	6.000	62,98%	139,0	120,
ST19	PROD.		08:57:25	4720	17% - 03:23	10	50	1.852	0	11.000	55,34%	9,0	10,
ST20	Reinigen		10:57:25	4725	0% - 01:24	3	3	3	0	10.000	65,34%	119,0	120,
ST21	Ruhe		09:52:25	4726	33% - 00:19	1.999	1.999	1.999	0	6.000	67,13%	105,0	120,
ST22	UU		08:45:25	4727	20% - 02:53	105	505	2.453	0	12.000	41,34%	11,0	10,
ST23	Reinigen		06:57:25	4728	0% - 02:05	30	30	30	0	16.000	20,34%	127,0	120,
ST24	PROD.		08:57:25	4720	17% - 03:23	10	50	1.852	0	11.000	55,34%	9,0	10,
ST25	Reinigen		10:57:25	4725	0% - 01:24	3	3	3	0	10.000	65,34%	119,0	120,
ST26	Ruhe		09:52:25	4726	33% - 00:19	1.999	1.999	1.999	0	6.000	67,13%	105,0	120,
ST27	UU		08:45:25	4727	20% - 02:53	105	505	2.453	0	12.000	41,34%	11,0	10,
ST28	Reinigen		06:57:25	4728	0% - 02:05	30	30	30	0	16.000	20,34%	127,0	120,

3. Информация «визуализируется» также в приложении PROvis, предназначенного для представления информации на больших экранах в цехе

Таким образом, информация доступна ВСЕМ участникам производственного процесса. Вряд ли найдется желающий манипулировать оборудованием в такой ситуации.

## 9. О психологической инерции при использовании шаблонных формулировок

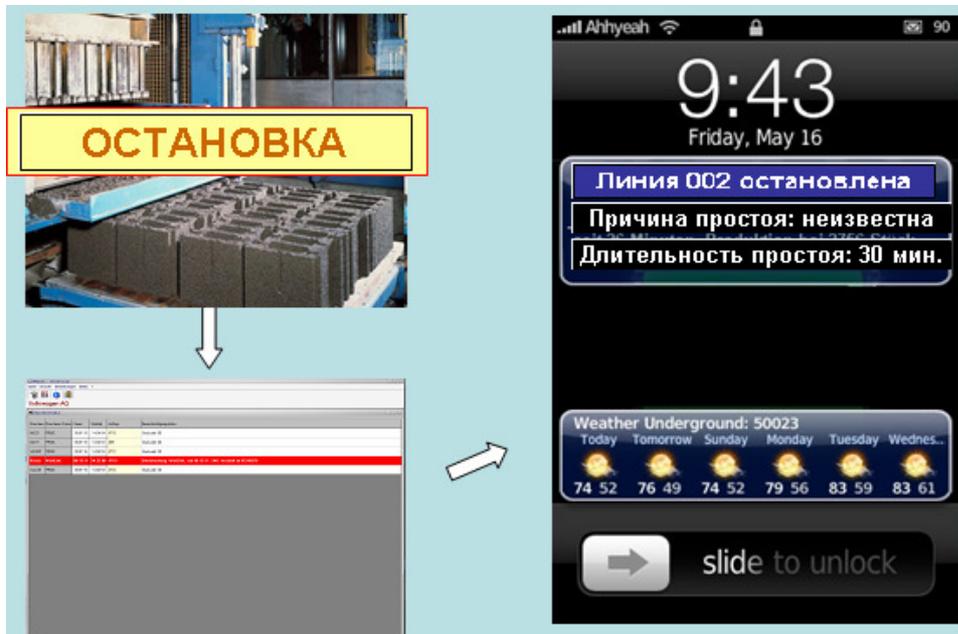
ТРИЗ предупреждает, что иногда сама формулировка может вызвать психологическую инерцию. Так, например, термин «визуализация данных» толкает разработчика к поиску решения по представлению данных в зрительных образах.

Если же вы говорите: представлять данные в необходимой пользователю форме, вы не навязываете конкретного решения. Иногда о нарушении технологического режима можно «просигнализировать» не цветом (как было уже описано выше), а другим эффектом, например, миганием, или даже звуком (критический сбой в работе оборудования или сигнал тревоги, сопровождаемый сиреной).

Мы проводили на эту тему мозговой штурм, в ходе которого была высказана идея использовать SMS для сигнализации об изменении состояния оборудования. Сначала идея была воспринята как «неперспективная». Но тем не менее она оказалась востребованной у наших клиентов.

Представьте себе ситуацию. Есть дорогостоящее современное оборудование, установленное на 10 филиалах компании. Оно не всегда используется, и еще реже наблюдаются остановки, требующие срочного вмешательства. Для обслуживания такого оборудования требуется высокооплачиваемые специалисты. Нет смысла иметь их в каждом филиале. Пользователем определяется тип остановок и время, через

которое будет отправлено сообщение SMS специалисту-наладчику, если причина не будет установлена. Возможен различный «адресат» при возникновении различных ситуаций.



Противоречие, сформулированное для подобной ситуации:

Если бы мы мыслили только в терминах «визуальной» информации, противоречие могло звучать так: «Специалист должен видеть информацию о состоянии оборудования, чтобы реагировать своевременно, но он не может видеть эту информацию, т.к. находится за пределами предприятия». Нахождению решения могла помешать *психологическая инерция*, связанная со словом «видеть».

Остановимся здесь на рекомендациях, которым желательно придерживаться при формулировке функции. Нужно стремиться различать: субъект функции (на что направляется действие, саму функцию (действие) и объект функции (какая часть системы выполняет действие).

Формулировка «Специалист должен видеть информацию» вызывает психологическую инерцию, наталкивая на визуальный способ представления информации.

Рассмотрим другую формулировку: «Система должна передавать информацию об изменении состояния оборудования специалисту, находящемуся на расстоянии».

Здесь мы указали субъект, объект, сформулировали так называемую параметрическую функцию (т.е. в общем виде, без указания на возможный способ ее реализации), а также указали на оперативную зону и оперативное время.

А вот так звучит *противоречие*, сформулированное в более общих терминах: «Специалист должен получить информацию от терминала в случае неотложной ситуации, но он не может получить ее, т.к. находится за пределами предприятия». Здесь сразу можно задуматься о способе передачи информации на расстояние. Ведь проблема заключается в том, КАК передать эту информацию.

Ряд предприятий использует «цепочку SMS-сообщений»:

Линия останавливается => терминал автоматически генерирует состояние «неопределенной остановки». Оборудование простаивает, никто не реагирует => через некоторое заданное время отправляется сообщение мастеру (предполагается, что по какой-то причине мастер не видел этого состояния на экране приложения PROview). Если в течение следующего установленного промежутка времени линия по-прежнему находится в состоянии неопределенной остановки, отправляется сообщение вышестоящему лицу, например, начальнику цеха и т.д.

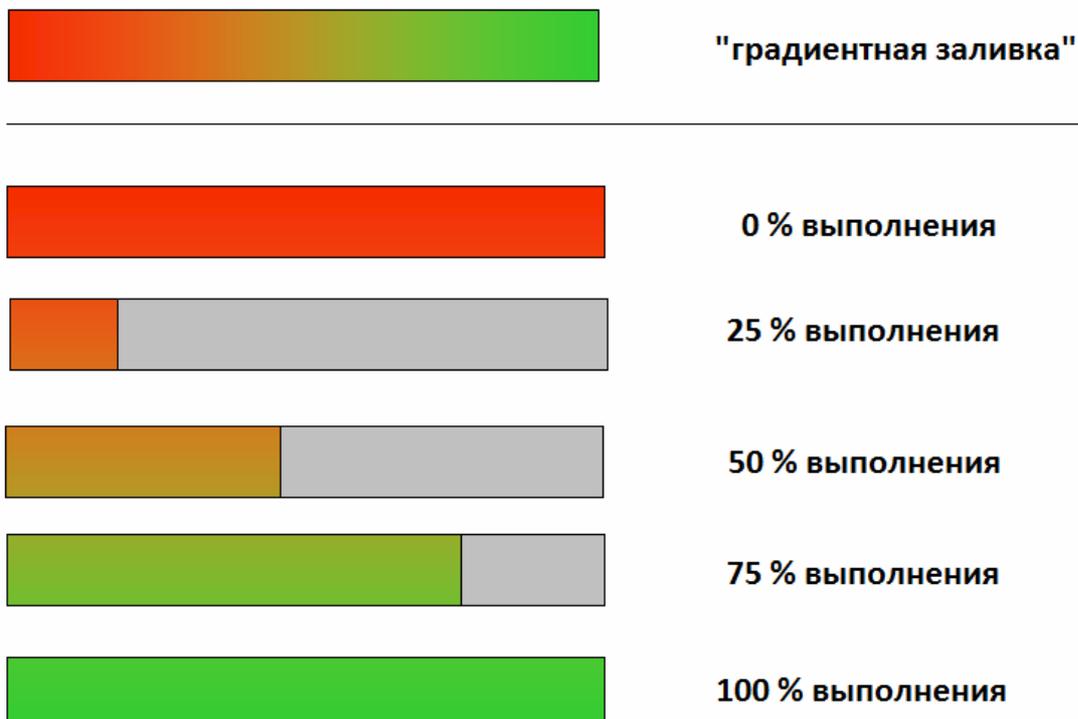
Рассмотрим еще одну конкретную задачу, которая была решена в ходе разработки приложения PROview.

Ставилась задача визуализировать процент выполнения заказа, показать так называемый тренд. При этом необходимо было использовать цвет, который бы менялся в зависимости от процента выполнения. Красный цвет при этом соответствовал 0% выполнения заказа, зеленый - 100%. Для обозначения такого изменения цвета используется термин «градиент». Объем незавершенной работы (сколько % осталось выполнить) необходимо показать серым цветом.

Задачу довольно легко решить, путем наложения серого прямоугольника, ширину которого можно подсчитать в зависимости от процента незавершенных работ, на прямоугольник с «градиентной заливкой», ширина которого принимается за 100%. Картинку с градиентной заливкой можно держать в памяти.



Но тогда получается, что объем уже выполненной работы представлен также градиентом. Клиент же хотел видеть не градиент, а только цвет, который соответствовал проценту выполненной работы. Т.е. вот так:



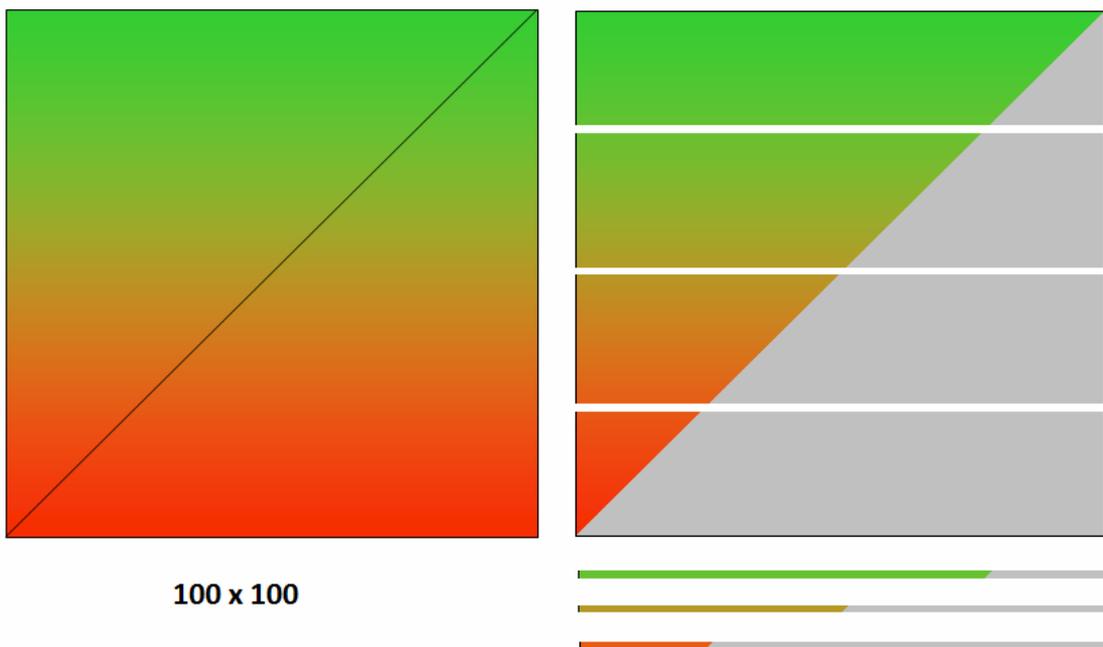
Как быть? Как определить цвет окраски прямоугольника, обозначающего уже выполненный объем работы?

Вариант1. Сохранить в памяти матрицу из 100 элементов в которой занести RGB-код цвета, соответствующего проценту выполнения при шаге 1 %. Но если клиент захочет изменить цвета градиента? Нельзя жестко кодировать такие цветовые параметры, поскольку невозможно предусмотреть все варианты желаемых комбинаций цвета.

Вариант2. Иметь набор 100 небольших картинок, представляющих прямоугольники, окрашенный в один цвет. И эти картинки использовать в качестве «подложки». Вариант тоже неудобен, т.к. предполагает замену 100 картинок при изменении градиента.

Мы решили использовать *картинки* в качестве подложки, но не 100, а всего лишь одну. Эта картинка *должна передавать один* цвет, чтобы именно его и представить на экране, и *должна передавать много цветов*, чтобы иметь возможность представить как минимум 100 различных состояний.

Мы взяли картинку с градиентной заливкой размером высотой 100 единиц, такую как представлена на рисунке. Подобную картинку можно также рассматривать как систему, состоящую, из 100 подсистем (окрашенных полосок). Номер полоски соответствует проценту выполнения, т.е. меняется от 1 до 100. Это значит, что каждая из таких полосок может дать нам полное представление о процентном выполнении заказа и объеме незавершенной продукции.



Задача сводится лишь к тому, чтобы «вырезать» нужную полоску по номеру и «скалировать» ее по размеру, например, ячейки таблицы, в которой ведется представление тренда. Эта задача не представляет сложностей для программистов, т.к. является стандартной. Вот так выглядит представление тренда в приложении PROview:



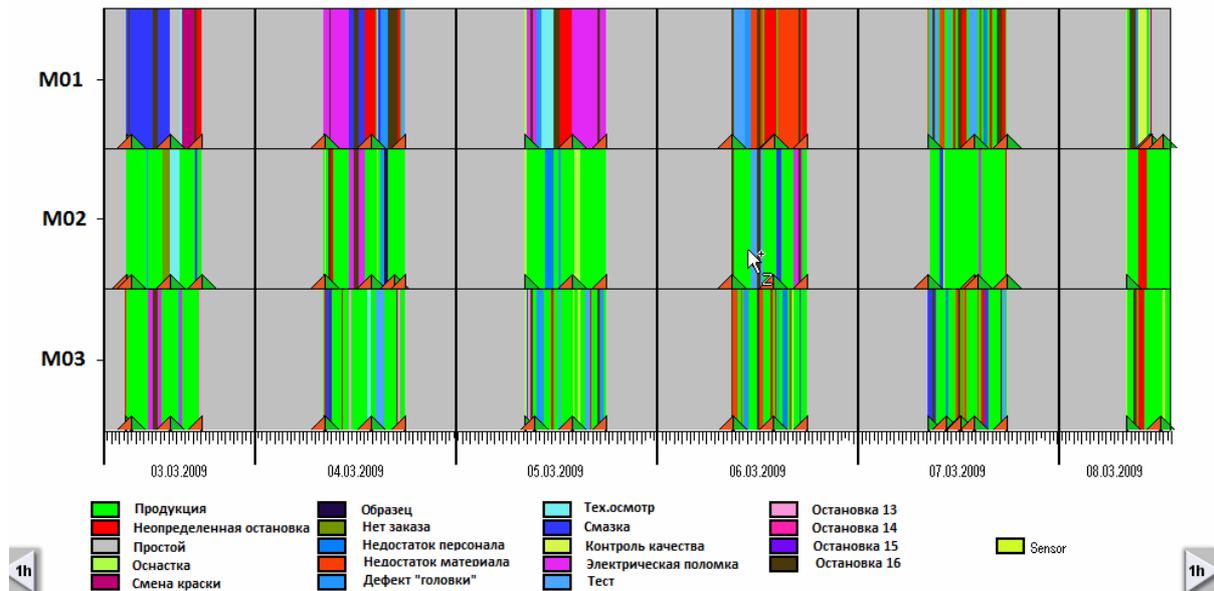
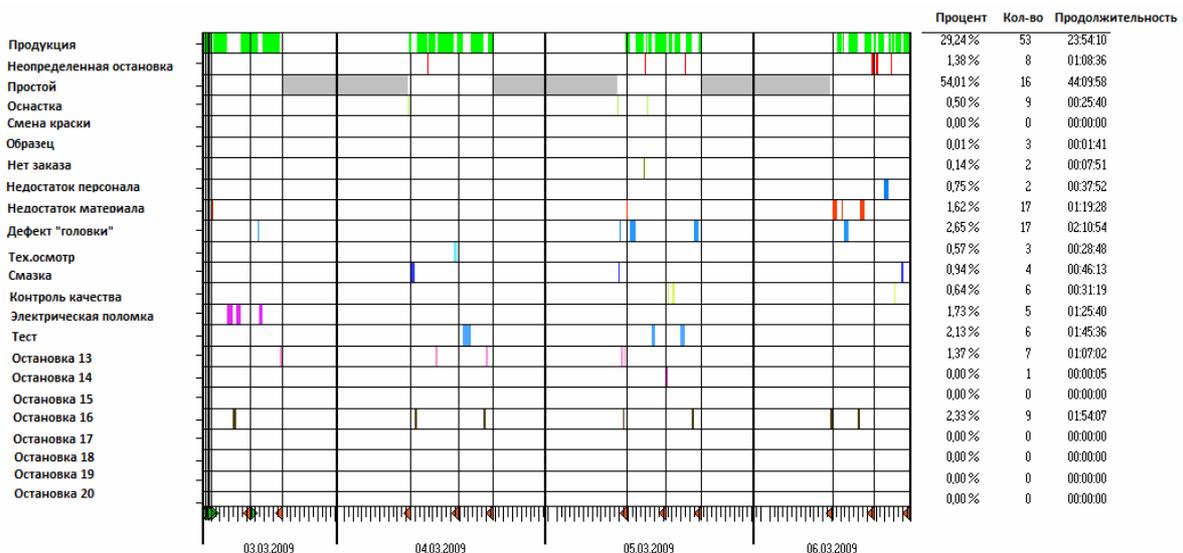


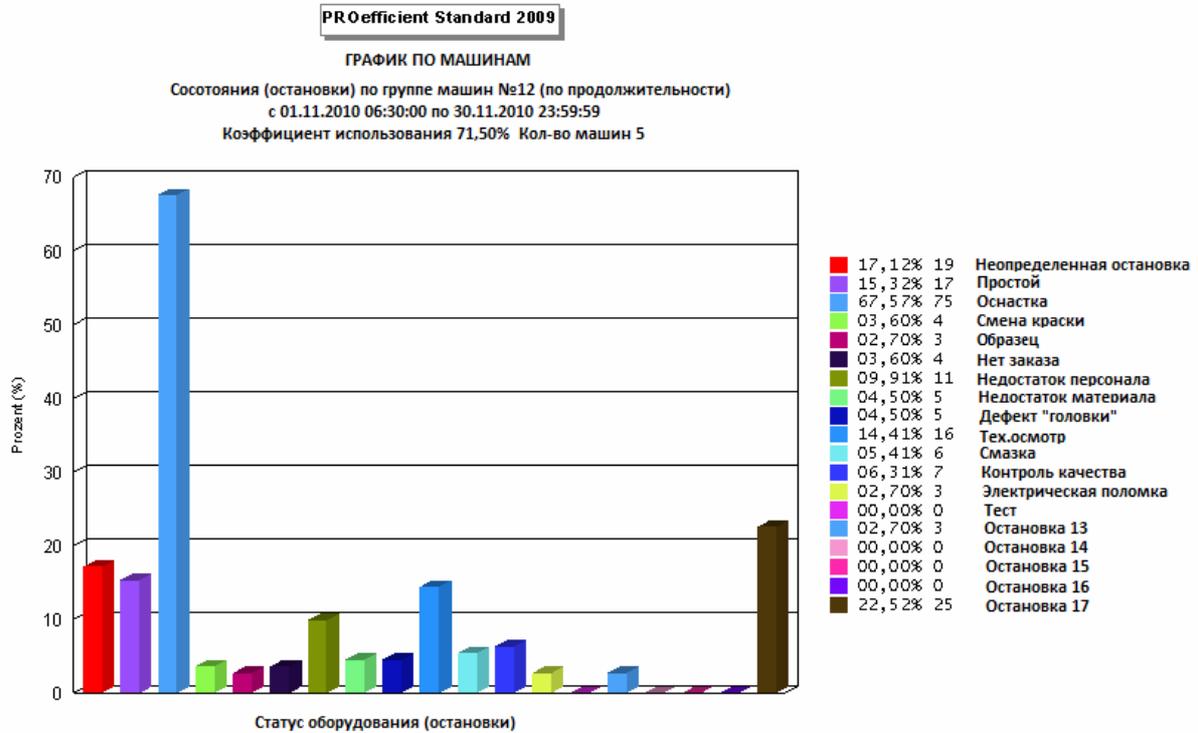
График можно «скалировать», меняя масштаб до минутного интервала. Данный график дает представление во времени, но не позволяет сгруппировать данные, например, по причинам остановок. Это тот самый момент, который требует «переформатирования» информации, о котором говорилось выше. Данные имеются в наличии, необходимо лишь изменить форму представления, переходя от «одномерного представления (по времени) к «двумерному» представлению (по времени и по состоянию оборудования), что отвечает принципу *«перехода в другое измерение»*.

При этом мы получаем другое представление данных *в журнале состояний машин*, когда состояния представлены не только по времени, но и по каждой группе остановок:



В такой форме информация понятна техническому персоналу.

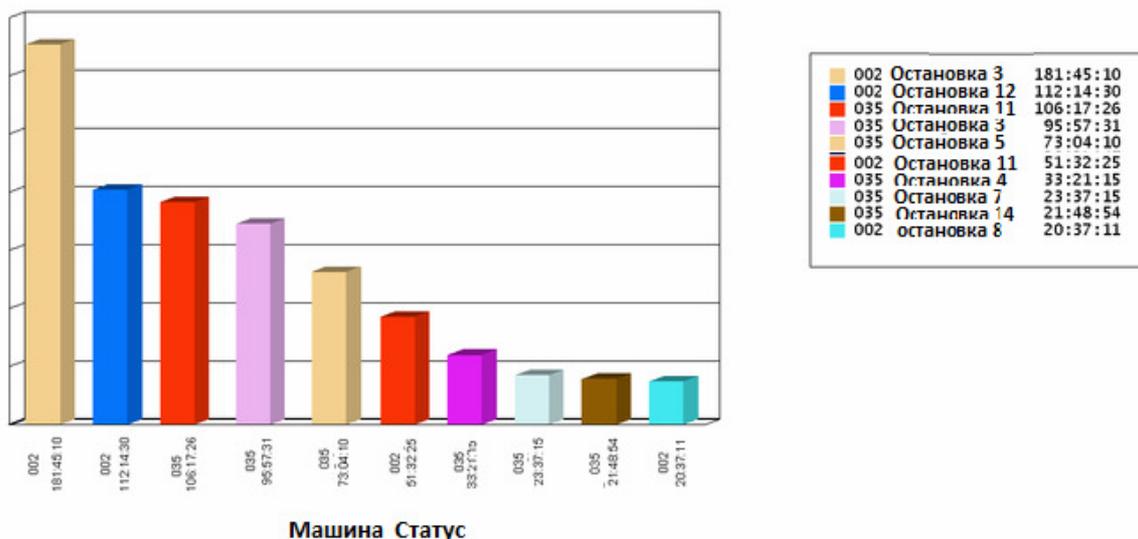
Для финансового отдела требуется уже другой уровень обобщения и другая форма представления, например:



Почему необходимы различные формы представления? Представленная диаграмма показывает, какие состояния оборудования (причины остановок) являются наиболее продолжительными. В данном случае – оснастка. Но есть и другой критерий – частота. Сама по себе остановка может быть короткой по времени, но она часто повторяется, и это приводит к еще большим производственным потерям. Поэтому система предполагает не только представление суммарных результатов по времени, но и по частоте.

В системе PROefficient могут регистрироваться до 100 причин по каждой группе машин. Но представление всех данных на экране становится неудобным, т.к. столбики на диаграмме становятся практически не различимыми. Количество причин должно быть большим, чтобы полностью описывать производственную ситуацию и не должно быть большим, чтобы эта информация легко представлялась на экране и соответственно легко анализировалась. Как быть?

Анализируя причины простоев, неизбежно встанет вопрос, какие причины из, например, 100 возможных, приводят к наибольшим потерям? Т.е. нас интересуют не все, а только самые важные. Построение так называемого Топ-списка – это еще один аналитический инструмент поиска «слабых мест» производства.



Мы получили таким образом Топ10-список худших состояний «машина+остановка».

А если руководитель предприятия захочет увидеть список «лучших»? Ведь эти данные будут по логике в самом конце и просто не войдут в список «десятки». На помощь приходит принцип «наоборот». Мы меняем способ сортировки данных DESC=>ASC (по убыванию => по возрастанию) Нужные нам данные будут находится в начале списка, из которого мы выберем первые 10 и получим желаемый результат в форме так называемого Флоп10-списка.

Вот еще одна **задача**, на примере которой можно проследить возможности инструментов ТРИЗ.

Система PROefficient имеет информацию о производственных заказах и об ассортименте продукции (артикулах). Эта информация либо ведется в самой системе, либо поступает из внешней «ресурсной» системы, роль которой может играть например ERP-система. Таким образом, в базе данных имеется справочник заказов или артиклей.

Представление на экране данных этих справочников в Windows не вызывает никаких сложностей. В WEBе это превращается в проблему, поскольку количество записей может исчисляться десятками и даже сотнями тысяч.

Необходимо отражать на экране информацию о заказах или артикулах. Этих данных очень много, при их передаче, резко снижается производительность

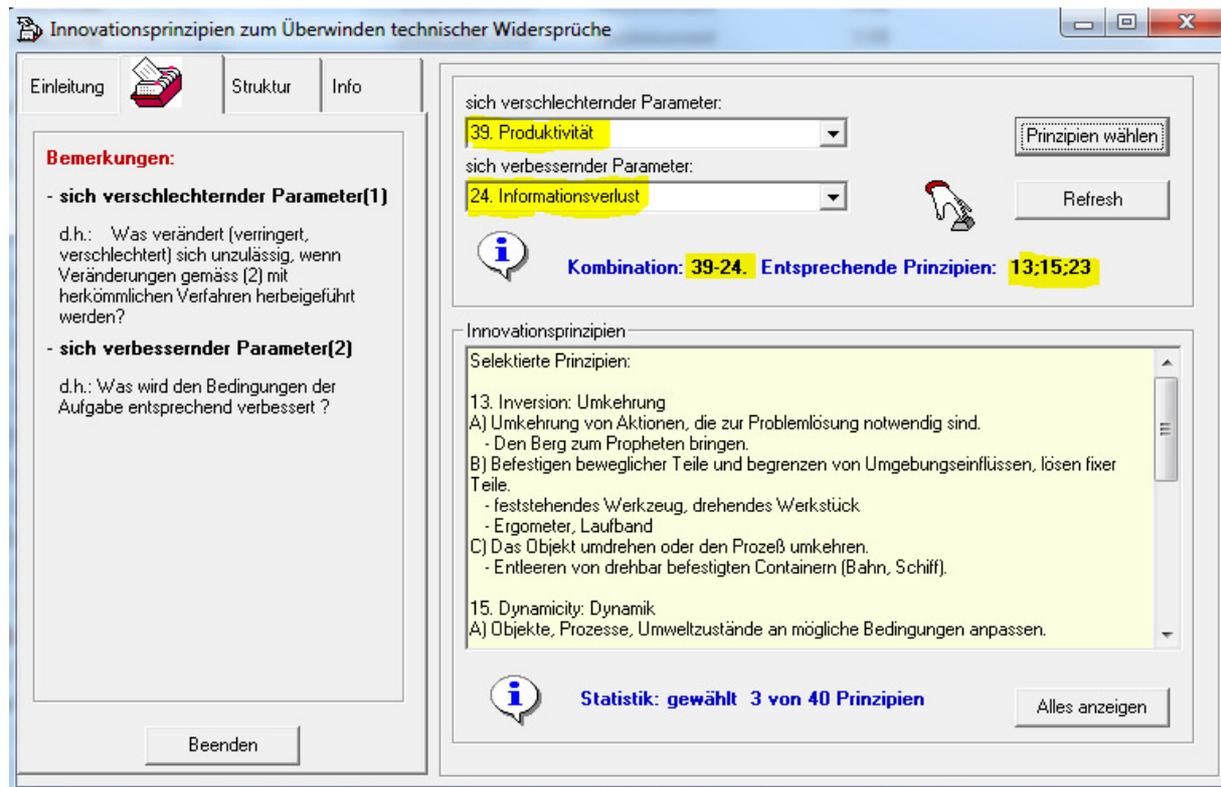
Возникает противоречие: информации должно быть «много» (по факту), но ее должно быть «мало», чтобы не снижалась производительность при передачи данных через сеть.

Воспользуемся известной матрицей Г.С. Альтшуллера. Из 39 известных параметров необходимо выбрать один, который мы хотели бы улучшить и один, который может при этом ухудшиться. В матрице эти два выбора осуществляются по строкам и столбцам. На пересечении предлагается информация о рекомендуемых принципах разрешения противоречия. Лично я использую электронный вариант матрицы Г.С.Альтшуллера – небольшое приложение «Инновационная матрица», которое было разработано мною для удобства пользования.

Для нашего случая: мы хотим достичь высокой производительности (улучшаемый параметр – 39: «производительность») и избежать тем самым потери информации

(ухудшаемый параметр – 24: «потеря информации»). Выбираем отдельно эти параметры и обращаемся к поиску. Для комбинации 24:39 программа предлагает в качестве рекомендации по разрешению противоречия определенные принципы из 40 имеющихся, которые могут сыграть роль «стимула» для возникновения идеи. Это своеобразный информационный ресурс. Здесь можно подключить целый информационный фонд и предлагать примеры из конкретной области.

К сожалению, программа на немецком языке, но принцип должен быть понятен. К тому же не обязательно пользоваться именно программой - с тем же успехом можно пользоваться «бумажным» вариантом матрицы.



Итак, для решения предлагаются принципы 13,15,23

**13. Принцип инверсии или «сделай наоборот»**

**15. Принцип динамичности**

**23. Принцип обратной связи.**

К идее решения приводят принципы 15 и 23.

Согласно принципу 15 получаемая пользователем информация должна быть динамической, т.е. меняющейся, обновляемой.

Нами был применен так называемый «*paging*» т.е. информация грузилась *постранично*, динамически подгружаясь в процессе просмотра ее клиентом. Все равно ведь пользователь видит только одну страничку на экране.

А принцип «*обратной связи*» выражается в том, что пользователь сам решает, какую страницу ему загрузить: достаточно ли ему только первой или он хочет просмотреть другие страницы. Важно, что проблема решена. Информации представлено «мало» на экране, тем самым мы добиваемся того, что производительность программы не

страдает, т.к. информация загружается не полностью. И информации на самом деле «много», т.е. в распоряжении пользователя находится практически вся информация, касающаяся сущностей «заказ» или «артикул».

Т.о. можно сказать, что противоречие разрешалось как во времени, так и в пространстве:

- Разбиение информации на страницы (разрешение в пространстве).
- Постоянная подгрузка или передачи по сети последовательных порций, не одновременно, а порциями, разделенными во времени (разрешение во времени).

Чуть позже мы нашли в этой задаче также применение принципа инверсии.

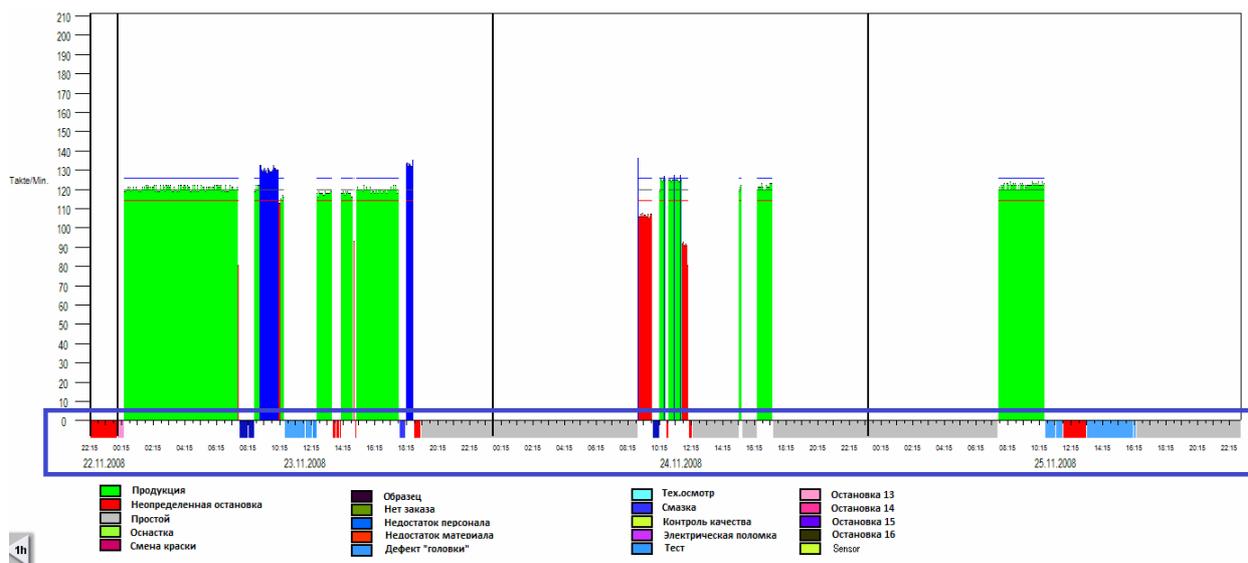
Как быть если, информация которая нам нужна, представлена на одной из последних страниц? Очень просто: мы просто даем возможность пользователю выбирать (или менять) принцип сортировки (по возрастанию или по убыванию). При изменении принципа сортировки на обратный нужная нам информация окажется не на последних, а на первых страницах.

Для программистов это естественно, и накопленный ими опыт позволяет сразу предложить верное решение по изменению способа сортировки. Но ведь этот опыт нужно сначала накопить, поэтому инструменты ТРИЗ, такие как матрица Г.С. Альтшуллера и другие, могут оказаться очень полезными для общего развития аналитического мышления.

Заметим, что инструменты ТРИЗ используются для мышления, а не *вместо* мышления. Они не отменяют ни опыта, ни интуитивной догадки.

## 11. Контроль за скоростью производства в системе PROefficient

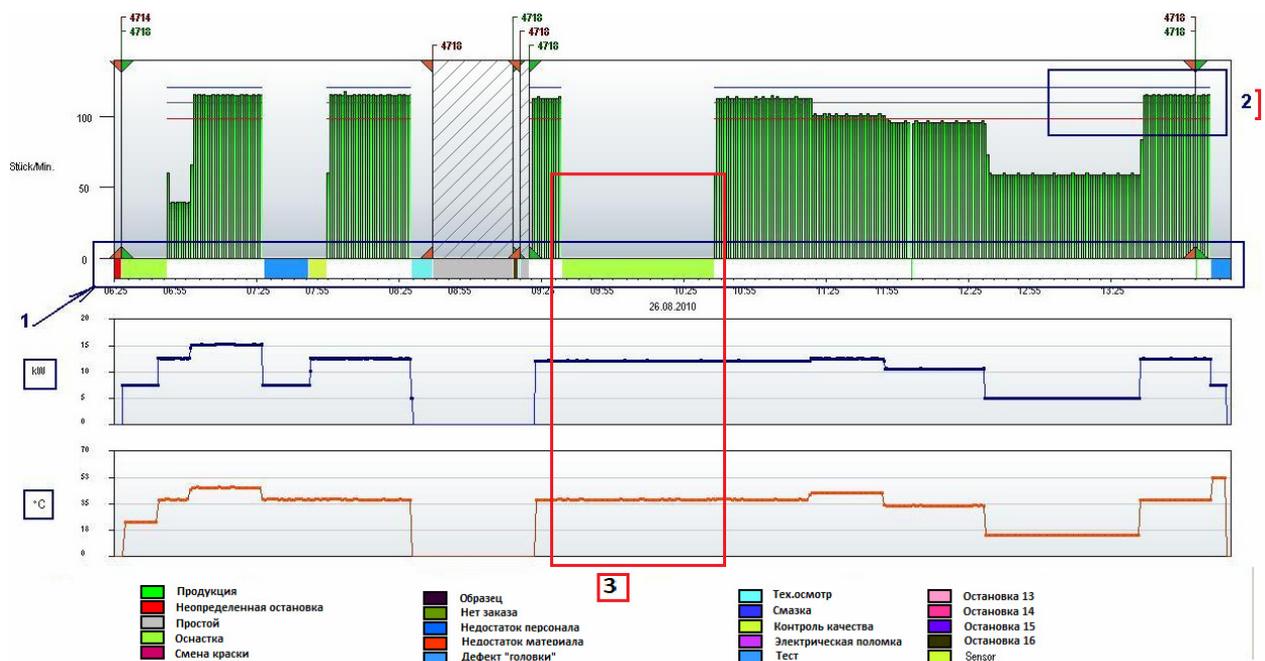
Переформатирование информации, аналогичное описанному выше используется, если мы хотим проследить во времени за скоростью производства (или за циклом, показывающем, сколько единиц продукции изготавливается в единицу времени).



В данном случае на графике мы видим уже знакомый нам график состояний (ниже оси X, заключенный в синюю рамку), дополненный показателями скорости. Если скорость производства соответствует нормам, вертикальные столбики (кол-во циклов в минуту),

характеризующие скорость производства окрашены в зеленый цвет, ниже нормы – в красный, выше нормы – в синий). Т.о. в одном графике объединены два. Переход система => бисистема.

Эффективность анализа возрастет, если, пользуясь *принципом многоступенчатого действия*, наращивать визуализацию процессов путем последовательного применения однотипных графиков (в данном случае, развертка по времени). Не два графика, а три, четыре... Можно, например, дополнить вышеприведенные графики скорости и состояний оборудования показателями расхода ресурсов (электроэнергии, воды, газа и т.д.) и проследить за параллельным протеканием этих процессов.



Здесь приведен график реального производства, на котором параллельно представлены графики расходования электроэнергии (KW) и показатели температуры (C).

Даже не специалист при внимательном рассмотрении может обнаружить зону, в которой потребление энергии сохраняется даже в том состоянии, когда продукция не производится (на графике этот участок помечен красной рамкой и соответствует состоянию «оснастка»). Подобное решение достигается в системе применением дополнительного модуля PROenergy, контролирующего потребление основных ресурсов.

## 12. Общая оценка эффективности работы оборудования (Overall Equipment Effectiveness - OEE)

Разберем на конкретном примере, как использовались показатели оценки эффективности оборудования одним из наших клиентов, для начисления премии обслуживающему персоналу. Сразу заметим, что это было возможным ДО внедрения системы оперативного управления.

Работодатель рассуждал следующим образом. Дорогостоящее оборудование не должно простаивать. Простои, остановки не могут учитываться при начислении премии. В

качестве критерия для ее начисления был взят коэффициент использования оборудования (КИ), определяемого отношением времени, в течение которого оборудование работало продуктивно, т.е. производило продукцию, ко общему времени загрузки оборудования.

Время загрузки = Продуктивное время + сумма всех остановок

$$\text{КИ} = \frac{\text{Продуктивное время}}{\text{Время загрузки}} \times 100\%$$

Чем больше КИ, тем выше премия. Как поступили в данном случае рабочие, естественно, желая получить премию? Время загрузки изменить нельзя, значит нужно увеличить продуктивное время за счет снижения времени остановок.

Некоторые «изобретательные рабочие» воспользовались оригинальным принципом «превратить вред в пользу». Они просто снизили скорость оборудования. При этом оборудование работало с небольшой нагрузкой, реже ломалось, меньше изнашивалось, но и МЕНЬШЕ производило. Конечно, снижение объемов производства это вред для работодателя, который местные Кулибины «обратили себе на пользу». Отследить это в условия крупного производства очень сложно, если не иметь специальных средств типа MES-системы, в которой достаточно было одного взгляда на приведенные выше графики, чтобы заметить, какая из производственной линией работает с занижением скорости, а значит с нарушением технологических норм.

Справедливости ради заметим, что впоследствии данная тенденция все же была обнаружена. Было решено помимо КИ учитывать еще и коэффициент продуктивности (КП)

$$\text{КП} = \frac{\text{Произведенное кол-во}}{\text{Теоретически возможное кол-во}} \times 100\%$$

Значит, линия не должна простаивать и в то же время производить как можно больше продукции. Как-либо изменить скорость линии (т.е. «накрутить» станок) невозможно. Но наши Кулибины и в этой ситуации нашли решение, обратившись к *ресурсам системы*. К слову скажем, что речь идет о пищевом производстве, где из заранее заготовленной массы, изготавливается продукт (конфеты). Была увеличена температура, в результате масса стала более жидкой, быстрее двигалась, меньше налипала на формы, в результате сократилось время, связанное с остановками для чистки форм. Но при этом была нарушена технология, качество продукта резко снизилось, на предприятие стали поступать рекламации. Подобные манипуляции исключены, если на предприятиях используются MES-системы.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что оценка эффективности тоже должна быть *системной, многокритериальной*. Сложные явления вообще невозможно оценить по одному критерию.

В системе PROefficient для оценки эффективности производства используется методика OEE (**Overall Equipment Effectiveness**) - система анализа *общей эффективности*

работы оборудования, предназначенная для контроля и повышения эффективности производства и основанная на измерении и обработке конкретных производственных показателей.

Факторы ОЕЕ включают в себя три критерия эффективности:

- **Доступность** (Availability, A)
- **Производительность** (Performance, P)
- **Качество** (Quality, Q)

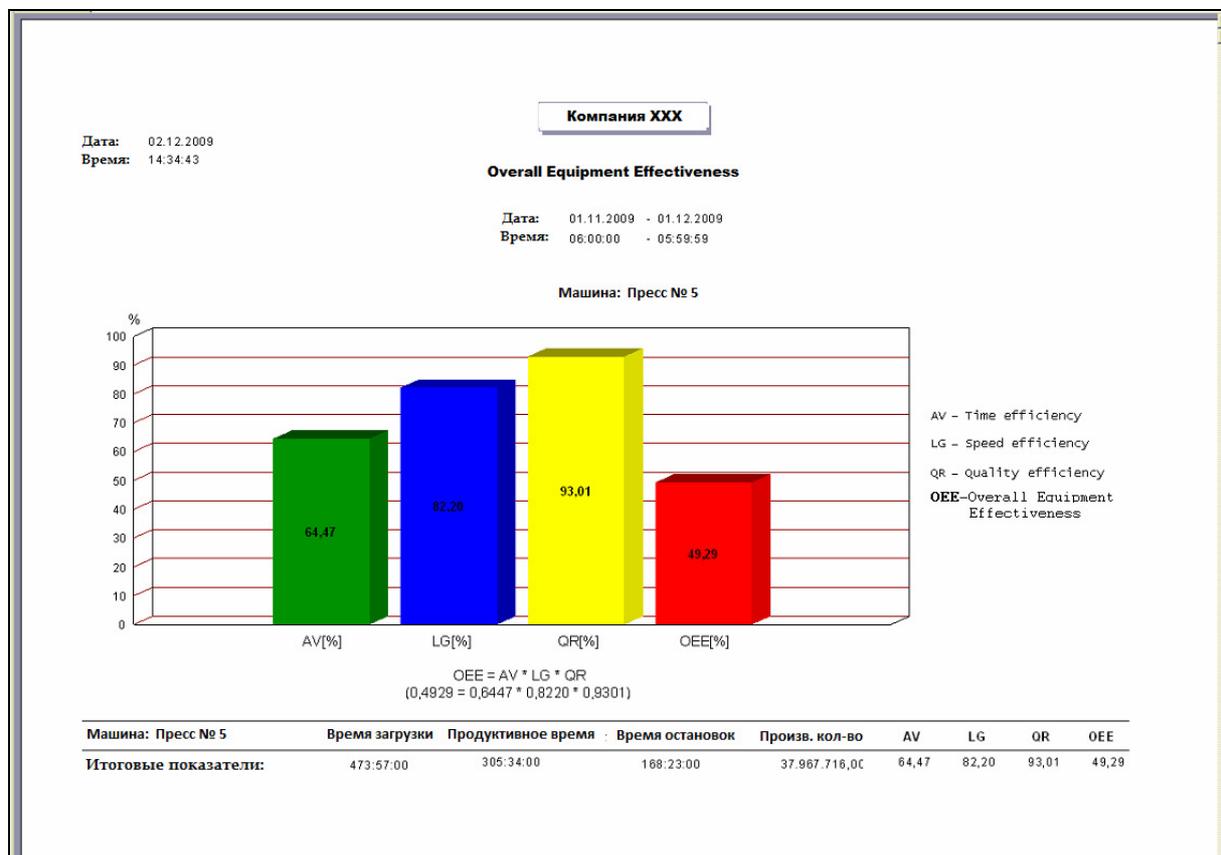
ОЕЕ исходит от планируемого производственного времени и анализирует потери времени с целью их уменьшения или устранения. Существуют три основные категории потерь: *потери на остановки* (Down Time Loss, DTL), *потери в скорости* (Speed Loss, SL) и *потери в качестве* (Quality Loss, QL).

Коэффициент ОЕЕ определяется пороизведением трех подсчитанных факторов:

$$OEE = A \times P \times Q$$

Это лишь очень поверхностное описание ОЕЕ-анализа. Главное заключается в том, что коэффициент ОЕЕ, будучи представленный наглядно сразу мог указать на фактор, за счет которого наблюдаются наибольшие потери.

Вот так выглядит отчет по ОЕЕ в системе PROefficient:



На этом мы заканчиваем знакомство с системой PROefficient и с тем, как в ней можно проследить отдельные принципы ТРИЗ. Мы считаем, что ТРИЗ проявляет себя все в новых и в новых областях, развивается далее и является очень перспективной областью знаний, ознакомление с которой способствует развитию человека.

Предложения, пожелания, замечания, а также все вопросы, касающиеся MES-системы PROefficient, отправляйте по адресу [bdeas@gmx.de](mailto:bdeas@gmx.de)