

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОМ НА МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

И.Ю. Юнак (ООО «Сименс»)

Показана значимость внедрения на дискретном производстве системы управления инструментом и интеграции ее в единое информационное пространство предприятия. Показаны возможные варианты организации производственного процесса, реализующего учет инструментов с/без системы управления инструментами. Представлено решение от компании Siemens, направленное на обеспечение учета производственного инструмента, а также комплексный подход к автоматизации дискретного металлообрабатывающего предприятия.

Ключевые слова: система управления инструментом, единое информационное пространство предприятия, прослеживаемость, идентификация, система адаптивного резанья.

### Введение

В последнее время сложилась непростая общественная ситуация, связанная, с одной стороны, со стремительно начавшейся цифровой трансформацией промышленности, а с другой — с экономическими потрясениями 2020 г. Пандемия коронавируса и спад глобальной экономики ставят перед производствами новые задачи: как сохранить рентабельность при колебании спроса на продукцию; как минимизировать издержки, в том числе на оснастку и инструмент; хватит ли ресурсов на выполнение дополнительных заказов; какие цифровые решения дадут наибольший эффект; как максимально быстро перестроить ИТ-ландшафт под новые бизнес-процессы. При этом ранее эти вопросы задавали в основном крупные предприятия, а сегодня наличие на рынке множества ИТ-систем разного уровня, гибких методов разработки и внедрения новых «кастомизированных» решений позволяет средним и малым компаниям всерьез задуматься о внедрении систем уровня управления производственными процессами (МOM — manufacturing operation management).

Каждое обрабатывающее производство, в основе своей использующее станки с ЧПУ, потребляет большое число инструментов. Высокоточная обработка требует применения дорогостоящего инструмента, утеря которого или поломка в результате некорректного режима обработки или действий оператора вносит вклад в увеличение стоимости готовой продукции и операционных расходов. Внедрение систем ERP и систем управления складом (WMS) позволяет получить более достоверную информацию относительно запасов инструментов, однако не дает полной прозрачности движения инструмента на производстве, потому что, как правило, интерфейсы данных систем не выходят за ворота склада. Учет инструмента в цеху на бумажных носителях не позволяет исключить ошибки и не дает возможности точно ответить на вопрос: достаточ-

но ли на производстве инструментов для выполнения текущих и планируемых заказов? Внедрение системы учета инструмента (Tool management system — TMS) само по себе тоже не даст исчерпывающий ответ на этот вопрос, однако она является необходимой подсистемой в контуре ERP-PLM-MOM, позволяющим решить эту и ряд других задач [1].

### Возможные варианты учета инструмента на предприятии

Рассмотрим укрупненно типичный процесс изготовления детали с фокусом на инструмент и ИТ-системы, участвующие в нем. Для упрощения будем считать, что на предприятие приходят заказы на стандартные детали, по которым уже проведена конструкторско-технологическая проработка и определен перечень технологических операций, материалов и инструментов. Кроме того, будем считать, что уже внедрены системы уровня ERP, PLM и MES, а также проведена их интеграция в объеме не меньшем, чем требуется для выполнения описанных бизнес-процессов. В противном случае описанные ниже процедуры выполняются вручную соответствующим персоналом.

На первом этапе заказ приходит в ERP систему, которая, оперируя собственными и справочными данными из PLM (жизненный цикл изделия) системы, формирует задание для MES, а также, при необходимости, заказ на недостающие материалы и инструменты поставщикам (предполагаем, что человеческих

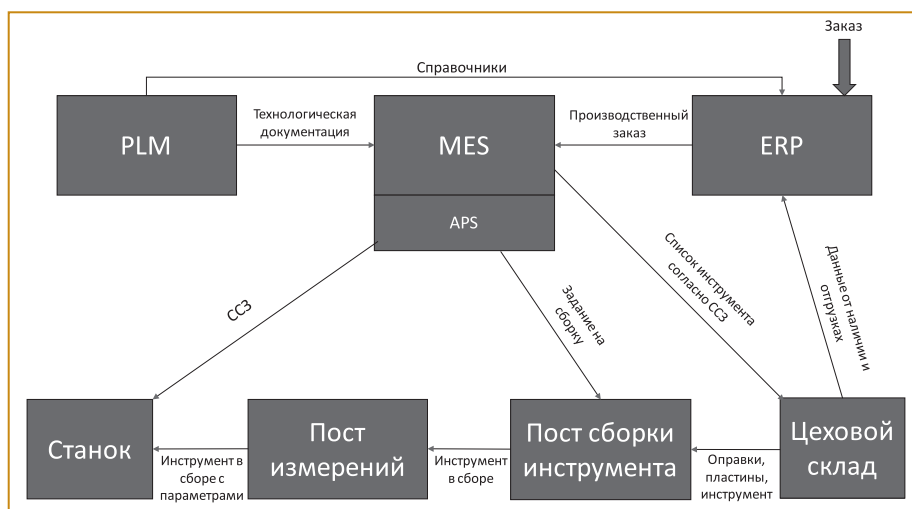


Рис. 1. Схема прохождения заказа по ИТ-системам предприятия

ресурсов и технологических постов достаточно для выполнения заказа собственными силами). MES в связке с системой производственного планирования (APS) формирует задания отдельным технологическим постам. Вместе с заданием на пост поступает также список всех необходимых инструментов. Идеальным является процесс, соответствующий принципу «точно вовремя». Для его реализации APS должна заранее оценить наличие на станке инструмента, необходимого для выполнения задания.

В случае его отсутствия запрос отправляется в ERP (WMS) для отгрузки необходимых пластин и инструментальных оправок со склада: сначала на пост для сборки инструмента, а затем для его итогового измерения и формирования перечня характеристик готовой инструментальной сборки. Данные параметры необходимо внести в станок во время загрузки готового инструмента в магазин или, при отсутствии такового, после установки его в шпиндель перед выполнением обработки. Схематически весь процесс показан на рис. 1.

При этом, как правило, горизонтальная передача информации между складом, станком, постами сборки и измерения происходит на бумажном носителе, что является также потенциальным местом возникновения ошибок и последующих дополнительных затрат. Ручное введение параметров инструмента в станок также может повлечь ошибки, приводящие в лучшем случае к потере качества обработки. В худшем же — к поломке инструмента или станка.

Внедрение TMS позволяет преобразовать данную структуру к виду, показанному на рис. 2.

На первый взгляд, она кажется сложнее. Однако, учитывая тот факт, что в процессе передачи информации исключается человеческий фактор, а система планирования позволяет провести подготовку инструмента точно ко времени, когда он понадобится на станке (либо к моменту его переналадки и загрузки нового инструмента), минимизируются потери вследствие складирования инструмента в разных местах цеха. При этом в конце смены инструмент может быть возвращен на склад с сохранением в TMS всех его параметров, включая остаточный ресурс при условии наличия на станках продвинутой системы мониторинга.

#### Решение от компании Siemens

Очевидно, что от TMS требуется решение различных задач, и зачастую готовые коробочные решения не в состоянии решить их все, а тем более обеспечить

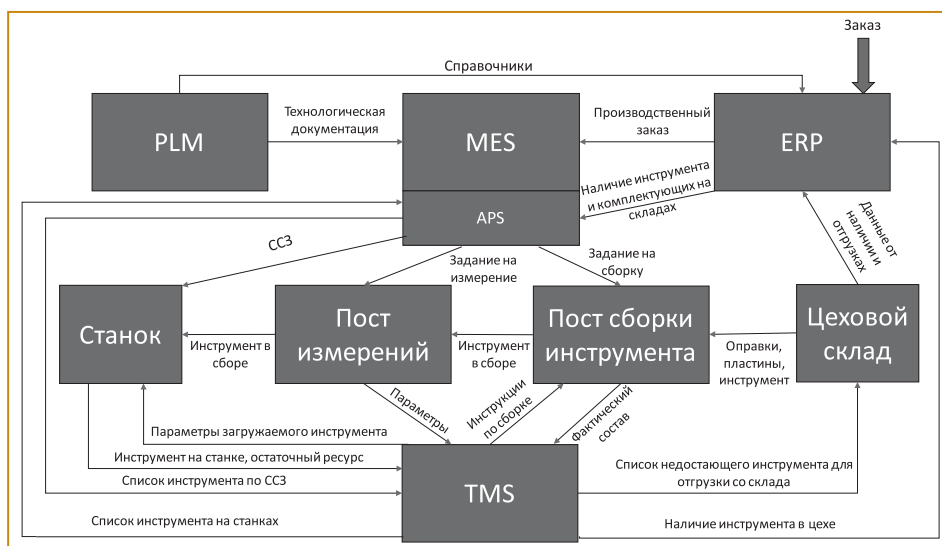


Рис. 2. Схема прохождения заказа по ИТ-системам предприятия при наличии TMS

интеграцию в общий контур оборудования разных производителей. Компания Сименс располагает всеми необходимыми продуктами для построения полноценной системы TMS для обрабатывающего цеха на базе станков с ЧПУ Sinumerik 840 D sl.

В первую очередь инструментальные компоненты и готовый инструмент оснащаются наклейками с бар-кодами или RFID метками для простоты идентификации и прослеживаемости движения товарно-материальных ценностей по цеху. Рабочие места, склад и станки оснащаются камерами, сканерами графических кодов или RFID меток. При этом в зависимости от используемого идентификатора немного меняется архитектура TMS, поскольку в случае применения RFID часть параметров инструмента может быть записана непосредственно на метку, что снижает требования к пропускной способности сети и объему базы данных самой TMS. Использование же бар-кодов подразумевает организацию единой БД, позволяющей поставить в соответствие бар-код, нанесенный на инструмент, его параметрам.

Контроль сборки инструмента из отдельных компонентов и запись его итоговых параметров осуществляется при помощи ПО *Shop Floor Integrated Resource Manager (SFI RM)*.

Посредством ПО *Manage MyTool (MMT)* станок передает данные о фактическом состоянии магазина и наличии в нем инструментов. При этом может быть также зафиксировано число деталей или время, которое конкретный инструмент был занят в обработке. Таким образом, TMS при наличии соответствующих справочных или опытных данных может фиксировать предполагаемый износ инструмента. Кроме того, в MMT есть стандартная процедура загрузки инструмента, которая помогает минимизировать число ошибок при пополнении магазина инструментов и ручном вводе их параметров.

Важными задачами являются интеграция оборудования и построение взаимодействия TMS с челове-

ком. Для их решения незаменимой является WinCC OA [2]. Платформа позволяет по известным протоколам интегрировать в TMS оборудование любого производителя, управление которым построено как на базе ПЛК, так и ПК. В контуре рассматриваемой системы в первую очередь это относится к измерительным постам/пресеттерам. В случае большого числа ручных операций, например на постах сборки WinCC OA может быть использована для передачи информации, вводимой оператором посредством HMI.

При помощи WinCC OA в контуре TMS могут быть решены также следующие задачи:

- организация внутренней БД системы TMS;
- передача данных со сканеров бар-кодов или RFID меток и обратно;
- интеграция TMS с другими системами: ERP, APS, MES;
- идентификация персонала;
- построение системы склада инструментов, если он не входит в общий контур ERP.

Укрупненно программно-аппаратный ландшафт предприятия, описанный выше, показан на рис. 3

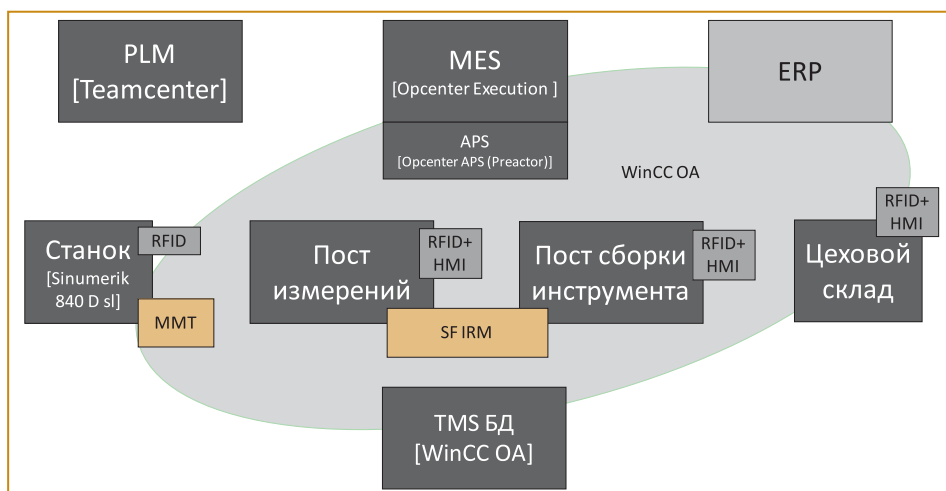


Рис. 3. Программно-аппаратный ландшафт предприятия, реализованный на продуктах Siemens (за исключением ERP)

Зачастую оператор на станке может вручную изменить подачу инструмента. Увеличить — для того, чтобы закончить работу раньше, либо, наоборот, в случае отсутствия или неполноценности системы мониторинга работы оборудования, уменьшить. Уменьшение подачи снижает нагрузку на инструмент, однако это также снижает эффективность (OEE) станка. С другой стороны, увеличение подачи может привести к ухудшению качества обрабатываемой поверхности и поломке дорогостоящего инструмента. Шпиндель со сломанным инструментом, если вовремя не остановить станок, может повредить деталь, что приведет к дополнительным потерям при производстве.

Системы адаптивного резания могут стать полноценной частью TMS в вопросе повышения срока службы инструмента. В портфеле Siemens эту задачу решает продукт *Adaptive control and Monitoring (ACM)*. Отслеживая в реальном времени нагрузку на шпиндель, ACM увеличивает подачу при простых резах, если станок недогружен, либо уменьшает ее до допустимого уровня, не допуская тем самым поломку инструмента. Если уменьшить подачу таким образом, чтобы не повредить инструмент невозможно, например, в случае заклинивания при глубоком сверлении, ACM безопасно останавливает станок. Таким образом, ACM, с одной стороны, позволяет продлить срок службы инструмента, не допуская его эксплуатацию на запредельной нагрузке, с другой, подстраивая подачу под некоторое оптимальное значение в автоматическом режиме, если есть такая возможность, сокращает технологическое время операции.

Еще одной полезной опцией ACM является возможность отслеживать фактическую деградацию инструмента в том случае, если станок серийно производит одинаковые детали. Система следит за изменением нагрузки при выполнении одной и той же операции на различных деталях серии, определяя в какой момент вследствие затупления режущих кромок следует заменить инструмент.

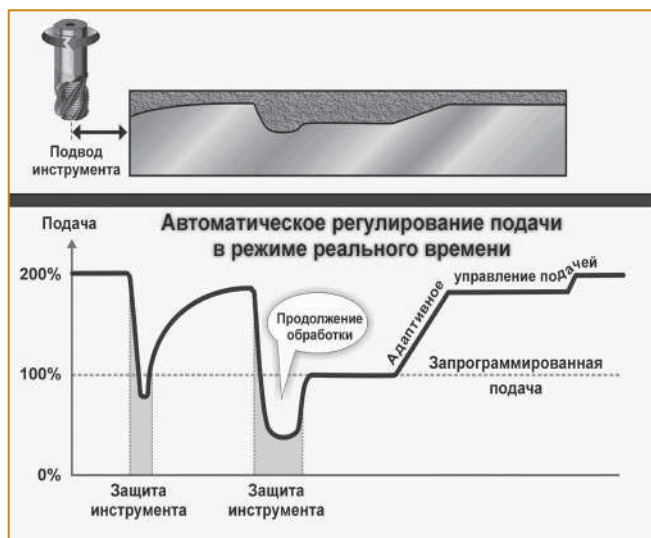


Иллюстрация работы системы адаптивного резания

Для станков с ЧПУ Sinumerik 840 D sl АСМ является программным решением и не требует установки дополнительных аппаратных компонентов.

Все рассмотренные продукты могут быть объединены в полноценную систему управления инструментом. Их функциональность может адаптироваться и расширяться в зависимости от требований конкретных производств.

#### Заключение

Быстроменяющаяся ситуация в экономике диктует особые требования к индустрии, ставя перед ней задачи максимального сокращения возможных потерь при производстве продукции. Цифровизация позволяет минимизировать затраты, не связанные с созданием добавленной стоимости конечного изделия, однако она предъявляет высокие требования к прозрачности процессов на уровне цеха. Использование инструмента — один из них. При выборе TMS важно соблюсти баланс и не потратить на систему

средства, значительно превышающие возможный положительный эффект от внедрения. Следует учитывать траты не только на программные и аппаратные средства, необходимые для решения поставленных задач, но и затраты на интеграцию и выстраивание кросс функциональных связей между различными системами управления, а также обучение персонала. Точное соответствие внедряемых решений, опирающихся на текущее состояние производства, бизнес задачам позволяет максимально защитить вложения в систему и не провалиться в непрерывный процесс внедрения большого числа трудно связываемых друг с другом ИТ решений.

#### Список литературы

1. *Albert Mark*. Standard tool classification for better data communication // Modern Machine Shop.2016. <https://www.mmsonline.com>
2. *Мельников А.С., Палтов С.И.* Обеспечение безопасности SCADA-системы WinCC OA средствами WinCC OA и KICS // Автоматизация в промышленности. 2019. №7.

*Юнак Илья Юрьевич — ведущий менеджер по сбыту сервисных услуг ООО «Сименс», Управление «Цифровое производство», Подразделение «Промышленный сервис». Контактный телефон +7 (916) 964-98-48. E-mail: [ilya.yunak@siemens.com](mailto:ilya.yunak@siemens.com)*

#### ОАО «РЖД» планирует реализовать первый смарт-контракт на сопровождение грузовой перевозки в 2020 г.

ОАО «РЖД» реализует на Октябрьской железной дороге пилотный проект по внедрению смарт-контракта, который обеспечивает договорное сопровождение транспортно-логистической деятельности в рамках норм цифрового права. Такой контракт считается автоматически исполненным, когда выполнены все его условия: груз перевезен, деньги перечислены, а участники не имеют друг к другу претензий.

До конца 2020 г. компания планирует осуществить первую грузовую перевозку с полноценным применением этой технологии.

Цель проекта. Исключение искажений при передаче данных между участниками перевозок. Создание общих для всех участников принципов подтверждения и хранения информации об операциях. Повышение доверия между участниками перевозок. Сокращение претензионной работы. Упрощение организации перевозок за счет электронного документооборота и в перспективе удешевление их благодаря созданию нормативной базы «цифрового договора». (<https://trends.rbc.ru>)

С начала эксперимента была проведена большая работа по исследованию операционной функциональности смарт-контракта, результаты которой позволят в этом году не только использовать его операции при сопровождении грузов, но и заключить первый договор перевозки, факт исполнения обязательств по которому определяется с помощью алгоритма «смарт-контракт» на базе технологии «блокчейн».

На первом этапе проекта, который начался в 2018 г., для составления схемы действий и получения первичных данных проведена интеграция с корпоративными автоматизированными системами ОАО «РЖД».

В рамках эксперимента по внедрению технологии в 2019 г. было освоено более 40 технологических операций, совершаемых в ходе перевозки, в том числе реализовано одинаковое отображение информации о процессе доставки у всех участников смарт-контракта.

В июле 2019 г. была осуществлена тестовая перевозка с использованием освоенных операций смарт-контракта между станциями Предпортовая и Новый Порт. Кроме того, в 2019 г. таким образом было организовано сопровождение контейнерных поездов по направлениям Предпортовая — Автово, Нигозеро — Новый Порт, Нигозеро — Автово и Питкяранта — Новый Порт.

В 2020 г. технология смарт-контракта расширит свою функциональность, а число терминалов, принимающих участие в проекте, увеличится. Будет доступна возможность договорного сопровождения перевозки, до 63 вырастет число технологических операций, которые могут отображаться по ходу перевозки на платформе распределенного реестра данных (блокчейн). Среди них те, которые предполагают возникновение финансовой ответственности между сторонами либо определяют объем обязательств. Это позволит при использовании технологии смарт-контракта осуществлять взаиморасчеты.

<https://company.rzd.ru/>