

АРХИТЕКТУРА И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РЕСУРСАМИ В АСУП СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.С. Кочковская, А.И. Сердюк (ФГБОУ ВО "Оренбургский государственный университет")

Рассмотрена архитектура подсистемы управления производственными ресурсами сталеплавильного производства. Приведены характеристики основных программных модулей разработанного программного комплекса, интегрированного в существующую АСУП АО МК «ОРМЕТО-ЮУМЗ».

Ключевые слова: сталеплавильное производство, подсистема управления производственными ресурсами, архитектура.

Введение

На предприятиях тяжелого машиностроения единичного типа производства основной номенклатурой выпускаемой продукции является уникальное оборудование, изготавливаемое в соответствии с индивидуальными требованиями заказчика. При изготовлении крупногабаритного тяжелонагруженного инструмента в процессе выплавки стали отбираются пробы для определения химического состава. Для достижения требуемой концентрации легирующих элементов производится дополнительное плавление с введением в расплав необходимого количества легирующих элементов. Это приводит к увеличению времени выплавки, расходованию дополнительных топливно-энергетических ресурсов и легирующих элементов. В результате повышается себестоимость продукции.

Разработка архитектуры подсистемы управления производственными ресурсами

Реализованная подсистема управления производственными ресурсами в рамках АСУП предприятия позволила повысить эффективность управления процессами потребления материальных и топливно-энергетических ресурсов и получить требуемые характеристики сталей [1–2]. Архитектура подсистемы управления производственными ресурсами сталеплавильного производства представлена на рис. 1.

Выработка взаимосвязанных управляющих решений в подсистеме управления производственными ресурсами представляет собой итерационную процедуру анализа складывающейся обстановки, выявления зависимостей, прогноз основных характеристик сплава и формирование рекомендаций инженерно-технологическому персоналу. Задача получения заданных основ-

ных характеристик сплава, удовлетворяющих требованиям заказчика, ранее решалась «вручную» на основе опыта инженерно-технологического персонала и соблюдения технологии плавления.

Разработка функциональной модели программного комплекса

Для решения данной задачи был разработан программный комплекс, который позволяет на базе известных математических моделей, с учетом влияния технологических параметров, получить изделия, удовлетворяющие требованиям заказчика без дополнительных расходов.

С использованием системного подхода разработана функциональная модель программного комплекса с учетом требований инженерно-технологического персонала, учитывающая основные функции программных модулей и взаимосвязи между ними (табл. 1). Данный программный комплекс является компьютерной системой автоматизации функций технологического персонала при формировании рекомендаций по технологии проведения выплавки стали АО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ».

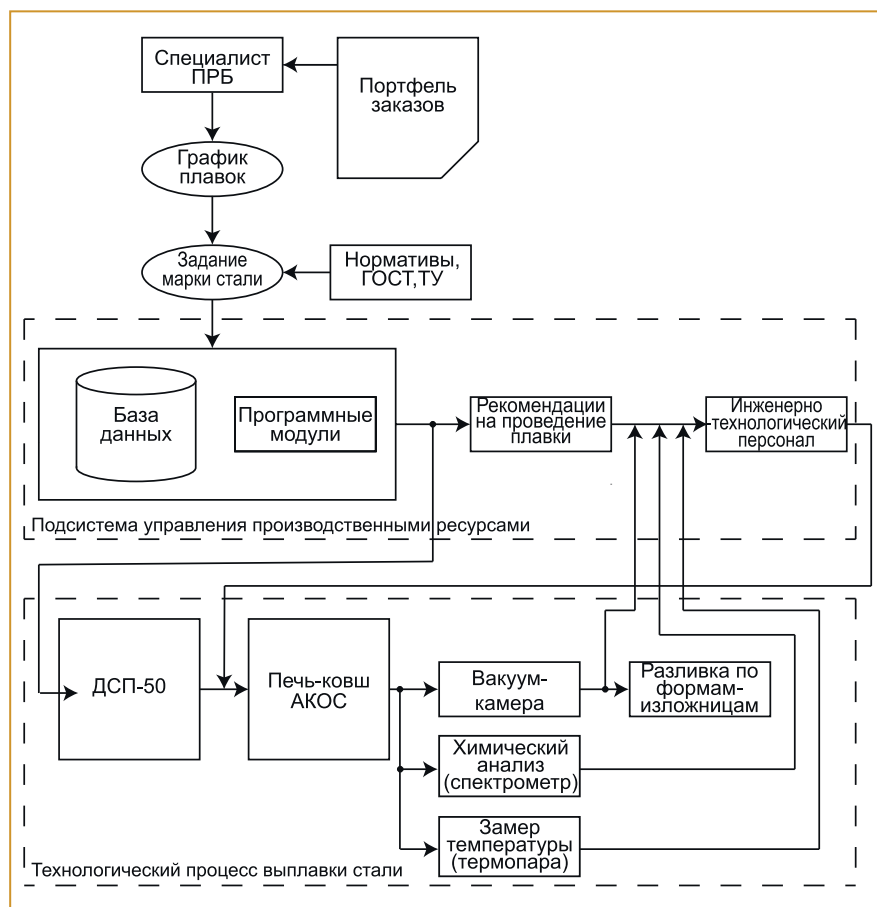


Рис. 1. Архитектура подсистемы управления производственными ресурсами сталеплавильного производства

Таблица 1. Перечень основных модулей программного комплекса

Наименование программного модуля	Назначение
Информационный модуль базы данных	Обработка производственной базы данных, содержащей сведения о технологических плавках
Модуль определения и сравнения прогнозных значений основных характеристик стали по имеющимся производственным данным	Определение прогнозных значений предела прочности, предела текучести, ударной вязкости и твердости и сравнение прогнозируемых значений контролируемых характеристик сталей с допустимыми минимальными и максимальными значениями
Модуль определения состава шихтового и легирующего материалов	Определение химического состава шихтового и легирующего материалов на начальном этапе сталеплавильного процесса
Модуль определения и прогнозирования химического состава стали	Корректировка процесса выплавки сталей в рамках заданного химического состава для достижения требуемого комплекса свойств за счет сокращения операции – дополнительной доводки (плавления) с введением необходимых легирующих элементов
Модуль выдачи рекомендаций по технологии проведения плавки	Циклограмма сталеплавильного процесса с указанием основных этапов и энергетических режимов в разрезе времени на основании общего графика технологического процесса

Функциональные возможности программного комплекса:

- подготовка производственных данных, содержащих сведения о технологических плавках;
- моделирование основных характеристик сталей (ввод последних в основное окно программы);
- определение состава количества шихтовых и легирующих материалов;
- определение прогнозных значений предела прочности, предела текучести, ударной вязкости и твердости по имеющимся производственным данным;
- моделирование химического состава сплава согласно требуемым характеристикам;
- сравнение прогнозируемых значений контролируемых характеристик сталей с допустимыми минимальными и максимальными значениями;

— отображение в удобном виде результатов моделирования (уравнения регрессии, круговые диаграммы, графики зависимостей);

— выдача рекомендаций по технологии проведения плавки (циклограмма сталеплавильного процесса с указанием основных этапов и энергетических режимов в разрезе времени на основании общего графика технологического процесса).

Функциональная модель программного комплекса представлена на рис. 2. Исходными данными для программы являются производственные данные центральной заводской лаборатории, а также различных служб сталеплавильного цеха. В качестве источника данных выступает база данных сталеплавильного производ-

ства, содержащая сведения о технологических плавках.

При информационном моделировании и проектировании базы данных использован метод ER-диаграмм (диаграмм «сущность-связь»). Для разработки программного комплекса использовался объектно-ориентированный язык программирования Delphi программного продукта Embarcadero RAD Studio компании Embarcadero Technologies, загружаемые данные созданы в среде СУБД MS Access.

Программный комплекс состоит из пяти основных программных модулей. Информационный модуль базы данных осуществляет подготовку и обработку производственных баз данных, содержащих сведения о технологических плавках. Модуль включает более двенадцати БД, содержащих данные по процентному содержанию химических элементов и основным механическим характеристикам по каждой марке стали.

Выгруженные данные используются модулем определения и сравнения прогнозных значений основных характеристик сплава по имеющимся производственным данным для определения прогнозных значений предела прочности, предела текучести, ударной вязкости и твердости и сравнения данных значений контролируемых характеристик сталей с допустимыми минимальными и максимальными значениями.

Модуль определения и прогнозирования химического состава стали позволяет корректировать процесс выплавки сталей в рамках заданного химического состава для достижения требуемого комплекса свойств за счет сокращения операции — дополнительной доводки

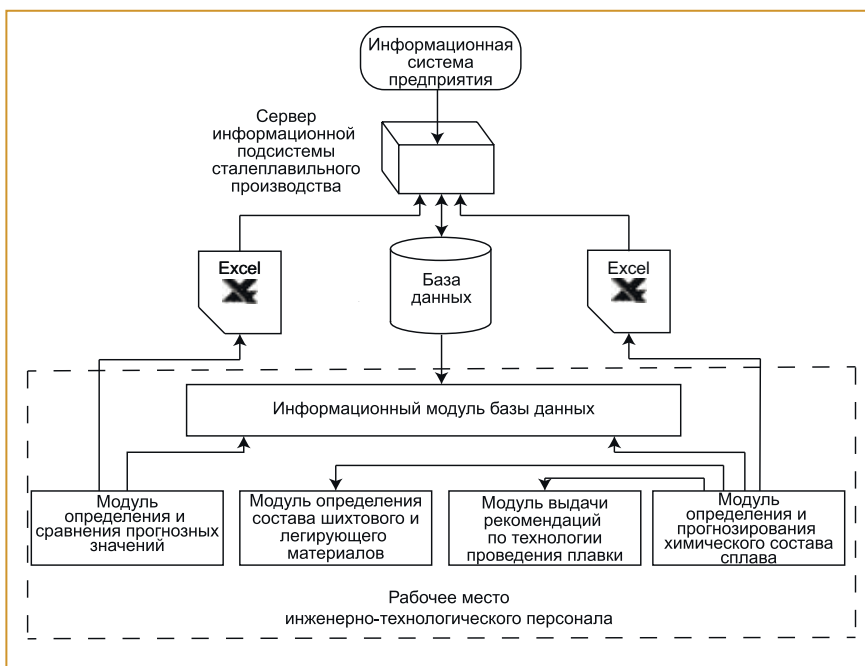


Рис. 2. Функциональная модель программного комплекса

Таблица 2. Результаты определения прогнозных значений характеристик сталей и их сравнение с полученными в производственных условиях при проведении эксперимента

Марка стали	Тип данных	Массовая доля элементов, %							Твердость, НВ	$\sigma_{В,2}$, Н/мм ²	$\sigma_{0,2}$, Н/мм ²	КСУ ₂ , кДж/м ²
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V				
75ХМФ	расч.	0,789	0,43	0,68	1,785	0,26	0,185	0,172	272	764	431	169
	экспер.	0,8	0,45	0,7	1,79	0,27	0,19	0,18	275	770	435	172
	ТУ	0,7...0,8	0,35...0,6	0,35...0,7	1,4...1,7	≤0,5	0,1...0,2	0,05...0,25	243...423	750...765	410...450	150...180
75ХМ	расч.	0,79	0,285	0,365	1,459	0,336	0,22	–	277	752	430	235
	экспер.	0,77	0,29	0,37	1,47	0,34	0,23	–	280	755	427	237
	ТУ	0,7–0,8	0,2...0,6	0,2...0,4	1,4...1,7	≤0,5	0,2...0,3	–	246...388	750...760	390...430	210...240
90ХФ	расч.	0,88	0,31	0,21	1,45	0,26	–	0,16	275	862	440	178
	экспер.	0,87	0,3	0,2	1,44	0,25	–	0,15	270	865	442	180
	ТУ	0,85...0,95	0,2...0,5	0,2...0,6	1,4...1,7	≤0,5	–	0,1...0,25	243...423	860...870	405...445	150...180

(плавания) с введением необходимых легирующих элементов. Данные полученные от программного модуля прогноза химического состава используются при выдаче рекомендаций по технологии проведения плавки.

Полученные данные от программных модулей представляются в виде уравнений регрессии, круговых диаграмм и графиков зависимостей. Графики зависимости иллюстрируют влияние процентного содержания химических элементов на механические характеристики сплава. Предоставляется возможность сохранения и распечатки графической информации, а также конвертирование данных в формат.xls.

Модуль определения состава шихтового и легирующего материалов позволяет определить химический состав на начальном этапе сталеплавильного процесса. Результаты, полученные с помощью данного программного модуля, отображаются на круговой диаграмме и используются при закладке шихты на начальном этапе технологического процесса выплавки стали в печи ДСП-50. Круговая диаграмма иллюстрирует вклад каждого химического элемента в виде процентного содержания по отношению к общему составу сплава.

Модуль выдачи рекомендаций по технологии проведения плавки позволяет выбрать наиболее оптимальный энергетический режим. Полученные результаты представляются в виде циклограммы сталеплавильного процесса с указанием основных этапов в разрезе времени на основании общего графика технологического процесса. Циклограмма состоит из трех этапов: печная обработка стали в ДСП-50, внепечная обработка стали в АКОС, вакуумная обработка.

Авторами накоплен практический опыт в ходе разработки программного обеспечения компьютерных информационно-моделирующих систем сталеплавильного производства АО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ». Подробное описание разработанных математических моделей, алгоритмов и компьютерных программ для решения комплекса технологических задач в области сталеплавильного производства представлено в рабо-

тах [3–5]. Большинство программных систем успешно внедрены в промышленную эксплуатацию и используются на автоматизированных рабочих местах инженерно-технологического персонала сталеплавильного цеха, при решении комплекса задач планирования производства и оптимального управления энергоресурсами¹.

При проектировании подсистемы использован объектно-ориентированный подход, который соединяет процесс объектной декомпозиции и приемы представления логической, физической, статической и динамической моделей проектируемой системы. Данный подход подразумевает представление системы в виде группы взаимодействующих объектов, каждый из которых представляет некую сущность моделируемой предметной области и характеризуется классом, состоянием и поведением [6–8].

Апробация программного комплекса

Далее приведены результаты тестирования программного комплекса и его применение при прогнозировании требуемых значений характеристик сталей. Для оценки эффективности разработанного программного комплекса выполнена экспериментальная проверка соответствия прогнозируемых значений характеристик сталей.

Этапы проведения вычислительного эксперимента

Этап 1. Подготовка данных исследуемой марки стали, выбор величины уровня значимости и критической точки. Выгрузка производственных данных из БД исследуемой марки стали.

Этап 2. Проверка на адекватность полученных уравнений регрессии со значимыми коэффициентами.

Этап 3. Определение прогнозных значений предела прочности, предела текучести, ударной вязкости и твердости по имеющимся производственным данным (ввод последних — в основное окно программы).

Этап 4. Вывод круговых диаграмм и графиков зависимостей влияния химических элементов на механические характеристики.

¹ Кочковская С.С., Сердюк А.И. Расчет оптимальных механических свойств по отношению к процентному содержанию легирующих элементов валковых марок сталей «OptimalSostav». Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2018613600. Роспатент. 2018.

Кочковская С.С. Моделирование химического состава и оптимизация характеристик сталей и сплавов «Material Control». Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2019615170. Роспатент. 2019.

Этап 5. Определение химического состава сплава согласно требуемым характеристикам.

Этап 6. Определение состава шихтового и легирующего материалов.

Этап 7. Определение рекомендуемого энергетического режима проведения выплавки стали.

Для рабочих и опорных валков станков для горячей и холодной прокатки черных металлов, изготавливаемых на АО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ», осуществлено моделирование прогнозных значений характеристик валковых марок сталей 75ХМФ, 75ХМ, 90ХФ и их сравнение с полученными в производственных условиях при проведении эксперимента. Результаты представлены в табл. 2.

Полученные характеристики находятся в допустимых пределах, которые регламентируются ТУ 3137-512-23846254-2015. Также выполнено определение химического состава для получения требуемых механических характеристик.

Заключение

Для производственных условий АО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ» внедрение данного программного комплекса позволит скорректировать процесс выплавки сталей в рамках заданного химического состава для достижения требуемого комплекса свойств, а также выбрать наиболее оптимальный энергетический режим при выплавке стали.

Список литературы

1. Ицкович Э.Л. Типичные недостатки построения MES на предприятиях химико-технологических отрас-

лей//Автоматизация в промышленности. 2012. № 2. С. 3-10.

- Ицкович Э.Л. Основные положения концепции построения MES предприятий технологического типа // Автоматизация в промышленности. 2013. № 8. С. 14 - 20.
- Кочковская С.С., Сердюк А.И. Моделирование химического состава валковых марок сталей с помощью программного обеспечения OptimalSostav // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 76-ой международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. Т.1 С. 260-261.
- Кочковская С.С. Оценка точности соответствия механических свойств заданному качеству сплава валковых марок сталей // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика»: Тр. X международной Internet-конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь: ПНИПУ, 2019. С. 168-172.
- Кочковская С.С. Применение программного комплекса для расчета и контроля показателей качества валковых сталей и сплавов // Мехатроника, автоматика и робототехника: Тр. III международной научно-практической конф. Новокузнецк: НИЦ МС, 2019. №3. С. 82-84.
- Kozak L.Y. Conversion of the initial indices of the technological process of the smelting of steel for the subsequent simulation // Computer Research and Modeling. 2017. vol. 9, no. 2. p. 187-199.
- Orlov A.A., Provotorov A.V., Astaf'ev A.V. Methods and algorithms of automated two-stage visual recognition of metal-rolling billets // Automation and Remote Control. 2016. vol. 77, no. 6. p. 1099-1105.
- Prilutski M. Kh. Optimal Management of Two-Stage Stochastic Production Systems // Automation and Remote Control. 2018. vol. 79, no. 5. p. 830-840.

Кочковская Светлана Сергеевна – старший преподаватель кафедры электроэнергетики и теплоэнергетики Орского гуманитарно-технологического института (филиала)

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,

Сердюк Анатолий Иванович – д-р техн. наук, проф., директор Аэрокосмического института ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

*Контактный телефон 8-987-840-40-35.
E-mail: lana1905@mail.ru sap@mail.osu.ru*

Цифровой модуль ABB Ekip UP - решение для интеллектуального электрооборудования и предсказательной аналитики

Цифровой модуль Ekip UP от компании ABB позволяет подключить электроустановку к облачному сервису ABB Ability, упрощая контроль энергопотребления и прогнозирование необходимости технического обслуживания оборудования.

Компания ABB разработала доступное, быстро устанавливаемое решение для обеспечения дополнительной или основной защиты низковольтных выключателей или разъединителей. Устройство ABB Ekip UP продлевает срок службы существующего аппаратного обеспечения, расширяет функциональность и даже обеспечивает возможность резервирования. Время простоя при вводе в эксплуатацию минимально (<1 ч). Кроме того, не требуется проведение каких-либо работ с шинной системой распределительного щита. Благодаря своей гибкости это решение совместимо даже с оборудованием других производителей.

Интеллектуальное управление энергопотреблением

Благодаря оптимальному использованию фактических данных и облачных решений устройство Ekip UP от ABB обеспечивает интеллектуальное управление системой электроснабжения предприятия. Помимо многих других параметров, устройство измеряет энергию, подаваемую на распределительное устройство, число операций коммутационных устройств, температуру внутри отсеков и может передавать эти данные непосредственно в облачную систему контроля распределения электроэнергии ABB Ability EDCS. Это решение сочетает функцию измерения качества электроэнергии и встроенный шлюз с возможностью контроля энергопотребления, создания аналитических отчетов, настройки пользовательских предупреждений для событий и подключения к

облаку. Оно позволяет оптимизировать расходы на энергоносители, например, путем перераспределения нагрузки, ограничения пиковых нагрузок, а также путем использования полученных данных для более точного распределения затрат. Это позволяет управляющим производственных объектов сэкономить до 30% расходов на оплату электроэнергии.

Интеллектуальное техническое обслуживание

Предприятия уже переходят от планового технического обслуживания к профилактическому обслуживанию по фактическому состоянию оборудования. Ekip UP может передавать ключевые электрические параметры и параметры окружающей среды в облако. Эти данные в сочетании с более традиционными данными об измерениях и событиях обеспечивают прогнозирование необходимости профилактического технического обслуживания имеющихся компонентов компании ABB или GE. С помощью обычного мобильного устройства менеджеры предприятий могут увидеть кривую надежности особо важных систем, используя для этого инструмент прогнозирования Predict на основе платформы ABB Ability EDCS. Это позволяет им оценить воздействие условий окружающей среды и режима эксплуатации на срок службы оборудования и понять, когда будет необходимо провести следующее техническое обслуживание. Предупредительные сигналы, подаваемые в зависимости от состояния оборудования, помогают пользователю более эффективно планировать техническое обслуживание и понять, что именно нужно будет сделать. С помощью инструмента прогнозирования Predict менеджеры производственных объектов могут снизить эксплуатационные расходы на 10%.

[Http://new.abb.com](http://new.abb.com)