УДК 681.518.3

КОРПОРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ И КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ ПАО «ММК»*

© **Шиляев Павел Владимирович**[1], канд. техн. наук;
Ушаков Сергей Николаевич[1]; **Еремин Андрей Анатольевич**[1];
Феоктистов Вадим Николаевич[1];
Корнилов Владимир Леонидович[1], канд. техн. наук (kornilov.vl@mmk.ru);
Капцан Феликс Виленович[2] (rtc@ausferr.ru);
Шмаков Владимир Иванович;
Урцев Владимир Николаевич[2] (rtc@ausferr.ru)

[1]ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Россия, г. Магнитогорск

[2]ООО «Исследовательско-технологический центр «Аусферр». Россия, г. Магнитогорск

Статья поступила 06.08.2019 г.

Рассмотрены особенности и функциональные возможности основных составляющих корпоративной информационной системы управления производством и качеством продукции ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».
Представлены комплексные информационно-технологические решения реализации цифровых инструментариев для обеспечения стабильности технологий в сочетании с динамичным управлением производственными процессами.

Ключевые слова: металлургическое предприятие; стальной прокат; потребительские свойства; качество продукции; неразрушающий контроль; производственная логистика; информационные технологии; информационная система управления производством и качеством продукции.

Магнитогорский металлургический комбинат (ПАО «ММК») – современное, динамично развивающееся предприятие черной металлургии, практически полностью модернизировало производственные мощности и технологии, что позволяет осуществлять выпуск качественной конкурентоспособной продукции, обеспечивая ритмичность и эффективность работы целого ряда системообразующих отраслей отечественной промышленности. В условиях значительного роста многовариантности производственных процессов, связанных с увеличением номенклатуры продукции и ростом индивидуальных требований потребителей по ее качеству, важное значение приобрело развитие информационных технологий управления комбинатом (ИТ) на основе оцифровки жизненного цикла каждой единицы продукции с учетом ее фактической генеалогии, истории изготовления, складирования и отгрузки.

Управление материальными потоками предприятия средствами ИТ становится возможным как путем развития базовой автоматизации агрегатов, так и трансформации парадигмы управления. Так, например, в системе управления необходимо учитывать потребность в длительных партнерских отношениях с поставщиками и, следовательно, развития программного обеспечения непрерывной адаптации требований в соответствии с изменяющимися потребностями бизнеса. Опыт ММК свидетельствует о целесообразности использования отечественных разработок и их поставщиков, способных обеспечить высокий уровень технической поддержки решений, снизить риски от возможных санкционных действий [1–4].

Разработанная в ПАО «ММК» функциональная корпоративная система управления производством и качеством продукции (рис. 1) объединяет ресурсы четырех составляющих ИТ предприятия:

– корпоративной системы управления нормативно-справочной информацией (КСУ НСИ), обеспечивающей взаимодействие всего комплек-

* В работе принимали участие: **Рыболовлев В.Ю., Чуенков Е.А., Косарев С.А., Королев Н.А., Сарычев Б.А., Краснов М.Л., Фомичев А.В., Денисов С.В., Фатыхов Д.Ф., Тяжельникова Л.Ю., Санин Д.А., Платов С.И.**

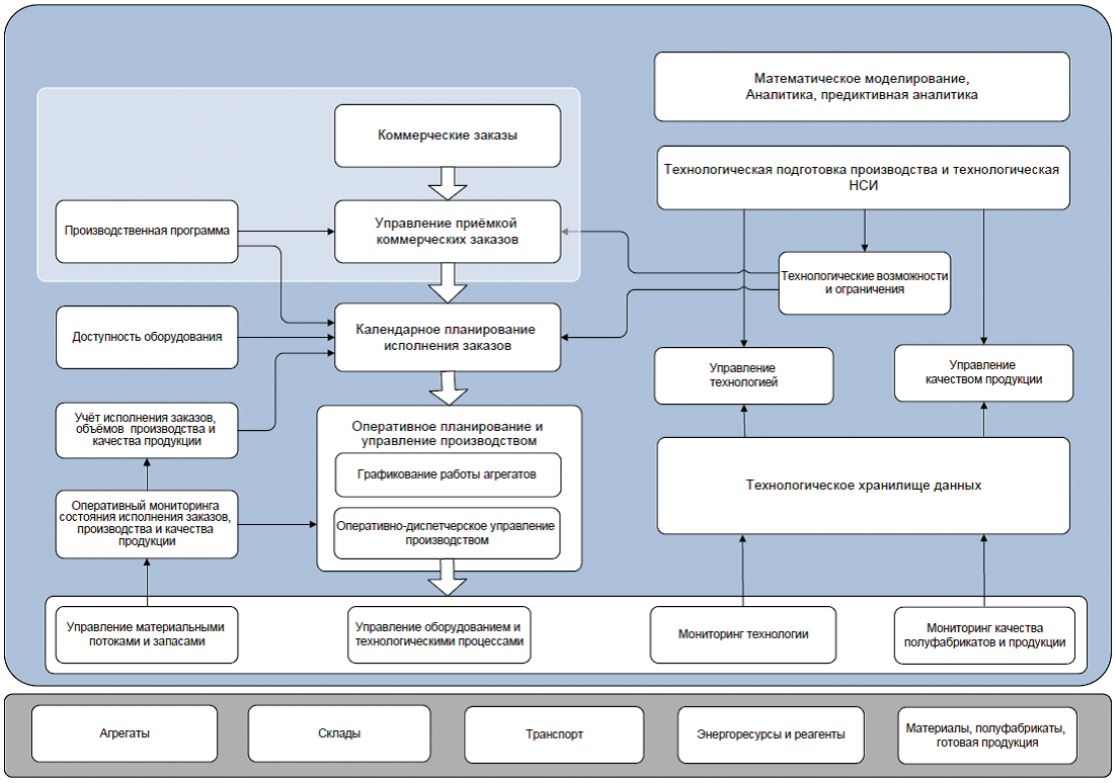

Рис. 1. **Функциональная схема корпоративной информационной системы управления производством и качеством продукции ПАО «ММК»**

са автоматизации предприятия в едином информационном пространстве;

– автоматизированных систем управления производством (АСУП) цехового уровня, обеспечивающих как генерацию и исполнение управленческих решений, так и оперативный учет произведенной продукции;

– информационной системы производственной логистики (ИСПЛ), реализующей управление производственными процессами и материальными потоками для обеспечения требуемого графика поставок готовой продукции при сохранении сбалансированной загрузки производственных мощностей;

– корпоративной информационной системы управления технологиями и качеством продукции (КИСУТиКП), сочетающей решение задач регламентации и контроля исполнения технологий с задачами обеспечения качества.

Корпоративная система управления нормативно-справочной информацией (КСУ НСИ). Управление НСИ комбината имеет ряд важных особенностей, которые обусловили необходимость специальных решений и подходов [5–7]. Металлургическое (процессное) производство в значительной степени отличается от любого дискретного, например, машиностроения, в котором из значительного чмсла компонентов (деталей) изготавливают сравнительно небольшой ассортимент готовых изделий. В металлургии же из относительно небольшого числа материалов (руда, уголь, флюсы, легирующие элементы) в результате весьма вариативных физико-химических процессов производится широкая номенклатура продукции. При этом материал может пройти обработку в десятках агрегатов, изменяя физико-химические свойства и геометрические параметры.

Для эффективной работы с объектами в гетерогенной ИТ-среде необходимо предоставить в автоматизированные системы такое описание физических и/или информационных объектов, чтобы каждый из них воспринимался и распознавался абонентами НСИ однозначно. В ПАО «ММК» для решения этой задачи создана автоматизированная корпоративная система управления нормативно-справочной информацией (рис. 2). КСУ НСИ включает контент, содержащийся в словаре, списке классификаторов (СК) и справочнике нормативов (СН), а также модули бизнес-логики, администрирования, обработки поисковых запросов и интеграции. Словарь содержит логически упорядоченное множество элементов: понятий, определений и терминов, выраженных средствами информационно-логического языка, в совокупности достаточных для сопровождения

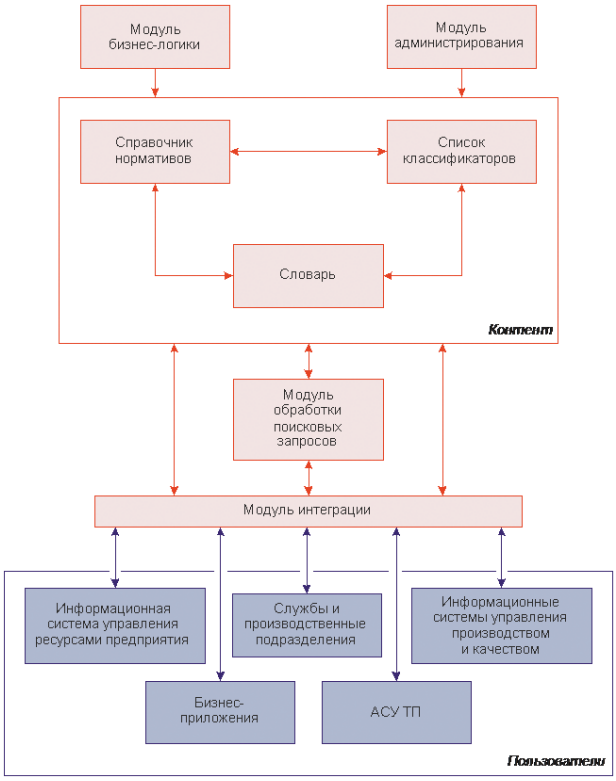

Рис. 2. **Схема КСУ НСИ ПАО «ММК»**

производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

Список классификаторов – структурированное множество выражений, отражающих связи и отношения между элементами словаря. Многим классификаторам присущи количественные характеристики – нормативы, выделенные в отдельное множество, содержащееся в справочнике нормативов.

Модуль бизнес-логики КСУ НСИ включает средства поддержания контента в актуальном и корректном состоянии. Создание и сопровождение контента осуществляется группой экспертов. Программные средства модуля позволяют легко дополнять и модифицировать хранящуюся информацию. Модуль администрирования обеспечивает информационную безопасность в части предотвращения несанкционированного доступа и реализует правила наделения персональными полномочиями. Модуль обработки поисковых запросов, получая запрос в виде набора классификационных признаков, генерирует и предоставляет абоненту КСУ НСИ множество, состоящее из соответствующих этим признакам классификаторов с присущими им нормативами. Модуль интеграции осуществляет взаимодействие КСУ НСИ с пользователями.

В целом функциональность КСУ НСИ ПАО «ММК» сводится к реализации следующих функций:

– предоставление среды и инструментов оперативного заполнения и редактирования контента;

– автоматический обмен данными между информационными системами;

– предоставление требуемых данных различным группам пользователей;

– поддержка различных вариантов детализации данных, при обеспечении их наследования и совместимости;

– автоматическая проверка наличия, полноты и непротиворечивости НСИ;

– хранение истории изменений нормативов;

– установка времени действия нормативов с автоматическим переходом на новые версии;

– контроль действий пользователей, автоматическое ограничение функций просмотра, корректировки и поиска с учетом заданных индивидуальных и групповых прав.

Указанная функциональность КСУ НСИ позволяет обеспечивать качественный и своевременный обмен данными между автоматизированными системами и другими пользователями, кардинально решая задачи полноты информации, исключая ее дублирование и противоречивость, обеспечивая целостность и достоверность.

Автоматизированные системы управления производством цехового уровня (АСУП). Развитие данных систем началось с локального внедрения автоматизированных рабочих мест (АРМ) персонала, с годами трансформируясь в полнофункциональные информационные системы, обеспечивающие управление бизнес-процессами в цехах предприятия и осуществляющих информационный обмен как с корпоративным управленческим уровнем, так и с уровнем управления технологическими агрегатами [8–11]. Трансформация этих систем происходила, в том числе, под влиянием таких факторов, как внедрение в ПАО «ММК» системы OEBS и автоматизированной системы оперативно-календарного планирования производства.

Другим существенным обстоятельством, оказавшим влияние на развитие АСУП цехового уровня, явилось строительство и ввод в эксплуатацию крупных технологических комплексов: толстолистового стана 5000, стана холодной прокатки 2000 и агрегата непрерывного горячего цинкования (АНГЦ-3) [12–15]. В соответствии с контрактами, изготовители оборудования выполнили поставку агрегатов, а их интеграцию в

производственно-хозяйственную систему предприятия реализовывал ММК.

В состав АСУП цехового уровня входят восемь модулей: контроля ресурсов, диспетчеризации производства, управления производственными процессами, отслеживания продукции, сбора и хранения данных, управления документами, анализа производительности, управления персоналом.

Основными функциями АСУП цехового уровня являются:

– оперативное планирование производства с формированием оптимальных производственных программ;

– контроль материальных потоков сырья и комплектующих;

– управление производственными процессами, оперативный учет производства;

– управление складами;

– диспетчеризация производства, выявление внештатных ситуаций;

– протоколирование и паспортизация технологических процессов;

– контроль качества, в том числе, с использованием неразрушающих методов;

– отслеживание продукции, управление процессами аттестации и отгрузки;

– формирование и передача заданий для АСУ ТП агрегатов;

– сбор и хранение информации, преобразование данных и их передача в смежные информационные системы;

– управление технологической, отчетной и сопроводительной документацией;

– анализ производительности и эффективности;

– управление персоналом, регулирование прав доступа;

– слежение за состоянием и износом оборудования, управление его техническим обслуживанием и ремонтами.

Автоматизированные рабочие места АСУП оснащены специализированными интерфейсами, адаптированными для каждой группы пользователей. Использование Intranet-технологий при создании аппаратно-независимых интерфейсов позволяет осуществлять управление процессами, используя стандартные Web-браузеры, без установки дополнительного программного обеспечения.

Агрегированная информация предоставляется в центральный диспетчерский комплекс и на рабочие места руководителей ПАО «ММК». Комплексное отображение текущего состояния производства, формируемое благодаря применению цифровых двойников производственных и логистических процессов в режиме реального времени, не содержит искажений, неизбежных при периодическом сборе отчетности. Это позволяет осуществлять обоснованные и своевременные корректирующие воздействия.

Применение АСУП обеспечивает значительный экономический эффект. Наиболее очевидные его составляющие основаны на повышении производительности за счет увеличения коэффициента загрузки оборудования, оптимизации производственных запасов. Предоставляемые отчетные формы адаптированы для быстрого восприятия и анализа, что значительно повышает эффективность работы как руководящего состава, так и рядовых сотрудников предприятия. Пользовательский интерфейс систем позволяет легко переходить от общей картины к детальному рассмотрению состояния и динамики процессов, реализуемых на отдельных агрегатах, в различные периоды времени и для различных материальных потоков. Четкая фиксация производственных операций с указанием персонифицированной ответственности значительно повысила дисциплину сотрудников.

Информационная система производственной логистики (ИСПЛ). В товарном сортаменте ПАО «ММК» десятки тысяч позиций. Его производственная логистика включает сотни технологических маршрутов и материальных потоков. Довольно часто один и тот же заказ может производиться по альтернативным маршрутам, которые, в свою очередь, допускают вариантные параметры полуфабрикатов [16]. Производственная площадка ММК имеет серьезный дефицит складских помещений. Глубина наполнения портфеля коммерческих заказов (КЗ) не превышает двух недель, а зачастую составляет несколько суток. Исходя из вышеизложенного, была поставлена задача создания информационной системы производственной логистики предприятия.

В условиях цифровизации управление приемом и исполнением КЗ является системообразующей задачей. При приеме КЗ необходимы уточнения ряда вопросов:

– может ли данный заказ быть технически исполнен и насколько это экономически целесообразно;

– по каким технологическим маршрутам должен производиться КЗ;

– каковы требования по количеству, свойствам продукта и ингредиентам на каждом шаге технологического маршрута;

– какой должна быть временна́я диаграмма для того, чтобы заказ был в полном объеме произведен и отгружен потребителю в требуемые сроки с учетом последовательности операций и производительности каждого агрегата, межоперационных сроков, плановых ремонтов, ограничений производственной логистики и технологии.

Каждый КЗ содержит определенные требования по качеству и свойствам продукции. Эта информация оцифровывается и передается в *модуль предварительной проработки КЗ (МППКЗ)*, осуществляющий многовариантный расчет всех возможных маршрутов производства данного вида продукции с пошаговым определением характеристик полуфабрикатов для каждого этапа ее изготовления.

На первом шаге расчетной процедуры осуществляется определение базовых требований по химическому составу и технологическим параметрам сталеплавильного производства. Далее по специальным алгоритмам выбирают возможные производственные маршруты (допустимые последовательности агрегатов) выполнения КЗ и рассчитывают варианты производства соответствующей продукции для конечного агрегата в определенной последовательности. На рассчитанные варианты накладываются ограничения по схемам отгрузки и проверяется выполнение условий кратности объема вагонным нормам заказанной продукции. Затем определяются возможные геометрические размеры заготовок для конечного агрегата производственного маршрута. Полученные варианты геометрических размеров заготовок проверяются на соответствие энергосиловым параметрам и технологическим ограничениям агрегата и принимаются в качестве вариантов геометрических размеров продукции предыдущего агрегата в цепочке последовательности, после чего повторяются описанные выше шаги расчетной процедуры. Цикл завершается стадией горячей прокатки, для которой рассчитываются возможные режимы и типоразмеры непрерывнолитых заготовок, используемых в ПАО «ММК».

Таким образом, при завершении цикла формируется массив, содержащий возможные последовательности агрегатов, а также требования по количеству и свойствам как ингредиентов, так и продуктов на каждом шаге производственного маршрута. Затем МППКЗ осуществляет процедуру отсева наименее выгодных вариантов исполнения заказа и производит ранжирование оставшихся вариантов, оптимизируя их по параметрам, задаваемым для каждого КЗ.

С целью сокращения «окон поставки», развития клиентского сервиса и сокращения объемов незавершенного производства разработаны алгоритмы календарного планирования (КП). В их основу положен принцип оптимизационного квотирования всех видов металлопродукции на всех этапах планирования и управления [17]. Указанные алгоритмы реализованы в *модуле квотирования (МК)*. МК содержит информационную конструкцию, представляющую собой многомерный массив. Первый индекс массива соответствует календарным суткам планируемого периода, другие индексы – значениям массива, соответствующим следующим параметрам: доступность агрегата, плановая суточная квота, фактический и планируемый объемы производства.

Доступность агрегата отражает ресурс рабочего времени с учетом плановых простоев по часам суток. Плановая суточная квота является результатом работы математической модели, рассчитывающей допустимый суточный объем производства по каждому агрегату и каждой сортаментной позиции месячной производственной программы. Расчет производится с учетом доступности и производительности агрегатов, вместимости и степени заполнения складов, а также с учетом логистических и технологических ограничений.

Мониторинг текущих производственных процессов осуществляет *автоматизированная подсистема оперативного планирования (АПОП)*. На основе данных мониторинга и текущего состояния календарного плана АПОП генерирует детальные планы-графики по агрегатам и операциям. Схему взаимодействия оперативного и календарного уровней планирования, на примере сталеплавильного передела, иллюстрирует диаграмма, приведенная на рис. 3.

В целом функционал ИСПЛ обеспечивает:

– проверку КЗ на исполнимость;

– определение всех возможных вариантов технологических маршрутов исполнения заказа;

– формирование внутренних заказов для каждого производственного подразделения;

– формирование и управление суточными квотами материальных потоков;

– построение согласованных графиков загрузки агрегатов и непрерывного слежения за их выполнением.

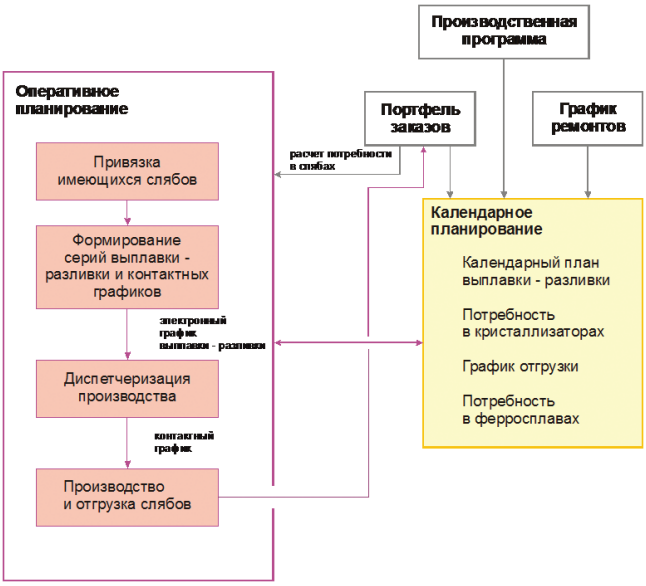

Рис. 3 **Схема взаимодействия оперативного и календарного уровней планирования на примере сталеплавильного передела**

Эксплуатационные параметры ИСПЛ ПАО «ММК» приведены ниже:

Цехи, работающие по календарным и оперативным планам (КиОП)	17
Агрегаты, работающие по КиОП	220
Производственные маршруты для КиОП	620
Нормативно-техническая документация, используемая ИСПЛ	1398
Заказ – позиции	≈12 000 в месяц
Автоматизированные рабочие места ИСПЛ	152
Число видов генерируемых справок и отчетов	1206
Виды генерируемых оперативных графиков	38
Квоты	≈4400
Транзакции	≈15 000 000 в сутки
Операции ввода/вывода	≈240 000 000
Используемая память	60 Гб

Внедрение ИСПЛ обеспечило переход ММК к позаказному планированию производства, что, в частности, резко повысило уровень ответственности персонала за принимаемые решения. В развитие этого, с целью стимулирования персонала к достижению плановых параметров ММК внедряет систему ключевых показателей эффективности с приоритетом, направленным на своевременность и точность выполнения всех операций бизнес-процессов.

Внедрение ИСПЛ обеспечило прозрачность процедуры приема и исполнения КЗ. Появилась возможность сквозной прослеживаемости каждой единицы продукции в привязке к заказу, начиная с формирования оперативного плана выплавки. Эксплуатация ИСПЛ в условиях ПАО «ММК» привела к достижению положительных результатов в плане повышения конкурентоспособности и ориентированности клиентов, что позволяет:

– рассчитывать дату отгрузки заказа с точностью, удовлетворяющей как потребителя, так и производителя;

– создавать порталы клиентов с предоставлением интересующей их информации, в том числе о возможности online-отслеживания продвижения заказа по технологической цепочке;

– преодолевать серьезные ограничения, связанные как с дефицитом складских площадей на всех переделах предприятия, так и с низкой степенью наполняемости портфеля заказов.

Использование данной системы позволяет существенно сократить число просроченных заказов и объем незавершенного производства.

Корпоративная информационная система управления технологиями и качеством продукции (КИСУТиКП). Рыночная экономика диктует необходимость постоянного роста технологического уровня предприятий, непрерывного повышения качественных показателей металлопроката, гарантий их стабильности.

Работы по созданию корпоративной информационной системы управления технологиями и качеством продукции ПАО «ММК» были инициированы в 1990-х годах [18, 19]. В качестве первых шагов был реализован сбор информации по результатам химического анализа и механическим свойствам готовой продукции в лабораториях ЦЛК. Разработанное в эти годы ядро лабораторной системы позволило автоматизировать процессы контроля качества, аттестации и отгрузки стального проката, а также предоставило в пригодном для компьютерной обработки виде информацию по его свойствам. Простота проведения корреляционного анализа, построения графиков и исполнения других, ранее трудоемких, процедур способствовала внедрению ИТ-решений в повседневный труд инженеров-металлургов. Возникла потребность в расширении массива собираемых данных (технологических параметров), получаемых с АСУТП агрегатов.

В результате проведенных работ уже к концу 1990-х годов на ММК существовали электронные паспорта выплавки, доводки и разливки стали в кислородно-конвертерном цехе, а также функционировала полноценная информационная система

управления качеством продукции (ИСУКП) стана 2000 горячей прокатки [20], базирующаяся на техническом решении, заключающемся в виртуальном разбиении длинномерной металлургической продукции на отрезки [21–24]. Этот технический прием позволил отслеживать технологическую историю и аттестовывать статистическими методами потребительские свойства каждого отрезка готового проката. Реализованный таким образом неразрушающий контроль показал, что компьютерные системы могут не только облегчать рутинные операции, но и приносить реальный экономический эффект. Были значительно снижены затраты на отбор проб и проведение испытаний, возросла ритмичность отгрузки, повысилась технологическая дисциплина, уменьшилось число рекламаций, на новый качественный уровень выведена работа исследовательских и контрольных подразделений [25–27].

Широкое распространение систем управления качеством цехового уровня сделало актуальной задачу их интеграции с целью обеспечения сквозного анализа информации. В 2004 г. стартовали работы по созданию единого корпоративного хранилища технологических данных (ЕКХТД). Консолидация в информационной структуре полной технологической истории производства каждой единицы продукции предоставила технологам ММК широкие возможности обработки данных в едином интерфейсе [28–30].

Учитывая необходимость контроля и улучшения не только качества продукции, но и технологических процессов ее производства, в 2005 г. была поставлена задача разработки и внедрения *информационной системы контроля стабильности показателей качества и технологических процессов (ИСКСПК и ТП).* Созданная система реализует методы SPC (Statistical process control) с целью достижения и поддержания статистически управляемого состояния процесса производства. Система соответствует требованиям стандартов ISO 3534.2–93, ISO/TS 16949, ГОСТ Р50779.11–2000 и ИСО ТУ 16949. Широкое применение методов SPC позволило значительно повысить действенность системы менеджмента качества (СМК) ПАО «ММК».

Контроль стабильности показателей качества и технологических процессов требует выделения и описания групп продукции, для которых контролируемые параметры находятся в близких диапазонах. Средства ИСКСПК и ТП позволяют пользователю в диалоговом режиме сформировать и описать указанные группы, которые сохраняются в виде дерева контролируемых сортаментов с предоставлением возможности задания диапазонов допустимых значений и временных интервалов анализа. Таким образом, реализуется широкий спектр детального анализа данных, автоматизируется процесс формирования отчетности по единицам продукции, произведенной с нарушением технологических режимов, обеспечивается генерация выборок с индикацией проблемных параметров, позволяющая выявлять причины нестабильности и устанавливать влияние различных факторов на индексы воспроизводимости.

Современные технологии производства стального проката являются сложными и наукоемкими. В металле происходит целый ряд физических и физико-химических процессов, осознанное управление которыми во многом определяет технологический уровень металлургического предприятия. С целью автоматизации интеллектуального процесса определения диапазонов допустимых значений параметров производства, обеспечивающих достижение требуемого комплекса потребительских свойств, в ПАО «ММК» разработана и внедрена *информационная система анализа металлургических процессов (ИСАМТ).*

Для каждого технологического участка реализованы специализированные информационные порталы, обеспечивающие доступ к паспортам технологии и качества продукции. Для поддержки проведения НИОКР в ИСАМТ включен модуль формирования выборок технологической информации, позволяющий создавать запросы по задаваемым критериям. Перемещаясь по виртуальному дереву этапов производства, пользователь выбирает нужные параметры, формируя собственные массивы для анализа.

Интенсивное развитие информационных систем ПАО «ММК» потребовало модернизации единого корпоративного хранилища технологических данных (ЕКХТД). В настоящее время ЕКХТД обеспечивает:

– упорядоченное хранение, архивирование и доступ ко всей технологической информации;

– информационное обеспечение автоматизированного контроля и анализа технологий по всем производственным маршрутам предприятия;

– возможность развития СМК комбината за счет алгоритмизации методов предиктивного анализа.

Применение методов обработки больших массивов данных позволяет ежесуточно для каждой

из ≈11 тыс. единиц продукции и полуфабрикатов архивировать около 4000 различных технологических параметров, из которых 680 представляют собой ряды измерений с разверткой по длине.

Заключение. Корпоративная система управления нормативно-справочной информацией позволила стандартизировать и унифицировать процессы информационного обеспечения всех сфер деятельности ПАО «ММК» за счет единого языка общения: справочников, словарей и правил работы с информацией. В результате внедрения информационной системы производственной логистики повысился уровень клиентского сервиса, более точно прогнозируются сроки исполнения и отгрузки коммерческих заказов при сохранении оптимальной загрузки производственных мощностей.

АСУП цехового уровня ПАО «ММК» стали основой цифрового управления производственными процессами и оперативного межсистемного и межуровневого взаимодействия в КИСУП и КП.

В целом корпоративная информационная система управления производством и качеством продукции ПАО «ММК» позволила перейти к управлению агрегатами по электронным технологическим картам, а испытания, аттестацию и отгрузку производить на основе цифровой информации по стандартам, нормам и требованиям коммерческих заказов. История производства каждой единицы продукции отслеживается по всем переделам и технологическим маршрутам, при этом происходит формирование электронных паспортов (цифровых двойников жизненного цикла продукта на этапе производства), таким образом обеспечивается гарантированная защита от случайного или намеренного проникновения, предотвращается порча, искажение или уничтожение информации.

Созданная корпоративная информационная система управления производством и качеством продукции ПАО «ММК» обладает всеми признаками, свойствами и параметрами, характерными для современных информационно-управляющих систем концепции «Индустрия 4.0», имеет открытую архитектуру, средства расширения и развития.

Библиографический список

1. **Рашников В.Ф., Шиляев П.В.** Формула лидерства ММК: стратегия Магнитки – интенсивное развитие за счет эффективности и инноваций // Металлы Евразии. 2015. № 3. С. 10–17.

2. **Рашников В.Ф.** Стратегия развития информационной системы сквозного управления качеством продукции : Сб. науч. тр. Магнитогорск: Издание МГМА, 1998. С. 4–9.

3. **Рашников В.Ф.** Развитие технологических систем ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» для производства конкурентоспособного стального проката // Вестник МГТУ им. Г.И.Носова. 2003. № 1. С. 8–16.

4. **Урцев В.Н., Рашников В.Ф., Морозов А.А. и др.** Формирование структуры и механических свойств сталей: сер. «Сталь. Структура и свойства». Магнитогорск, 1998. 160 с.

5. **Вознесенский А.А., Капцан Ф.В., Урцев В.Н. и др.** Система коллективного ведения нормативно-справочной базы технологических режимов: Сб. науч. тр. ЦЛК «Совершенствование технологии на ОАО «ММК». Магнитогорск, 2000. Вып. 4. С. 369–377.

6. **Морозов А.А., Капцан Ф.В., Урцев В.Н. и др.** Развитие систем управления качеством продукции на ММК // Сталь. 2005. № 5. С. 53–54.

7. **Сеничев Г.С., Виер И.В., Курбан В.В. и др.** Корпоративная система нормативно-справочного сопровождения // Сталь. 2005. № 5. С. 120–121.

8. **Морозов А.А., Урцев В.Н., Капцан Ф.В., Муриков С.А.** Принципы построения информационной системы управления качеством продукции станов горячей прокатки: Сб. науч. тр. ЦЛК «Совершенствование технологии на ОАО «ММК». Магнитогорск, 2000. Вып. 4. С. 365–368.

9. **Морозов А.А., Сарычев А.Ф., Лисичкина К.А. и др.** Информационная система управления производством и качеством продукции на стане 2000 // Сталь. 2004. № 12. С. 61–64.

10. **Виер И.В., Каплан Д.С., Сеничев В.С. и др.** Опыт комплексной автоматизации процессов управления производством и качеством в подразделениях ОАО ММК // Сталь. 2007. № 2. С. 125–127.

11. **Капцан Ф.В.** Информационные технологии. Опыт внедрения и планы на будущее: Сб. науч. тр. «Фазовые и структурные превращения в сталях». Вып. 4 / Под ред. В.Н.Урцева. Магнитогорск, 2006. С. 13–19.

12. **Сеничев Г.С., Виер И.В., Каплан Д.С. и др.** Система управления производством и качеством продукции электросталеплавильного и сортопрокатного цехов // Сталь. 2006. № 7. С. 95–98.

13. **Урцев В.Н., Капцан Ф.В., Фомичев А.В. и др.** Интеграционный комплекс автоматизации стана 5000 ОАО «ММК» // Сталь. 2009. № 7. С. 46–50.

14. **Фомичев А.В., Капцан Ф.В., Шмаков А.В. и др.** Построение полнофункциональной MES-системы комплекса холодной прокатки ОАО ММК // Сталь. 2012. № 7. С. 66–71.

15. **Капцан Ф.В., Воронков С.Н., Цейтин В.Е. и др.** Новый комплекс АНГЦ-3 ПАО «ММК». Синхронизация проектов по строительству производственных мощностей с интеграцией в ИТ-ландшафт предприятия: Тр. XI Конгр. Прокатчиков. Магнитогорск. 2017. Т. 2. С. 121–127.

16. **Шиляев П., Малый В.** ММК: точно в срок // Металлоснабжение и сбыт. 2016. № 5. С. 28–30.

17. **Шиляев П.В., Капцан Ф.В., Сарычев Б.А. и др.** Квотирование материальных потоков как элемент управления приемом коммерческих заказов и производством продукции: Тр. XI Конгр. прокатчиков. Магнитогорск. 2017. Т. 2. С. 343–350.

18. **Рашников В.Ф., Морозов А.А., Урцев В.Н. и др.** Информационная система анализа сквозных технологий: Межвуз. сб. научн. тр. «Обработка сплошных и слоистых материалов» / Под ред. Г.С.Гуна. Магнитогорск: МГТУ, 1999. С. 6–10.

19. **Капцан Ф.В., Рашников В.Ф., Тахаутдинов Р.С. и др.** Информационная система анализа технологических процессов кислородно-конвертерного цеха: Сб. тр. ЦЛК «Совершенствование технологии на ОАО «ММК». Магнитогорск. 1998. Вып. 2. С. 58–66.

20. **Морозов А.А., Сарычев А.Ф., Лисичкина К.А. и др.** Информационная система управления производством и качеством продукции на стане 2000 // Сталь. 2004. № 12. С. 61–64.

21. **Капцан Ф.В., Урцев В.Н., Муриков С.А., Хабибулин Д.М.** Информационная система управления качеством длинномерной продукции // Сталь. 2004. № 11. С. 46–48.

22. **Пат. 2177847 РФ, МПК 7 B21B37/00.** Способ регулирования процесса прокатки / С.А.Муриков, А.В.Капцан, В.Н.Урцев, С.Н.Аникеев; – заявл. 19.12.2000; опубл. 10.01.2002. Бюл. № 1.

23. **Пат. 2207204 РФ, МПК 7 B21B37/00.** Способ оптимизации технологии производства проката / С.А.Морозов, В.Н.Урцев, Д.М.Хабибулин и др. – заявл. 06.06.2002; опубл. 27.06.2003. Бюл. № 18.

24. **Rashnikov V.F., Morozov A.A., Takhautdinov R.S. et al.** Method for optimising the production technology of rolled products // Pat. USA US7354492B2, PCT/RU03/00224, Dec. 18 2003 (Пат. 74980 Украины, опубл. 15.02.2006; Пат. 17861 Респ. Казахстан, опубл. 16.10.2006; Пат. 818151 Респ. Корея, опубл. 31.03.2008; Пат. 11383 Респ. Беларусь, опубл. 30.12.2008; Пат. 122342 Румынии, опубл. 30.04.2009; Пат. ZL 03810138.6 Китайской Народной Республики, опубл. 05.08.2009).

25. **Долгова Л.И., Бодяев Ю.А., Виер И.В. и др.** К 35-летию разработок и внедрения магнитного неразрушающего контроля листового проката на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»: Сб. науч. тр. ЦЛК «Совершенствование технологии в ОАО «ММК». Магнитогорск. 2003. Вып. 7. С. 262–271.

26. **Сотниченко Н.А., Корнилов В.Л., Зимина Л.А., Глазырина Н.З.** Оценка возможности использования статистического метода контроля толстолистового проката при испытании на изгиб // Сталь. 2000. № 2. С. 66–68.

27. **Корнилов В.Л., Долгова Л.И., Афанасьев В.Ф.** Опыт применения неразрушающего контроля полосовой заготовки для производства гнутых профилей // Сталь. 2000. № 7. С. 62–65.

28. **Капцан Ф.В., Урцев В.Н., Сеничев В.С. и др.** Использование единого хранилища технологических данных при управлении производством и качеством продукции // Сталь. 2005. № 5. С. 56–58.

29. **Морозов А.А., Капцан Ф.В., Урцев В.Н. и др.** Развитие систем управления качеством продукции на ММК // Сталь. 2005. № 5. С. 53–55.

30. **Думинова Н.С., Корнилов В.Л., Урцев В.Н. и др.** Аттестация неразрушающими методами контроля листового проката, произведенного на стане 5000 ПАО «ММК» // Металлург. 2018. № 12. С. 24–27.

CORPORATE INFORMATION SYSTEM OF PRODUCTION AND PRODUCT QUALITY MANAGEMENT AT PJSC MMK

© Shilyaev P.V., Ushakov S.N., Eremin A.A., Feoktistov V.N., Kornilov V.L., Kaptscan F.V., Shmakov V.I., Urtscev V.N.

This article summarizes the experience of developing the information technologies for production management and product quality management at the steelmaking enterprise; represents complex IT solutions that combine the implementation of digital tools for sustainable growth and stability of technologies with developed functionality of dynamic management of production processes; describes architectural features and functional capabilities of the main components of the corporate information system for production and product quality management at PJSC MMK.

Keywords: steel-making enterprise; long-length steel products; rolled steel products; consumer properties; product quality; nondestructive testing; industrial logistics; digital transformation; information technologies; IT solutions; information system; virtual segments.