

Внедрение MES на Аксуском заводе ферросплавов

Б.Ю. Горошков (ЗАО "ИНТМА-Автоматика")

Приведена архитектура системы класса MES, разработанная для Аксуского завода ферросплавов АО "ТНК "Казхром" (республика Казахстан). Перечислены структурные блоки системы, раскрыты выполняемые ими функции. Кратко описаны этапы создания и внедрения системы на заводе.

Ключевые слова: MES, информационная система управления производством, единое информационное пространство, планирование, диспетчеризация, энергетический баланс, материальный баланс, имитационное моделирование.

Введение

Аксуский завод ферросплавов (АЗФ) – филиал акционерного общества "Транснациональная компания "Казхром" (АО "ТНК "Казхром") – лидер мирового ферросплавного производства. АЗФ является ведущим в мире металлургическим предприятием по производству хромистых, кремниевых и марганцевых сплавов. Проектная мощность завода – 1 млн. тонн ферросплавов в год.

На заводе большое внимание уделяется внедрению передовых информационных технологий. На многих производственно-технологических участках АЗФ успешно функционируют АСУТП. Функции оперативно-координационного управления некоторых участков в производстве реализуются с использованием локальных информационно-управляющих систем. В качестве системы управления финансово-хозяйственной деятельностью АЗФ используется КИС "Галактика".

Как и на большинстве металлургических предприятий, способ формирования, обработки, хранения и предоставления персоналу оперативных служб АЗФ производственной информации основывался в основном на бумажном документообороте и телефонограмме, что не обеспечивало требований достоверности, оперативности и доступности данных для анализа. Перед руководством завода на первый план стали выходить задачи по поиску путей повышения эффективности производства и улучшения качества продукции. Особое внимание былоделено разработке АСУ производством (АСУП) или MES (Manufacturing Execution Systems), обеспечивающей создание единой информационной среды, которая должна стать основой системы оперативного учета и управления производством.

Первым шагом к внедрению MES было проведение технического аудита АСУ технологическими и производственными процессами АЗФ, в ходе которого выполнялось обследование существующего положения дел в автоматизации АЗФ, поиск решений и выдача рекомендаций. По результатам проведения аудита была разработана программа развития и технического перевооружения средств автоматизации и информационных систем АЗФ.

На основании материалов технического аудита администрацией АО "ТНК "Казхром" было принято решение о проведении проектно-изыскательских работ (ПИР) по созданию информационной системы управления производством АЗФ (ИСУП АЗФ).

Проектирование ИСУП

Проектирование ИСУП АЗФ осуществлялось в соответствии со стандартом ISA95 "Интеграция систем управления предприятием и ТП", определяющим терминологию и модели, используемые при построении MES, а также единый интерфейс взаимодействия уровней управления производством. На этапе проектирования были разработаны модели бизнес-процессов AS-IS ("Как есть") и AS-TO-BE ("Как должно быть"). Моделирование бизнес-процессов осуществлялось с использованием методологии ARIS (Architecture of Integrated Information Systems – архитектура интегрированных информационных систем) [1, 2]. В качестве основного стандарта моделирования использовались событийно-управляемые цепочки процессов (Event-driven Process Chain, EPC). Данная нотация позволила специалистам завода, не обладающим специальными знаниями в области информационных технологий, подтвердить правильность отражения в модели бизнес-процессов управления производством, оценить степень охвата ИСУП производственных функций и операций на каждом уровне управления производством.

Моделирование бизнес-процессов позволило систематизировать процессы управления производственной деятельностью АЗФ – целостно и непротиворечиво описать бизнес-процессы. Результаты моделирования использовались при проектировании системы и разработке АРМ пользователей.

Назначение ИСУП АЗФ

ИСУП АЗФ предназначена для создания единого информационного пространства, охватывающего основные производственные цеха и вспомогательные подразделения завода.

Целью создания ИСУП АЗФ является повышение технико-экономических показателей производства и улучшения качества выпускаемых ферросплавов за счет:

- повышения эффективности управления производством на всех уровнях, начиная от участка, цеха и заканчивая заводом в целом;

- своевременного обеспечения персонала завода необходимой оперативной производственной информацией для более качественного анализа и контроля производственной деятельности;

- снижения расхода сырьевых материалов на производство ферросплавов за счет идентификации мест потерь и устранения их причин;

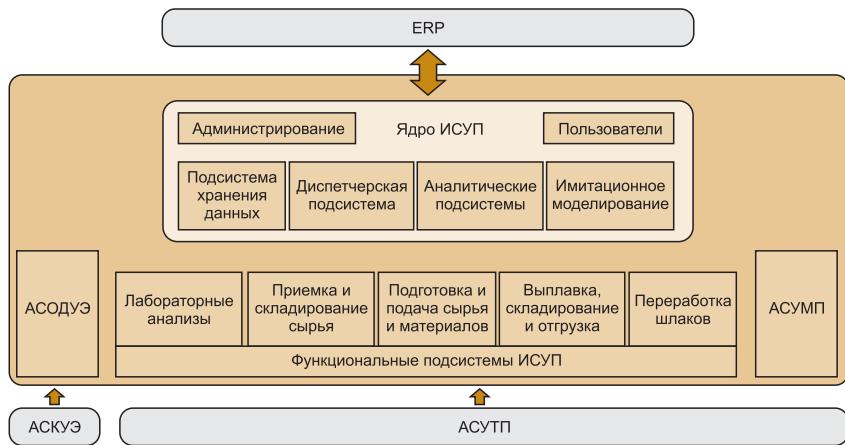


Рис. 1. Архитектура ИСУП АЗФ

- повышения коэффициента использования производственных мощностей за счет предоставления персоналу информации о технологическом состоянии оборудования, параметрах протекания технологических и производственных процессов;

- обеспечения рационального использования электроэнергии и энергоресурсов за счет автоматизации процессов оперативно-диспетчерского управления энергоснабжением, внедрения современных приборов учета, выявления потерь энергоресурсов и устранения их причин.

Архитектура

ИСУП АЗФ разрабатывалась в соответствии с нелинейной структурой и стандартом ISA95. Система структурирована по функционально-организационному признаку – выделяется ядро ИСУП и отдельные самостоятельные подсистемы, различающиеся функционалом (рис. 1).

Состав ИСУП АЗФ: ядро ИСУП; функциональные подсистемы (функциональные модули – ФМ); автоматизированная система оперативно-диспетчерского контроля и управления энергоснабжением (АСОДУЭ); автоматизированная система учета и контроля материальных потоков (АСУМП).

Основой системы является ядро ИСУП, которое включает:

- единую модель производства – описывает работу предприятия в терминах физических и логических объектов, а также моделирует явные правила, относящиеся к производственным операциям;

- общую информационную среду – совокупность информационных систем, между которыми обеспечивается взаимодействие;

- хранилище данных – обеспечивает получение, обработку и хранение информации, поступающей из систем нижнего уровня, и связано с моделью производства и общей информационной средой.

На основе единой модели производства и общей информационной среды функционируют различные компоненты, решающие задачи управления производством и реализующие функции ИСУП АЗФ.

В проекте использовалась системная платформа Wonderware, основанная на технологии для решения задач сбора и обработки производственной информации, а также операторского управления ArchestrA. Основу решения составляет Wonderware Industrial Application Server (IAS) – сервер промышленных приложений. На базе данного продукта объединяются различные источники данных в рамках единой платформы, осуществляется унификация этих объектов в шаблонах, а также реализуется логика их взаимодействия с пользователями системы.

Ядро ИСУП

Ядро ИСУП представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для решения задач управленийческого учета на производстве, контроля производственных процессов, а также поддержки принятия и реализации управленийческих решений.

Ядро ИСУП реализует функции:

- сбор и хранение технологических и производственных данных;
- обмен текущими и архивными данными с подсистемами ИСУП и смежными системами;
- выполнение расчетов с целью формирования производственной отчетности;
- обеспечение пользователям доступа к информации и ее визуализация в формах, отвечающих потребностям каждого конкретного специалиста;
- производственное планирование и контроль выполнения планов и производственных заданий;
- отслеживание производственных показателей,
- контроль состояния технологического оборудования и эффективности его использования;
- имитационное моделирование этапов производства;
- администрирование ИСУП.

Рассмотрим подробнее функциональные блоки, входящие в состав ядра ИСУП.

Подсистема хранения данных состоит из технологической БД (ТБД) и БД производства (БДП).

ТБД обрабатывает информацию в РВ. Здесь в форме тегов фиксируются результаты измерений параметров ТП, необходимых для оперативного контроля и управления. ТБД работает в круглосуточном режиме и обеспечивает координацию режимов работы участковых автоматизированных систем. В качестве сервера ТБД используется кластерное программно-аппаратное решение, поддерживающее принцип разделяемого хранилища данных. Управление ТБД и реализацией всех функций обеспечивает ПО Wonderware Historian.

Реляционная БДП сохраняет в форме таблиц соотношения параметров производства, взятые в разных курсах, которые отвечают целевым функциям персонала при управлении производством. К массивам сохраняемых в БДП параметров производства относятся:

- данные, предоставляемые подсистемами ИСУП;
- производственные данные, являющиеся производными от результатов измерений в локальных системах автоматизации и прошедшие функциональные преобразования (математический расчет, осреднение и др.);
- технологические и технико-экономические показатели, оцениваемые в рамках регламента завода.

В качестве реляционной БД используется Microsoft SQL Server.

Подсистема диспетчеризации производства организует данные в структуры, отвечающие потребностям и функциям диспетчерской (производственно-технической) службы и оперативно-технического персонала основных производственных подразделений завода. В рамках подсистемы выполняются расчеты оперативных технологических и производственных показателей, осуществляется формирование производственной отчетности. Основные функции подсистемы:

- мониторинг качества сырья, шихтовых материалов и готовой продукции;
- оперативно-диспетчерский контроль и управление: приемкой и разгрузкой сырья, подготовкой и подачей шихтовых материалов в плавильные цеха, выплавкой ферросплавов и переработкой шлака, отгрузкой готовой продукции;
- контроль технологических параметров;
- формирование ключевых показателей эффективности производства (КПИ);
- контроль состояния основного технологического и энергетического оборудования;
- фиксация простоев и учет фактической наработки оборудования.

Аналитические подсистемы предназначены для расчета и анализа технологических и технико-экономических показателей производства и ориентированы, в основном, на административно-управленческий персонал цехов и служб завода. В ИСУП АЗФ выделяются следующие аналитические подсистемы: технико-экономические показатели (ТЭП); планирование; незавершенное производство (НЗП).

Подсистема ТЭП выполняет следующие функции:

- обработка результатов автоматических измерений параметров ТП, материальных и энергетических потоков, производственных данных, хранящихся в БДП;
- выполнение расчетов технологических и технико-экономических показателей (ТиТЭП): контроль производительности и качества выпускаемого металла и шлака, расчет абсолютных и удельных затрат основных ресурсов, расчет показателей работы основного оборудования;
- ведение регламента производства в части учета ТиТЭП;
- ведение базы плановых показателей ТиТЭП.

Подсистема планирования выполняет следующие функции:

- планирование производственных мощностей и выпуска готовой продукции;
- планирование потребности в сырье и материалах, энергоресурсах;

- планирование отгрузки готовой продукции.
- Подсистема НЗП выполняет следующие функции:
- отображение/отслеживание выполнения расчетов НЗП;
 - формирование оперативных сводок о НЗП;
 - регламент выполнения расчетов НЗП;
 - ведение нормативной базы запасов сырьевых материалов.

Подсистема имитационного моделирования предназначена обеспечить поддержку планирования, прогнозирования и оптимизации производства. В подсистеме выполняется построение модели, на которой далее проводятся вычислительные эксперименты с целью определения наилучших условий функционирования реальной системы, структурная и параметрическая оптимизация. Основными результатами использования имитационной модели являются:

- оценка влияния ритмичности и объемов поставок всех видов сырья на выполнение производственного плана;
- анализ загрузки производственных мощностей при различных управляющих и возмущающих воздействиях;
- проверка выполнения плана производства с учетом планово-предупредительных ремонтов основного производственного оборудования;
- выбор допустимого уровня тех или иных возмущающих воздействий на основные производственные процессы;
- выявление узких мест в организации технологических и производственных процессов.

Коммуникационная подсистема предназначена для обмена данными подсистем ИСУП между собой и взаимодействия с внешними системами и источниками информации, такими как АСУТП, системой управления финансово-хозяйственной деятельностью и др. Кроме этого, коммуникационная подсистема предназначена для передачи обобщенных производственных данных в администрацию АО "ТНК "Казхром".

Функциональные модули

Функциональные модули (ФМ) представляют собой относительно самостоятельные системы, структурированные по организационному признаку. ФМ обеспечивают решение группы функциональных задач по автоматизации процессов управления производством в рамках определенного организационного структурного подразделения завода – участка, цеха. Каждый ФМ имеет свою БД, сервер приложений, обеспечивающий хранение и обработку информации, АРМ пользователей. ФМ являются источником необходимой технологической и производственной информации для ядра ИСУП.

В состав ИСУП входят следующие функциональные модули:

- приемки и складирования сырья – ФМ УОЖДП;
- аналитического обеспечения (лабораторные анализы) – ФМ ЛА;

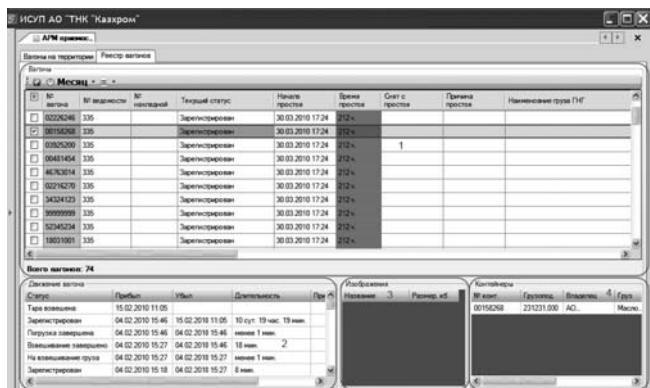


Рис. 2. Экранная форма АРМ приемосдатчика

- складирования и подготовки сырьевых материалов – ФМ ЦПШ;
- производство, складирование и отгрузка готовой продукции – ФМ ПЦ СГП;
- переработка шлаков – ФМ ЦПШл.

Общими функциями каждого модуля являются:

- формирование для ядра ИСУП данных, соответствующих специфике организационного подразделения;
- ведение упрощенного регламента производства с применением соответствующих справочников, БД;
- извлечение из ядра ИСУП необходимых данных;
- формирование и печать производственных отчетов установленной формы;
- предоставление данных пользователям в соответствии с их ролью и правами.

Функциональный модуль УОЖДП предназначен для своевременного получения сведений о грузопотоках сырья и готовой продукции на внешних границах завода и о перемещениях железнодорожных вагонов и технологического транспорта по территории завода, времени их простоя на территории завода. ФМ УОЖДП обеспечивает выполнение следующих функций:

- учет прибывающих грузов и номерной учет вагонов;
- диспетчеризация операций с грузами и вагонами с фиксацией времени на выгрузку/погрузку вагонов;
- учет перемещений технологического железнодорожного транспорта с фиксацией времени погрузки, отстоя и выгрузки;
- формирование партий: на выгрузку сырья; на постановку вагонов для отбора проб; на вывод из состава вагонов для комиссионного обследования.

На рис. 2 представлен интерфейс экранной формы АРМ приемосдатчика.

Функциональный модуль ЛА предназначен для обеспечения инженерно-технического персонала основных производственных цехов и служб завода своевременной, достоверной и полноценной информацией о качестве поступающего сырья, шихтовых материалов и выпускаемого металла и шлака. ФМ "ЛА" обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод данных об отобранных пробах и результатах проведения испытаний;
- сбор и хранение данных о качестве сырья, шихтовых материалов, готовой продукции и шлака.

Функциональный модуль ЦПШ предназначен для своевременного получения сведений о грузопотоках сырья, поступающего для выгрузки в складские приемки цеха подготовки шихты, получения данных о расходе шихтовых материалов ферросплавными цехами, формирования оперативных остатков сырья на складах, получения информации о качестве сырья и шихтовых материалов. ФМ ЦПШ обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод данных о состоянии складов (приямков);
- учет движения сырья в физическом и базовом весе;
- оперативный учет остатков на складах;
- формирование сводок по движению сырья.

Функциональный модуль ПЦ СГП предназначен для учета объемов выплавляемого металла, учета внутри-цеховых и межцеховых перемещений ферросплавов и учета отгружаемой готовой продукции. ФМ ПЦ СГП создается в каждом ферросплавном цехе и обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод необходимой технологической и производственной информации;
- формирование сменно-суточной производственной отчетности: печной журнал; карточка по учету производства ферросплавов (карточка плавильщика); суточная справка по цеху;
- учет металла, готовой продукции и незавершенного производства;
- формирование подборок на дробление металла и отгрузку готовой продукции;

Функциональный модуль ЦПШл предназначен для своевременного получения сведений о планируемом движении шлака и продуктов передела по цеху и внутри завода, данных о выработке шлака плавильными цехами, формирования оперативных остатков шлака на шлакоотвале и продуктов передела на складах, получения информации о качестве продуктов передела. В ФМ ЦПШл реализуются следующие функции:

- ввод данных о состоянии складов шлака и продуктов передела;
- учет движения шлака и продуктов передела в физическом и базовом весе;
- оперативный учет остатков на шлакоотвале и складах;
- формирование сводок по движению шлака и продуктов передела.

АСОДУЭ

Основной целью внедрения АСОДУЭ является бесперебойное снабжение завода энергоносителями и снижение затрат энергоресурсов на производство готовой продукции, которые достигаются за счет решения следующих основных задач:

- автоматизация процессов сбора и предоставления оперативной и достоверной информации о состоянии энергохозяйства диспетчерскому и технологическому персоналу завода;
- внедрение современных приборов учета энергоресурсов;

- формирование информации, необходимой для контроля, анализа и планирования расхода энергоресурсов, составления энергетических балансов и необходимых отчетов.

АСОДУЭ представляет собой сложную систему, решающую комплекс взаимосвязанных задач от измерений физических величин на уровне энергообъектов до предоставления информации пользователем. Каждая из задач обеспечивается функционированием одной из подсистем. Взаимодействие подсистем обеспечивает выполнение функций системы в целом.

АСОДУЭ включает следующие подсистемы:

- *измерений* предназначена для осуществления измерений параметров энергоносителей с необходимой точностью, их преобразования и передачи в подсистему сбора информации на уровне объекта;

- *сбора информации на уровне объектов* предназначена для сбора информации с приборов КИП, счетчиков расхода энергоресурсов и дискретных датчиков состояния оборудования, предварительной обработки, промежуточного хранения текущих и интегральных параметров на случай отсутствия связи с сервером АСОДУЭ и передачи в подсистему сбора информации на уровне сервера АСОДУЭ;

- *телекоммуникаций* предназначена для передачи собранной на уровне объекта информации на сервер АСОДУЭ;

- *сбора информации на уровне сервера АСОДУЭ* предназначена для осуществления сбора информации от оборудования сбора информации на уровне объекта и от смежных информационных систем;

- *хранения данных* предназначена для долговременного хранения системной информации, а также информации, принятой от устройств подсистемы сбора на уровне объектов, подсистем ИСУП, смежных информационных систем, подсистемы обработки информации (результатов расчетов);

- *обработки информации* предназначена для декодирования кодовых посылок от подсистемы сбора, производства необходимых расчетов, формирования выходных форм (отчетов, таблиц, графиков и т.д.), формирования массивов информации, передаваемых в смежные информационные системы, приема и обработки массивов информации, получаемых от смежных систем;

- *визуализации* предоставляет пользователям данные, сформированные подсистемой обработки информации, в виде схем, таблиц, справок, отчетов, графиков.

АСУМП

АСУМП представляет собой комплекс программно-технических средств, предназначенный для измерения, ведения учета и контроля движения сырья, шихтовых материалов и готовой продукции на уровне внутри- и межцеховых перемещений, а также на внешних границах завода. Целью внедрения АСУМП является снижение издержек на производство готовой продукции за счет идентификации мест и причин производственных потерь, выявления нецелевого использования сырья,

материалов и готовой продукции. Данная цель обеспечивается за счет реализации следующих функций:

- сбор и обработка в автоматическом режиме данных о движении межцеховых материальных потоков, а также потоков, проходящих через граничные точки завода;

- хранение данных о движении материальных потоков в резервируемой отказоустойчивой технологической БД;

- визуализация данных о перемещении материальных потоков внутрицехового и межцехового уровня на АРМ оперативно-диспетчерского персонала;

- формирование и печать документов, характеризующих движение материальных потоков;

- автоматизированный расчет (сведение) материального баланса сырья, полуфабрикатов и готовой продукции АЗФ с учетом корректировок расхождения (невязок) балансов.

Внедрение АСУМП осуществляется поэтапно в виде функционально законченных узлов учета материальных потоков. Каждый создаваемый узел учета обеспечивает возможность автоматизированного контроля движения материальных потоков как автономно, так и в составе единой системы. АСУМП включает следующие узлы учета материальных потоков: железнодорожные весовые (4 ед.), автомобильные весовые (4 ед.), дозировочные отделения ферросплавных цехов (17 ед.), платформенные весы складов готовой продукции ферросплавных цехов и цеха переработки шлаков (19 ед.), площадка загрузки морских контейнеров (1 ед.).

Расчет материальных балансов АЗФ является основной задачей АСУМП и предусматривает следующие временные интервалы:

- посutoчный – извлечение ведущего элемента (элементов) на одной печи за одни календарные сутки;

- посutoчный по цеху/заводу в целом – извлечение ведущего элемента (элементов) с учетом каждого вида сплава за одни календарные сутки;

- месячный материальный баланс (баланс ведущего элемента) по печи, цеху, заводу.

Основными факторами, влияющими на расчет материального баланса, являются:

- количественные характеристики продуктов учета (вес, объем);

- качественные характеристики продуктов учета (содержание элементов в продуктах, гранулометрический состав, влажность восстановителей и др.);

- величины погрешностей измерений.

Погрешность сведения баланса, расчета извлечения связана с погрешностями взвешивания, опробования и определения содержаний компонентов в пробе. Повышение точности измерений весов продуктов позволяет повысить точность конечного результата расчета и, как следствие, провести более точный анализ величин невязок и их превышений в процессе определения мест потерь и утечек материальных потоков.

Внедрение

Внедрение системы началось в 2008 г. и заключалось в поэтапном вводе в эксплуатацию функционально закон-

ченных подсистем ИСУП АЗФ. На начальном этапе были сформированы группы внедрения, в которые вошли специалисты завода и специалисты группы компаний ЗАО "ИНТМА". Такая форма организации и взаимовыгодного сотрудничества принесла ожидаемый эффект, а именно:

- специалисты завода в процессе внедрения получили опыт работы с системой и смогли понять принципы ее функционирования, что позволит в дальнейшем развивать систему;

- специалисты компании "ИНТМА" получали обратную связь на самых ранних этапах внедрения системы, что позволило учесть все замечания по работе системы со стороны специалистов завода и на этапе промышленной эксплуатации полностью удовлетворить потребности завода.

Первым шагом внедрения ИСУП на заводе стало развертывание подсистемы хранения данных. Технологические параметры работы оборудования собираются в ТБД – это позволило "запитать" ядро ИСУП достоверными данными, поступающими непосредственно с уровня КИПиА. Для реализации этой задачи был выполнен огромный объем строительно монтажных и пусконаладочных работ.

В части АСОДУЭ установлено:

- 550 измерителей мощности электроэнергии, с которых считывается до 20 различных электротехнических параметров по каждому присоединению;
- 30 расходомеров различного типа и теплосчетчики;
- узлы технического учета газа в котельных;
- современный КИП на основных насосных станциях и скважинах;
- 35 контроллерных шкафов ввода/вывода, 15 коммуникационных шкафов и другого коммуникационного оборудования;

В части АСУМП установлены и запущены в эксплуатацию:

- 10 платформенных тензометрических весов напольного типа на складах готовой продукции;
- железнодорожные весы для взвешивания поступающих грузов;
- железнодорожные весы для учета межцеховых перевозок;
- вагонные весы для взвешивания готовой продукции в цехе №2.

Создание хранилища технологических данных позволило перейти к внедрению основной функциональности системы. Были выделены наиболее важные и актуальные для завода функции системы и определена очередность внедрения подсистем ИСУП.

На сегодняшний день на заводе внедрены в полном объеме и эксплуатируются:

- подсистема диспетчеризации производства;
- функциональный модуль УОЖДП;
- функциональный модуль ЛА;
- функциональный модуль ПЦ СГП внедрен в четырех плавильных цехах завода;

Горошков Владимир Юрьевич – директор проектного офиса ЗАО "ИНТМА-Автоматика".
Контактный телефон (495) 974-12-95. E-mail: vgoroshkov@intma.ru [Http://www.intma.ru](http://www.intma.ru)

- функциональный модуль ЦПШ внедрен в двух цехах шихтоподготовки;

- функциональный модуль ЦПШл – сдача запланирована в 4 квартале 2011 г.

- АСОДУЭ: внедрено четыре различных АРМ оперативно-диспетчерского персонала, подключено к системе 40 пользователей неоперативного персонала энергетических и производственно-технических служб завода;

- АСУМП: в плавильных цехах функционирует 12 АРМ весовщиков на складах готовой продукции, еще 2 АРМа весовщиков установлены на железнодорожных весовых. В ближайшее время планируется завершить оснащение завода средствами весового учета и приступить к развертыванию модуля сведения материальных балансов.

Отметим, что все работы по внедрению ИСУП осуществлялись без остановки производства.

Завершение внедрения ИСУП запланировано на 2012 г.

Заключение

Основной целью создания ИСУП АЗФ явилась необходимость обеспечения персонала завода оперативной и достоверной информацией о производстве, информационной поддержки реализации функций оперативного управления производством. Ожидаемый экономический эффект от внедрения ИСУП АЗФ:

- снижение простоев технологического оборудования на 5%;
- снижение удельного расхода сырья на производство ферросплавов на 1%;
- снижение удельного расхода энергоресурсов на производство ферросплавов на 2%.

Бизнес преимуществами внедрения ИСУП АЗФ являются:

- повышение эффективности управления производством через повышение оперативности и качества принятия управленческих решений на основе достоверной производственной информации;

- повышение прозрачности всех этапов производства при определении затрат сырья и энергоресурсов на производство единицы продукции;

- развитие систем автоматизации завода в соответствии с потребностями производства и выбранной стратегией развития.

Высокая заинтересованность администрации АО "ТНК "Казхром" и руководства АЗФ позволяет прогнозировать успешное завершение внедрения ИСУП на заводе.

Список литературы

1. Шеер А.В. Моделирование бизнес процессов. Москва: Вильямс, пер. с англ., 2000.
2. Войнов И.В., Пудовкина С.Г., Телегин А.И. Моделирование экономических систем и процессов. Опыт построения ARIS-моделей: Монография. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002.