

УДК 658.51:005.5

**О.С. ЛОГУНОВА**, д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Г.И. Носова", Магнитогорск,

**В.В. ПАВЛОВ**, ведущий инженер, ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат", Магнитогорск,

**И.А. ПОСОХОВ**, аспирант, ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Г.И. Носова", Магнитогорск,

**И.И. МАЦКО**, инженер, ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Г.И. Носова", Магнитогорск,

**О.С. МАЦКО**, магистр, ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Г.И. Носова", Магнитогорск

### **СТРУКТУРА КАСКАДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

Определена необходимость в разработке универсальной технологии построения системы интеллектуальной поддержки управления многостадийными процессами, способной выполнить согласование значений технологических параметров между локальными контурами на каждой стадии производства. Предложены структура комплексной системы интеллектуальной поддержки управления многостадийными металлургическими процессами и модели этапов производства. Ил.: 3. Библиограф.: 9 назв.

**Ключевые слова:** системы управления, интеллектуальная поддержка, многостадийные металлургические процессы.

**Постановка проблемы и анализ литературы.** Современное промышленное производство выдвигает новые требования к системам управления многостадийными производствами. Эти требования обусловлены внедрением новых приоритетных направлений, определенных государственной политикой в России. Одно из таких направлений – развитие информационно-телекоммуникационных технологий, которые являются неотъемлемой частью автоматизированных систем управления (АСУ) производством крупных промышленных предприятий. Использование новых модулей АСУ для многостадийных производственных процессов способствует повышению эффективности функционирования агрегатов и обеспечивает снижение доли продукции пониженного качества.

Многостадийная технология получения металлургической продукции, с точки зрения управления, является сложным объектом. Для таких технологий необходимы системы, позволяющие в режиме

реального времени выполнять мониторинг качества получаемой продукции и обеспечивать интеллектуальную поддержку принятия решений при управлении производством.

В области теории и практики использования графической информации и принятия решений в АСУ производств накоплен значительный положительный опыт. Вопросы получения, обработки и сегментации изображений отражены в трудах зарубежных и российских исследователей [1 – 3].

Однако, несмотря на проведенные исследования и значительное число публикаций в области АСУ металлургического производства [4 – 7], остаются актуальными следующие проблемы:

- отсутствие автоматизированных систем, позволяющих обеспечить контроль за технологическими процессами, входящими в технологическую цепочку, на основе информации о качестве выпускаемой продукции;

- отсутствие методик сбора и обработки графической информации о качестве металлургической продукции по низкоконтрастным изображениям с элементами нерегулярной формы;

- отсутствие пакетов прикладных программ для интеллектуальной поддержки принятия решений в АСУ многостадийным производством, построенных на основе адаптивных нечетких деревьев с динамической структурой, учитывающих значения атрибутивных признаков качества получаемой продукции.

В сложившихся условиях возникает необходимость в разработке универсальной технологии построения системы интеллектуальной поддержки управления многостадийными процессами, способной выполнить согласование значений технологических параметров между локальными контурами на каждой стадии производства. Это и является **целью данной статьи.**

**Структура объекта исследования.** Рассмотрим процесс, состоящий из  $N$  стадий, общая схема которого приведена на рис. 1.

На рис. 1 введены обозначения:  $\{Z_i\}$  – вектор заданий на значения технологических параметров  $i$ -го процесса;  $\{R_i\}$  – вектор решений об изменении значений параметров  $i$ -го процесса;  $\{M_i\}$  – вектор оценок (показателей) качества продукции или полупродукта, получаемого при переделе на  $N$  выбранных стадиях;  $Z$  – значение результирующих показателей по заданной позиции продукции.

В качестве примера рассмотрим производство непрерывно-литой заготовки, для которого выбраны три основные стадии: выплавка стали в дуговых сталеплавильных печах переменного тока (ДСП), обработка

стали на установке печь-ковш (УПК) и непрерывная разливка стали на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Для выбранной технологии, при  $N = 3$ , получим схему многостадийного производства, приведенную на рис. 2.

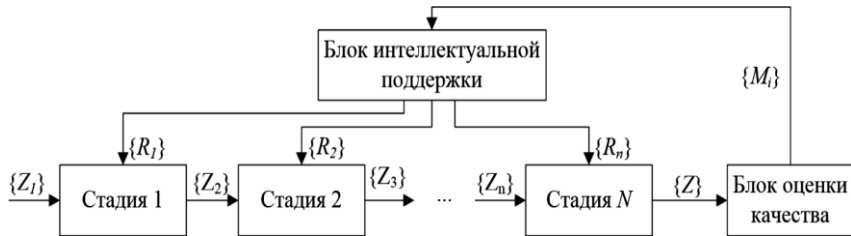


Рис. 1. Схема многостадийного производства с комплексной системой интеллектуальной поддержки управления



Рис. 2. Схема многостадийного производства непрерывно-литой заготовки

**Структурная модель  $i$ -го этапа производства.** Блок каждой стадии (рис. 1) имеет сложную структуру, которая включает в себя: математические модели процессов, модуль визуализации предполагаемого результата, модуль мониторинга текущего процесса, блок принятия решения, системы локальных контуров управления технологическими параметрами, объект управления (технологический агрегат или его зоны). Структурная схема каждой стадии может быть унифицирована согласно схеме, приведенной на рис. 3.

На рис. 3 введены обозначения:  $\{R_{3m}\}$  – вектор решений об изменении значений параметров  $i$ -го процесса, полученный по результатам моделирования;  $\{DZ_3\}$  – вектор поправок на значение задания по управлению процессом;  $\{Z_{3вх}\}$  – вектор задания для системы локальных контуров объекта управления;  $\{Z_{3вых}\}$  – вектор значений технологических параметров, передаваемых на объекта управления;

$\{Z_{\text{вых}}\}$  – вектор значений технологических параметров, полученных после завершения  $i$ -ой стадии производства и передаваемых в качестве задания на  $i+1$  стадию.

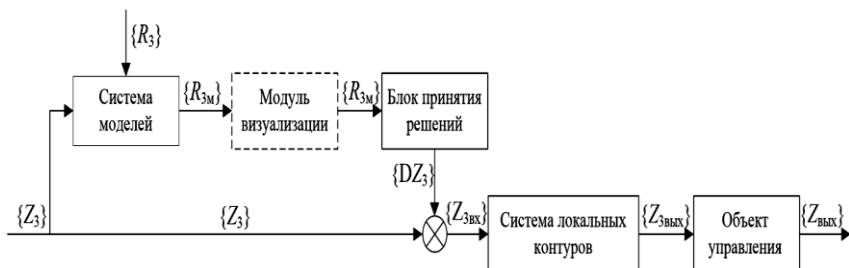


Рис. 3. Структурная схема  $i$ -й стадии производства

На рис. 1 и рис. 3 представлены блоки принятия решения, которые могут быть реализованы с помощью различных технологий, как в автоматизированном, так и автоматическом режимах. В настоящее время наиболее распространенными являются технологии принятия решения, построенные на основе классификации с помощью нейронных сетей, нечеткой логики и древовидных структур [4, 8, 9]. Одним из вариантов, учитывающим нечеткость информации и классификационные признаки качества продукции, является сочетание множества древовидных структур и нечетких функций принадлежности об уровне полученных показателей качества. Учитывая множество показателей качества и динамичность производственных процессов, формируется адаптивный лес нечетких деревьев с динамической структурой. Адаптивность каждого дерева позволяет переобучить дерево решений при изменении условий протекания технологического процесса и реагировать на неопределенные в дереве решений ситуации. Динамичность позволяет изменять степень важности технологических параметров управления процессом после серии адаптаций дерева с целью предоставления более коротких ветвей решения, тем самым уменьшая число требующих коррекции параметров.

Модуль визуализации (рис. 3) предназначен для демонстрации результатов моделирования, и его построение является самостоятельной научной проблемой в области обработки информации. Модуль является необязательным и во многие системы управления технологическими процессами не включается из-за сложности реализации при отображении результатов в реальном времени.

Блок "Система локальных контуров" также имеет сложную структуру и может сочетать в себе  $M$  подсистем, которые отвечают за выбор и стабилизацию значений технологических параметров. Особенностью предлагаемого решения является рассмотрение комплексного результата при изменении значений множества технологических параметров не только на выбранной  $i$ -ой стадии, но и между стадиями. Поэтому между блоками схем, показанных на рис. 1 и рис. 3, показано векторное представление входных и выходных параметров.

Разработана структурная схема стадии непрерывной разливки стали для условий электросталеплавильного цеха ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат". На вход схемы от блока интеллектуальной поддержки поступает сигнал о рекомендуемом качестве заготовки  $\{R_3\}$ . Связующие координаты вектора  $\{Z_i\}$  поступают в блок моделирования процесса непрерывной разливки стали. В этом блоке представлена система подмоделей, включающая модель идентификации коэффициента теплоотдачи с поверхности заготовки, модель теплового состояния заготовки, модель формирования дефектов заготовки, модель прогнозирования качества заготовки и т.д. Результаты моделирования последовательно поступают в модуль визуализации, реализованной на платформе Scada технологий, и блок принятия решений. Одним из способов построения блока принятия решений о корректировке значений технологических параметров является использование адаптивных нечетких деревьев с динамической структурой. В качестве лингвистических переменных для дерева принятия решений о возможных причинах возникновения дефектов определены: масса плавки; температура металла после выпуска из ДСП; температура металла после внепечной обработки; температура металла в промежуточном ковше; окисленность металла; скорость разливки стали; содержание основных химических элементов в стали.

**Заключение.** Таким образом, при наличии современных методов принятия решений возможно развитие существующих систем управления производством в направлении их интеллектуализации. Использование комплексной системы интеллектуальной поддержки управления многостадийными металлургическими процессами позволяет вести многофакторный анализ процесса.

**Список литературы:** 1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с. 2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. 3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – Кн. 1. – 312 с. 4. Рябчиков М.Ю. Достижение максимальной производительности оптимизируемого

процесса измельчения руды при использовании принципов нечеткого экстремального управления / М.Ю. Рябчиков, Б.Н. Парсункин, С.М. Андреев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2011. – № 2. – С. 5-9.

5. Tutarova V.D. Analysis of the surface temperature of continuously cast ingot beyond the zones of air cooling / V.D. Tutarova, O.S. Logunova // Steel in Translation. – 1998 – № 8. – P. 21-23.

6. Логунова О.С. Моделирование теплового состояния бесконечно протяженного тела с учетом динамически изменяющихся граничных условиях третьего рода / О.С. Логунова, И.И. Мацко, Д.С. Сафонов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2012. – № 27. – С. 74-85.

7. Logunova O.S. Internal-defect formation and the thermal state of continuous-cast billet / O.S. Logunova // Steel in Translation. – 2008. – Vol. 38. – № 10. – P. 849-852.

8. Головкин Н.А. Адаптивная система автоматического управления стохастическими нелинейными процессами / Н.А. Головкин, О.С. Логунова, Б.Н. Парсункин // Научное обозрение. – 2013. – № 1. – С. 166-170.

9. Matsko I.I. Adaptive fuzzy decision tree with dynamic structure for automatic process control system of continuous-cast billet production / I.I. Matsko, O.S. Logunova, V.V. Pavlov // IOSR Journal of Engineering. – 2012. – Vol. 2. – № 8. – P. 53-55.

Поступила в редакцию 26.06.2013

УДК 658.51: 005.5

**Структура каскадной системы управления богатостадийными технологическими процессами / Логунова О.С., Павлов В.В., Посохов И.А., Мацко И.И., Мацко О.С.** // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2013. – № 19 (992). – С. 75 – 80.

Визначено необхідність у розробці універсальної технології побудови системи інтелектуальної підтримки управління богатостадийними процесами, здатної виконати узгодження значень технологічних параметрів між локальними контурами на кожній стадії виробництва. Запропоновано структура комплексної системи інтелектуальної підтримки управління богатостадийними металургійними процесами і моделі етапів виробництва. Л.: 3. Бібліограф.: 9 назв.

**Ключові слова:** системи управління, інтелектуальна підтримка, богатостадийні металургійні процеси.

UDC 658.51: 005.5

**Structure of the multistage cascade control system technology processes / Logunova O.S., Pavlov V.V., Posohov I.A., Matsko I.I., Matsko O.S.** // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2013. – № 19 (992). – P. 75 – 80.

Identified the need to develop a universal technology for building the intellectual management support multistage processes that can perform negotiation process values between local loops at each stage of production. Suggest a structure of an integrated system of intelligent management support multistage metallurgical processes and models stages of production. Figs.: 3. Refs.: 9 titles.

**Keywords:** control systems, intellectual management support, multistage metallurgical processes.