

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**



**НАУКОВІ ПРАЦІ  
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка  
та автоматизація”*

*№ 1(26) 2014*

Донецьк  
2014

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАУКОВІ ПРАЦІ  
ДОНЕЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

*Серія: “Обчислювальна техніка  
та автоматизація”*

*Всеукраїнський науковий збірник*

*Заснований у липні 1998 року*

*Виходить 2 рази на рік*

*№ 1(26) 2014*

Донецьк  
2014

УДК 681.5: 658.5: 621.3

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 6 від 20.06.2014).

У збірнику опубліковано статті науковців, аспірантів, магістрів та інженерів провідних підприємств і вищих навчальних закладів України, в яких наведено результати наукових досліджень та розробок, виконаних у 2013-2014 роках згідно напрямків: автоматизація технологічних процесів, комп'ютерні інформаційні технології, інформаційно-вимірювальні системи, електронні і мікропроцесорні прилади.

Матеріали збірника призначено для викладачів, наукових співробітників, інженерно-технічних робітників, аспірантів та студентів, що займаються питаннями розробки і використання автоматичних, комп'ютерних і електронних систем.

**Засновник та видавець** – Донецький національний технічний університет.

**Редакційна колегія:** О.А. Мінаєв, чл-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., головний редактор; Є.О. Башков, д-р техн. наук, проф., заступник головного редактора; Є.Б. Ковальов, д-р техн. наук, проф., відп. секретар випуску; Ахім Кінле д-р техн. наук, проф.; Іван Тауфер д-р техн. наук, проф.; А.А. Зорі, д-р техн. наук, проф.; О.Г. Воронцов, д-р техн. наук, проф.; Ю.О. Скобцов, д-р техн. наук, проф.; Н.І. Чичикало, д-р техн. наук, проф.; М.М. Заблодський, д-р техн. наук, проф.; В.В. Турупалов, канд. техн. наук, проф.; К.М. Маренич, канд. техн. наук, проф.; О.В. Хорхордін, канд. техн. наук, доц.; М.Г. Хламов, канд. техн. наук, доц.; Б.В. Гавриленко, канд. техн. наук, доц.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія КВ № 7376 від 03.06.2003.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (затверджено постановою президії ВАК України № 1-05/5 від 01. 07. 2010 р., надруковано в бюлетені ВАК №7, 2010).

Збірник включено до бібліографічної бази даних наукових публікацій Російський індекс наукового цитування (РІНЦ) ([http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=38108](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=38108))

## ЗМІСТ

Стор.

<b>Розділ 1 Автоматизація технологічних процесів</b>	5
<b>Борисов А.А.</b> Применение FF-, FB-, MFC-AGC регуляторов в концепции управления приводами клетей прокатного стана по мощности.	6
<b>Воротникова З.Е.</b> Формирование и использование архивной базы данных в системе «советчик оператора доменной печи»	14
<b>Суздаль В.С., Тавровский И.И., Соболев А.В., Кобылянский Б.Б.</b> Система с параметрической инвариантностью для процессов кристаллизации	24
<b>Лапта С.С., Масолова Н.В., Зиновьева Я.В.</b> Развитие теории моделирования переходного процесса в сложной гомеостатической системе	29
<b>Мироненко Л.П., Петренко И.В., Власенко А.Ю.</b> Интеграл Ньютона-Лейбница и вторая интегральная теорема о среднем	36
<b>Найденова Т.В., Федюн Р.В.</b> Синтез САУ процессом биохимической водоочистки	41
<b>Федюн Р.В.</b> Автоматичне управління занурювальними насосами водовідливу ліквідованих шахт	51
<b>Гарматенко А.М.</b> Алгоритм поиска кратковременной памяти в данных акустической эмиссии угольных пластов	61
<b>Розділ 2 Інформаційні технології та телекомунікації</b>	69
<b>Воропаєва А.О.</b> Розробка методу керування безпроводовими телекомунікаційними мережами нового покоління на основі застосування підходу максимізації завантаженості мережі	70
<b>Гостев В.И., Кунах Н.И., Артюшик А.С.</b> Аппроксимация звена чистого запаздывания для АQM-систем комплексной передаточной функцией звена Паде	77
<b>Дегтяренко И.В., Лозинская В.Н.</b> Динамические модели средств управления трафиком в сетевом узле	85
<b>Дмитриева О.А.</b> Оптимизация выполнения матрично-векторных операция при параллельном моделировании динамических процессов	94
<b>Євсєєва О.Г.</b> Використання комп'ютерно-орієнтованих засобів проектування і організації навчання математики на засадах діяльнісного підходу в технічному університеті	101
<b>Воропаєва В.Я., Жуковська Д.О.</b> Оцінка впливу алгоритмів обробки черг на показники QOS	111
<b>Воропаєва В.Я., Кабакчей В.И.</b> Выбор методов оценки количества меток в рабочей зоне RFID-ридера для достижения максимальной пропускной способности	119
<b>Кануннікова К.П., Червинський В.В.</b> Алгоритм динамічного регулювання споживаної потужності мікростілками гетерогенної мережі LTE	126
<b>Klymash M.M., Haider Abbas Al-Zayadi, Lavriv O.A.</b> Improving throughput using channel quality indicator in LTE technology	134

<b>Мірошкін О.М.</b> Модифікація системи адресації мікрокоманд у пристрої керування при його реалізації у базисі гібридних FPGA	144
<b>Молоковский И.А.</b> Моделирование процессов распространения радиоволн в подземной части угледобывающего предприятия	152
<b>Пасічник В.В., Назарук М.В.</b> Інформаційно-технологічний супровід системних трансформацій вітчизняної освітньої галузі	160
<b>Батыр С.С., Хорхордин А.В.</b> Особенности оценки эффективности методов управления очередью маршрутизатора	169
<b>Розділ 3 Інформаційно-вимірювальні системи, електронні та мікропроцесорні прилади</b>	177
<b>Вовна А.В., Зори А.А.</b> Оптический измеритель концентрации метана с аппаратно-программной компенсацией температурного дрейфа	178
<b>Жукова Н.В., Литвинов В.И., Голиков В.В.</b> Лабораторный стенд регулируемого линейного асинхронного электропривода – аналога электропривода постоянного тока	189
<b>Кузнецов Д.Н., Чупис Д.А.</b> Исследование физической модели ступенчатого испытательного воздействия для определения динамических характеристик термопреобразователей	202
<b>Куценко В.П.</b> Математичне моделювання властивостей діелектричних матеріалів при використанні мікрохвильових експертних систем	210
<b>Лыков А.Г., Косарев Н.П.</b> Исследование влияния ширины спектра излучения источника на чувствительность измерительных каналов газоанализаторов выхлопных газов автомобильного транспорта	218
<b>Штепа А.А.</b> Обоснование концепции структурно алгоритмической организации модульной компьютеризированной информационно-измерительной системы электрофизиологических сигналов	226

# **Розділ 1**

## **Автоматизація технологічних процесів**

УДК 621.7-52

**З.Е. Воротникова (канд. техн. наук)**ГВУЗ «Приазовский технический университет», г. Мариуполь  
кафедра автоматизации и компьютерных технологий  
e-mail: mailgold@mail.ru**ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИВНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ  
В СИСТЕМЕ «СОВЕТЧИК ОПЕРАТОРА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ»**

*В статье изложены сведения о существующих системах поддержки принятия решений в доменном производстве и о разработанной автором методике формирования архивной базы данных, контролируемых технологических параметров доменной плавки. Структуризация данных проводится с целью применения для них методов интеллектуального анализа. Полученная из «сырых» данных информация о течении доменного процесса может быть использована при принятии управленческих решений в режиме реального времени. Изложена методика проведения анализа и оптимизации объема оперативной базы данных с целью прогнозирования течения доменной плавки в режиме реального времени.*

**Ключевые слова:** база данных, технологические параметры, интеллектуальный анализ данных, группирование параметров, оценка качества управления, критерий качества чугуна.

**Постановка проблемы**

В соответствии с принятой классификацией доменная печь относится к разряду уникальных технических объектов, обладающих сложной многоэлементной структурой [1]. Закрытость процесса, высокие температуры, отсутствие адекватных математических моделей и необходимость постоянного контроля текущего состояния доменного процесса, вынуждает технологов использовать косвенные методы диагностики. Следствием этого является оснащение доменных печей целым комплексом метрологического оборудования (число контролируемых параметров составляет несколько сотен). Полученные данные передаются на пульт управления в виде графиков изменения значений контролируемых параметров и сигнализацией критических зон. На основании этой информации технолог в реальном времени должен оценить состояние технологического процесса и принять решение о способе управления. Возможности человека по адекватному восприятию и оценке информации весьма ограничены, поэтому, разработка методов автоматической обработки и визуализации полученной с датчиков информации, является актуальной задачей.

На данный момент достаточно отработаны информационные системы доменного процесса, но роль субъективного фактора опытного оператора-технолога в управлении доменной печью является все еще ключевой. Среди существующих на доменных печах мира интегрированных компьютерных систем контроля и управления лишь некоторые включают в свой состав модельные системы управления технологическим режимом доменной плавки. Очень редко эти сложные системы оперативного управления доменным процессом тиражируются, так как для эффективной их эксплуатации они должны быть адаптированы к условиям работы конкретной печи.

К тому же, одна из главных проблем математического моделирования доменного процесса связана с разрешением противоречия между сложностью моделируемого процесса и необходимостью решения технологических задач в одном темпе с процессом за заданный интервал времени, с использованием реально имеющейся информации. Применение полных моделей доменного процесса, решить эту проблему, не позволяет [2].

В связи с этим, остаются актуальными системы поддержки принятия решений, работающие в режиме советчика оператора доменной печи.

#### **Анализ последних исследований и публикаций**

Системы поддержки принятия решений и соответствующие им информационные технологии появились в основном в 80-е годы, чему способствовали развитие теории моделирования, математики, в особенности численных методов решения, широкое распространение персональных компьютеров, пакетов прикладных программ. Эти системы нашли применение при поиске путей компенсации возмущений, влияющих на развитие основных процессов доменной плавки, и при решении задач минимизации затрат материальных и энергетических ресурсов на выплавку чугуна [2].

Модельные системы поддержки принятия решений применяются на третьем и четвертом уровнях АСУ ТП и представляют собой вид компьютерных информационных систем, помогающих лицу, принимающему решение, в принятии решения при наличии плохо структурированных задач посредством прямого диалога с компьютером с использованием данных и математических моделей.

В состав модельной системы поддержки принятия решений входят три главных компонента (см. рис. 1.): база данных; база моделей; система управления интерфейсом между пользователем и компьютером.

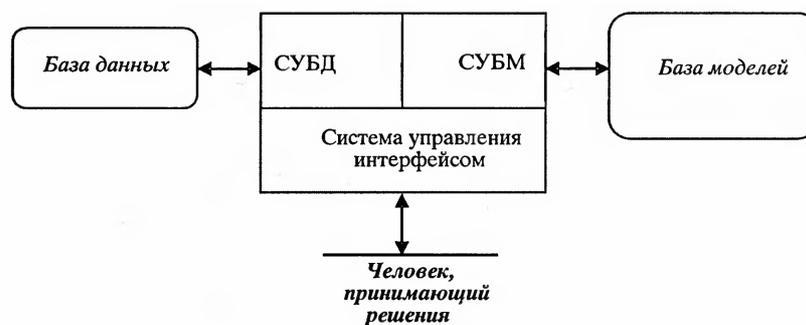


Рисунок 1 – Основные компоненты модельной системы поддержки принятия решений

*База моделей* (комплекс различных моделей) используется для описания и оптимизации процесса. Комплекс математических моделей является основой системы поддержки принятия решения. Пользователь имеет возможность получить недостающую ему информацию для принятия решения путем установления диалога с моделью, что облегчает выработку и оценку альтернатив решения. *Система управления базой моделей* (СУБМ) должна обладать следующими возможностями: создавать новые модели или изменять существующие, поддерживать и обновлять параметры моделей (осуществлять идентификацию параметров), манипулировать моделями.

Анализ особенностей построения математических моделей показал, что их адекватность реальным процессам зависит от степени изученности процессов. Поскольку параметрическая идентификация в реальных условиях по параметрам внутреннего состояния возможна лишь приближенно, ее производят по выходным параметрам (расход кокса, производительность, параметры чугуна и шлака и колошниковога газа), что не позволяет дать однозначную оценку адекватности модели реальным процессам.

К настоящему времени верхний уровень управления АСУ ТП практически не реализован на доменных печах. В том числе, не отработаны модели, которые могут работать в режиме реального времени, оценивать достоверность собираемой информации и решать задачи интеллектуального уровня с использованием человеко-машинных интерфейсов.

Современные вычислительные средства дают возможность задействовать при принятии решений ресурсоемкие интеллектуальные технологии и получать из большого объема

накопленных данных о технологическом процессе полезную информацию в виде различных закономерностей. В связи с этим, разработка моделей хранения и обработки, накопленных объемов данных о технологических процессах, является актуальной задачей.

#### **Цель статьи**

Разработка системы формирования и анализа архивной базы данных, автоматизированной системы управления технологическим процессом выплавки чугуна, с целью оперативного использования при принятии решений.

#### **Изложение основного материала**

Задача разрабатываемой системы состоит в структуризации и систематизации данных, полученных в АСУ ТП. Проводится статистический анализ данных; прогнозирование хода плавки в реальном времени на основании анализа текущего состояния процесса и архивной БД; визуализация информации о возможном протекании технологического процесса на основании сделанного прогноза.

На первом этапе исследований рассматривались контролируемые параметры состояния технологического процесса выплавки чугуна при нормальном ходе печи. Данные поступают с датчиков контроля технологических параметров, установленных на доменной печи, на сервер АСУ ТП.

В системе контролируются следующие параметры:

- температуры холодного и горячего дутья, колошниковога газа в газоотводах и по радиусу колошника, огнеупорной кладки печи и ее фундамента, поступающей и отходящей из охладительной арматуры воды и воздуха, охлаждающего лещадь, купола воздухонагревателя и продуктов горения, отходящих из воздухонагревателя;
- давление холодного и горячего дутья, давление газа на колошнике, перепады давления газа в нижней, средней и верхней части шахты, природного газа, воды, поступающей в охладительную арматуру, пара;
- расход дутья, природного газа, кислорода, подаваемого в печь на каждую фурму;
- состав колошниковога газа, продуктов горения воздухонагревателей, содержание в дутье кислорода, влажность дутья;
- уровень шихтовых материалов в печи;
- число подач, загруженных в печь, число скипов в подаче, угол поворота вращающегося распределителя шихты;
- масса и химический состав агломерата, кокса и добавок к каждой подаче.

Эти данные достаточно полно характеризуют текущее состояние системы, которое зависит от предыдущего состояния и управляющих воздействий. Управляющие воздействия, в свою очередь складываются из качества и способа загрузки шихтовых материалов, состава и режима дутья, времени слива чугуна и шлака.

Способ загрузки шихтовых материалов, их количество и состав определяют регулирование доменного процесса сверху. Возможность изменения параметров шихтовых материалов в широких пределах отсутствует — работа ведется с теми материалами, которые поступают. Существует возможность «доводки» материалов с помощью различных добавок (известняк, богатые рудой присадки). Качественные и количественные характеристики шихтовых материалов оцениваются технологами по мере прихода сырья и формирования подач, на основе проведенных на предприятии анализов.

Оценка состояния технологического процесса проводится при помощи статистических характеристик временных рядов контролируемых технологических параметров, которые рассчитываются для каждого цикла плавки. В качестве цикла плавки выбрано время от начала слива чугуна до следующего слива. Для анализа состояния технологического процесса был определен репрезентативный набор из 26 параметров. Список параметров определяется технологическими специалистами и может изменяться по ходу наработки системы с целью уточнения общих характеристик.

Данные, поступают на сервер с контроллеров каждые 3 секунды. Временные ряды значений контролируемых параметров, полученные за цикл плавки, сглаживаются (например: с помощью экспоненциального алгоритма с выбором оптимального параметра [3]), аппроксимируются (например: на базе модулированных гармоник Фурье [4]) и их модели хранятся в базе данных. Так как обработка данных в виде моделей требует большого объема вычислительной работы и, следовательно, машинного времени, что затрудняет использование их в системах реального времени, модели задействуются лишь на этапе визуализации результатов прогноза.

В базу данных для каждого цикла плавки записываются значения «характерных показателей» для временных рядов контролируемых технологических параметров. Набор таких показателей должен обеспечивать формирование критериев подобия (близости) циклов плавки или отличия.

В качестве «характерных показателей» могут быть выбраны следующие статистические характеристики временных рядов технологических параметров [5]: среднеквадратичное отклонение контролируемых параметров от их математического ожидания; смещение математического ожидания от нормативного значения; вероятности отклонения контролируемой величины в определенный момент времени от ее математического ожидания на нормативное значение; относительное число отклонений контролируемой величины, находящихся в фиксированной области или соответствующее время; максимальное непрерывное время нахождения значений в некоторой области; суммарное непрерывное время нахождения контролируемого параметра в некоторой области больше заданного порога.

Выбор вида «характерного показателя», для каждого контролируемого параметра должен осуществляться экспертом исходя из накопленного опыта. В зависимости от нормативного характера поведения конкретного контролируемого параметра или группы параметров, строится частный критерий качества регулирования как взвешенная аддитивная свертка, включающая один или несколько видов статистических характеристик [6]. Так как в качестве «характерных показателей» выступают величины, показывающие степень отклонения контролируемого параметра от желаемого, следовательно, чем меньше значения частных критериев, тем лучше реализовано управление технологическим процессом. При проведении экспериментов с системой были использованы нормативные данные из технологической инструкции и рекомендации обслуживающего персонала домны №2 МК «Азовсталь» г. Мариуполя.

Частные критерии качества регулирования по каждому технологическому параметру рассчитываются динамически и их значения записываются в БД в контрольных точках в течение каждого цикла плавки. Предусмотрена возможность задания контрольных точек (например: каждые 10 минут). В каждой контрольной точке качество управления по каждому технологическому параметру рассчитывается по следующим выборкам: суточной (24 часа), за смену (8 часов), за цикл плавки, за час, за 30 минут, за 15 минут, за 5 минут

В БД (см. рис. 2) также записываются данные по каждому циклу плавки о качестве выплавленного чугуна, полученные из лаборатории [7]: В лаборатории контролируются следующие параметры: общий вес чугуна при сливе; содержание кремния в чугуне (%); содержание марганца в чугуне(%); содержание серы в чугуне(%); содержание фосфора в чугуне(%); основность чугуна (отношение содержания оксида кальция к кремнию); содержание титана в чугуне (%); температура чугуна (°C); содержание оксида магния в шлаке(%); содержание оксида алюминия в шлаке (%).

Сформированная, выше описанным способом, БД хранит достаточно полную информацию о технологическом процессе и может использоваться в оперативном режиме для принятия решений в ходе управления.

Обработка информации о технологическом процессе происходит в несколько этапов:



можно использовать известные методы кластеризации, такие, как перегруппированная кластеризация (relocation clustering), агломеративная иерархическая кластеризация, метод k-среднего, метод нечеткого c-среднего и другие [8, 9].

При проектировании системы, для решения этой задачи использовалась иерархическая кластеризация (метод Ланса-Уильямса), которая не требует задания исходного числа кластеров, а позволяет найти их в процессе выполнения процедуры кластеризации. Была выбрана формула Варда и Евклидова метрика [10], «характерные показатели» предварительно нормировались (см. рис.3).

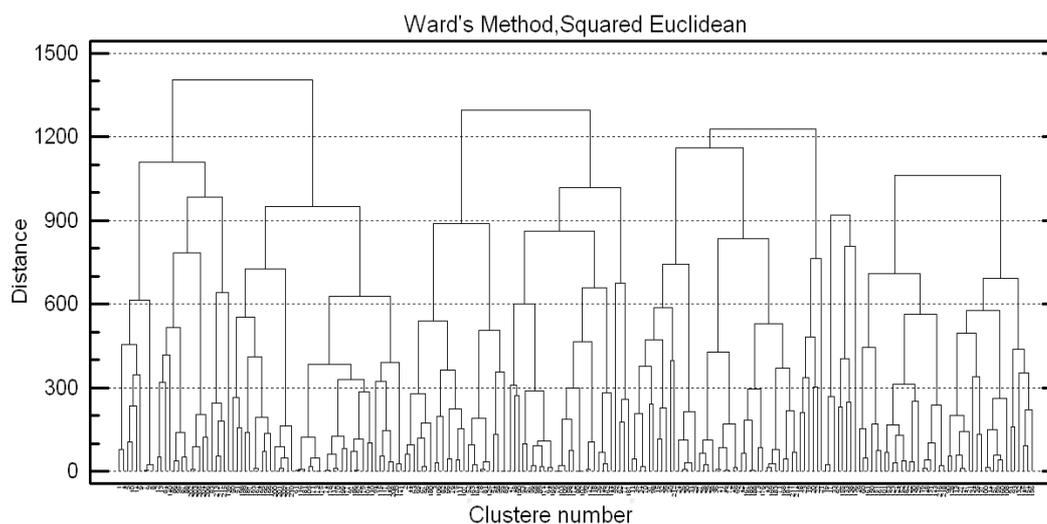


Рисунок 3 – Дендрограмма групп для фрагмента БД (за 20 суток)

Отдельно проводится группирование циклов плавки по качеству и температуре выплавленного чугуна и шлака. Эти данные используются при настройке порогов для разделения множества циклов плавки на классы.

По результатам кластеризации для каждого цикла плавки в БД вносятся данные о том, к какому классу он принадлежит, и к какому классу отнесен предшествующий цикл. По мере формирования данных о текущем цикле в каждой контрольной точке, независимо, проводится прогнозирование принадлежности цикла к некоторому классу с использованием метрической классификации. Притяжение осуществляется к тому кластеру расстояние от объекта до центра масс которого, наименьшее.

В качестве прогнозного значения выбирается класс, наиболее часто встречающийся в предшествующих контрольных точках текущего цикла. Данные о прогнозе записываются во вспомогательную таблицу и используются для оценки качества прогнозирования. Качество прогноза напрямую зависит от представительности данных в БД. В таблице приведены данные о качестве прогноза на модельной БД.

Таблица 1

Количество правильно классифицированных объектов в каждой контрольной точке (%)

Номер класса	Номер контрольной точки															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	40	43	56	55	59	62	68	75	77	87	87	88	90	92	95	96
2	65	55	60	67	68	67	69	73	76	78	90	91	91	93	93	97
3	90	90	91	90	91	92	91	93	94	94	93	95	95	97	97	97
4	65	66	66	65	68	67	70	77	79	85	86	86	90	92	94	95
5	70	77	81	80	82	82	81	88	89	89	88	90	91	92	92	95

Для каждой контрольной точки по результатам прогноза выбираются «лучший», «худший» и «типичный» циклы, которые выводятся на экран. «Лучший» и «худший» циклы выбираются в зависимости от величины критерия качества чугуна по спрогнозированной группе (чем меньше критерий качества, тем «лучше» цикл). «Типичный» цикл – выбирается случайным образом по гистограмме из диапазона значений критериев качества чугуна, в который попало наибольшее количество циклов.

Для расчета качества чугуна используются данные о химическом составе чугуна и шлака полученные из лаборатории и хранящиеся в БД. Критерий качества вводится, как расстояние от точки, образованной нормированными значениями параметров, характеризующих химический состав чугуна для заданного цикла плавки до центра диапазонов норм по химическому составу для чугуна необходимого качества.

$$K_i = \rho(x_i, a), \quad (1)$$

где  $a$  – координаты центра диапазонов нормы параметров качества чугуна;

$x_i$  – координаты  $i$ -го цикла плавки в пространстве параметров качества чугуна.

Каждые сутки рассчитывается качество группирования циклов в БД по формуле [8]:

$$\Phi_0 = \sum_{y \in Y} \frac{1}{|K_y|} \sum_{i: y_i = y} \rho^2(x_i, \mu_i) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $K_y = \{x_i \in X^l | y_i = y\}$  – кластер  $y$ ,

$\mu_i$  – центр масс кластера  $y$ .

$$\Phi_1 = \sum_{y \in Y} \rho^2(\mu_y, \mu) \rightarrow \max, \quad (3)$$

где  $\mu$  – центр масс всей выборки  $y$ .

$$\Phi = \Phi_0 / \Phi_1 \rightarrow \min. \quad (4)$$

Если качество группирования ухудшается более чем на 10 % (параметр может регулироваться) агломеративная иерархическая процедура группирования запускается снова, чтобы уточнить границы классов.

Для улучшения качества классификации и уменьшения объема обрабатываемой БД целесообразно вести идентификацию циклов плавки как эталонных, не информативных и шумовых в виде соответствующего маркера [10]. Эталоны – это типичные представители классов, неинформативные объекты – плотно окружены другими объектами того же класса, шумовые – находятся в толще чужого класса. Удаление шумовых объектов из БД, исключение из обработки неинформативных объектов и перебор только минимального достаточного количества эталонов, позволяет повысить качество устойчивости классификации, сократить объём обрабатываемых данных и уменьшить время классификации (алгоритм STOLP [11]). Кроме того, выделение небольшого числа эталонов в каждом классе позволяет лучше понять структуру класса.

Степень типичности объекта (насколько глубоко он погружен в свой класс) показывает *отступ* – равный разности суммарного веса объектов своего класса в некоторой окрестности и максимального суммарного веса объектов из других классов в этой окрестности, вес пропорционален расстоянию до объекта.

$$M(x_i) = \Gamma_{y_i}(x_i) - \max_{y \in Y \setminus y_i} \Gamma_y(x_i), \quad (5)$$

где  $\Gamma_{y_i}(x_i)$  – оценка близости объекта  $x_i$  к классу  $y_i$ .

В зависимости от значений отступа обучающие объекты условно делятся на пять типов, в порядке убывания отступа: эталонные, неинформативные, пограничные, ошибочные, шумовые (см. рис. 4).

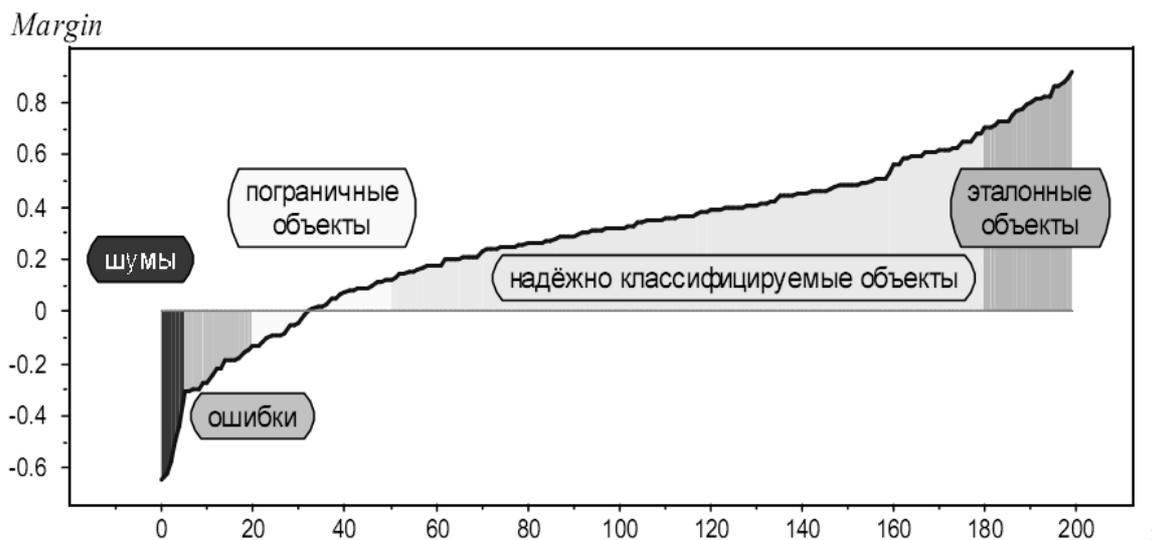


Рисунок 4 – Умовне деление объектов на пять типов

Различия между соседними типами объектов устанавливаются с помощью порогов и могут настраиваться. Если основная масса объектов имеет положительные отступы, то деление выборки можно считать успешным.

В перспективе, для лучшей кластеризации, можно использовать другие методы. Например, с-среднее – нечеткая кластеризация, которая позволит определить в какой степени тот или иной ряд относится к какому-то кластеру.

Предложенная система извлечения и визуализации знаний, заключенных в «сырых» данных, которые АСУТП собирают и хранят уже продолжительное время, может быть использована при принятии решений в реальном времени как советчик оператора доменной печи.

### Выводы

1. Предложенная схема хранения данных позволяет существенно увеличить плотность информации на сервере, и является эффективным инструментом для анализа данных.
2. Изложенный подход позволяет путем оперативного анализа параметров технологического процесса доменной плавки прогнозировать течение плавки и использовать извлеченную из «сырых» данных информацию при принятии решений в реальном времени.
3. Изложена методика проведения анализа и оптимизации объема оперативной базы данных, с целью прогнозирования течения доменной плавки в режиме реального времени.
4. Предложен способ расчета критерия качества чугуна по лабораторным.
5. Предложен метод анализа данных о технологических параметрах доменной плавки, который позволяет получить дополнительную информацию о ходе плавки и лучше понять ее закономерности.

### Список использованной литературы

1. Спирин Н.А. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / [Н.А. Спирин и др.]. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с.
2. Онорин О.П. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / [О.П. Онорин и др.]. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2005. – 301 с.
3. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учебное пособие / Ю.П. Лукашин. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
4. Жук В.В. Тригонометрические ряды Фурье и элементы теории аппроксимации: учебное пособие / В.В. Жук, Г.И. Натансон. - Л.: ЛГУ, 1983. — 188 с.
5. Коуден Д. Статистические методы контроля качества / Д. Коуден; [пер. с англ.]. –

- М.: Физматлит, 1961. – 623 с.
6. Воротникова З. Е. Система операционного контроля качества чугуна в процессе плавки / З. Е. Воротникова, М. А. Новосельцев // Вісник Приазовського державного технічного університету : зб. наукових праць. - 2013. - Вип. 26. - С. 221-227.
  7. Технологическая инструкция. Производство чугуна: ТИ 232-1-2007 / ОАО «МК «Азовсталь». – Мариуполь, 2007. – 73 с.
  8. Айвазян С. А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности / [С. А. Айвазян и др.]. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 607 с.
  9. Вятчинин Д. А. Нечёткие методы автоматической классификации / Д. А. Вятчинин. - Минск: Технопринт, 2004. - 219 с.
  10. Профессиональный информационно-аналитический ресурс [Электронный ресурс] // Ведется при поддержке РФФИ и компании Forecsys. - Режим доступа: <http://www.MachineLearning.ru>.
  11. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний / Н. Г. Загоруйко. - Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. - 270 с.

### References

1. Spirin, N.A., Lavrov, V.V., Rybolovlev, V.YU., Krasnobaev, A.V., Onorin, O.P. and Kosachenko I.E. (2011), *Model'nye sistemy podderzhki prinyatiya reshenii v ASU TP domЕННОj plavki* [The model systems of support of making decision are in ACU of TP of the domain melting], UrFU, Ekaterinburg, Russia.
2. Spirin, N.A. (ed.) (2005), *Komp'yuternye metody modelirovaniya domennogo processa* [Computer methods of design of domain process], UGTU – UPI, Ekaterinburg, Russia.
3. Lukashin, YU.P. (2003), *Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennyh ryadov: uchebnoe posobie* [Adaptive Methods of a time series short-term forecasting: teaching aid], Finansy i statistika, Moscow, Russia.
4. ZHuk, V.V. and Natanson, G.I. (1983), *Trigonometricheskie ryady Fur'e i e'lementy teorii approksimacii* [Trigonometric rows of Fourier and elements of theory of approximation], LGU, Leningrad, Russia.
5. Cowden, D. J. (1961), *Statisticheskie metody kontrolya kachestva* [Statistical Methods in Quality Control], Translated by Bruhanskoj, O.V., Solovejchika, F.S., Trofimova, K.N. in Levin, B.R. (ed.), Fizmatlit, Moscow, Russia.
6. Vorotnikova, Z. E. and Novosel'cev, M. A. (2013), “Operating checking of quality of cast-iron system in the process of melting”, *Bulletin of the priazovskiyi state technical university: collection of scientific works*, vol. 26, no. Technical sciences, pp. 221-227.
7. PJSC “AZOVSTAL IRON & STEEL WORKS” (2007), TI 232-1-2007: Technological instruction: Ironmaking, PJSC “AZOVSTAL IRON & STEEL WORKS”, Mariupol, Ukraine.
8. Ajvazyan, S.A., Buhtstaber, V.M., Enyukov, I.S. and Meshalkin, L.D. (1989), *Prikladnaya statistika: Klassifikaciya i snizhenie razmernosti* [Is Applied statistics: Classification and decline of dimension], Finansy i statistika, Moscow, Russia.
9. Vyatchenin, D. A. (2004), *Nechyotkie metody avtomaticheskoy klassifikacii* [Unclear methods of automatic classification], Tehnoprint, Minsk, Belarus.
10. Professional research and information resource (2011), “Computer-aided instruction, recognition of patterns and intellectual analysis of data”, available at: <http://www.MachineLearning.ru> (Accessed 4 April 2014).
11. Zagorujko, N. G. (1999), *Prikladnye metody analiza dannyh i znanii* [The Applied methods of analysis of data and knowledge], IM SO RAN, Novosibirsk, Russia.

Надійшла до редакції:  
24.04.2014

Рецензент:  
канд. техн. наук, проф. Маренич К.М.

**З.Є. Воротнікова****ДВНЗ «Приазовський технічний університет»**

**Формування та використання архівної бази даних у системі «Радник оператора доменної печі».** У статті викладені відомості про існуючі системи підтримки ухвалення рішень в доменному виробництві і про розроблену автором методика формування архівної бази даних, контрольованих технологічних параметрів доменної плавки. Структуризація даних проводиться з метою застосування для них методів інтелектуального аналізу. Отримана з «сирих» даних інформація про протікання доменного процесу може бути використана при ухваленні управлінських рішень в режимі реального часу. Викладена методика проведення аналізу і оптимізації об'єму оперативної бази даних з метою прогнозування протікання доменної плавки в режимі реального часу.

**Ключові слова:** база даних технологічних параметрів, інтелектуальний аналіз даних, оцінювання якості керування, групування.

**Z. Ye. Vorotnikova****Priazovsky Technical University****Forming and use of an archived database in the system "Adviser of a blast furnace operator".**

The article provides information about the existent systems of support of decision making in blast-furnace production and about the methodology of forming the archived database, controlled technological parameters of blast-furnace melting. Data structuring is conducted with the purpose of application of methods of intellectual analysis of data. The information obtained from "raw" data about the melting process can be used for making administrative decisions in real-time. Methodology of realization of analysis and optimization of volume of operative database is expounded with the purpose of prognostication of melting in real-time. A method of calculation of the criterion of quality of cast-iron by laboratory data and method of its use for tuning of thresholds in the agglomeration procedure of grouping of values of "Characteristic indexes" of the controlled parameters of the blast-furnace melting is offered.

**Keywords:** database, technological parameters, intellectual analysis of data, grouping of parameters, estimation of management quality, criterion of quality of cast-iron.



**Воротнікова Злата Євгенівна**, Україна, закончила Харківський національний політехнічний університет, канд. тех. наук, доцент кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій ГВУЗ «Приазовський технічний університет» (ул. Университетская 7, г. Мариуполь, 87557, Україна). Основное направление научной деятельности – интеллектуальный анализ данных, моделирование и управление технологическими процессами в промышленности.