

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА «БЫСТРЫЙ СТАРТ» ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРЕДЕЛЬНОГО ТИПА

И.С. Решетников (ИПУ РАН), С.И. Забелин (ООО «Компания «ТЕРСИС»)

Рассмотрен процесс внедрения системы управления производственными процессами передельного производства на базе выделенной конфигурации «1С:Производственная логистика», обеспечивающие короткие сроки внедрения и достаточное для продуктивной эксплуатации покрытие базовых задач. Предложена методика внедрения систем класса MES, основанная на построении систем алармов.

Ключевые слова: управление производством, управление предприятием, металлургия, система алармов, производство передельного типа.

Введение

При внедрении систем класса MES на промышленных предприятиях одним из ключевых факторов успеха является правильное поэтапное построение процесса внедрения, которое обеспечивало бы адекватные сроки внедрения, с одной стороны, и правильный выбор автоматизируемых процессов, которые сразу бы были вовлечены в управленческую деятельность предприятия, с другой [1]. Адекватность сроков трактуется так, что сроки проекта как минимум в разы должны быть меньше условно-стабильного времени деятельности компании. К сожалению, на практике это соблюдается редко, проекты MES затягиваются на несколько лет и не успевают за динамикой развития предприятия в части технологий, процессов, позиционирования на рынке. Связано это обычно с двумя факторами: подход к выбору и внедрению MES как к «капитальной стройке» и изначально заложенная избыточная функциональность.

Задача балансировки сроков и функциональности в проектах MES с разбивкой по этапам одна из ключевых, но ей уделяется крайне мало внимания как на практике, так и в теоретических исследованиях, хотя поэтапное внедрение и признано «лучшей практикой» [2]. В данной работе представлены результаты сбалансированного подхода к внедрению MES на предприятии металлургической отрасли, построенного на принципах выделения текущих ключевых проблем с локализацией функциональности в контексте текущих бизнес-процессов и внедрение по принципу «быстрый старт», когда функциональность системы вовлекается в деятельность предприятия параллельно с его развитием. Данный подход показал высокую эффективность и может быть полезен в проектах аналогичного типа.

Объект автоматизации и постановка задачи

Объектом автоматизации в рамках данной работы рассматривается металлургическое предприятие по нанесению внешней изоляции на трубы среднего диаметра

О том, что такое плавание, скажет нам только прыжок в реку.

Мартин Хайдеггер

для различных нужд. Укрупненная схема технологического процесса по одному из цехов показана на рис. 1. Производство позаказное, мелкосерийное, комбинация давальческой схемы и производства из собственного сырья. Типичными являются высокие требования к качеству продукции, при этом зависящие от заказчика и типа номенклатуры, и срокам выполнения заказа.

Исторически сложившаяся схема контроля производства на предприятии была построена на базе отдельного учетного блока в составе корпоративной ERP-системы на базе 1С. Этот блок обеспечивал замкнутый цикл документооборота от поступления труб и материалов на производство до отгрузки готовой продукции, при этом осуществлялась печать форм сертификатов готовой продукции, данные для которых собирались в ходе регистрации в системе этапов производства готовой продукции. Рабочие места 1С были установлены у кладовщиков, мастеров цехов, ОТК, в отделе отгрузки, в бухгалтерии.

Учетный блок ERP-системы формально закрывал потребности предприятия в части контроля производства, но по мере повышения степени загрузки предприятия и усиления требований к показателям качества колоссально возрастал объем информации, вводимой вручную, и цена ошибки при вводе данных. Следующими причинами необходимости проведения модернизации текущей схемы контроля были, с одной стороны, выделенность производственно-учетного блока в замкнутый информационный контур, не связанный с бухгалтерским, а с другой - его реализация внутри основной корпоративной конфигурации 1С предприятия, что накладывало массу ограничений.

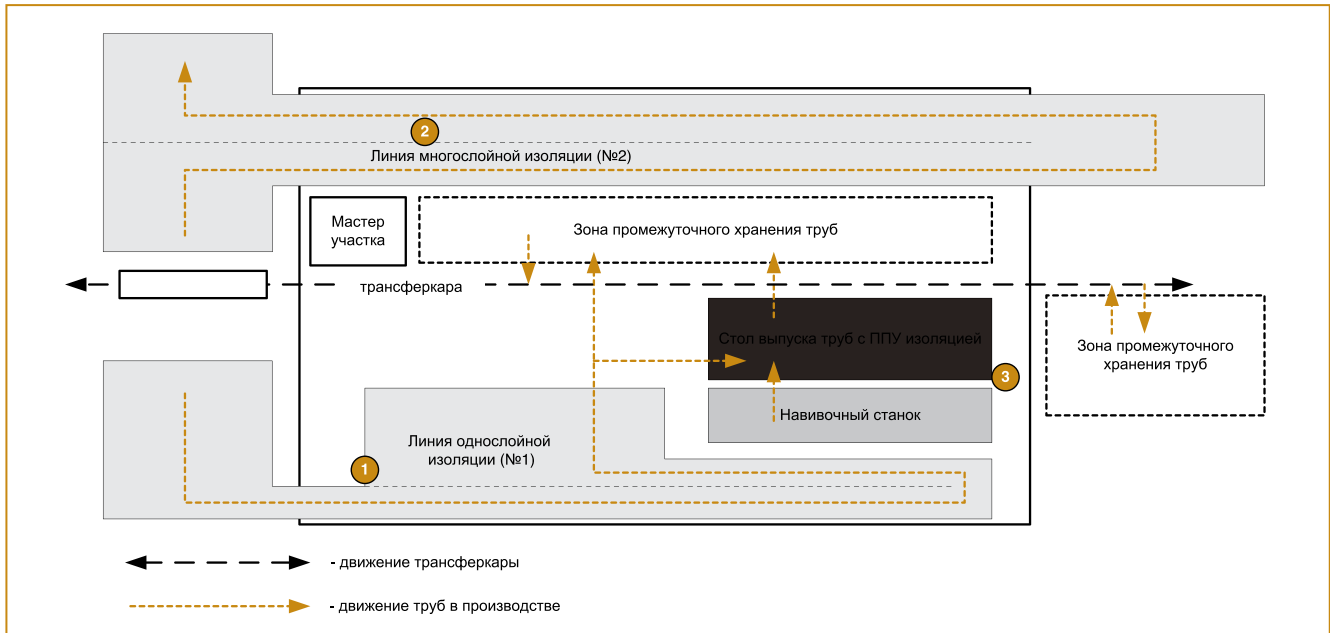


Рис. 1. Типовая схема технологического процесса

Основные претензии были связаны со следующими аспектами:

- недостаточная оперативность регистрации событий и ввода документов;
- отсутствие контроля «целостности» процесса и данных;
- отсутствие инструментов печати маркировки на основании вводимых в систему данных;
- сложность гибкой настройки функциональности блока в части данных о качестве и, как результат, неполнота данных о качестве;
- необходимость частичного повторного ввода данных в типовом документообороте ERP-системы.

В результате анализа корпоративных процессов был выбран путь внедрения локально-специализированной MES с возможностью прозрачной интеграции с корпоративной системой учета IC, обеспечивающей потребности предприятия и учитывающей его компоновку и квалификацию персонала. Базовым решением был выбран программный комплекс «MES: Производственная логистика» на платформе IC разработки компании «ТЕРСИС».

Требовалось провести внедрение системы без остановки производства в предельно сжатые сроки и осуществить «бесшовный» переход к работе с новой системой с минимальным отвлечением персонала на процедуры обучения и переноса исторических данных. Эти требования были отражены в дорожной карте и этапах проекта. С точки зрения организационных подходов данный проект имел специфику: базовое программное решение было заранее определено, а сроки проекта сильно сжаты. По этой причине вместо классического подхода к управлению проектом [3] в основу был положен подход, основанный на базовых принципах построения систем тревожных оповещений (алармов) [4, 5], условно названный «концепция быстрого старта». Выбор именно этой методикой в качестве прототипа

для схемы управления проектом был обусловлен функциональной схожестью процессов анализа регистрируемых данных и событий системы MES и подходами стандарта. Процессы построения функциональной модели системы в контексте описываемого проекта выглядели так:

- общие принципы (Philosophy) – формирование концепции выделения учетных показателей и событий;
- идентификация (Identification) – выделение действительно важных учетных показателей и событий;
- обоснование (Rationalization) – оценка соответствия показателей бизнес-целям и задачам предприятия;
- проектирование (Detailed Design) – формирование сценариев обработки данных и событий;
- реализация (Implementation) – реализация созданной модели на MES-платформе;
- эксплуатация (Operation) – обучение оператора работе с системой, разработка операционных инструкций;
- поддержка (Maintenance) – обеспечение стабильной работы системы;
- мониторинг и оценка (Monitoring and Assessment) – мониторинг эксплуатационных показателей системы на соответствие актуальным процессам производства;
- развитие (Management of Change) – заложенные подходы постоянного развития системы;
- аудит (Audit) – периодический анализ всей системы с целью улучшения процессов производства и достижения необходимого результата.

Для гарантированного достижения результатов в соответствии с принципами выбранной методикой внедрения было выделено несколько фаз проекта:

- концептуальное проектирование: цели верхнего уровня, связь с базовыми операционными показателями, целевые метрики;
- идентификация задач: выделение ключевых задач и требований;

- рационализация: оценка целей и задач в комплексе, оптимизация и балансировка требований;
- проектирование: детальная проработка структуры процессов по каждой бизнес-задаче;
- внедрение.

Дальнейшие планы по уставу проекта должны были включать стадии использования, контроля, аудита общей эффективности системы, управление изменениями. Входным этапом проекта стал процесс аудита, результаты которого легли в основу концептуального дизайна.

Описание целей и задач проекта

Переход от учетной модели контроля к внедрению системы класса MES не является локальной задачей, он затрагивает перестройку многих процессов предприятия и вовлекает специалистов всех подразделений. Для внедрения функциональности MES параллельно необходимо решить вопросы сквозной маркировки материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, разработать методики учета материалов в различных единицах измерения и сведения показателей «план-факт», формализовать описания техпроцессов, выделить точки сбора данных и установки производственных терминалов с соответствующими коммуникационными каналами и пр.

В объем проекта были включены следующие задачи:

- учет логистических операций;
- учет производственных операций;
- учет качества материалов, полуфабрикатов и готовой продукции;
- учет рабочего времени производственного персонала;
- автоматизированная интеграция с вышестоящими и периферийными системами;
- планирование производства и контроль исполнения плана;
- оперативная и аналитическая отчетность и производственный мониторинг.

Отметим, что данный набор задач является достаточно типичным для производств подобного типа, поэтому и алгоритм решения тоже может быть легко адаптирован к другим подобным проектам.

На предварительной стадии был выполнен анализ текущих процессов и требований по потокам данных, на уровне концептуального проекта согласован партионный учет материалов (ТМЦ), разработаны методы идентификации и маркировки, модели производства, определена и зафиксирована структура рабочих центров¹, алгоритм расчета баланса ТМЦ и металла. По текущей схеме организации производства были проанализированы производственные документы, такие как производственные спецификации, показатели и планы контроля качества, наряды на производство, схемы оплаты труда. Текущие, целевые и переходные (пир необходимости) схемы процессов были зафиксированы в проектных документах в формате EPC-диаграмм, которые являлись ключевыми и при последующей разработке рабочих инструкций и руководящих документов.

¹ В подобных производствах разделение на операции не всегда явное, поэтому для конкретной задачи выделяются зоны и единицы оборудования, которые для задач учета являются едиными рабочими центрами, и контроль прохождения производственного задания идет в их разрезе.

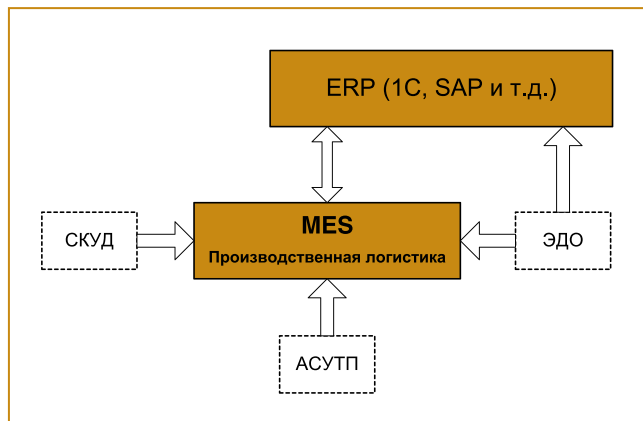


Рис. 2. Архитектура системы управления

Ключевым аналитическим показателем проекта являлся расчет оперативного баланса металла B по весу за смену:

$$B = (U_0 + M) - (F + W + S + R + t(F) + U_1) + d,$$

где индексы 0 и 1 отражают состояние на начало и конец смены, значения без индекса - сумма за смену, веса: U - незавершенное производство, M - задача материала, F - готовая продукция (ГП) и полуфабрикаты (ПФ), передаваемые на сторону, W - отход, S - брак и несоответствия, R - возврат из производства, t - заданный технологический допуск на потери, в общем случае зависящий от объема выпуска, d - невязка. Последний показатель является одновременно и показателем качества реализации системы и настройкой процессов контроля и учета.

Вторым, косвенным, но не менее важным критерием было полное формирование выходного паспорта готовой продукции непосредственно из системы без дополнительного ручного заполнения бланков.

Локальными задачами внедрения системы управления являлась автоматизация управленческих и производственных процессов, в частности:

- движение ТМЦ в производстве, в том числе их связь с производственным планированием;
- мониторинг работы производственных участков;
- контроль параметров качества;
- регистрация рабочего времени производственного персонала и формирование сдельных нарядов;
- визуализация оперативной отчетности;
- маркировка партий ТМЦ, ПФ и ГП.

Кроме этого, в новой системе должен был выполняться производственный учет, и требовалось своевременно передавать объективную отчетность в корпоративную ERP-систему.

Описание процесса внедрения и результаты проекта

Внедрение было начато с пилотного участка (цеха) с минимальной загрузкой, что обеспечило необходимый запас ресурсов для отработки всех этапов и новых технологий контроля и учета в производстве.

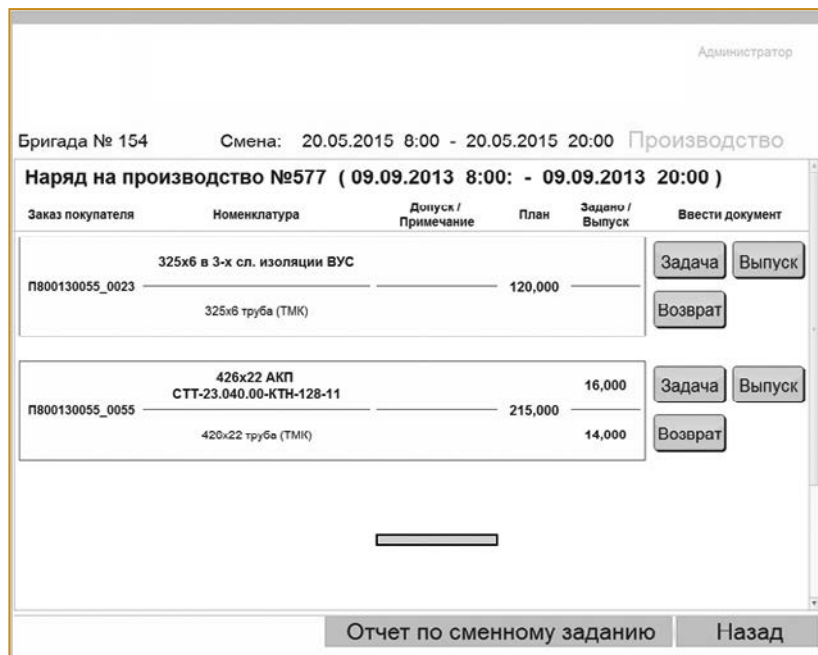


Рис. 3. Пример экранной формы, оптимизированной для работы в цехе

Прежде всего, системный ландшафт предприятия был скорректирован, разделен «производственный» (факт) и «бухгалтерский» (документальный) учет материалов, а в систему введен дополнительный контур учета, построенный на базе отдельной конфигурации 1С MES:ПЛ (рис. 2). Соответствующим образом были перестроены интеграционные связи с основной учетной системой 1С предприятия и настроено горизонтальное межсистемное взаимодействие. Корпоративная ERP-система, включая модель НСИ, была необходимым образом доработана для обеспечения такой интеграции.

Учитывая требования, что рабочие места пользователей систем класса MES должны обеспечивать:

- максимальную простоту и скорость выполнения всех действий в системе;
- размещение непосредственно на производственных участках;
- использование средств автоматизированной идентификации партий номенклатуры и документов;
- исключение текстового ввода данных из алгоритма работы,

пользователи были разделены на две группы: линейный менеджмент и операторы, для которых были разработаны формы управления, ориентированные на работу на полнофункциональных настольных автоматизированных рабочих мест (АРМ) и специализированных производственных терминалах (ПТ) с экраном с сенсорным вводом соответственно. Интерфейсы производственных терминалов были оптимизированы в том числе для работы в перчатках, учитывая специфику производства (рис. 3).

Цеховые производственные терминалы были распределены по зонам логистики/хранения и производственным переделам, каждый был ориентирован на свой набор задач:

- логистический: поступление ТМЦ, генерация и печать маркировки, восстановление утраченной маркировки, перемещение ТМЦ, организация координатного хранения, инвентаризация ТМЦ и ГП, отгрузка ТМЦ и ГП;

- производственный: задача сырья и материалов в производство, фиксация выпуска ГП, ПФ, фиксация брака, несоответствующей продукции и отходов, ввод данных о качестве на всех этапах производства и хранения.

Помимо этого, на производственных терминалах решались контрольные задачи общецехового характера: ввод состава бригады, отработанного времени и коэффициента трудового участия, ввод данных о технологических работах и простоях оборудования, формирование оперативных отчетов о производстве.

Планирование процесса производства в данном случае достаточно простое и определяется требуемым порядком выпуска, который в свою очередь определяется отделом

маркетинга. В случае небольших по размеру партий могут быть использованы простые алгоритмы оптимизации динамических расписаний [6], что было заложено в логику работы модуля. По результатам формирования планов производства и деблокирования запуска в системе формировался набор нарядов на производства по производственным участкам в разрезе номенклатуры по сменам и бригадам (рис. 4). При этом структура планов на уровне данных была такова, что все движения ТМЦ на складе и в производстве были привязаны к соответствующим реквизитам планирования.

Внедрение, в соответствии с рекомендациями MESA International [2], выполнялось поэтапно и включало следующие этапы:

- отладка и запуск данных от ERP к MES;
- тестирование и запуск системы на пилотном рабочем центре;
- запуск системы на участке поступления и маркировки сырья;
- запуск на всех рабочих центрах первого передела, обеспечение маркировки полуфабрикатов;
- запуск на рабочих центрах второго и последующих переделов;
- запуск отгрузки полуфабрикатом и готовой продукции.

После проведения периода опытной эксплуатации (в режиме промышленной на пилотном участке) и подтверждения требуемой функциональности системы была настроена и «исходящая» интеграция с ERP-системой предприятия, в частности была настроена передача и автоматическая загрузка следующих данных:

- подтверждение приемки ТМЦ;
- выпуск продукции, включая полуфабрикаты, отчет по браку и несоответствиям;
- данные о качестве выпущенной продукции по картам контроля качества;

- отгрузка ТМЦ;
- выгрузка данных по бригадам и рабочему времени.

Для задач обеспечения качества ГП на заданном уровне процесс производства и контроля был модернизирован, а в системе предусмотрен специальный функциональный блок, который отвечал за комплексное решение блока задач:

- ведение справочников и нормативов показателей качества;
- разработка и хранение планов контроля качества (этапов контроля и состава показателей по этапам контроля);
- ввод данных о качестве на всех этапах производства и хранения ТМЦ;
- автоматизированное определение качества по введенным данным (расчет по формулам);
- хранение архива данных о фактических значениях показателей качества в разрезе единиц ГП и партий;
- информация по цепочке операций восстановления качества: учет ремонтов или повторного контроля ранее забракованных партий ТМЦ.

Контроль доступа и защита информации в системе реализованы на уровне как технических, так и организационных мероприятий, в частности, для пользователей производственных терминалов не требуется выдачи и запоминания отдельных паролей, авторизация выполняется при помощи использования электронных пропусков (RFID-карт) СКУД предприятия. При этом контролируется факт прохода сотрудника на предприятие и его статус (у сотрудника рабочий день, он не в отпуске). Сами рабочие места системы выполнены в закрытом антивандальном исполнении и максимально защищены от неконтролируемого доступа и нецелевого использования. Для каждого сохраняемого в системе действия (складские и производственные операции, контроль качества и т.д.) фиксируется ответственный.

Весь цикл внедрения длился 6 мес., включая период опытно-промышленной эксплуатации и доработки по ее результатам, после чего предприятием-заказчиком была проведена финальная функциональная проверка соответствия и выполнен полный переход на учет и работу в новой системе и новой модели учета.

По результатам уже первых 3 мес. промышленной эксплуатации было отмечено резкое - до 80% снижение ошибок при регистрации данных (по результатам анализа данных системы сервис-деск ИТ-службы на корректировку данных), практически полное исключение из планов запуска недоукомплектованных заказов, заметная «разгрузка» цеха за счет контроля сроков хранения ТМЦ в цеховых кладовых и возврат на главный склад невостребованных

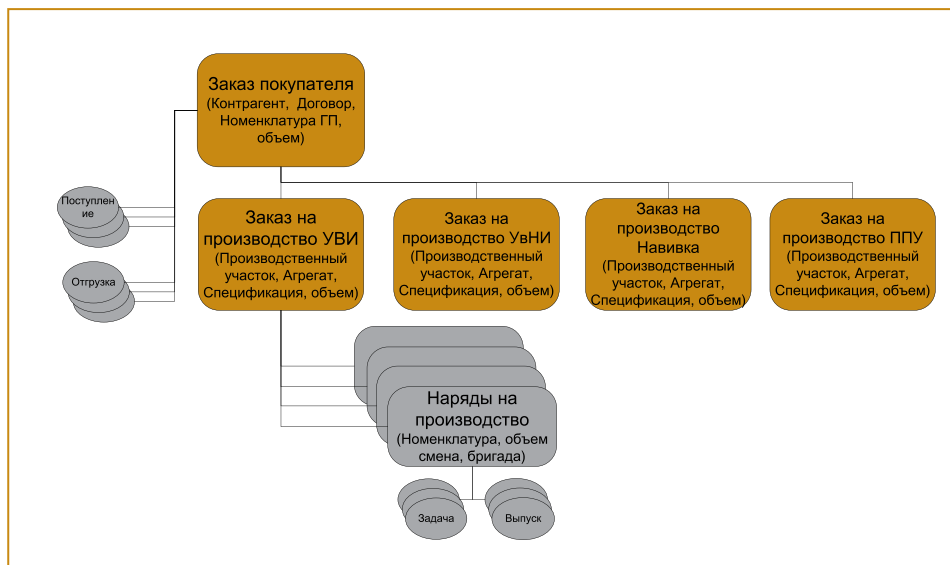


Рис. 4. Укрупненная схема организации планирования запуска заданий

остатков, повышение качества контроля движения ТМЦ с одновременным отказом от бумажных сопроводительных документов.

После 6 мес. эксплуатации и введения резервированного комплекта серверного оборудования, был отмечен полный добровольный отказ от «дублирующих» способов учета, таких как бумажные журналы и Excel, а общая производительность участка, по оценкам диспетчерской службы, выросла на 7,5%.

Всего к этому моменту в системе было зарегистрировано около 50 пользователей (все пользователи персонифицированы), а накопленный пул данных составлял около 200 тыс. показателей. Важным результатом стало решение проблемы единства и актуальности производственных данных (выпуск, степень выполнения плана) во всех учетных системах предприятия.

Показательным является то, что все результаты проекта были проанализированы относительно «допроектного» состояния, когда на самом предприятии была полная уверенность в достаточности существующей на тот момент системы учета и модели управления. Анализ причин наличия такого серьезного пула «скрытых» проблем и возможностей улучшения показал, что разработка первой версии системы производственного учета, которая выполнялась собственными силами, велась не в контексте реальных бизнес-процессов и задач, а в режиме формального проектирования и разработки, реальные задачи сбора данных контроля и управления решались через электронные таблицы. Кроме этого, отсутствовала дорожная карта проекта с операционными вехами, что не выводило проект в разряд важных.

Заключение

В результате реализованного проекта автоматизации производственного участка была достигнута «прозрачность производства», то есть доступность в режиме реального времени объективной информации:

- объем заданного в производство сырья, выпуска продукции, незавершенного производства (НЗП) по рабочему центру, участку, цеху;

- актуальное состояние агрегатов (работа, холостой ход, авария, иные согласованные параметры);

- прогресс выполнения клиентских заказов и выполнения плана производства.

Сильно осложняющим фактором было то, что внедрение выполнялось в режиме интеграции в существующую инфраструктуру предприятия как организационную, так и информационно-техническую. Ключевыми же факторами успешной реализации проекта в предельно сжатые сроки можно считать то, что, во-первых, было выбрано самостоятельное решение с выделенной СУБД, не обремененной большим числом объектов, но при этом совместимое с основной ERP-системой предприятия. А во-вторых, это полное исключение сложных действий, выполняемых рядовыми пользователями на производстве, все действия выполняются быстрее любого «ручного» или существующего автоматизированного учета.

Предложенная структура реализации проекта может быть использована как базовая при разработке систем управления

производством для предприятий не только трубной металлургии, но и многих других похожих по организационной структуре: производство покрытий, кабеля и проволоки, пластиковых погонажных изделий и др.

Список литературы

1. Решетников И.С. MES: стратегическая инициатива. М.: НГСС, 2019.
2. MESA WP19. Использование поэтапного подхода к внедрению MES. В сб. «MES – теория и практика», М.: НГСС, 2009, с.59, www.mesa.org
3. Анисимов Д.Е., Решетников И.С. Особенности управления проектами внедрения MES // Автоматизация в промышленности. 2010. №2, с.3-12.
4. ANSI/ISA-18.2-2009 Management of Alarm Systems for the Process Industries, ISA, 2009.
5. ГОСТ Р МЭК 62682-2019. Системы аварийной сигнализации для обрабатывающей промышленности (IEC 62682:2014, IDT), М.: Стандартинформ. 2019.
6. Мауэргауз Ю.Е. Динамические расписания для гибких производств. М.: НГСС. 2020.

*Решетников Игорь Станиславович - канд. техн. наук, старший научный сотрудник ИПУ РАН,
Забелин Сергей Игоревич - бизнес-аналитик ООО «Компания «ТЕРСИС».*

Контактный телефон (916) 671-19-74.

E-mail: i.reshetnikov@mescenter.ru, s.zabelin@tersys.ru

В ПАО «Казаньоргсинтез» завершился первый этап проекта по повышению эффективности процессов управления ТОиР на базе SAP ERP

Специалисты ПАО «Казаньоргсинтез» в партнерстве с группой компаний ITPS успешно выполнили внедрение базовой модели Информационного центра управления техническим обслуживанием и ремонтами предприятия (ИЦУ ТОиР, собственная разработка ITPS). Цель проекта – повысить эффективность выполнения процессов планирования и управления ТОиР, цифровой паспортизации оборудования на базе стандартной функциональности SAP ERP.

Решение включает два программных модуля: «Цифровая модель производственного актива» и «Цифровая модель интегрированного календарного и ресурсного планирования и управления ТОиР». Первый модуль предназначен для формирования и поддержания в актуальном состоянии базы данных оборудования и соответствующей нормативно-справочной информации (НСИ), второй обеспечивает поддержку исполнения про-

цессов долгосрочного, краткосрочного и оперативного планирования и выполнения мероприятий ТОиР.

Главное преимущество этих инструментов заключается в возможности работать в режиме «единого окна», таким образом большинство функций процесса ТОиР выполняются в рамках одного сеанса, что позволяет значительно снизить трудозатраты и повысить скорость выполнения необходимых операций. На следующих этапах проекта планируется развитие системы планирования по наработке динамического оборудования, ее интеграция с MES, внедрение интегрированных рабочих мест (АРМ) метролога, а также функциональное сопровождение системы в процессе промышленной эксплуатации. Эти работы планируется выполнить до конца 2021 г.

[Http://itps.com](http://itps.com)

Ansys и Rockwell Automation оптимизируют производственные процессы благодаря расширенным возможностям цифровых двойников

Ansys и Rockwell Automation расширяют возможности подключения цифровых двойников к промышленным системам управления, позволяя оптимизировать проектирование, внедрение и эффективность выполнения промышленных операций. С помощью цифровых двойников инженеры могут получить новые знания и ускорить внедрение инноваций, а также снизить затраты на всех этапах от проектирования до производства.

Последняя версия приложения Studio 5000 Simulation Interface от Rockwell Automation теперь подключается к Ansys Twin Builder, позволяя инженерам по автоматизации и инженерам-технологам использовать цифровых двойников. Пользователи могут создавать и тестировать проекты в виртуальном пространстве, экономя время и деньги, связанные с дорогостоящими физическими прототипами. Цифровой двойник также можно использовать для проверки изменений в технологическом процессе до их внедрения на производстве. Это позволит повысить пропускную способность и другие аспекты производительности.

Еще одно преимущество цифровых двойников – предиктивное обслуживание. Ansys Twin Builder предоставляет пользователям возможности многодисциплинарного анализа. Это позволяет понять, как скорость потока, механические напряжения и тепловые профили влияют

на оборудование на месте эксплуатации. Инженеры могут использовать эти данные для расчета оставшегося срока службы оборудования и планирования технического обслуживания, снижая вероятность дорогостоящего незапланированного простоя.

С помощью усовершенствованного приложения Studio 5000 Simulation Interface и Ansys Twin Builder пользователи могут подключать цифровые двойники к виртуальным или физическим контроллерам. Подключение к виртуальному контроллеру может помочь оптимизировать производство на этапе проектирования, а подключение к физическому – сравнить оптимальную производительность оборудования с фактической.

Соединение цифрового и физического миров с помощью интерфейса Studio 5000 поможет пользователям быстрее и с меньшими затратами перейти от концептуальных разработок к созданию физического оборудования. Пользователи смогут получать полезные знания прямо в процессе производства. Например, чтобы понять влияние изменений на процесс, они могут тестировать сценарии «что, если». Также для оценки тех показателей, измерять которые слишком сложно или дорого, они могут создавать виртуальные датчики и прогнозировать результаты (например, отказы), которые наносят ущерб итоговым показателям.

[Https://www.cadfem-cis.ru](https://www.cadfem-cis.ru)