

**СЕКЦІЯ 1**  
**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І СИНТЕЗ**  
**ПРОЦЕСІВ У МЕТАЛУРГІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННІ**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВАЦИИ И МАРКИ ЦЕМЕНТА НА ХОЛОДНУЮ ПРОЧНОСТЬ БРИКЕТОВ ИЗ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ**

Белова А.П. аспирант, Ковалёв Д.А. д.т.н., Ягольник М.В. к.т.н.

*Национальная металлургическая академия Украины*

При производстве агломерата, окатышей, кокса, чугуна, стали и ферросплавов выделяется большое количество железоуглеродофлюсодержащих отходов. Доля использования образующихся металлургических отходов очень мала. Если учитывать накопление отходов в течение десятилетий, то речь идет о техногенных месторождениях, равноценных природным железоугольным месторождениям.

Окалина прокатного производства наиболее богатая из железосодержащих отходов по содержанию железа до 69-72% [1]. В зависимости от обрабатываемой стали она может содержать различные ценные легирующие добавки [2]. Возвращение её в металлургический передел наиболее эффективно.

Перспективным и быстро развивающимся способом окускования мелкофракционных материалов, в том числе, промышленных отходов, является брикетирование.

Необходимая холодная прочность брикетов из техногенных и природных дисперсных материалов на цементной связи достигается при использовании 8 - 12% минерального связующего в шихте.

*Исследовали влияние активации цемента марок М400 и М500 на холодную прочность брикетов, полученных методом вибропрессования. Прокатную окалину и цемент дозировали по весу: 10% цемента и 90% окалины. Цемент предварительно активировали в шаровой мельнице. Масса стальных шаров различного диаметра от 5 мм до 20 мм составляла 2 кг, а цемента - 0,5 кг. Скорость вращения составляла 50 об/мин. Время активации цемента 15 минут. После подготовки шихтовые материалы для получения брикетов загружались в цилиндрическую пресс-форму. Уплотнение шихты производили воздействием вибрации с частотой 50 Гц и амплитудой колебания 0,35 мм, а также одновременным воздействием подпрессовки сверху. Брикеты набирали прочность в обычных условиях. Прочность брикетов определяли на универсальной испытательной машине FP-100/IR9/82 на 1, 5, 10, 20 и 28 сутки.*

Прочность лабораторных брикеты с маркой цемента М400 на 28 сутки составляла 49кг/см<sup>2</sup>. При активации цемента в шаровой мельнице прочность увеличивалась до 69кг/см<sup>2</sup>. Брикеты с активированным цементом уже на 20 сутки набирают прочность 43кг/см<sup>2</sup>, что удовлетворяет доменную плавку (40кг/см<sup>2</sup>) [3]. Механически активированные зерна цемента при взаимодействии с водой за тот же период времени образуют большее количество геля и, следовательно, повышается скорость упрочнения брикетов. Холодная прочность брикетов, марки цемента М500, на 10 сутки составляла 44кг/см<sup>2</sup>. Максимальная прочность брикета (на 28 сутки) марки М500 с предварительной активацией цемента - 91кг/см<sup>2</sup>.

Процесс механической активации цемента позлит снизить время выдержки брикетов.

1. Шатоха В.И., Пинчук С.И. Вторичные ресурсы металлургии. Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2009. - 338 с.
2. Носков В.А. Подготовка и переработка железосодержащих отходов в металлургическом производстве Украины // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2000. -N°2. - 109-113.
3. Белкин А.С., Юсфин Ю.С., Курунов И.Ф. Использование железококсовых брикетов на цементной связке в доменной плавке // Металлург. – 2003. – № 4. – С. 39–41.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПОРТНЫХ ЦЕН НА ПРОКАТ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ В СРЕДЕ STATISTICA НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗОВ ЦЕН СЫРЬЯ И НЕФТИ

Быткин С.В. к.т.н., Иванютин И.Р., Критская Т.В. д.т.н.

МК «Запорожсталь», Запорожская государственная инженерная академия

Для построения прогнозов цен горячекатаного рулона (далее ГКР) на основе цен сырьевых ресурсов и нефти была сформулирована эконометрическая модель [1], связывающая цены на металл с ценой железорудного концентрата (далее ЖРК), лома стального и нефти. Модель приведена в (1).

$$y_{ГКР} = 0.0547x_{ЖРК} + 0.6177x_{ЛОМ} + 0.8919x_{НЕФТЬ} + 184.9894, \text{ где} \quad (1)$$

$y$  - зависимая переменная - цена ГКР;  $x_i \{x_1, \dots, x_3\}$  - независимые переменные - цена ЖРК 62%, цена лома стального HMS 1&2, цена нефти Brent. Прогнозирование  $x_{ЖРК}$ ,  $x_{ЛОМ}$ ,  $x_{НЕФТЬ}$  проведено с использованием метода экспоненциального сглаживания [2].



Рисунок 1 – Прогнозы цен сырьевых ресурсов и нефти

Результаты расчетов по формуле (1) позволяет провести обоснованное прогнозирование цен проката черных металлов.

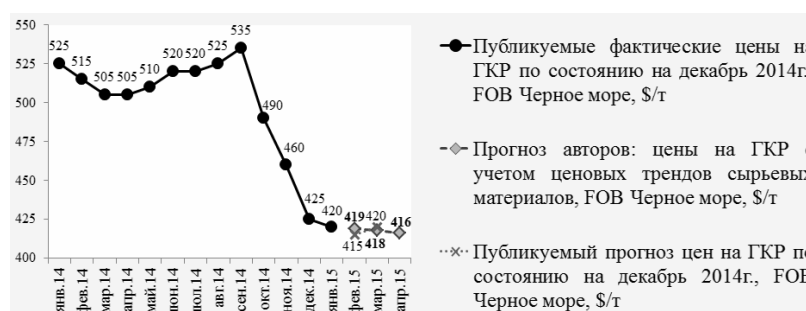


Рисунок 2 - Результат прогнозирования цен ГКР

1. Быткин С.В., Иванютин И.Р., Коломиец В.А., Критская Т.В. и др. Моделирование зависимости цены металлопроката от стоимости сырья с использованием расширенных функций пакета «STATISTICA 8.0» / МЕТАЛЛУРГИЯ: Збірник наукових праць - Вип. 1 (29), стор. 157-161. / Запоріжжя, ДВНЗ «Запорізька державна інженерна академія», 2013.

2. Быткин С.В., Иванютин И.Р., Коломиец В.А., Мокий А.И. Прогнозирование цен металлопроката с использованием сочетания методов корреляционно-регрессионного анализа и экспоненциального сглаживания временных рядов в среде STATISTICA8 / Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності: Збірник наукових праць - Вип. 1 (10), стор. 350-354. / Маріуполь, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», 2014.

## THE FORMING PROCESSING OF COPPER PROFILES BY METHOD OF HOT EXTRUSION AS TECHNICAL SYSTEM

Grishin V. Candidate of Technical Sciences, Abramov S. graduate

*National Metallurgical Academy of Ukraine*

Modern technologists is in a field of rigid criterion "at the set-up parameters of qualities and productivity to provide the minimal unit cost". This criterion demands the consideration of various production stages of a product as unique technostructure with mutual influence of various stages at each other. Parameters of quality of preparation are influenced quality of a final detail or product; technological capabilities of various elements of a technological chain (technological operations) influence precision parameters and a configuration, both preparations, and products in general.

In traditional manufacturing technology of engine manifold there is no system approach to providing a complex of indicators of quality because of insufficiency of scientifically and theoretical base. Technological process of production of a detail can be presented in the form of the multilevel, difficult technical system consisting of a formal set of blocks.

"The Method of Production of a Detail" system is consist of five main subsystems : "A way of impact on the processed material"; "Kinematic characteristics"; "The processing tool"; "Dynamic characteristics"; "Static characteristics". Each of these subsystems consists of subsystems of lower level which, in turn, can be divided into separate elements. Each of elements of system has the own purpose without which achievement the common goal of system can't be reached [1].

Collector plates (lamels) are produced generally from cold-drawn copper of trapezoidal section. One of perspective directions of technology for production of copper profiles is hot extrusion which leads to increase in use of raw materials to 95% and reduces copper waste to 60%. Extrusion is carried out by expression of metal in the closed cavity through a stamp matrix by means of a mechanical or hydraulic press. As the processing tool in the technological scheme of receiving a copper profile the compression mold for expression of a copper profile which has a difficult design. The basic of elements of this design is the matrix stamp (a working surface). The matrix stamp is made of steel 3X2B8Φ hardness – 46...48 HRCa. For increase of hardness of a working surface of a matrix it is subjected by cementations, thickness of the cemented layer is 0,4. 0,8 mm, thus hardness increase to 60...65 HRCa. The matrix has a circle form with a macrogeometrical working surface with a diameter of 44 mm which has two trapezoidal openings.

Extrusion creates the shifting effort and the squeezing loading, but thus doesn't create resistance to a gap – because of it there is possible a strong deformation without rupture of metal.

For the beginning the cylindrical preparation (d=40mm) is warmed up to the temperature of 850°C and located to the extrusive press. The plunger in this press together with backpad pushes the softened metal through an exact opening of a matrix after which preparation and takes the necessary form. An optimum interval of temperatures for copper when performing hot extrusion: 820 – 860°C [2].

According to recrystallization curve and plasticity deformation, the copper should make with the sinkings exceeding 15%. Thus pressure can vary from 35 to 700 MPas. For improvement of copper passing and increase of the general quality of a profile the matrix and other tools were warmed up to the temperature of 500°C. In article is considered technological process of receiving copper profiles by method of hot extrusion as technical system. The structure of this system is defined. Fundamental subsystems of Method of Production of a Detail system (a copper profile) which are are designated and analysed: "A way of impact on the processed material", "The processing tool".

1. Электротехнические материалы: справочник / В.В.Березин, Н.С.Прохоров, Г.А.Рыков и др. М.: Энергоатомиздат, 1983, 504 с.

2. Особенности изготовления коллекторных пластин для двигателей постоянного тока, применяемых в авиационной / Абрамов С.А., Гришин В.С./Тези доповідей XIV Всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції Суми, 27-31 жовтня 2014 р., с. 3-4.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Кирия Р. В. к.т.н.<sup>1</sup>, Бабенко Ю. В. ассистент<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины*

<sup>2</sup> *Национальная металлургическая академия Украины*

Основной задачей управления конвейерным транспортом угольных шахт является обеспечение ее максимальной пропускной способности при минимальных энергозатратах на транспортирование горной массы. Для повышения пропускной способности системы подземного конвейерного транспорта (СПКТ) широкое применение получили аккумулирующие бункера [1, 2]. Однако, эффективность функционирования СПКТ угольных шахт с бункерами невысокая из-за сложности постоянного контроля количества груза в бункере, а также самого процесса управления бункерами. Поэтому создание алгоритма управления СПКТ угольных шахт является актуальной задачей.

В данной работе разработан алгоритм адаптивного управления СПКТ угольных шахт, который представляет ее как двухуровневую иерархическую систему [3, 4]. На верхнем уровне этой системы оператор, исходя из текущей информации о поступающих из забоев грузопотоках угля  $m_{Qi}$ , состоянии конвейеров и технологического оборудования СПКТ, определяет скорости конвейеров  $v_{li}$  и производительности питателей  $Q_{ni}$ . Затем передает значения  $v_{li}$  и  $Q_{ni}$ , на нижний уровень системы управления бункерами – на контроллеры, которые определяют максимальные объемы груза в бункерах  $V_{2i}$ .

Алгоритм адаптивного управления СПКТ угольных шахт можно представить в следующем виде:

1. Генерирование альтернатив. По заданным средним значениям величин грузопотоков, поступающих из лав,  $m_{Qi}$  и структуре СПКТ определяются несколько альтернативных вариантов скоростей конвейеров  $v_{li}$  и производительностей питателей  $Q_{ni}$ .

2. Оценка средних значений грузопотоков, загружаемых в бункера и выгружаемых из них. С помощью датчиков времени в периодах загрузки и разгрузки аккумулирующих бункеров определяются значения времен загрузки  $T_{zi}$  и времен разгрузки  $T_{pi}$  бункеров, используя эти значения определяются оценки средних значений грузопотоков, поступающих в бункера, и средних значений грузопотоков, разгружаемых из бункеров.

3. Определение максимальных заданных объемов груза в аккумулирующих бункерах.

4. Определение критериев эффективности и функции цели, т.е. пропускной способности и энергоемкости СПКТ.

5. Повторяя этот процесс для различных альтернатив, выбирают минимальное значение функции цели  $K_{min}$

Расчеты показали, что энергетическая эффективность транспортирования горной массы, т.е. критерий эффективности  $K$  СПКТ угольных шахт при оптимальных значениях  $Q_{ni}$  и  $V_{2i}$ , полученных на основе разработанного алгоритма, увеличивается до 30 %.

1. Системы подземного транспорта на угольных шахтах / В. А. Пономаренко, Е. Л. Креймер, Г. А. Дунаев [и др.]. – М.: Недра, 1975. – 309 с.

2. Черкесов Г. Н. Надежность технических систем с временной избыточностью / Г.Н. Черкесов. – М.: Советское радио, 1974. – 296 с.

3. Кирия Р. В. Математическая модель функционирования аккумулирующего бункера в режиме поддержания в нем объема груза в заданных пределах / Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Наукові вісті «Сучасні проблеми металургії». – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – № 15. – С. 85–96.

4. Кирия Р.В. Определение критерия эффективности функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт / Р.В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системные технологии. Рег. межвуз. сб. научн. работ. – Выпуск 3 (90). – Днепропетровск: НМетАУ, 2014. – С. 152-161.

## МЕТАЛЛУРГИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО КРЕМНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Критская Т.В., д. т.н.

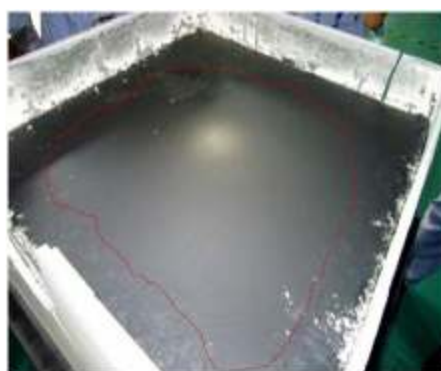
*Запорожская государственная инженерная академия,*

Кремний - второй по распространённости и самый изученный элемент в природе. В развитие его технологий вложены триллионы долларов. По сравнению с прочими полупроводниковыми материалами, технологии получения кремния наиболее отработаны, постоянно совершенствуются и их возможности не исчерпаны. Причины использования кремния как базового материала в конструкции более, чем 95 % всех изготавливаемых в мире приборов и интегральных микросхем: относительно невысокая стоимость, совершенство кристаллической структуры, высокая технологичность системы Si-SiO<sub>2</sub> (совершенная граница раздела, химическая стойкость, электрическая прочность), способность работать в широком интервале температур (-50...+200)<sup>0</sup>C и др. Для изделий «интеллектуальной электроники» не менее 80% используемых монокристаллов кремния производят по методу Чохральского. Становление технологии метода Чохральского:

- 1960 г. - загрузка ~ 1 кг, тигель 111 мм, диаметр монокристалла 40 мм;
- 1995 г. – загрузка ~ 100...150 кг, тигель 823 мм, диаметр монокристалла 200 мм;
- 2013 г. ~ 450 кг, тигель 1100 мм, монокристаллы 450 мм (Intel, TSMC, Samsung);
- 2020 г. - освоение производства монокристаллов диаметром 675 мм.

Современная информационная электроника и её перспективные технологии (телекоммуникации, смартфоны, моноблочные ПК, ультрабуки, планшеты и т.д.) базируются и будут базироваться на применении полупроводникового кремния. Другие полупроводниковые материалы (GaAs, InP, Ge, Se и др.), в сравнении с кремнием, еще достаточно долго будут занимать очень скромную долю рынка.

Имеющиеся технологии и ростовое оборудование позволяют выращивать монокристаллы с высоким структурным совершенством, заданным уровнем содержания и характером распределения легирующих элементов и фоновых примесей. Однако существует ещё ряд проблем, требующих решения, в том числе повышение однородности, достижение нормированных значений концентраций кислорода и углерода, повышение механических свойств, термостабильности, радиационной стойкости монокристаллов. Важное значение имеет также получение монокристаллов для новых поколений фотоэлектрических преобразователей с пониженным показателем деградации параметров в условиях эксплуатации.



## МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ НА ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОБОТИ З РАКЕТНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Марченко В.Т., Сазина Н.П. аспірант

*Институт технической механики НАН и ГКА Украины*

Ухвалення рішення про включення в державну цільову науково-технічну програму проектів повинно прийматися тільки на основі ретельно виконаної оцінки очікуваної ефективності з урахуванням можливих потенційних ризиків. Одною з основних складових частин критерію ефективності є очікувані витрати. Звідси випливає актуальність розробки методичних підходів до розрахунку витрат на дослідно-конструкторські роботи (ДКР) з ракетно-космічної техніки (РКТ).

Очікувані витрати та очікуваний корисний ефект – ключові показники на основі яких приймаються рішення про доцільність реалізації ДКР створення систем і виробів ракетно-космічної техніки. При розрахунках очікуваних витрат не можуть бути використані загально відомі методи такі як метод калькуляції та метод економічних елементів тому що їх використання можливе лише при наявності проектно-конструкторської та технологічної документації (що є кінцевим результатом ДКР). З огляду на це необхідна розробка системи аналітичних виразів для оцінки очікуваних витрат на створення виробів ракетно-космічної техніки, які найбільш повно враховують її особливості.

Зважаючи на технічну складність та новизну виробів РКТ що розробляються величина очікуваних витрат не може бути детермінованою. Так вихідні дані, що входять в аналітичний вираз, мають невизначеність, яка не може бути в загальному випадку зведена до ймовірнісної невизначеності через відсутність необхідного обсягу статистичних даних. Тому розрахована величина очікуваних витрат є випадковою величиною з невідомим законом розподілу.

Для вирішення завдання розрахунку очікуваних витрат будемо вважати, що витрати на виконання ДКР  $Z_{ДКР}$  можуть бути представлені у вигляді суми номінальних затрат  $Z_{ДКР}^n$  і випадкової складової  $\delta Z_{ДКР}$ .

$$Z_{ДКР} = Z_{ДКР}^n + \delta Z_{ДКР}.$$

Величина  $Z_{ДКР}^n$  може бути розрахована по побудованій системі аналітичних співвідношень за умови використання найбільш очікуваних значень вихідних даних.

Введемо наступні обмеження на випадкову величину  $\delta Z_{ДКР}$ :

- математичне очікування дорівнює нулю, а дисперсія дорівнює  $\sigma^2$ ;
- випадкова величина розподілена за усіченим зліва нормальному закону розподілу.

Виходячи з наведених припущень задача розрахунку очікуваних витрат на ДКР може бути зведена до вирішення трьох більш простих задач:

- побудова системи аналітичних співвідношень;
- побудова технічної системи підготовки вихідних даних;
- побудова виразу для обчислення середньоквадратичного відхилення  $\sigma$ .

Пропонується наступна послідовність виконання підготовчих робіт для проведення розрахунків: визначення складу, основних технічних і експлуатаційних характеристик нових зразків ракетно-космічної техніки; розробка схеми розподілу на складові частини кожного нового зразка; визначення за кожним компонентом схеми розподілу на складові частини його технічних і експлуатаційних характеристик; вибір виробів-аналогів для нових компонентів, що розробляються; збір і аналіз вихідних даних за виробами-аналогами, проведення оцінки достовірності даних; приведення вартісних показників виробів-аналогів до економічних умов базового року; визначення центральних елементів і уточнення їх технічних і експлуатаційних характеристик.

Пропонується використання аналітичних виразів що зв'язують витрати на розробку й виготовлення зразків ракетно-космічної техніки зі значеннями їх технічних і експлуатаційних характеристик.

## О ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ю. Л. Меньшиков, к.т.н.

*Днепропетровский национальный университет*

Одной из основных задач математического моделирования поведения динамических систем или физических процессов является совпадение результатов математического моделирования выбранного математического описания реального процесса с экспериментальными данными. Под математическим описанием физического процесса понимается аналитическая связь (дифференциальная, алгебраическая, интегральная и т.д.) определенной структуры между выбранными переменными состояния исследуемой системы (математическая модель процесса) и внешние воздействия (нагрузки). Естественно структура математической модели, количество переменных состояния, значения коэффициентов может быть различным и определяется целями изучения конкретного физического процесса.

Если результаты математического моделирования не совпадают с экспериментом, тогда дальнейшее использование этих результатов является проблематичным. Важным понятием в этой связи является адекватность построенного математического описания изучаемому физическому процессу. Дадим определение такого возможного описания.

**Определение.** Математическое описание будем называть *адекватным локальным устойчивым математическим описанием (АЛУМО)* исследуемому процессу, если результаты математического моделирования (simulation) с использованием этого описания совпадают с экспериментальными данными с точностью измерений в некоторой малой окрестности исходных данных и параметры АЛУМО устойчивы к малым изменениям исходных данных.

Сравнение результатов математического моделирования с экспериментальными данными в определении АЛУМО обеспечивает объективность результатов математического моделирования.

Предположим, что АЛУМО физического процесса построено с использованием некоторого алгоритма. Однако результаты моделирования, полученные с помощью АЛУМО, не представляют практического интереса, так как есть более достоверные экспериментальные измерения.

Математическое моделирование, используя АЛУМО, для изучения физического процесса в новых условиях малопригодно, так как математическое описание локально и непригодно для новых условий.

Если исходные параметры физического процесса мало изменяются, то в силу свойства инерции физического процесса эти изменения дают малые изменения конечных (исследуемых) характеристик физического процесса. И, следовательно, результаты эксперимента в новых условиях будут близко к результатам предыдущего эксперимента, с использованием которого было получено АЛУМО. В силу этого результаты математического моделирования в новых условиях с использованием старого АЛУМО будут также бесполезны.

Если проводить математическое моделирование при малых изменениях параметров АЛУМО, то результаты математического моделирования будут мало отличаться от предыдущих результатов (в силу определения АЛУМО) и, следовательно, от результатов эксперимента. В этом случае практическая ценность моделирования также будет невелика.

Предлагается следующий алгоритм использования результатов математического моделирования: для каждой из нескольких малых окрестностей области изменения параметров физического процесса синтезируется свое АЛУМО, далее параметры АЛУМО экстраполируются (интерполируются) на новые окрестности области изменения параметров физического процесса и проводится математическое моделирование в новых условиях.

## НЕПРЯМА ОЦІНКА ЯКОСТІ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ ЧОРНОВОЇ ГРУПИ КЛІТЕЙ ДРІБНОСОРТНОГО СТАНА

Потап О.Ю. к.т.н., Єгоров О.П. к.т.н., Тригуб І.Г. к.т.н., Миронов О.М. аспірант  
Національна металургійна академія України

**Аналіз досліджень і постановка задачі.** Нестабільність геометричних розмірів перетину дрібносортного прокату обумовлюється як впливом значної кількості технологічних збурень: зміни температури, розмірів та механічних властивостей заготовки по довжині, так і нераціональним налаштуванням прокатного обладнання і швидкісного режиму в групах клітей безперервних дрібносортних станів (БДС).

Загальновизнано, що найбільш ефективним каналом управління поперечними розмірами при виробництві дрібносортних профілів на безперервних станах є коригування швидкісного режиму прокатки. Аналіз літературних джерел доводить, що дослідники приділяють найбільшу увагу проблемам управління швидкісним режимом одниткових чистових груп клітей [1,2]. Значно менше вивчені питання управління швидкісним режимом прокатки в чорновій групі клітей. Проте, різкі зміни натягнення при заповненні та звільненні суміжних калібрів на цих станах призводять до істотних змін розмірів перетину прокату, що надходить з чорнової групи в чистові кліті. Сказане визначає **актуальність** розробки оперативних і достовірних методів оцінки рівня натягнення в чорновій групі клітей з метою подальшого корегування швидкісного режиму. Складність розробки таких методів полягає у відсутності відповідних вимірювачів фактичних розмірів прокату та величини натягнення [3].

Основна частина. Із застосуванням створеної авторами комп'ютерної моделі [3] розглянуто можливість оцінювання якості налаштування швидкісного режиму прокатки в чорновій групі клітей БДС за коливаннями висоти петлі прокату перед чистовою групою клітей, що дозволяє непрямо оцінити сумарну витяжку у чорновій групі. Результати моделювання АСР петлі в проміжку між групами клітей (рис.1) свідчать про значний збіг графіків

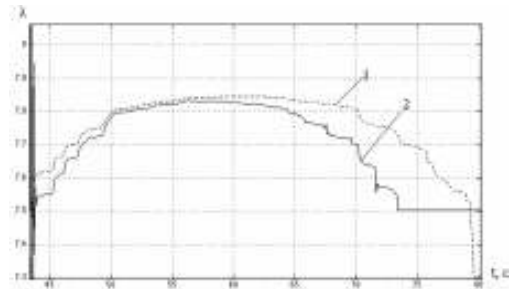


Рисунок. 1. Графіки зміни коефіцієнта сумарної витяжки прокату (1) і вихідного сигналу регулятора петлі (2)

зміни сумарної витяжки прокату (1) і сигналу на виході регулятора петлі (2). Запропоновано алгоритм визначення зміни коефіцієнту витяжки прокату у конкретному міжклітьовому проміжку, що непрямо вказуватиме на необхідність зміни швидкості валків. Це надає змогу створити систему автоматичного управління швидкісним режимом валків в чорновій групі клітей. Однак, існує проблема створення такої системи на двониткових станах через наявність взаємного впливу заготовок, що прокатуються у сусідніх нитках.

**Висновки.** Застосування АСР петлі між групами клітей надає можливість оцінити режим натягнення за сигналом на виході регулятора петлі. Великий інтерес має дослідження впливу на величину витяжки зміни номера калібру.

1. Системы регулирования межклетевых усилий на одниточных сортовых прокатных станах/ М.П. Пустыльник, В.Н. Куваев, А.П. Егоров // АСУТП и средства автоматизации черной металлургии на базе микропроцессорной техники. – М.: Металлургия, 1986. – С.74-79.
2. Автоматизация технологических процессов на мелкосортных прокатных станах: монография /А.С. Бешта, В.Н. Куваев, О.Е. Потап, А.П. Егоров. – Днепропетровск: Журфонд, 2014. – 283 с., ил.
3. Потап О.Е., Егоров А.П., Меледин Н.В. Информационное обеспечение системы принятия решений о качестве настройки режима прокатки в черновой группе клетей мелкосортного стана. Інформаційне забезпечення систем прийняття рішень в економіці, техніці та організаційних сферах. – Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2013. – С. 315-323.

## УСРЕДНЁННЫЙ КРИТЕРИЙ РЕГУЛЯРНОСТИ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЁТА АРГУМЕНТОВ

Сарычев А.П., д. т. н.

*Институт технической механики НАН Украины и ГКА Украины*

Решение задачи регрессионного анализа в условиях структурной неопределенности по количеству и составу регрессоров предполагает принятие какого-либо способа сравнения моделей, построенных на различных множествах регрессоров. В рамках метода группового учета аргументов (МГУА) [1–3] проведено исследование двух способов сравнения. Первый способ основан на разбиении наблюдений на обучающую и проверочную подвыборки: наблюдения обучающей подвыборки используются для оценивания коэффициентов регрессионной модели, а наблюдения проверочной подвыборки – для оценивания ее качества. Этот способ популярен в практических приложениях, но его применение ограничивает "проблема разбиения" – оптимальное решение может зависеть от разбиения выборки данных на обучающую и проверочную подвыборки. В [3–5] обоснование этого способа проведено в схеме повторных наблюдений, которая возможна в условиях активного эксперимента.

Второй способ – известный способ скользящего экзамена, в котором в качестве проверочных наблюдений выступают наблюдения, поочередно исключаемые из обучающей выборки – традиционно трактовался как эвристический прием. Аналитическое исследование этого способа, получившего в МГУА название усредненного критерия регулярности, проведено в [6], при этом было установлено, что оптимальное множество регрессоров существует, но зависит от выбора матрицы наблюдений входных переменных. В отличие от работ [3–5], в [6] для усреднённого критерия регулярности не получено условие редукции модели оптимальной сложности. Эта задача является предметом исследования данного доклада.

Исследован и аналитически обоснован способ скользящего экзамена, который позволяет определять оптимальное множество регрессоров. Получено условие упрощения (редукции) оптимальной регрессионной модели, которое зависит от коэффициентов модели, матрицы наблюдений регрессоров, объемов выборок и дисперсии наблюдений выходной переменной. Оптимальная редуцированная модель имеет меньшую ошибку прогнозирования выходной переменной на новых выборках наблюдений по сравнению с истинной моделью.

1. Ивахненко А. Г. Помехоустойчивость моделирования / А. Г. Ивахненко, В. С. Степашко. – Киев : Наукова думка, 1985. – 216 с.
2. Ивахненко А. Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А. Г. Ивахненко А. Г., Ю. П. Юрачковский. – М. : Радио и связь, 1987. – 120 с.
3. Сарычев А. П. Идентификация состояний структурно-неопределенных систем / А. П. Сарычев. – Днепропетровск : НАН Украины и НКА Украины, Институт технической механики, 2008. – 268 с.
4. Сарычев А. П. Решение проблемы разбиения в МГУА при расчете критерия регулярности в условиях активного эксперимента / А. П. Сарычев // Автоматика. – 1989. – № 4. – С. 19–27.
5. Сарычев А. П. Определение J-оптимального множества регрессоров по повторным выборкам наблюдений / А. П. Сарычев // Автоматика. – 1993. – № 3. – С. 58–66.
6. Сарычев А. П. Усредненный критерий регулярности метода группового учета аргументов в задаче поиска наилучшей регрессии / А. П. Сарычев // Автоматика. – 1990. – № 5. – С. 28–33.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЛІНІЙНОГО РЕКУРРЕНТНОГО АНАЛІЗУ

Чуніхін Д.В., студент, Зайцев В.Г., к.т.н.

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

Постановка проблеми. В сучасних умовах значної різноманітності можливих джерел інформації, перед людиною, яка цікавиться наукою, постає проблема: як маючи відповідні дані, у вигляді часового ряду, зуміти ефективно з ними працювати, тобто створити математичну модель та виконати дослідження процесу по отриманій часовій інформації.

Метою статті є ознайомлення з базовою теорією рекуррентного аналізу, яка дозволяє виокремлювати певні види часових рядів.

Виклад основного матеріалу. Часовий ряд — реалізація даних процесу, набір послідовних результатів спостереження. Аналіз часових рядів — в наступний час використовуються методи нелінійної динаміки, які дають змогу виявлення особливостей даних, відносно до розглянутого процесу, дають змогу виявити його математичну модель, яку можливо застосувати до аналізу, оптимізації, керування та прогнозування реального процесу.

На сьогоднішній день, існує безліч наукових робіт, книг та ресурсів, у яких зібрані десятки їх фазові портрети та деякі рекуррентні діаграми (РД) та інший чисельний аналіз. Але наявних сайтів, що містять у вигляді баз даних усю зібрану інформацію немає. Суть даної роботи полягає у створенні єдиної інтернет бази знань, що складається з сукупності відповідних даних: математичної моделі дискретного відображення, фазового портрету, рекуррентної діаграми та даних чисельного аналізу РД. Основною перевагою створеної бази буде можливість визначення всієї інформації по вибірці, маючи лише її часовий ряд. Відповідно до сучасних вимог суспільства, уся інформація буде розміщена у Інтернеті. Додатково, буде запроваджена функція безкоштовного завантаження матеріалів, що є дуже рідкісним фактом. Все наповнення порталу буде надано виключно англійською мовою, щоб зацікавити не тільки вітчизняних дослідників, а й вчених всього світу. Робота виконувалася за допомогою пакету розробленого проф. Н.Марваном [1]. Для реалізації проекту, використовуються базові та додаткові модулі пакету Matlab, а також інструменти для розробки веб-сайтів. Пакет програм Toolbox 4.3 для среды Matlab доступен для вільного використання в Інтернеті по адресі: <http://tocsy.angld.uni-potsdam.de>.

У планах передбачено додання обчислювальної логіки до самого сайту, щоб він мав не лише ознайомлюючий характер, але й надавав можливість користувачам інтерактивного середовища для дослідження та класифікації часових рядів.

1. C. Mocenni, A. Facchini, A. Vicino: Comparison of recurrence quantification methods for the analysis of temporal and spatial chaos//Mathematical and Computer Modelling, 2011, V. 53(7–8), – P. 1535–1545.
2. Eckman J.P., Kamphorst S.O., Ruelle D. Recurrence Plots of Dynamical Systems// Europhysics Letters 5. – 1987. V.4. N 9. – P. 973-977.
3. Marwan N., Romano M. C., Thiel M., Kurths J. Recurrence plots for the analysis of complex systems //Physics Reports. 2007. V.438. –P. 237 – 329.
4. Marwan N. Encounters with neighbours : Current developments of concepts based on recurrence plots and their applications: PhD thesis. Potsdam, 2003. P.159.
5. Marwan N. How to avoid potential pitfalls in recurrence plot based data analysis// International Journal of Bifurcation and Chaos, 2011,V.21(4), –P. 1003–1017.
6. Shultz A., Zou Y., Marwan N., Turvey M. Local minimal-based recurrence plots for continuous dynamical systems – International Journal of Bifurcation and Chaos, 2011, V. 21, –P. 1065 – 1075.
7. Білозоров В.Є., Зайцев В.Г. Посібник «Класичні хаотичні аттрактори у задачах конструювання синергетичних регуляторів». Вид. Адверта, Дн-вськ, 2015. – 80 с.
8. В.Е. Белозеров, В.Г. Зайцев Нелинейный рекуррентный анализ в обработке временных рядов//Системные технологии. 2014.
9. Региональный межвузовский сборник «Системные технологии», Вып. 3 (92) 2014, стр. 42-49.

**СЕКЦІЯ 2**  
**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСАХ**  
**ОДЕРЖАННЯ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

## FOR ADHESION MECHANISMS IN THE METAL COMPOSITE LAYER OF THIN STRIP ELECTRODES SYNTHESIZED USING THE INJECTION METHOD

Denysenko O.I. PhD<sup>1</sup>, Vasiljev F.V.<sup>1</sup>, Tsotsko V.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*National Metallurgical Academy of Ukraine*

<sup>2</sup>*Dnipropetrovsk State Agrarian-Economic University*

One of the main advantages of the developed by us injection technology of a thin strip electrode metal composite layer formation is the quality of adhesion of the injected into it electrochemically active powder oxides [1]. Adhesion mechanisms in the metal composite layer of thin strip electrodes synthesized using the injection method have not been described in the research literature so far. At the same time in Ukraine a considerable attention is paid to the researches into adhesion to metals of oxides, nitrides and other solid bodies under conditions of ultimate friction, friction in vacuum, overall plastic deformation, contact of a solid body with molten metals, and stabilization of foamed metal [2, 3]. Let us consider some results of these researches.

As a result of experimental researches into the contact interactions of solid bodies of different nature (including oxides and carbon-base materials) with metals in solid and liquid states in the adhesion mechanisms common elements of a fundamental character have been established [2]. Adhesion occurs in several stages. The first stage is the closest approach of objects until they reach such close contact that their surface atoms start feeling noticeable attraction under the influence of Van der Waals forces. In this case adhesion will be purely physical. If by the moment of overlap of valent orbitals of surface atoms the equilibrium between Van der Waals forces and repulsive forces does not occur, then the electronic exchange among the surface atoms (effectively close contact) starts. This is the second stage of adhesion. Here the chemical adhesion is added to the physical adhesion. With the rise of temperature the role of Van der Waals forces in the adhesion mechanism considerably decreases but the role of external pressure that approaches the bodies increases. With the high-temperature adhesion of solid bodies their approach takes place mainly due to the landed force [2].

As a result of the researches [3] it has been found out that, irrespective of the foam agent type, a characteristic distinctive feature of foam aluminum, obtained using the method of powder metallurgy, is the presence of nano oxide inclusions which, depending on the content, correspond to  $Al_2O_3$  or complex spinel-type oxide  $MgO \cdot Al_2O_3$ . These particles are the remnants of the destructed during extrusion oxide layer, always present on the surface of powders of aluminum and its alloys.

The following conclusions can be made from the foregoing materials with respect to the injection method of thin strip electrode formation: 1 – on collisions of injected oxide microparticles with aluminum of a thin strip electrode the mode which is mainly realized is the one of high-temperature adhesion of the oxide microparticle surface with aluminum melted by the impact energy with approach due to the landed force; 2 – inside the layer and on the surface of aluminum of a metal composite layer there formed clusters and nets of oxide ( $Al_2O_3$ ) nanoparticles from the destructed by impacts of the injected microparticles oxide layer always present on the aluminum surface. These nets of oxide nanoparticles may contact with fragments of the injected microparticles both inside the layer and on the metal composite surface.

1. Denysenko O.I. Research into Injection Structure Formation of a Thin Electrode Strip Composite Layer / O.I. Denysenko, V.I. Tsotsko. – Фізика і технологія тонких плівок та наносистем. Матеріали XIII міжнародної. конф. – Т. 1. – Івано-Франківськ, 2011. – С. 133.

2. Вакуленко К.В. Фізичні основи регулювання адгезійної взаємодії металів з карбідами, нітридами та оксидами d-перехідних металів та sp-елементів: Автореф. дис... канд. техн. наук: 01.04.07 / К.В. Вакуленко. – НАН України; Інститут електрофізики і радіаційних технологій. – Харків, 2009. – 16 с.

3. Бякова А.В. О роли смачиваемости и распределения твердых частиц в стабилизации вспененных алюминиевых расплавов / А.В. Бякова, В.П. Красовский, А.О. Дудник и др. – Адгезия расплавов и пайка материалов. – Вып. 42. – 2009. – С. 5-22.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАОТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В PVD ТЕХНОЛОГИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Деревянко А.И. к.т.н., Фененко Т.М.

Национальная металлургическая академия Украины

В роботі розглянута задача побудуви в середовищі SimuLink на основі молекулярної динаміки комп'ютерної моделі міжатомної взаємодії на рівні молекулярної структури. Досліджено на її основі особливості виникнення хаотичних коливань та процесу дисоціації. Отримано спектральні характеристики міжатомних коливань окремих етапів процесу дисоціації на прикладі діоксиду азоту.

Сучасна концепція нормальної моди дійсно може пояснити багато явищ молекулярної спектроскопії. Однак, вона має в своїй основі недолік, через який не можна долучити дисоціацію хімічних зв'язків при високому збудженні. Наразі адекватною моделлю, що може описати дисоціацію є потенціал Морзе

$$\Pi(r) = D[e^{-2\alpha(r-a)} - 2e^{-\alpha(r-a)}], \quad (1)$$

Система диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} m_O \ddot{R}_{O_1} = \underline{F}_{O_1N} + \underline{F}_{O_1O_2}, \\ m_N \ddot{R}_N = \underline{F}_{NO_1} + \underline{F}_{NO_2}, \\ m_{O_2} \ddot{R}_{O_2} = \underline{F}_{O_2N} + \underline{F}_{O_2O_1}. \end{cases} \quad (2)$$

описує динаміку трьохатомної молекули NO<sub>2</sub>. За умов  $\underline{F}_{ON1}, \underline{F}_{NO1}, \underline{F}_{ON2}, \underline{F}_{NO2}, \underline{F}_{O1O2}, \underline{F}_{O2O1}$  – вектори сил взаємодії атомів у молекулі. Зокрема

$$\underline{F}_{O_1N} = -\Pi'(R_{O_1N}) \underline{R}_{O_1N} / R_{O_1N}; \quad \underline{R}_{O_1N} = \underline{R}_{O_1} - \underline{R}_N, \quad R_{O_1N} = |\underline{R}_{O_1N}|, \quad (3)$$

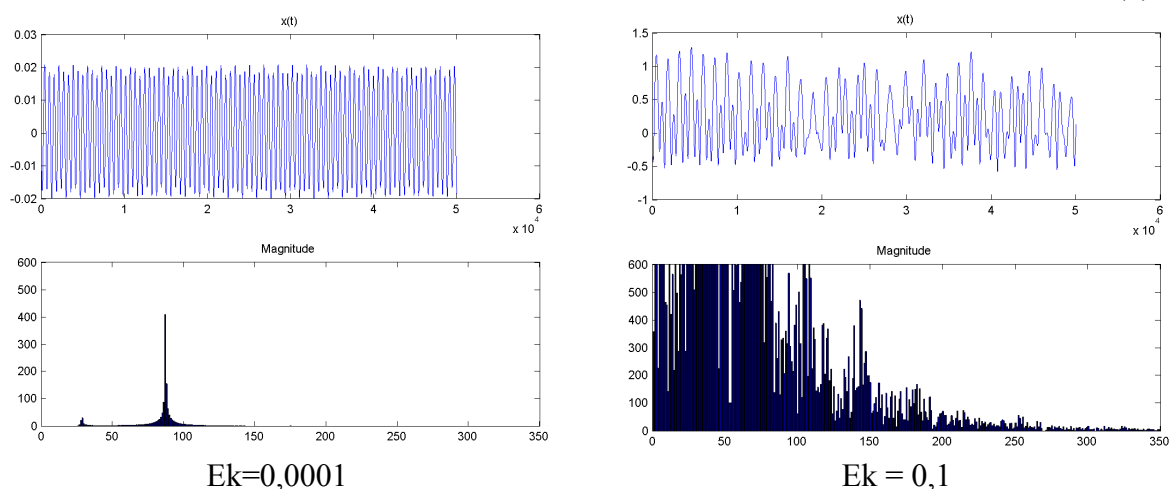


Рисунок 1 – Характер коливань О-О

Розроблена комп'ютерна модель міжатомної взаємодії на рівні молекулярної структури та на основі молекулярної динаміки дозволила провести дослідження особливостей виникнення хаотичних коливань та процесу дисоціації. Були визначені послідовності змін характеристик динамічної моделі та виявлені зміни структури між атомних зв'язків, в разі переходу до хаотичних коливань. Загалом модель може бути використана у широкому колі досліджень міжатомної взаємодії на рівні молекулярної структури, наближуючи отримані данні, певною мірою, до даних отриманих на основі фізичних експериментів.

Деревянко А.И. Хаотические колебания в PVD технологии углеводородных материалов. //Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 4 (93). – Дніпропетровськ, 2014. – с. 39-44

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СТРУКТУРЫ ПРОКАТНОЙ ЛЕНТЫ В ПРОЦЕССЕ СТАРЕНИЯ

Журба А.А. к.т.н., Михалёв А.И. д.т.н.

*Национальная металлургическая академия Украины*

Прокатное производство служит не только для получения нужной формы изделия, но и для формирования у него определенной структуры и свойств. Одним из методов получения прокатной ленты с определенными свойствами и структурой является использование старения материалов – медленное самопроизвольное необратимое изменение свойств материалов. Старение происходит под действием теплового движения молекул и атомов, светового и иного излучения, механических воздействий и других факторов. В результате материал переходит в более равновесное состояние. Поэтому представляет интерес исследование фрактальных свойств структуры прокатной ленты непосредственно с день получения (старение 0 часов) и после старения 2800 часов (рисунок 1). Структура прокатной ленты характеризуется фрактальными свойствами, поэтому представляет интерес исследование фрактальными методами поведения структуры прокатной ленты.

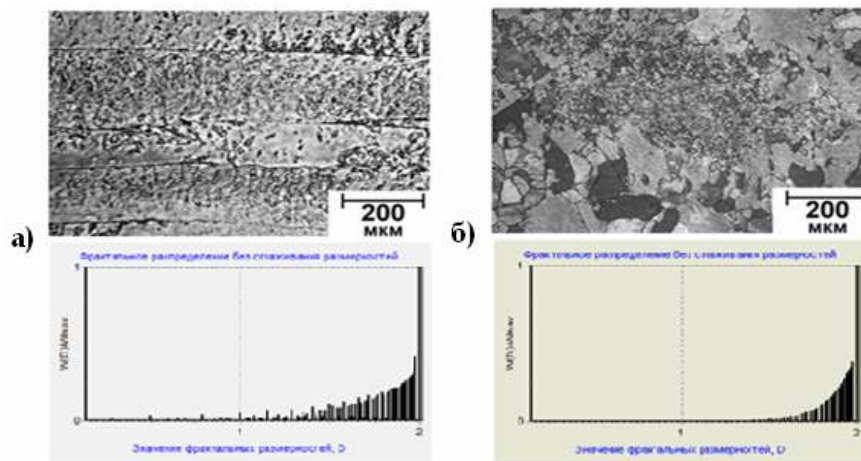


Рисунок 1 – Изображения структуры прокатной ленты и ее фрактальное распределение:  
а) время старения - 0 часов; б) время старения – 2800 часов

В процессе исследований фрактальная размерность микроструктур определялась методом BOX COUNTING. Для построения фрактальных распределений использовался метод скользящего окна [1]. В процессе проведения фрактального анализа изображений структуры прокатной ленты с различным временем старения, были получены значения фрактальной размерности и фрактальные распределения. Фрактальные размерности изображений незначительно отличаются: для прокатной ленты с временем старения 0 часов, фрактальная размерность составляет 1.9759, а с временем старения 2800 часов - 1.9888. Согласно полученным результатам можно говорить о том, что данные изображения характеризуют один и тот же материал и выполнены в одном яркостном диапазоне.

Фрактальные распределения данных изображений имеют существенные качественные различия. Изображение, представленное на рисунке 1а, имеет мультимодальное распределение, т.е. имеет 4 моды, следовательно, 4 кластера. При этом фрактальное распределение изображения, представленного на рисунке 1б, является однородным. Это говорит о том, что качество материала улучшилось. Дальнейшая процедура старения приведет к перестариванию материала и снижению данных характеристик. Перестаривание можно увидеть также по фрактальному распределению – снова появятся моды.

1. Журба А.А. Анализ изменений фрактальной размерности и ее распределения в процессе формирования композитной структуры быстрорежущей стали / А.А. Журба, А.И. Михалёв, С.И. Губенко, Е.А. Черноиваненко // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 4 (81). Дніпропетровськ. - 2012. – С. 155–164.

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АГЛОМЕРАТА, ПОЛУЧЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В ШИХТЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО МАРГАНЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА 2 СОРТА ОРДЖОНИКЕДЗЕВСКОГО ГОКА**

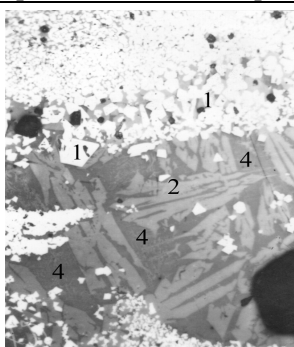
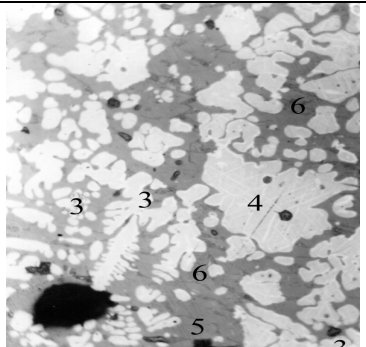
Камкина Л.В., д.т.н., Бабенко А.В., к.т.н., Мянковская Я.В., к.т.н., Камкин В.Ю.

*Национальная металлургическая академия Украины, каф. ТМП и ОХ*

Шихтовыми материалами для спекания агломерата в лабораторных условиях НМетАУ служили: концентрат марганцевой руды Орджоникидзевского ГОКа 2-го сорта, флюсы – известняк и доломитизированный известняк, агломерационным топливом служил коксик.

Минералогический анализ агломератов отражает конечное состояние продукта спекания. Из проб агломератов были изготовлены шлифы и аншлифы, которые анализировали в отражённом свете. Количественное содержание минеральных фаз оценивали приближенно по суммарным площадям. Диагностика минеральных фаз производилась на основании измерения оптических констант в проходящем свете. Анализировали влияние основности и вида флюсующей добавки.

Агломерат естественной основности 0,3 (рис.1) из концентрата 2-го сорта состоит из гаусманита, силикатной фазы, стекла и небольшого количества кристаллов кварца и частиц угля. Гаусманит количественно преобладает (до 70%). Присутствует в виде довольно крупных кристаллов правильной формы. Частично образует твердые растворы с CaO. Силикатная фаза представлена крупными кристаллами тефроита  $2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$  и твёрдого раствора с  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ . Стекловидная фаза окрашена в светлозеленый и желтовато-коричневые цвета за счёт примеси окислов марганца.

|                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                    |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Рис. 1. Агломерат основностью 0,3:<br/>1 – гаусманит;<br/>2 – тефроит;<br/>3- тв. раствор <math>\text{CaO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3</math>;<br/>4 – стекло</p> | <p>Рис. 2. Агломерат основностью 1,2:<br/>1 – гаусманит;<br/>2 - тв. раствор <math>\text{CaO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3</math>;<br/>3 - тв. раствор на основе <math>3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2</math>;<br/>4 – стекло</p> | <p>Рис.3. Агломерат основностью 1,2 с подшихтовкой доломитизированного известняка: 1 – гаусманит; 2 – тв. раствор <math>\text{CaO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3</math>; 3 – тв. раствор <math>\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot \text{MnO}</math>; 4 – тв. раствор <math>3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2</math>; 5 – мервинит; 6 - стекло</p> |

При увеличении основности до 1,2, агломерат состоит из окислов марганца, их твёрдых растворов с CaO и силикатных фаз (рис. 2). В составе окислов – браунит и твёрдые растворы  $\text{CaO} \cdot \text{MnO}$  и  $\text{CaO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$ . С увеличением содержания CaO в агломерате заметно увеличилось количество этих твёрдых растворов. Эта серия агломератов характеризуется значительными изменениями в составе силикатов. Здесь твёрдые растворы формируются не на основе тефроита, как имело место при более низких основностях, а на основе  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ . Стекловидной фазы содержится очень мало, имеет переменный состав, состоящий в основном, из окислов марганца, кальция, кремнезёма.

Агломерат основностью 1,2, с подшихтовкой доломитизированного известняка состоит из твёрдых растворов  $\text{MnO} \cdot \text{CaO}$  и  $\text{CaO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$ , силикатной составляющей и непрореагировавших частиц периклаза. Твёрдый раствор  $\text{MnO} \cdot \text{CaO}$  количественно преобладает. В составе силикатов преобладает мервинит. Значительно реже встречаются отдельные скопления  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ . Периклаз встречается в виде крупных агрегатов. В поверхностной зоне периклазовых частиц имеются продукты незавершённых реакций.

## **ЭФФЕКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВАКУУМИРОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАТАНКИ ИЗ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ**

Камкина Л.В., д.т.н., Стовпченко А.П., д.т.н., Безшкуренко А.Г., Грищенко Ю.Н.

*Национальная металлургическая академия Украины*

В современных условиях получения сталисталеплавильный агрегат чаще всего выпускает, по сути, полупродукт, который требует обязательной доводки металла, которая производится в агрегатах внепечной (ковшевой) металлургии - ковше-печи и вакууматоре.

С целью установления эффективной организации вакуумирования провели три серии плавов высокопрочной марки стали С82D с различной последовательностью подачи металла на вакууматор (100 т VD) в ходе внепечной обработки стали: прямая схема: ДСП – У КП – VD – МНЛЗ, обратная схема: ДСП – VD – У КП – МНЛЗ и без вакуумирования. Прямая схема решает традиционную задачу удаления газов, а обратная может позволить максимально удалить кислород из жидкой стали углерод-вакуумным раскислением и уменьшить количество ферросплавов раскислителей, и, соответственно, неметаллических включений. Во всех случаях, технология обработки на У КП предусматривала продувку аргоном с расходом 0,2 - 0,5 м<sup>3</sup>/мин (при давлении 3 - 5 бар) с минимальным оголением зеркала расплава. Для измерения активности кислорода и температуры использовали датчики "Celox". Вакуумирование производили в установке камерного типа (VD) в течение 20-25 минут, в том числе под глубоким вакуумом (менее 1 мбар) - 5 минут. Разливку стали производили через промежуточный ковш с магнезиальной футеровкой с полной защитой струи металла от вторичного окисления и применением системы электромагнитного перемешивания в кристаллизаторе.

Оценку эффективности внепечной обработки производили, как по достигаемому при этом качеству готовой стали, в частности ее составу, структуре и механическим свойствам, так и с точки зрения технологичности ведения процесса в условиях действующего производства. Снижение содержания серы происходило на всех этапах внепечной обработки, но в разной степени. Основное количество серы удаляется, как и следовало ожидать, на установке печь-ковш (У КП) и, в меньшей степени, на вакууматоре (VD). Количество и морфология неметаллических включений при различных схемах внепечной обработки значительно не отличались и находились в заданных пределах. В металле плавов без вакуумирования отмечен несколько более высокий суммарный балл силикатов и алюминатов. Поскольку раскисление осуществляли одинаково, причиной увеличения последних может быть коррозия футеровки стальной ковша.

Анализ изменения общего содержания азота, кислорода и водорода, достигнутых при различных схемах обработки позволил оценить эффективность вакуумирования в разных вариантах его расположения в производственном цикле. Содержание азота в готовом сорте, произведенном без вакуумирования несколько выше, однако, повышение его содержания произошло после МНЛЗ и не связано со схемой внепечной обработки. Концентрация водорода снижается до одинаковых значений независимо от начального его содержания и схемы обработки. В течение времени вылеживания катанки содержание водорода в металле, уменьшается до искомых 2 ppm.

Таким образом, исследованиями трех технологических схем внепечной обработки ДСП полупродукта при производстве высокоуглеродистых сортов сталей показано, что для металлопродукции малых сечений, проблема водорода не стоит остро. Атомы водорода обладают высокой подвижностью и быстро покидают металл небольших сечений при обычном вылеживании. В то же время, эффект вакуумуглеродного раскисления (обратная схема внепечной обработки) при понижении давления может быть использован для экономии раскислителей или с целью получения низкоуглеродистых сталей. При обратной схеме внепечной обработки вакуумирование проходит с большой площадью оголения зеркала металла (50-90 %) ввиду отсутствия толстого слоя шлака. Благодаря этому может быть увеличен уровень металла в СК. Обратная схема является предпочтительной при организации длинных серий разливки, так как установка вакуумирования создает дополнительный буфер времени.

## МОДЕЛЮВАННЯ ВЕДУЧОЇ ФАЗИ ПОТРІЙНОЇ ЕВТЕКТИКИ

Карпенко Н.В. к.ф.-м.н.

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара*

Евтектична кристалізація є одним із технологічних шляхів створення композитів. Однак постає питання щодо визначення фази, яка веде кристалізацію, оскільки вона відповідає за формування евтектичної колонії, отже й за властивості сплаву. Для двофазних евтектик розроблені механізми кристалізації, які показують ступінь кооперації партнерів, а саме: механізм окремого росту фаз (утворюються конгломератні структури) та механізм парного росту фаз (формуються колоніальні структури). За аналогією було проведено моделювання механізмів кристалізації потрійних евтектик.

У статті [1] за морфологією виділено шість видів потрійних евтектик. У випадку розділеної кристалізації, мова про ведучу фазу не йде, тому що немає кооперативного зросту фаз. Однак у потрійних евтектиках спостерігається не лише кооперативний зріст фаз, але й кооперативно-розділений. При кооперативному зрості ведучих фаз може бути одна або дві. Наприклад, якщо евтектичне зерно складається з чергування пластин трьох фаз, то ведучою фазою може бути лише одна з них – та, яка їх випереджає при кристалізації. Але у випадку, коли потрійна евтектика складається з бікристалів, то кожен бікристал має свою ведучу фазу. В цьому випадку можна казати, що потрійну кристалізацію веде бікристал і ведучою фазою евтектики є ведуча фаза цього бікристала (табл. 1).

Таблиця 1 – Ведуча фаза потрійної евтектики, яка складається з двох подвійних

| Сполучення подвійних евтектик, які кристалізуються при рості потрійної евтектики | Ведуча фаза в кожній подвійній евтектиці |   | Ведуча фаза потрійної евтектики                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------|
| 13 і 12                                                                          | 1                                        | 1 | 1                                                                |
| 13 і 21                                                                          | 1                                        | 2 | практично не може відтворитися                                   |
| 31 і 12                                                                          | 3                                        | 1 |                                                                  |
| 31 і 21                                                                          | 3                                        | 2 | ведуча фаза подвійної евтектики, що випереджає при кристалізації |

Для прогнозування ведучої фази потрійної евтектики враховували співвідношення об'ємів фазових складових, мікро- та макроструктуру евтектичного зерна, температури кристалізації кожної окремої фази. Окрім того, ведуча фаза повинна має складну кристалохімічну природу: більшу ступінь гетеродесмічності міжатомних зв'язків та, внаслідок цього, більш складну кристалічну решітку. Поверхневий натяг на границі такої фази з розплавом великий, що й припускає можливість зародження й росту на цій фазі інших фаз евтектики. Але, завжди існують випадки кристалізації потрійних евтектик, які мають настільки складну морфологію, що не можуть бути описані жодним із механізмів кристалізації.

Моделюванні ведучої фази потрійної евтектики дозволило зробити наступні висновки:

– Для кооперативного росту трьох фаз достатньо, щоб хоча б одна з фаз зароджувала дві інші;

– Потрійна евтектика може мати одну або дві ведучі фази, при цьому вести кристалізацію потрійної евтектики може бікристал;

– У процесі кристалізації може відбуватися зміна ведучої фази.

1. Карпенко Н.В. Кристалізація потрійних евтектик у багатокомпонентних системах / Н.В. Карпенко, І.М. Спиридонова // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Фізика. Радіoeлектроніка». – 2012. – №2, Т.20. – с. 81-85

# О РЕШЕНИИ НЕПРЕРЫВНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО МНОГОКРАТНОГО ШАРОВОГО ПОКРЫТИЯ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ

Киселева Е.М. д.ф.-м.н, Коряшкина Л.С. к.ф.-м.н., Михалева А.А. аспирантка  
Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Рассматривается следующая задача отыскания оптимального  $k$ -кратного шарового покрытия. Пусть  $\Omega$  – ограниченное, замкнутое множество из пространства  $E_n$ ,  $B(\tau_i, R) = \{x \in E_n : c(x, \tau_i) \leq R\}$  –  $c$ -шар радиуса  $R$  с центром в точке  $\tau_i$  из  $\Omega$ , где  $c(x, \tau_i)$  – некоторая метрика (евклидова, манхэттенская). Требуется определить величину радиуса оптимального покрытия

$$\hat{R}(\tau_*^N) = \min_{(\tau_1, \dots, \tau_N) \in \Omega^N} \sup_{x \in \Omega} \min_{i=1, \dots, N} c(x, \tau_i) \quad (1)$$

и вектор  $\tau_*^N = (\tau_1^*, \dots, \tau_N^*)$ , на котором достигается значение  $\hat{R}(\tau_*^N)$ , при условиях:

$$\forall x \in \Omega : x \in \bigcap_{j=1}^l B(\tau_{i_j}, \hat{R}), i_j \in \{1, 2, \dots, N\}, k \leq l \leq N; \quad (2)$$

$$\min_{(i,j): i > j} c(\tau_i, \tau_j) \geq \sigma, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (3)$$

где  $\sigma > 0$  – заданная величина.

В отличие от задач, представленных в работах [1,2], данная задача характеризуется наличием ограничения (3), которое отвечает за такое размещение центров (сервисов), при котором каждые два из них находились бы на расстоянии, не меньшем  $\sigma$ .

Для решения задачи (1) – (3) предлагается следующий подход. Для учета дополнительных условий (3) в задаче многократного покрытия вводится в рассмотрение штрафная функция вида

$$P(\tau_1, \dots, \tau_N) = M \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \max^2(0, \sigma - c(\tau_i, \tau_j))$$

где  $M \gg 0$  – коэффициент штрафа, и от задачи (1) – (3) совершается переход к задаче минимизации функции

$$\hat{R}(\tau_1, \dots, \tau_N) = \sup_{x \in \Omega} \min_{i=1, \dots, N} c(x, \tau_i) + P(\tau_1, \dots, \tau_N) \quad (4)$$

при ограничениях (2). Для решения задачи (4), (2) применяется один из численных алгоритмов, разработанных в [1,2].

При реализации описанного подхода возникает вопрос о выборе штрафного коэффициента  $M$ . С одной стороны, штраф должен быть достаточно большим для того, чтобы полученная оценка  $\hat{R}(\tau_*^N)$  была как можно ближе к оптимальной, а вектор  $\tau_*^N$  – как можно ближе к условному оптимуму. С другой стороны, слишком большое значение штрафного коэффициента может вызвать вычислительные трудности при отыскании оптимального решения в задаче без ограничений. Поэтому, метод штрафа лучше использовать в итерационной форме, начиная выбор коэффициента  $M$  со значения  $m_1$ , не слишком высокого, и решая задачу:

$$R(\tau^N; m_1) = \sup_{x \in \Omega} \min_{i=1, \dots, N} c(x, \tau_i) + m_1 \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N \max^2(0, \sigma - c(\tau_i, \tau_j)) \rightarrow \min_{(\tau_1, \dots, \tau_N) \in \Omega^N}$$

при условиях (2).

Если при этом полученное решение  $\tau_*^N(m_1)$  будет хорошим приближением для оптимума, то вычисления заканчиваются. В противном случае штраф, соответствующий нарушению условий (3), недостаточно высок, и увеличивая его в несколько раз (например, полагая  $m_2 = Lm_1, L > 4$ ), следует решить новую задачу без ограничений (3) и т.д.

1. Киселева Е.М., Коряшкина Л.С., Михалева А.А. Конструктивные алгоритмы решения непрерывных задач многократного покрытия // Системные технологии. – Д.: ДМетАУ, 2014. – Вып. 4 (93). – С. 3 – 16.
2. Киселева Е.М., Коряшкина Л.С., Михалева А.А. Применение методов оптимального разбиения множеств к непрерывным задачам многократного покрытия. – Питання прикладної математики і математичного моделювання. Збірник наук. праць. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 141 – 154.

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ КРЕМНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЧИСТОТЫ

1)Критская Т.В., д. т.н., 2)Додонов В.Н., 2)Троценко Э.А. – 2)Шварцман Л.Я., к.т.н.

1)Запорожская государственная инженерная академия, 2)компания *SILIDO*, Австрия

Кремний остается самым востребованным полупроводниковым материалом для производства изделий микроэлектроники, силовой преобразовательной техники и солнечной энергетики. В то же время, постоянное расширение объемов использования кремния, связанное со всеобщей компьютеризацией, остро стоящей проблемой энергосбережения и необходимостью перехода к альтернативным источникам электроэнергии, делает необходимым создание технологии, обладающей рядом экономических, экологических и маркетинговых преимуществ. За последние 30 лет в мире химическая технология кремния кардинально не изменялась. Происходило увеличение габаритов аппаратов, а технологические приёмы, взаимосвязь этапов, модельные подходы и системы мониторинга процесса оставались прежними. В результате промышленные производители не владеют альтернативными, энергосберегающими вариантами технологии полупроводникового кремния. Используются многочисленные, повторяющиеся, низкопроизводительные операции по возврату, регенерции и утилизации технологических реагентов. Процессы отличаются высокой энергоёмкостью, так как в них присутствуют высокотемпературные операции (вплоть до расплавления реагентов – рудно-термическая плавка технического кремния), расходуются чрезмерные количества энергии на осуществление процессов синтеза, гидрирования, низкотемпературной конденсации и др. Требуется специальные меры по предотвращению аварийных остановок процесса и организации технологической помощи по очистке аппаратов от шламов в присутствии агрессивных и пожароопасных жидкостей.

В настоящей работе проведена глобальная оптимизация технологии кремния полупроводниковой чистоты на современном этапе. Предложена новая парадигма технологии кремния для электроники и солнечной энергетики:

- использование вместо рудных кварцитов повсеместно распространённого кварцевого песка;
- исключение из технологии многотоннажных процессов плавки в руднотермических печах для получения технического кремния MG-Si;
- исключение всех процессов, связанных с использованием низких температур (-30...-80 °C), отказ от использования жидкого азота;
- исключение взрывоопасного процесса синтеза хлористого водорода;
- исключение процесса синтеза трихлорсилана, снижение затрат на дополнительное разделение и вывод из процесса побочных продуктов;
- использование моносилана (дихлорсилана) для разделения схем и подпитки рециркуляционной системы, что приведёт к резкому снижению содержания примесей металлов в кремнии;
- создание новой, менее энергозатратной технологической схемы удаления хлористого водорода из парогазовых смесей установок водородного восстановления ТХС
- использование нового процесса гидрирования тетрахлорида кремния, снижение удельных расходов ТХС;
- использование новых компактных, удешевлённых конструкций коррозионностойкого обрудования;
- усовершенствование технологии получения монокристаллов кремния (повышение примесной однородности, радиационной стойкости, термостабильности, механических свойств, понижение деградации характеристик в процессе эксплуатации приборов);
- низкие капитальные затраты, малый срок окупаемости инвестиций;
- достижение экологически-оптимального уровня технологии.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПРОКАТНОГО ВАЛКА

Маймур Я.С. м.н.с., Иванова Л.Х. д.т.н., Жегур А.А., к.т.н., Симоненко В.В. студент  
*Национальная металлургическая академия Украины*

В настоящее время для литья прокатных валков стационарным способом используют комбинированные литейные формы. Основными элементами формы являются кокиль, оформляющий бочку валка, и песчано-глинистые полуформы, оформляющие шейки валка. Особенностью производства прокатных валков является то, что рабочие поверхности их бочек должны обладать высокой твердостью, а сердцевина и шейки, достаточной пластичностью.

Нами путем компьютерного моделирования было исследовано изменение температуры залитого чугуна в зависимости от удаления от рабочей поверхности кокиля при литье валка размерами 730x1250мм. Анализ изменения температур проводили на торцах бочки валка и в его центральной части. С удалением от рабочей поверхности кокиля теплоотвод в отливку уменьшался, что свидетельствует о снижении скорости кристаллизации и соответственно изменении свойств материала. Кроме того, изменение температуры на торцах бочки валка было одинаковым, поэтому в дальнейших расчетах измерения проводили в центральной части бочки и в его верхней торцевой части.

Так как структура и свойства чугуна во много зависят от скорости его кристаллизации были построены зависимости скорости кристаллизации чугуна рабочего слоя валка от удаления от рабочей поверхности кокиля. Показано, что скорость кристаллизации в центральной части бочки валка отличается от его торцевой части. Это объясняется влиянием торцевого эффекта на кристаллизацию металла. Максимальная скорость кристаллизации металла была на границе жидкого металла и кокиля и уже на удалении 2 мм от рабочей поверхности кокиля она составляла 106 °С/мин (на торце бочки валка) и 74°С/мин (в центральной части бочки валка). На удалении 25 мм от рабочей поверхности кокиля скорости кристаллизации были примерно в 4 раза меньшими. Поэтому и структура чугуна также будет отличаться по длине бочки валка и её глубине.

С целью определения изменения скорости кристаллизации в металле сердцевин валка и скорости продвижения фронта кристаллизации были построены зависимости, которые показали, что скорость кристаллизации жидкого металла в центральной части бочки валка была немного выше, чем на торцах. Скорость охлаждения резко снижалась в диапазоне 45...155 мм от поверхности кокиля и составляла 18 и 2,5 °С/мин, соответственно. В центральной части бочки валка скорость охлаждения была минимальной и составляла 1,6 °С/мин на торце бочки валка и 1,8 °С/мин в её центральной части.

В отличие от скорости охлаждения скорость продвижения фронта кристаллизации снижалась на расстоянии 45...200 мм от поверхности кокиля с 7,8 до 3,2 мм/мин, а затем увеличивалась и становилась максимальной (28 мм/мин) в осевой части бочки валка. Таким образом, в осевой части валка создавались предпосылки для кристаллизации цементитных структур.

Проведенные исследования микроструктуры нижних шеек трех прокатных валков, изготовленных в производственных условиях показал следующее. Чугун нижних шеек в основном мало отличался. Количество феррита было примерно одинаковым от 11,8 до 12,4%, располагался феррит в виде оболочек вокруг включений графита. Фосфидная эвтектика в количестве 0,5...1,0% встречалась в виде небольших участков. Перлит характеризовался баллами ПД1,0 и ПД1,4. В одном из валков феррита практически не было, встречались участки фосфидной эвтектики с примыкающим к ней цементитом.

Таким образом, в связи с тем, что структура чугуна шеек не должна содержать карбидов, в нашей разработке предлагается вводить в полупромывной металл графитизирующие элементы: медь, титан или гафний. При этом возникают благоприятные условия для формирования в структуре чугуна графита, что обеспечивает необходимые свойства сердцевин прокатного валка.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОЇ ФАЗИ У МАРГАНЦЕВИХ ЧАВУНАХ

Матвеева М.О. д.т.н., Гнатушенко В.В. д.т.н., Кавац О.О. к.т.н., Клімович Б.В.

*Національна металургійна академія України*

Сучасне машинобудування вимагає застосування матеріалів, що володіють не тільки підвищеною міцністю, але і рядом спеціальних властивостей, що забезпечують тривалу і надійну роботу виливків в найрізноманітніших умовах експлуатації. Такими матеріалами є леговані чавуни. Всі легуючі елементи можуть бути розділені за характером впливу на властивості розплавів на три групи: до першої належать карбідоутворюючі елементи - Cr, V, Mo, Mn, Ti та їх аналоги; до другої - графітизуючі - Cu, Ni, Al та їх аналоги; до третьої - проміжні: Sn і його аналоги (Sb, Bi), які при невеликому вмісті надають графітизуючу дію, а при значному - стабілізуючу дію на карбід заліза. При цьому один і той же легуючий елемент додає чавуну одночасно кілька спеціальних властивостей. Останні визначаються, насамперед, хімічним складом. На механічні властивості чавуну впливає структура металу, яка визначається умовами первинної та вторинної кристалізації.

Сірі чавуни характеризуються неупорядковано орієнтованими графітовими пластинами і для них характерний великий діапазон зміни розмірів, форми та кількості графітних включень, а також ступеня їх розподілу в металевій основі. Кількість, форма і розташування графіту (або іншої високовуглецевої фази) і структура основної металевої матриці чавуну є при цьому визначальними факторами. Для об'єктивного аналізу необхідний роздільний розгляд їх впливу, оскільки формування основних структурних складових чавуну відбувається в різних температурних інтервалах. Склад, кількість, форму і розподіл графіту можна регулювати введенням до складу чавуну марганцю. Вплив марганцю на величину і форму включень графіту полягає в подрібненні графіту зі зростанням його концентрації вище необхідної для нейтралізації впливу сірки. При цьому в рідкому чавуні підвищується розчинність (зменшується активність) вуглецю і зменшується число його зародків [1].

Технологічний процес проведення експериментальних плавок, використані методики хімічного і металографічного аналізів, а також методи статистичної обробки результатів, описані в роботах [1, 2]. У серії плавок по дослідженню впливу марганцю на структуру і властивості чавуну до вихідної лігатури додавали його зростаючу кількість (не менше 5 плавок з кожним вмістом марганцю), далі метал розплавляли в печі, витримуючи температуру перегріву 1350 – 1400 °С. Встановлено, що підвищення вмісту марганцю в концентраційному інтервалі 1,15 ... 3,50 % не впливає на форму включень графіту, але сприяє зменшенню довжини його включень ~ 7,2 рази. При збільшенні вмісту марганцю до 2,70 % у структурі утворюються локальні області розмірами 660 мкм в діаметрі, які являють собою колонії пластинчастого графіту довжиною 45 мкм. Підвищення кількості марганцю до 3,50 % призводить до звуження розміру локальних областей з колоніями пластинчастого графіту до 550 мкм. Довжина включень графіту становить 25 мкм. Розподіл графіту в експериментальних чавунах зі збільшенням кількості марганцю від рівномірного перейшло в міждендритне. Також підтверджено, що марганець зменшує кількість графіту в чавунах. Зміна хімічного складу чавуну при збільшенні вмісту марганцю викликає зміни в структурі сплаву, що в свою чергу впливає на механічні властивості. Твердість сплаву досягає максимального рівня при вмісті марганцю 3,8 - 4,4 %. Подальше збільшення вмісту марганцю призводить до зниження мікротвердості карбідної фази.

1. Шаповалова О. М. Влияние хрома на формирование графита в чугунах / О.М. Шаповалова, М. О. Матвеева // Металознавство та термічна обробка металів. – 2004. – № 4. – С. 24–30.
2. Матвеева М. О. Влияние титана на формирование структуры чугуна / М. О. Матвеева, О. М. Шаповалова // Металознавство та термічна обробка металів. – 2008. – № 1. – С. 65–75.

## УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВВОДЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО МАРГАНЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА 2 СОРТА

Пройдак Ю.С., д.т.н., Мянговская Я.В., к.т.н., Бабенко А.В., к.т.н., Камкин В.Ю., студент  
*Национальная металлургическая академия Украины, кафедра ТМП и ЗХ*

Решение экологических задач тесно связано с возвращением в металлургическое производство тонкозернистых материалов природного и техногенного происхождения. При обогащении марганцевой руды образуется значительное количество тонких фракций концентрата, который имеет кристаллическое строение, типа песчаных частиц. Прямое использование этого материала в агломерационную шихту сопровождается снижением газопроницаемости слоя, производительности процесса и снижением качества агломерата. Это требует принятия специальных способов подготовки мелких фракций к использованию в агломерационной шихте. Одним из таких методов может служить окомкование мелких фракций концентрата 2 сорта в присутствии определенного вида связующего - реагента торфгидрооксидного.

Управление процессом окомкования осуществляли добавкой в шихту вяжущего и предварительным грануляцией концентрата 2 сорта. Для улучшения управляемости процессами окомкования неоптимальной по фракционному составу шихты разработано и запатентовано значительное количество способов, повышающих комкуемость. Это и механическая активация шихты, добавка в воду различных поверхностно-активных веществ и связующих; электростатическая, магнитная, электромагнитная и ультразвуковая обработка компонентов шихты и другие способы. При плохой комкуемости используют добавку бентонита, ввод в состав аглошихты возврата, известняка и коксика. Присадка известняка крупностью до 3 мм несколько ухудшает, а мелкого известняка 1-0 мм значительно улучшает эффективность окомкования [1]. По мере увеличения содержания коксика гранулометрический состав окомкованной шихты ухудшается, особенно заметно при повышении содержания коксика сверх 8%. Частицы коксика плохо смачиваются водой и поэтому ослабляют силы сцепления в комках, что объясняет плохую комкуемость колошниковой пыли.

Нами проведены работы по производству агломерата АМНВ-2Г из концентрата марганцевого окисно-зернистого 2 сорта фракции -1мм ( $Mn = 34,7\%$ ,  $W = 19,7\%$ ) с использованием реагента торфгидрооксидного ( $A = 26,1\%$ ). Из этих материалов грейферным дозированием была приготовлена смесь в соотношении 1 часть реагента к 2-м частям концентрата 2-го сорта. Исходя из насыпных весов материалов соотношение составило 1 к 3,0. Приготовленная смесь в течение суток была дважды усреднена путем перемещения. На дозатор смеси было установлено устройство подачи воды для равномерного ее увлажнения. Укладку компонентов осуществляли в следующем порядке: на концентрат укладывали известняк, а на него увлажненную смесь. Для улучшения процесса окомкования в барабане-окомкователе организовывали режим при дополнительной подаче воды. Оптимизация технологических параметров агломерационного процесса осуществляли моделированием: состава аглошихты для получения агломерата заданного химического состава; расхода коксика; температуры зажигания аглошихты; высоты слоя и скорости движения агломерата; температуры газов в коллекторе и разрежения в вакуум-камерах.

Установлено, что ввод карбонатной руды в состав аглошихты исключает очаги горения на изломе спека; подача воды в барабан окомкователь улучшает комкуемость и теплопроводность аглошихты и способствует увеличению вертикальной скорости спекания и производительности агломашины. Оптимальный тепловой режим спекания достигается при температуре слоя под горном агломашины  $1000^{\circ}\text{C}$  и содержания аглотоплива в шихте 6,5% при высоте слоя 350 мм. Полученный марганцевый агломерат удовлетворяет требованиям Стандарта предприятия по прочности и химическому составу. Корректировка химического состава опытного агломерата осуществлена путем повышения основности и температуры плавления при вводе оксида магния.

1. Базилевич С.В., Вегман Е.Ф. Агломерация. – М.: Металлургия, 1967. – 368 с.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕРЕЗ ПОЛОСУ НЕПРЕРЫВНОЙ ГРУППЫ КЛЕТЕЙ ШИРОКОПОЛОСНОГО СТАНА**

Путноки А. Ю., к.т.н., докторант

*Запорізький національний технічний університет*

В период заполнения, прокатки и освобождения полосой группы клеток широкополосного стана горячей прокатки действует ряд возмущений, которые влияют на размеры полосы и вызывают ударные нагрузки в клетях и полосе. С целью оптимального проектирования технологии и эксплуатации станов разработана комплексная информационная компьютерная модель технологического и динамического взаимодействия клеток через полосу. Единство процесса технологии и работы оборудования обеспечено учетом математической модели листовой прокатки, в частности давления и момента прокатки; упругости полосы в межклетевых промежутках в зависимости опережения от натяжения; транспортной задержки передачи толщины полосы от клетки к клетке; упругих колебаний клеток и крутильных колебаний главных линий с инерционностью двигателей.

Запись уравнений в прямом виде, а не в отклонениях в отличие от общепринятых подходов, позволила получить ряд закономерностей поведения, прежде всего межклетевых натяжений, которые на станах горячей прокатки непосредственно не измеряются. В модели учитываются технологические возмущения, поступающие в непрерывную группу вместе с полосой: разброс температуры, толщины, ширины полосы и скорости. Возмущения, обусловленные настройкой деформационно-скоростного режима в группе клеток и процессом прокатки. Возмущения со стороны оборудования, прежде всего зазоры в главных линиях клеток с их изменчивостью в процессе эксплуатации стана. В зависимости от сложившейся ситуации на стане оператор имеет возможность с помощью модели получить количественную оценку влияния предполагаемых (ожидаемых) возмущений на максимальные динамические нагрузки в межклетевых промежутках в процессе последовательного захвата полосы валками в клетях, а также на продольную разнотолщинность концевых участков полосы. С учетом фактического износа сочленений в главных линиях (зазоров) устанавливать (определять) возможность кратковременного петлеобразования и степень последующей ударной нагрузки в полосе при выборе петли и как отражается этот процесс на толщине полосы.

Подобная и другая информация, полученная путем предварительного совместного компьютерного моделирования в непрерывной группе процесса прокатки и работы оборудования всех клеток, позволяют обслуживающему персоналу предпринять упреждающие действия, повысить стабильность работы и уменьшить разнотолщинность проката с учетом изменяющейся ситуации на стане. Информационная модель может быть использована на непрерывных широкополосных станах горячей прокатки.

1. Автоматизированные широкополосные станы, управляемые ЭВМ / М.А. Беняковский, М.Г. Ананьевский, Ю.В. Коновалов и др. // М.: Металлургия. – 1984. – 240 с.
2. Прокатка металла со сварными соединениями / В.Л. Мазур, В.И. Мелешко, Д.П. Галкин и др. // М.: Металлургия. – 1984. – 112 с.

## СХЕМА РОЗРАХУНКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВИЛИВКІВ І ЗЛИТКІВ

Селівьорстов В.Ю., д.т.н., професор, Селівьорстова Т.В., к.т.н., доцент

*Національна металургійна академія України*

Аналіз існуючих технологічних схем лиття з використанням тиску свідчить про те, що при їх реалізації тиск прикладається до загального об'єму металу виливка і ливарної форми. Прискорене твердіння зовнішньої частини виливка суттєво обмежує тривалість дії тиску безпосередньо на рідку фазу, або реалізується лише вузький діапазон ефективного тиску, що діє наприкінці процесу затвердіння. Особливістю нової технології є герметизація системи виливок-пристрій для введення газу за рахунок формування шару твердого металу необхідної міцності на поверхні виливка. Тільки після цього здійснюється регульований газодинамічний вплив на рідку фазу усередині виливка і передача тиску в двофазну зону протягом всього періоду твердіння.

Для розрахунку технологічних параметрів розробленого процесу застосували відомі та оригінальні розрахункові схеми і інформаційні технології (рис.1).



Рис. 1. Схема, що ілюструє загальну методику визначення технологічних параметрів на прикладі сталевго виливка

Програмний модуль «SBHeat», що розроблений для розрахунку температурних полів виливка і ливарної форми по методу Стефана-Шварца, має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і може використовуватися в середовищі Windows. Програмний комплекс «ASImprints» забезпечує: проведення попередньої обробки зображення сірчаного відбитку шляхом перекладу з напівтонового в монохромне відповідно до заданого порогу бінаризації; визначення включень, які належать до певного діапазону і заливаються відповідним кольором відповідно до заданих діапазонів розмірів; отримання статистичних даних щодо кількості включень певного розміру (в пікселях і квадратних міліметрах).

## МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ РУДИ

Сенько А.О. аспірант, Купін А.І. доктор технічних наук  
Криворізький національний університет

Серед технологічних процесів багатьох галузей гірничої промисловості особливе місце відводиться процесам подрібнення сипучих матеріалів. Частка електроенергії, що витрачається на подрібнення, складає 50-60% і є визначальною в загальному споживанні електроенергії секцією збагачення руди.

Технологічні процеси збагачення руд чорних металів (магнетитових кварцитів) є достатньо складними об'єктами прогнозування. Це обумовлено їх багатовимірністю та багатостадійністю, властивостями нелінійності та нестационарності, значним запізненням інформаційних показників у часі, наявністю нечіткої та неповної інформації [1,2].

Оскільки кульові млини – найбільш енергоємні агрегати, оптимізація режиму їх роботи є важливим засобом економії і підвищення ефективності використання електроенергії.

Метою даної статті є визначення набору параметрів для прогнозування продуктивності роботи збагачувальної фабрики та подальшої розробки системи прийняття рішень на основі непрямого визначення міцності руди.

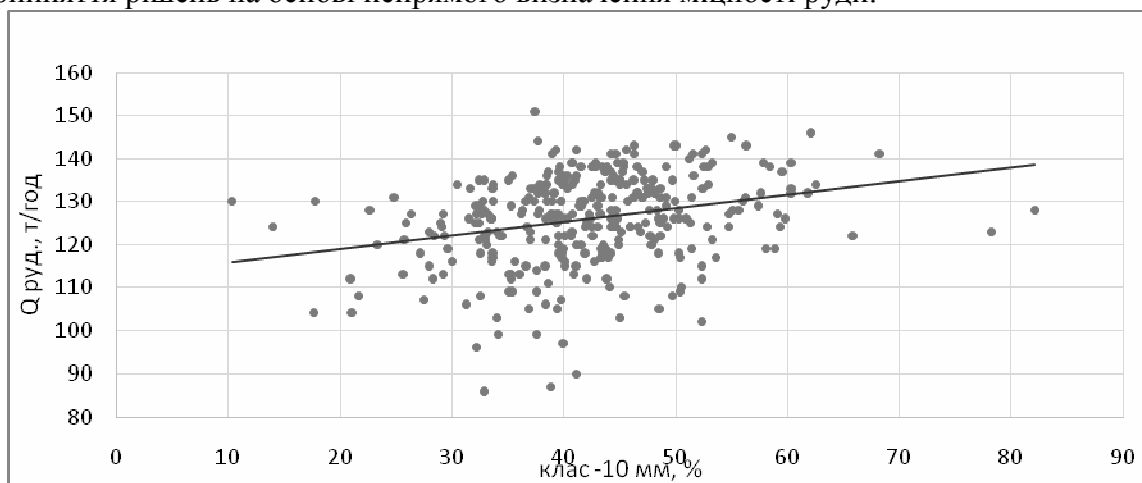


Рисунок 1 – Залежність продуктивності по руді від класу - 10 мм

В ході дослідження, проведеного на базі підприємства ПАТ «ІнГОК», була проаналізована технологічна статистика секції збагачення. При спробі виявити залежність продуктивності по руді від вмісту фракцій (0-10 мм, 10-20 мм, 20+ мм), коефіцієнту шарового завантаження, вмісту заліза (загального та частки магнітного) була отримана низька кореляція (рисунок 1).

Параметром, що дозволить значно поліпшити результати прогнозування продуктивності, є міцність руди. Але швидкість зміни сировини не дозволяє застосувати методи прямого визначення даного показника. Подальші дослідження направлені на обробку даних сировинної бази підприємства з метою виявлення зв'язків міцності руди з іншими параметрами та розробки методу непрямого визначення даного показника.

1. Купін А. І. Структура прототипу та обґрунтування впровадження інтелектуальної системи керування процесом збагачення залізної руди / А. І. Купін // *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. – 2010 – С. 116 – 120.
2. Марюта А. Н. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик / А.Н. Марюта, Ю.Г. Качан, В.А. Бунько – М.: Недра, 1983. – 277 с.

## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СТАЛИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ТРЕБУЕМЫЙ УРОВЕНЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

Д.Н. Тогобицкая д.т.н., В.П. Пиптюк к.т.н., И.Н. Логозинский\*, Б.А. Левин\*,  
А.С. Козачёк, О.В. Кукса к.т.н., Ю.М. Лихачёв

*Институт черной металлургии им.З.И. Некрасова, НМетАУ*

*\*Электрометаллургический завод «Днепропецсталь» им. А.Н. Кузьмина*

В настоящей работе на примере стали 14X17H2 описан подход к комплексному решению задач оптимизации химического состава сталей, который базируется на накопленном в ИЧМ НАНУ опыте моделирования структуры и свойств металлических расплавов [1]. Реализация выполнена совместно со специалистами ПАО «Днепропецсталь» (г. Запорожье) в реальных промышленных условиях в рамках стратегии развития информационно-математического обеспечения системы контроля и управления качеством продукции.

При анализе влияния химического состава сталей и сплавов на свойства металлопродукции, все возрастающее значение приобретает выявление роли малых концентраций легирующих, микролегирующих и примесных элементов. Задача выбора рационального элементного состава стали, обеспечивающего требуемый уровень механических свойств, сводится к обеспечению заданного сочетания модельных параметров межатомного взаимодействия для разных подсистем ее состава[1,2]. Для анализа следствий локализации процессов, результатом которых является формирование структуры и свойств стали, нами используется подход разделения общего состава на подсистемы: общую, матричную, легирующую, микролегирующую и примесную. Основанием для отнесения элементов к той или иной подсистеме являются предварительные результаты анализа как корреляционной матрицы, так и факторного анализа.

На основе структуризации общего химического состава на подсистемы получены зависимости от параметров межатомного взаимодействия каждой из подсистем и научно обоснованы «суженные» диапазоны элементного состава матричной, легирующей и примесно – микролегирующей подсистем, обеспечивающие требуемый уровень механических свойств.

На примере состава стали 14X17H2 показана методика «свертки» химического состава стали, как единой физико-химической системы, позволяющая учитывать как свойства отдельных элементов, так и результаты их взаимодействия и научно обосновать рациональные пределы изменения элементного состава в пределах марки.

1. Приходько Э.В. Эффективность комплексного легирования стали и сплавов/ Э.В. Приходько. Киев: Наукова думка.-1995.-292 с.
2. Приходько Э.В. Информационно – математическое обеспечение оценки влияния химического состава на свойства готового проката. / Э.В. Приходько, Д.Н. Тогобицкая, А.С. Козачёк, В.Г. Раздобреев, Л.А. Головки // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ.- Выпуск 3 (68). – Днепропетровск, 2010. – С.33-39.

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ  
ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО ОКСИДИРОВАНИЯ  
МЕТОДОМ АКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ БОКСА-БЕНКИНА**

Федоша Т.С., магистр кафедры ТМ, Омолойе А.А., аспирант кафедры ТМ,  
Тутык В. А. д.т.н., профессор кафедры физики

*Национальная металлургическая академия Украины*

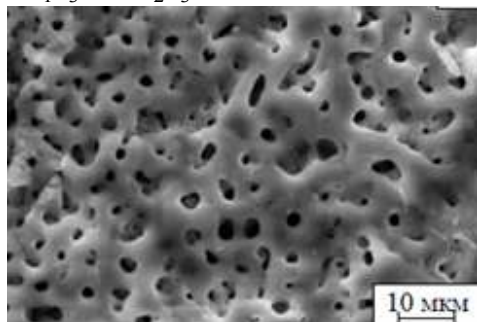
Актуальность. Как известно, упрочнение алюминиевых сплавов, получение заданного покрытия - трудоемко, дорогостояще, а зачастую затруднительно, особенно используя экологически чистые методы обработки материалов. В этом отношении электролитно-плазменное оксидирование (ЭПО) является высокоэффективным процессом обработки изделий в нетоксичных средах, имеющий более высокие экологические и экономические показатели.

Целью работы является моделирование физико-механических характеристик анодно-оксидных покрытий на алюминиевых сплавах, полученных ЭПО методом активного планирования Бокса-Бенкина.

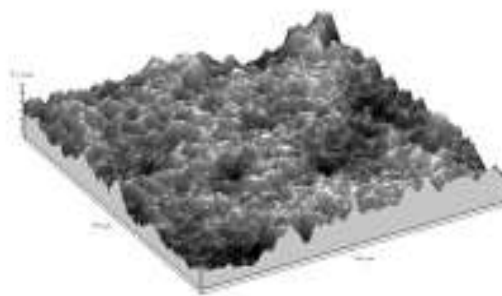
Методика экспериментов. Экспериментальные исследования проводились на разработанной установке с управлением процесса ЭПО. В качестве исследуемых образцов использовалась шестигранная заготовка 10x11 длиной 83 мм из алюминиевого сплава марки Д16 с исходной шероховатостью  $Ra=0.63\text{мкм}$ . Оксидирование осуществлялось в диапазоне рабочих напряжений  $U=390\ldots 400\text{В}$ ; при плотности тока  $j=10\ldots 30\text{А/см}^2$ ; в водном растворе электролита  $\text{KOH } 4\% + \text{Na}_2\text{SiO}_3 \text{ } 4\%$ . Параметры шероховатости и металлографические исследования осуществлялись с помощью бесконтактного интерференционного 3-D профилографа «Micron-alpha». Моделирование процесса ЭПО осуществлялось по трехфакторному плану Бокса-Бенкина.

Общее число опытов в центре плана Бокса-Бенкина для  $K = 3$  составляет:  $N=15$ .

После обработки экспериментальных данных было получено следующее уравнение регрессии, описывающее зависимость пористости (рис.1) от параметров ЭПО:

$$Y=7.1+0.2125x_1+2.0875x_2+0.375x_3+3.9375x_1^2+2.7875x_2^2+3.9125x_3^2-1.775x_1x_2+1.15x_1x_3+0.2x_2x_3 \quad (1)$$


а)



б)

Рисунок 1 – Топография поверхности образца, где а) вид сверху; б) 3D профилограмма

В результате активного эксперимента по трехфакторному плану Бокса-Бенкина построена математическая модель процесса электролитно-плазменного оксидирования, подтвержденная экспериментально, позволяющая выбрать рациональный режим ЭПО для получения заданной пористости образца.

Доказано эффективность использования метода моделирования для выбора рациональных параметров режима электролитно-плазменного оксидирования с целью получения заданных характеристик оксидного покрытия.

1. Кабацкая В.В., Тутык В.А., Рожков А.Д., Сафьян П.П. Технология получения оксидных покрытий методом микродугового оксидирования // Инновационные технологии в машиностроении: Международная научно-практическая конференция. Том 2. Запорожье, 17-21 мая 2011 г. – Запорожье, 2011. – С.34-35.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОСЕВОЙ ЗОНЕ ЧУГУННОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА

Хитько А.Ю. к.т.н., Шапран Л.А. к.т.н., Иванова Л.Х. д.т.н., Алексеенко А.С. студент  
*Национальная металлургическая академия Украины*

Целью работы была разработка математической модели технологического процесса внутриформенного графитизирующего модифицирования легкоплавкими модификаторами и затвердевания литого вала в литейной форме.

Для описания рассматриваемого вопроса было разработано четыре варианта физической модели процесса затвердевания чугуна прокатного вала в литейной форме.

В первой модели рассматривается затвердевание жидкого чугуна в шейке вала, покрытой песчано-глинистой формовочной смесью. Принимали следующие исходные условия: наружная часть формы выполнена из серого чугуна с наружным радиусом  $R_3$  и внутренним –  $R_2$ . Внутренняя часть формы заполнена однородной формовочной смесью с внутренним радиусом  $R_1$ . Моделирование процесса заполнения литейной формы и прибытия вала производили при условии нахождения расплава в форме при постоянной температуре  $t_3$  в течение заданного промежутка времени  $\tau$  и отсутствия затвердевания металла на стенках формы. Предполагался только прогрев формы при идеальных условиях контакта материала формы с жидким металлом. Следующим этапом моделирования было погружение в расплав модификатора, отлитого в форме трубки с целью обеспечения максимальной реакционной поверхности взаимодействия плавящегося модификатора и расплава с внутренним и наружным радиусами  $R_4$  и  $R_5$  после выдержки необходимой для формирования рабочего слоя вала. Начальная температура модификатора принимается равной  $t_x^0$ . Процесс затвердевания происходит в интервале температур ликвидус  $t_L$  – солидус  $t_s$ . В зависимости от исходных теплофизических параметров модификатор может расплавиться или оставаться в твердом состоянии. Окончанием процесса является полное затвердевание металла.

Во второй модели исходные условия первого этапа моделирования соответствовали этапам первой модели, однако, была рассмотрена возможность ввода модификатора после необходимой выдержки залитой формы до момента образования дендритных «мостиков» внутри шеек вала и прибытия.

В третьей модели рассматривали процесс образования рабочего слоя отливки в металлической части формы, где процесс теплоотвода и кристаллизации идет значительно интенсивнее и, следовательно, время процесса до образования дендритных «мостиков» через ось отливки при прочих равных условиях значительно меньше. Теплофизические константы и параметры расплава и формы принимали такими же, как и для первых двух случаев, при этом в форме отсутствует слой песчано – глинистой смеси и  $R_1 = R_2$ .

В четвертой модели рассматривали момент ввода модификатора в расплав со снятой теплотой перегрева и образовавшейся коркой заданной толщины на стенках кокиля, плавление модификатора и окончательное затвердевание всей отливки. При уменьшении радиуса  $R_4$  до нуля моделировали процесс модифицирования легкоплавким модификатором, отлитым в форме сплошного цилиндра.

Для описания процесса теплообмена в рассмотренной выше системе (с учетом фазовых превращений) использовали подход, основанный на изучении метода энтальпии. Для решения поставленной задачи использовали метод конечных разностей. Построение разностных уравнений выполняли с помощью метода интегральных тепловых балансов.

Разработана физическая модель четырех вариантов процесса затвердевания модифицированного прокатного вала в линейной форме. Модель описывает состояние элементов указанной системы после заполнения линейной формы и после модифицирования, а также состояние системы и проходящие в ней тепловые процессы. С помощью разработанной модели возможно моделирование процесса затвердевания расплава с различными вариантами конфигурации и размеров модификатора, диаметра вала, теплофизических свойств металла и формы.

**СЕКЦІЯ 3**  
**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ**  
**ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОЦЕСІВ**

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФЛОТАЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ ГАЗОВЫХ ПУЗЫРЕЙ В ОГРАНИЧЕННЫХ ОБЛАСТЯХ, ЗАПОЛНЕННЫХ ЖИДКОСТЬЮ.**

Бразалук Ю.В., к. ф.-м. н.

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара*

Флотационное движение (всплывание) газовых пузырей является классической задачей прикладной гидромеханики. Практический интерес к моделированию этого класса процессов стимулируется многочисленными их приложениями, как в современной технике и технологиях, так и в естественных природных процессах. Не останавливаясь в подробностях на прикладной стороне вопроса, ограничимся здесь только одним общеизвестным примером – процессами барботажа, то есть перемешивания и очистки жидкости при всплывании газовых пузырей, которые весьма широко используются в металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Математическое и численное моделирование рассматриваемых процессов затруднено необходимостью рассматривать поле течения жидкости, вызванного движением пузырей, в области сложной геометрической формы, постоянно меняющейся во времени из-за взаимного перемещения пузырей в процессе движения. Кроме того, осложняющим процедуру решения фактором является гидродинамическое взаимодействие газовых пузырей между собой и с твердыми границами области. Понятно, что в таком случае применение традиционных численных методов, основанных на дискретизации области решения, то есть, методов конечных разностей и конечных элементов, оказывается совершенно неэффективным, поскольку на каждом шаге по времени пространственную сетку необходимо перестраивать, а затем переносить (интерполировать) значения искомых функций в начале шага по времени из узлов исходной сетки в узлы вновь построенной. Очевидно, что такая процедура не только существенно замедлит процесс расчета, но и заметно снизит его, и без того не очень высокую, точность. Применение метода граничных элементов, хорошо себя зарекомендовавшего при решении задач в областях сложной геометрической формы, в данном случае также не приносит успеха, поскольку метод граничных элементов неэффективен при решении уравнений Навье-Стокса. Таким образом, рассматриваемая задача вызывает практически непреодолимые вычислительные трудности при решении ее на основании наиболее общих математических моделей.

Выходом из сложившейся ситуации представляется формирование упрощенной инженерной математической модели, рассматривающей движение каждого из всплывающих пузырей как движение твердого тела сферической формы под действием силы Архимеда, силы тяжести, силы гидродинамического сопротивления (определенной для сферического тела экспериментально) и сил гидродинамического взаимодействия. Поскольку явления гидродинамического взаимодействия пузырей рассматриваются на достаточно больших расстояниях между ними, что обусловлено физикой процесса, силы гидродинамического взаимодействия могут быть рассчитаны в рамках модели идеальной несжимаемой жидкости при помощи высокоэффективного метода граничных элементов. Это же решение может быть использовано для определения общего поля течения.

Предложенный подход был проиллюстрирован несколькими сериями численных расчетов движения жидкости в ограниченной области, вызванного флотационным движением газовых пузырей. Геометрические размеры пузырей были на порядок меньше размеров области течения, а количество пузырей колебалось от одного до двадцати. Расчеты проводились для течений как в плоском (модельная задача), так и в пространственном случаях. Отмечено, что в центре потока пузыри притягиваются друг к другу, а на периферии потока – к твердым стенкам.

Предложенная методика численного моделирования флотационного движения газовых пузырей может быть использована в металлургической, химической и других отраслях промышленности.

## НЕПРЕРЫВНЫЕ И ДИСКРЕТНЫЕ МОДЕЛИ ВОЗМУЩЕНИЙ ВОЛНОВОЙ СТРУКТУРЫ

Доронина М.А., аспирант

*ГВУЗ «Национальный горный университет»*

Современная метрологическая наука в повседневное время стала больше внимания уделять фундаментальной проблеме эффективности противодействия возмущениям динамического характера, которые влияют на процесс возмущения. Особенно актуальным является задача повышения точности измерений в присутствии ступенчатых или медленно изменяющихся возмущений, которые в работе Джонсона С. [1] названы возмущениями волновой структуры.

Реализация возмущений, которые имеют волновую структуру, носят ярко выраженный кусочно-детерминированный характер. В частности, возмущение, математическая модель которого имеет вид:

$$W(t) = C_1 + C_2 t + C_3 t^2 + \dots + C_n t^{n-1}, \quad (1)$$

где  $C_i (i = \overline{1, n})$  - скачкообразно изменяющиеся случайные коэффициенты, можно представить в виде выходного сигнала некоторой фиктивной динамической системы:

$$\begin{aligned} Z_1^{(1)}(t) &= Z_{i+1}(t), & Z_i(0) &= C_i, & i &= \overline{1, n} \\ Z_n^{(1)}(t) &= 0, & Z_n(0) &= C_n, \end{aligned} \quad (2)$$

$$W(t) = Z_1(t).$$

Преобразовав систему уравнений (2) по Лапласу и умножив все  $Z_i(0) (i = \overline{1, n})$  на 1. Учитывая, что 1 является преобразованием по Лапласу  $\delta(t)$ -функции Дирака выполним переход от системы уравнений к оригиналам во временной области:

$$\begin{aligned} Z_i^{(1)}(t) &= Z_{i+1}(t) + C_i \delta(t), & Z_i(0) &= 0, & i &= \overline{1, n-1} \\ Z_n^{(1)}(t) &= C_n \delta(t), & Z_n(0) &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

$$W(t) = Z_1(t).$$

Полученная система (3) является эквивалентной системе (2). При этом следует отметить, модель генерирования возмущений волновой структуры вида (3) используется [1], а модель вида (2) – в работе [2]. При этом С. Джонсон предполагает, что вместо  $\delta(t)$  на систему (3) в случайные моменты времени действует целая последовательность  $C_i \delta(t_i)$ -импульсов случайной интенсивности. В свою очередь, в [2] рассматриваются возмущения, формируемые системой (2) с изменяющимися случайным образом во времени начальными условиями.

Наряду с описанными выше непрерывными моделями формирования возмущений волновой структуры в работе [3] использованы на практике дискретные модели вида:

$$\xi[(k+1)T] = G\xi[kT],$$

$$\xi[kT] = \alpha[kT],$$

$$\zeta[kT] = H\xi[kT].$$

Таким образом, модели воздействий волновой структуры находят все большее распространение наряду с шумовыми моделями возмущений, не только в теории управления, но и в метрологии.

1. Джонсон С. Теория регуляторов, приспособляющихся к возмущениям./С. Джонсон; пер. с англ. // Фильтрация и стохастическое управление в динамике систем. – М.: Мир, 1980.-487 с.
2. Андреев Ю.П. Управление конечномерными линейными объектами./ Ю.Н. Андреев. М.: Наука, 1976.-424 с.
3. Дроздов В.Н. Системы автоматического управления с микроЭВМ./Дроздов В.Н., Мирошник И.В., Скорубский В.И. – Л.; Машиностроение, 1989. – 284 с.

## **ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВКЛЮЧЕНИЙ В КОМПОЗИТНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ**

Евдокимов Д.В.

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара*

Продолжающийся энергетический кризис вынуждает искать пути повышения энергоэффективности оборудования, применяемого в промышленности, на транспорте и в коммунальной сфере. Поскольку значительная часть энергии, особенно в коммунальной сфере, расходуется в виде тепла, остро стоит вопрос о совершенствовании систем теплосбережения, то есть, о совершенствовании применяемых систем теплоизоляции. Большинство традиционных и современных теплоизоляционных материалов относятся к композитам, то есть, материалам, включающим, по меньшей мере, две регулярно распределенные составляющие, одна из которых обеспечивает собственно теплоизоляцию, а вторая – прочностные и другие свойства композитного материала. Целью настоящей работы является развитие алгоритмов расчета свойств включений и матрицы для обеспечения заданных (в том числе и оптимальных) эффективных теплофизических свойств композитного теплоизоляционного материала.

Расчет эффективных теплофизических параметров (плотность, теплоемкость, теплопроводность) композитного материала параметров осуществлялся на основе численного решения вспомогательной линейной краевой задачи стационарной теплопроводности, сформулированной в ячейке периодичности. При этом численное решение данной задачи было выполнено методом граничных элементов, что позволяет рассматривать практически любые формы включений благодаря высокой эффективности данного метода для такого класса задач.

Для определения параметров композитного материала с заданными теплофизическими свойствами можно либо варьировать теплофизические свойства материалов матрицы и включений, либо варьировать геометрические размеры ячеек периодичности и включений. В обоих случаях задача сводится к численному решению трансцендентного уравнения относительно искомого параметра композитного материала, при этом предполагается, что эффективное значение заданного параметра на каждом шаге итерационного решения полученного трансцендентного уравнения рассчитывается по описанной выше процедуре.

Если диапазон температур эксплуатации теплоизолирующего композитного материала таков, что теплофизические параметры его составляющих существенно меняются в рамках данного диапазона, что соответствует случаю нелинейной теплопроводности, то может быть поставлена задача об оптимальных значениях эффективных теплофизических параметров. Отметим, что, несмотря на явную нелинейность задачи теплопроводности для композитного материала в целом, благодаря малости размеров ячейки вспомогательная краевая задача, сформулированная в ячейке периодичности, сохраняет свою линейность, то есть, алгоритм расчета эффективных значений теплофизических параметров практически не изменяется. Для определения оптимального значения исследуемого параметра был введен специальный функционал, конкретный вид которого определяется спецификой условий оптимальности. Как правило, такие функционалы представляют собой интегралы по промежутку изменения температуры от квадрата отклонения эффективной величины от заданной, возможно с некоторой весовой функцией, учитывающей частотную характеристику температуры. Минимизация построенного функционала выполнялась также численно методом скорейшего спуска.

Предложенный подход был проиллюстрирован несколькими сериями численных расчетов теплофизических параметров теплоизолирующего композитного материала.

Предложенная методика численного определения свойств теплоизоляционных материалов может быть использована в коммунальном хозяйстве, теплоэнергетике, металлургической и других отраслях промышленности.

# **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ И ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ПЛАЗМЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА**

Редчиц Д. А. к.ф.-м.н. \*, Моисеенко С. В. к.т.н. \*\*

*\*Институт транспортных систем и технологий НАН Украины*

*\*\*Херсонский национальный технический университет*

Задача управления отрывом потока воздуха является актуальной для развития авиационной и ракетно-космической техники, двигателе- и турбиностроения, ветроэнергетики. Существующие способы управления отрывом потока, как правило, являются энергозатратными и требуют изменений в конструкции обтекаемого тела (охлаждение поверхности, перфорации, установка интерцепторов и др.). В связи с этим, разработка эффективных и малозатратных методов предотвращения отрыва потока относится к самым современным направлениям фундаментальной и прикладной аэродинамики.

Применение плазменных актуаторов (ПА) на основе диэлектрического барьерного разряда (ДБР) относится к числу современных и перспективных способов изменения структуры течения. В отличие от классических способов использования ДБР является менее энергозатратным и не требует конструктивных изменений (перфорирования поверхности, установки интерцепторов или дополнительных подвижных элементов). Поскольку плазменные актуаторы встроены в поверхность тела, они не создают дополнительной преграды, ионизируют внешний поток и за счет возникающей силы Лоренца позволяют достичь желаемую структуру течения. Имеющиеся экспериментальные данные зарубежных авторов подтверждают высокую эффективность данного способа управления потоком.

Существующие математические модели динамики частично ионизированного потока опираются на эмпирические константы и пригодны только для ограниченного класса течений. Разработка адекватной модели для описания процессов, исследуемых в широком диапазоне определяющих параметров, является актуальной и пока не решенной задачей в данной области знаний. Разрабатываемая математическая модель должна учитывать основные происходящие физико-химические процессы – конвекцию, турбулентность, вязко-невязкое взаимодействие, ионизацию потока, перенос ионов и электронов, электрохимические преобразования, фотоионизацию.

Исходя из результатов предыдущих исследований по методам математического описания низкотемпературной неравновесной идеальной плазмы, в качестве базового выбран диффузионно-дрейфовый подход для описания пространственно-временной структуры диэлектрического барьерного разряда в воздухе при атмосферном давлении, включая кинетические явления и плазмохимические реакции.

В работе рассматриваются электронно-возбужденные и метастабильные состояния молекул азота и кислорода, атомы кислорода, электроны, а также положительные и отрицательные ионы, в общей сложности 14 частиц и 97 плазмохимических реакций, включая поверхностные процессы.

Химические реакции включают процессы диссоциации, ионизации молекул электронным ударом из основного состояния, ступенчатую, ассоциативную и фотоионизацию, возбуждение молекул, ионизацию возбужденных (метастабильных) молекул, прилипание и отлипание электронов, рекомбинацию электронов и положительных ионов, химические превращения нейтральных атомов, молекул и ионов, а также процессы вторичной эмиссии электронов из открытого электрода и диэлектрической поверхности.

Разработана новая математическая модель диэлектрического барьерного разряда при работе плазменного актуатора в воздухе при атмосферном давлении для описания пространственно-временной структуры, включая нестационарные электродинамические процессы, кинетические явления и плазмохимические реакции. Реализован единый неявный численный алгоритм для эффективного решения неоднородной системы исходных уравнений.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ІОННОГО АЗОТУВАННЯ

Рудик О.Ю. к.т.н., Шендера А.А. студент

*Хмельницький національний університет*

Підвищення зносостійкості азотованих шарів може бути досягнуте введенням в насичуючу атмосферу вуглецевмісних компонентів, тобто при застосуванні комбінованого режиму насичення. Це пояснюється утворенням пластичніших карбонітрідів заліза з меншою концентрацією азоту та кількістю високоазотних, твердих і крихких фаз, а також підвищеною корозійною стійкістю.

Встановлено, що комбіноване азотування підвищує зносостійкість сталі 45Х у порівнянні з одностадійним в 1,1...1,5, а порівняно з неазотованими зразками - в 2..3 рази.

Залежно від умов навантаження на фрикційному контакті, наприклад, при механічному або хіміко-механічному зношуванні, зносостійкість сталі, в основному, визначається її корозійною стійкістю. Тому досліджувалася корозійна стійкість у статистиці, при перемішуванні й терті зразків з коловою швидкістю  $v = 1$  м/с в кислому середовищі.

Випробуваннями встановлено, що швидкість корозії матеріалів при азотуванні комбінованим способом зменшується. При цьому значно облагороджуються електродні потенціали матеріалів, а на анодних поляризаційних кривих розширяється пасивна область і збільшується щільність струму пасивації та повної пасивації.

Застосування методу активного планування експерименту дозволило отримати рівняння регресії електродного потенціалу (ЕП, мВ) поверхні сталі 45Х; швидкості її корозії ( $K$ , г/(м<sup>2</sup>·год.),  $K_{азот}$ ,  $K_{пропан}$  – швидкості корозії поверхонь при веденні процесу в атмосфері азоту і пропану відповідно) при перемішуванні кислого середовища з коловою швидкістю 1 м/с; процесу зношування ( $Z$ , мкм); мікротвердості поверхні (HV1, ГПа):

$$EP = 684,5 + 9,0t - 1,0C_{азот} - 2,5P; \quad (1)$$

$$K_{азот} = 22,34 + 1,02t - 0,30C_{азот} - 0,35P; \quad (2)$$

$$K_{пропан} = 14,04 + 0,74t - 0,24C_{пропан} - 0,26P; \quad (3)$$

$$Z_{азот} = 35,36 + 2,64t - 1,61C_{азот} - 1,04P; \quad (4)$$

$$Z_{пропан} = 31,08 + 1,87t - 2,35C_{пропан} - 1,22P; \quad (5)$$

$$HV1 = 7,29 + 0,65t - 0,08C_{азот} - 0,18P; \quad (6)$$

де  $t$  - температура іонного азотування, °С;  $C_{азот}$ ,  $C_{пропан}$  - вміст азоту або пропану в насичуючій атмосфері, % об.;  $P$  – тиск насичуючої атмосфери, Па.

Аналіз моделей показав, що найбільший статистично значущий вплив на досліджувані характеристики чинить температура іонного азотування. З її підвищенням електродний потенціал розблагороджується, корозійна стійкість погіршується, знос сталі збільшується з одночасним пониженням мікротвердості поверхні. Підвищення вмісту азоту (пропану) в насичуючій атмосфері та її тиску, навпаки, викликають облагороджування електродного потенціалу, зменшення швидкості корозії, збільшення зносостійкості сталі й мікротвердості її поверхні.

Результати проведених досліджень дозволили для кожної пари властивостей визначити коефіцієнти парної кореляції, які є мірою тісноти лінійного зв'язку між двома випадковими величинами. Проведений кореляційний аналіз дозволяє визначити одну властивість матеріалу і по її значенню оцінювати інші.

Для оцінки властивостей сталі 45Х по наявних експериментальних характеристиках одержані наступні кореляційні рівняння:

$$K_{азот} = 30,343 - 1,099HV1; \quad (7)$$

$$EP = 723,940 - 5,409HV1; \quad (8)$$

Між мікротвердістю поверхні та корозійно-механічним зношуванням кореляційних зв'язків не виявлено.

**СЕКЦІЯ 4**  
**ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ**  
**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ**

## **ПОБУДОВА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШАБЛОНІВ ПРОЕКТУВАННЯ**

Горбенко В.І., к.ф.-м.н., Шарафутдінов Я.Е., аспірант

*Класичний приватний університет, м. Запоріжжя*

Інтенсивне зростання кількості автомобільного транспорту постійно підвищує актуальність заходів, які спрямовані на зниження, викликаних цим, негативних явищ. Крім того, зростання обсягів пасажирських та вантажних перевезень обумовлює підвищення вимог до контролю якості, безпеки та їх своєчасності. Збільшення завантаження дорожньої мережі призводить до збільшення часу затримок, кількості зупинок, витрати палива та інше, що знижує загальну ефективність використання транспорту, підвищує кількість дорожньо-транспортних пригод, збільшує знос дорожнього покриття та значно погіршує екологічну обстановку. В цій роботі для прискорення розробки програмного забезпечення, підвищення її якості та прозорості розглянуто можливість використання шаблону проектування MVC (модель-представлення-контролер) [1].

Архітектура MVC складається з моделі даних додатку, користувацького інтерфейсу та логіки керування, які поділено між окремими компонентами, що дозволяє виконувати модифікацію будь-якого з них та мінімізувати вплив на інші. Ця властивість є однією з найбільш бажаних для програм моделювання. Для програми моделювання транспортних потоків до моделі даних увійшли такі складові: транспортна мережа, місцезнаходження стаціонарних об'єктів (зупинок, будівель), розташування атрибутів дорожньо-транспортної мережі (світлофори, знаки тощо), розташування транспортних засобів та пішоходів. Основу моделі даних складає граф транспортної мережі, а інші її складові використовують його для визначення положення власних елементів.

View-компонент відповідає як за представлення актуальної частини даних моделі, так і за елементи користувацького інтерфейсу, що використовуються для передавання даних та керування Controller-компонентом. У класах Model-компонентів реалізовано get та set-функції. Перші використовуються у View-компоненті для відображення стану моделі, а другі у Controller-компоненті при зміні стану самої моделі. Логіку роботи Controller-компонентів побудовано на обробці дискретних даних, що описують об'єкти моделі та правила взаємодії між ними. Обробка виконується ітеративно і залежить від обраної користувачем задачі, що моделюється.

У доповіді буде наведено класову модель програмного забезпечення та склад відповідних компонент обраного шаблону проектування. Також будуть показані реалізації взаємодії між компонентами MVC та базову логіку Controller-компонентів.

1. Гамма Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. / Э.Гамма, Р.Хелм, Р.Джонсон, Дж.Влиссидес. СПб.: Питер, 2001. – 368 с.

## **О ПРОБЛЕМЕ 2-ПРОВЕРЯЕМОСТИ ОДНОВЫХОДНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТНОСИТЕЛЬНО КРАТНЫХ КОНСТАНТНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА ВХОДАХ И ВЫХОДЕ**

Иващенко В. П. д.т.н., Тимошкин А.И. к.ф.-м.н.

*Национальная металлургическая академия Украины*

На контроль и диагностирование ряда цифровых систем ответственного назначения, например бортовых систем, выделяются довольно малые временные интервалы (порядка нескольких микросекунд). В связи с этим представляет интерес проблема синтеза коротких проверяющих тестов (или проверяющих тестов заранее фиксированной длины) для компонентов цифровых систем, т.е. для цифровых схем. С этой проблемой тесно связана задача поиска условий существования этих тестов для различных типов цифровых функциональных элементов.

В работах [1-10] рассматриваются условия существования проверяющих тестов заданной длины, в том числе проверяющих тестов минимально возможной длины (длины 2), для функциональных элементов относительно константных неисправностей на их входах и выходах. Данные условия являются достаточными условиями существования проверяющих тестов заданной длины, но не являются необходимыми. Следовательно, эти условия сформулированы для частных случаев.

Очевидно, что всесторонний подход к проблеме разработки математических моделей и методов построения контролепригодных цифровых схем требует поиска более общих условий, а именно необходимых и достаточных условий существования проверяющих тестов определенных (заданных) длин для функциональных элементов, включая длины, близкие к минимально возможной, и минимально возможную длину. Таким образом, актуальной является следующая задача. Задан класс  $I$  константных неисправностей на входах и выходах функциональных элементов. Требуется определить необходимые и достаточные условия существования проверяющего теста длины 2 для любого функционального элемента относительно данного класса неисправностей. Функциональный элемент, обладающий проверяющим тестом длины 2 относительно этого класса неисправностей в дальнейшем будем называть 2-проверяемым.

Данные условия формируются в настоящей работе для одновыходных функциональных элементов относительно кратных константных неисправностей на их входах и выходе. На основе сформулированных условий проверяемости одновыходных функциональных элементов двумя векторами относительно кратных константных неисправностей могут быть разработаны различные методы синтеза легко тестируемых схем. Представляют интерес также условия проверяемости двумя векторами функциональных элементов из других классов, а также цифровых схем из них.

1. Горяшко А.П. Некоторые результаты теории синтеза легко тестируемых схем // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1982. – №2. – С. 139-150.
2. Варданян В.А. Об одном методе синтеза легко тестируемых схем // Автоматика и телемеханика. – 1987. – №7. – С. 136-139.
3. Шевченко В.И. Синтез схем с минимальной трудоемкостью тестирования // VII Всесоюзная конференция «Проблемы теоретической кибернетики»: тез. докл. Ч. 1, Иркутск, 1985. – С. 202-203.
4. Hayes J.P. On realization of Boolean functions requiring a minimal or near minimal numbers of test // IEEE Transactions on computers. – 1971. – №6. – P. 1506-1513.
5. Lombardi F., Huang W.K. Fault detection and design complexity in C-testable VLSI arrays // IEEE Transactions on computers, v. 39. – 1990. – №12. – P. 1477-1481.
6. Saluja K.K., Reddy S.M. On minimally testable logic networks // IEEE Transactions on computers. – 1974. – №5. – P. 552-554.
7. Huang W.K., Lombardi F. On the constant diagnosability of baseline interconnection networks // IEEE Transactions on computers. – 1990. – №12. – P. 1485-1488.
8. Hayes J.P. On modifying logic networks to improve their diagnosability // IEEE Transactions on computers. – 1974. – №1. – P. 56-63.
9. La Paugh A.S., Lipton R.J. Total fault testing using the bipartite transformation // International Test Conference, 1983. – P. 428-434.
10. Vergis A., Steiglitz K. Testability conditions for bilateral arrays of combinational cells // IEEE Transactions on computers, vol. C-35. – 1986. – №1. – P. 13-22.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКЕТА ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С АНИЗОТРОПИЙНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ**

Кузнецов Б.И. д.т.н., Никитина Т.Б. д.т.н., Коломиец В.В. к.т.н., Хоменко В.В. аспирант  
*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*

Центральной проблемой современной теории и практики автоматического управления является создание систем, способных обеспечивать высокую точность управления при интенсивных задающих и возмущающих воздействиях широкого спектра частот [1].

К проектируемым динамическим системам управления предъявляются разнообразные требования при их работе в различных режимах: качество переходных процессов задается временем первого согласования, временем регулирования, перерегулированием, при отработке случайных задающих, либо компенсации случайных возмущающих воздействий задается дисперсия ошибки слежения либо стабилизации и т.д. Кроме того, синтезированная система должна сохранять предъявляемые к ней технические требования при изменении параметров объекта управления и внешних воздействий, т.е. являться робастной. В частности, свойством робастности обладают системы, с помощью которых минимизируется анизотропийная норма системы. Нахождение анизотропийных регуляторов сводится к решению системы из четырех связанных уравнений Риккати, уравнения Ляпунова и вычисления анизотропийной нормы системы по выражению специального вида. Анизотропийный регулятор формирует управляющее воздействие на вход системы по ее измеряемому выходу и представляет собой динамический блок типа компенсатора, объединяющий анизотропийный наблюдатель и анизотропийный регулятор. Существенное повышение точности управления в робастной системе достигается применением комбинированного управления, когда используется вся имеющаяся информация о задающем и возмущающем воздействии. Для решения такой многокритериальной задачи синтеза динамической системы используются мультиагентные методы оптимизации. Для отладки алгоритмов управления разрабатываются специальные стенды электромеханических систем.

Целью статьи является разработка методики и проведение экспериментальных исследований динамических характеристик стенда двухмассовой электромеханической системы в различных режимах работы при многокритериальном синтезе анизотропийных регуляторов на основе стохастических мультиагентных алгоритмов оптимизации роом частиц.

Экспериментально подтверждена адекватность разработанных математических моделей и правильность результатов теоретических исследований метода синтеза анизотропийных регуляторов на стенде двухмассовой электромеханической системы с упругой связью между исполнительным двигателем и рабочим органом. Установлено, что с помощью анизотропийных регуляторов скорости удалось повысить быстродействие экспериментальной установки и уменьшить ошибку регулирования при случайном изменении момента нагрузки по сравнению с системой регулирования скорости с типовыми регуляторами. Для управления объектами с изменяющимися параметрами можно использовать анизотропийный регулятор и анизотропийный наблюдатель, синтезированные только для одного центрального объекта управления, что подтверждает их слабую чувствительность к изменению параметров объекта управления. Показано, что с помощью синтезированных систем удастся уменьшить чувствительность робастной системы с анизотропийным регулятором по сравнению с оптимальной системой. В частности, изменение момента инерции объекта управления в широком диапазоне не приводит к существенному изменению динамических характеристик синтезированных систем, замкнутых анизотропийными регуляторами.

1. Никитина Т.Б. Многокритериальный синтез робастного управления многомассовыми системами / Т.Б. Никитина. – Харьков: ХАДУ, 2013. – 432 с.

# МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОРРОДИРУЮЩИХ СЕЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ШАРНИРНО-СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ

Новикова Л.В., аспирант, Денисюк О.Р., ассистент

*Украинский государственный химико-технологический университет*

К металлическим стержневым конструкциям эксплуатирующихся в агрессивных средах, предъявляются повышенные требования к надёжности и долговечности. Для обоснованного назначения геометрических параметров проектируемой конструкции необходимо наличие математической модели процесса деформирования конструкции в агрессивной среде. Такая модель включает в себя, в том числе, модель корродирующей поверхности или сечения. В связи с этим задача построения модели корродирующего сечения становится весьма актуальной. Данная модель должна адекватно описывать процесс изменения площади, периметра и момента инерции сечения во времени и быть удобной в использовании. Для создания такой модели авторами предлагается методика построения математических моделей корродирующих сечений элементов шарнирно-стержневых систем (ШСС), изготовленных из стандартных прокатных профилей (двутавр, швеллер, уголок).

Для анализа поведения таких ШСС в [1] были использованы модели сечений, которые представлялись в виде совокупности прямоугольных фрагментов (модель (А)). К их преимуществам следует отнести небольшое количество параметров (не более четырёх) и удобство вычислений геометрических характеристик. Недостатком является то, что, при внешнем подобии с реальными, модельные профили не учитывают радиусы закругления и углы наклона полок. Вследствие этого при непосредственном переносе размеров реального профиля на модельный, значения некоторых параметров сечений будут отличаться уже в начальный момент времени (от 11% до 25% для различных типоразмеров). Из этого следует, что погрешность расчётов заложена на начальном этапе вычислений.

Уточнённая модель сечения (модель (В)) представляет собой совокупность треугольных фрагментов [2] и описывается семью параметрами. В этом случае обеспечивается практически точное соответствие характеристик модельного сечения с реальным. С другой стороны определение геометрических характеристик требует реализации громоздких вычислительных алгоритмов.

Целью работы является создание методики определения вектора параметров  $\bar{x}$  для модели сечения (А) таким образом, чтобы процесс коррозии в нём протекал так же, как в сечении, описываемом моделью (В) с заданным вектором параметров  $\bar{y}$ .

Параметры сечения  $\bar{x}$  предлагается определять из условия равенства периметров, площадей и моментов инерции в начальный момент времени и производных по времени двух последних характеристик. Таким образом, имеет место задача идентификации модели (А) по параметрам  $\bar{x}$ . Задача формулировалась, как задача безусловной оптимизации для функции

$$F(\bar{x}) = (P_A^0(\bar{x}) - P_B^0)^2 + (A_A^0(\bar{x}) - A_B^0)^2 + (J_A^0(\bar{x}) - J_B^0)^2 + \left( \frac{dJ_A(\bar{x})}{dt} - \frac{dJ_B}{dt} \right)^2 \rightarrow \min$$

и решалась методом случайного поиска.

Предложенная методика позволяет применять при решении прикладных задач более удобную модель (А) при обеспечении той же точности вычислений, что и при использовании модели (В).

1. Зеленцов Д.Г. Информационное обеспечение расчётов корродирующих объектов. Математические модели и концепция проектирования системы [Текст] / Д.Г. Зеленцов, О.А. Ляшенко, Н.Ю. Наumenко – Днепропетровск: УГХТУ, 2012. – 264 с.
2. Мяченков В.И. Расчёт составных оболоченных конструкций на ЭВМ [Текст] / В.И. Мяченков, И.В. Григорьев – М.: Машиностроение, 1981. – 111 с.

# ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ УДАЛЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Поляков М.А. к.т.н., Ларионова Т.Ю. аспирант

*Запорожский национальный технический университет*

Сфера применения удаленных лабораторий (англ.- remote laboratory (RL)) в процессе инженерного образования непрерывно расширяется. Наряду с дисциплинами, изучающими принципы работы и методы расчета технических устройств, перспективно использовать RL в дисциплинах изучающих принципы проектирования этих устройств и систем на их основе, включая синтез структуры этих систем. При этом в RL для обучения проектированию используются специфичные педагогические сценарии, реализация которых усложняет структуру и увеличивает трудоемкость создания этих лабораторий. Отсутствие в доступной авторам литературе моделей типовой функциональной структуры RL затрудняет ее декомпозицию на подсистемы для упрощения процесса проектирования лаборатории. Поэтому разработка моделей функциональной структуры RL представляет актуальную научно-техническую задачу.

В настоящей работе для решения этой задачи использована теоретико-множественная модель интегрированной контроллерной системы управления[1,2]. В результате система RL декомпозирована на частные системы физического объекта управления (ОУ), видеонаблюдения за этим объектом, визуального исправного и визуального скрытого ОУ, визуализации внешних факторов и технического состояния ОУ, виртуальных моделей исправного, скрытого ОУ, виртуальных моделей внешних факторов и технического состояния ОУ, управления режимами RL.

Такая функциональная структура позволяет реализовать педагогические сценарии с постепенным усложнением задач проектирования: переходом от проектирования фрагментов алгоритма управления к проектированию всего алгоритма. При этом постепенно усложняется ОУ - от исправного, работающего в нормальном режиме сценарии предлагают проектирование алгоритма управления ОУ с развивающимися неисправностями, учитывающего в реальном времени более интенсивный поток событий управления СО, динамические изменения параметров внешних воздействий на систему и стохастический характер поведения СО.

Предложенные теоретико-множественные модели позволяют специфицировать внешние и внутренние связи проектируемых функциональных элементов. Их предполагается использовать при проектировании удаленной лаборатории в Запорожском национальном техническом университете в рамках работ по международной программы "Темпус" по созданию обучающих курсов для дистанционного инженерного образования по направлению «Электромеханика» базирующихся на удаленной инженерии и виртуальных инструментариях.

1. Поляков М.А. Теоретико - множественная модель интегрированной контроллерной системы управления /М.А. Поляков// Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць.- Випуск 4.- Дніпропетровськ, 2009.-С. 131-137.
2. Поляков М.А. Теоретико- множественные модели элементов и структур интегрированных контроллерных систем управления /М.А. Поляков // Системні технології.- Регіональний міжвузівський збірник наукових праць.- Випуск 2 .- Дніпропетровськ, 2012. - С. 75-81.

## СЛОВАРЬ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Рувинская В. М. к. т. н., Тройнина А. С. аспирант, Силяев Д. А.

*Одесский национальный политехнический университет*

В данной работе предлагается использовать словарь предметной области при разработке баз знаний экспертных систем. В процессе проектирования экспертной системы для выделения объектов и их состояний, а также построения эмпирических правил необходимо выделить значимые для предметной области факты, причины и следствия. Поэтому актуальными являются задачи предварительной обработки множества текстов из заданной предметной области, в частности, составления словаря предметной области, а также использования его при построении правил.

В [1] предлагается метод автоматизированного создания словаря терминов предметной области, который основывается на синтаксическом и семантическом анализе текстов. Разработана программа, реализующая построение словаря, позволяющая просматривать выделенные слова и словосочетания, число их вхождений, частотность, а также записывать результаты в .xml-файл.

Для предметных областей «Безопасная работа с электроустановками» и «Неполадки в сети» были подобраны тексты, взятые из нормативных документов и других источников. Первая предметная область была разбита на такие составляющие как: «Подготовка», «Ответственность», «Требования», «Порядок заказа», «Мероприятия», «Обслуживание», «Выполнение работ», «Надзор», «Оформление перерывов», «Состав бригады», «Перевод бригады», «Окончание работ». Каждая часть соответствует группе правил экспертной системы, и для каждой автоматически был составлен словарь терминов (см. рисунок 1). Были составлены словари и для второй предметной области, содержащей такие составляющие как: «Неполадки в узлах сети», «Неполадки сети от внешних факторов», «Общие неполадки в сети».

Полученные словари использованы при построении экспертных систем с помощью редактора баз правил для мониторинга [2]. Эксперт может просматривать термины словаря, выбирать необходимые и добавлять в правила. Такой словарь предметной области помогает избежать большого количества ошибок при составлении правил экспертной системы, а так же сокращает время их разработки.

| Слово            | Число вхождений | Частотность слова | Слово                       | Число вхожде... | Частотность с... |
|------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| работа           | 34              | 22,398            | [токопроводящий] часть      | 12              | 0,791            |
| напряжение       | 30              | 19,763            | [изолировочный] часть       | 5               | 0,329            |
| часть            | 22              | 14,493            | [диэлектрический] перчатки  | 4               | 0,264            |
| провод           | 15              | 9,881             | [электрозащитный] средства  | 4               | 0,264            |
| средства         | 13              | 8,564             | [технологический] карта     | 3               | 0,198            |
| электроустановка | 12              | 7,905             | [случайный] прикосновение   | 2               | 0,132            |
| работник         | 12              | 7,905             | [рабочий] место             | 2               | 0,132            |
| трос             | 12              | 7,905             | [лаковый] покрытие          | 2               | 0,132            |
| стремянка        | 11              | 7,246             | [изолировочный] средства    | 2               | 0,132            |
| выполнение       | 10              | 6,588             | [опорный] часть             | 2               | 0,132            |
| применение       | 9               | 5,929             | [металлический] площадка    | 2               | 0,132            |
| снятие           | 8               | 5,270             | [коммутационный] аппарат... | 2               | 0,132            |
| земля            | 8               | 5,270             | [защитный] очко             | 2               | 0,132            |
| место            | 8               | 5,270             | [изолировочный] клещ        | 2               | 0,132            |

Рисунок 1 – Словарь данных

1. Кунгурцев А.Б. Формирование словаря предметной области/ А.Б.Кунгурцев, И.В.Барыкина - Искусственный интеллект, 2006. - №1.
2. Тройнина А.С. Редактор знаний для экспертных систем мониторингу / А.С. Тройнина, В.М. Рувинська, М.С. Ніколенко // Вестник Херсонского национального технического университета (ХНТУ). – 2013. – № 1(46). – С. 183 – 185.

## РОЗРОБКА ВЕБ ДОДАТКУ DASHBOARD ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ

Спірінцев В.В. к.т.н., Д'яченко О.В. студент

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара*

Зараз процес обробки статистичних даних в банківській сфері складається з наступної послідовності дій: ручне введення вихідних даних в табличний процесор Excel; аналіз та подальша їх обробка для графічної візуалізації з використанням вбудованих функцій Excel; експорт отриманих результатів до web- орієнтованого сервісу Google Docs з обмеженням доступу до даної інформації (правовласник ресурсу надає доступ для інших користувачів). Даний процес є досить трудомістким, оскільки вимагає від працівника значної уваги при ідентифікації даних по відношенню до їх графічного відображення та потребує значних часових витрат. Тому питання автоматизації процесу обробки статистичних даних та їх графічного відображення в умовах сучасної банківської сфери є досить актуальним та потребує подальшого розгляду та удосконалення.

Для реалізації поставленого завдання автоматизації процесу обробки статистичних даних та їх графічної візуалізації було розроблено web- додаток Dashboard, за допомогою інструментарію bootstrap, мов розмітки гіпертексту HTML, каскадних таблиць стилів CSS, мов програмування JavaScript, PHP, структурованої мови запитів SQL [1].

Розроблена структура web- додатку наведена на рисунку 1.

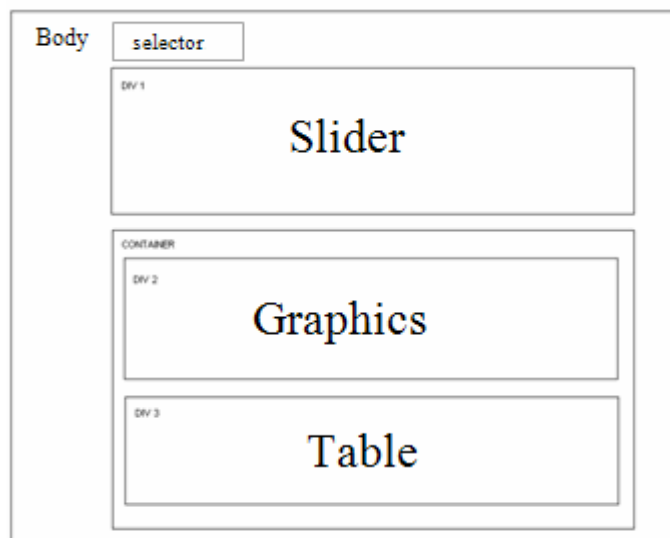


Рисунок 1 - Структура web- додатку Dashboard

У полі селектор користувач обирає один з таких пунктів як головна сторінка, створити новий графік, або один з вже створених графіків. Коли користувач обирає пункт створити новий графік перед ним з'являється навігаційна панель яка відображена на рисунку 2, та таблиця яку ми можемо редагувати за допомогою цієї панелі.



Рисунок 2 - Навігаційна панель

1. Прохоренко Н.А. jQuery. Новый стиль программирования на JavaScript / Н.А. Прохоренко. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2010. – С.272.

## РОЗРОБКА ДОДАТКУ НА МОВІ JAVA ДЛЯ РОЗПІЗНАННЯ ЛЮДСЬКОЇ МОВИ

Спирінцев В.В. к.т.н., Глазунов П.А. студент

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара*

Розпізнавання мови – це багаторівнева задача розпізнавання образів, в якій акустичні сигнали аналізуються та структуруються в ієрархію структурних одиниць. Розпізнавання мови дуже глибока тематика. Вже є досить багато різних алгоритмів для розпізнавання мови і кожен з них направлений на вирішення тієї чи іншої проблематики. Зараз в кожному алгоритмі є свої вимоги до застосування, але все ж таки в них є дещо спільне: загальним критерієм є монотонність вимови, її чіткість та не дуже швидка вимова. Вчені, дослідники й ІТ- спеціалісти ряду країн світу досягли істотних успіхів у розв’язанні окремих питань задачі розпізнавання мови. Однак дослідження в даному напрямку, їх систематизація та узагальнення є актуальними.

Для розпізнавання мови можна використати нейронну мережу, яка вирішує проблему кластеризації. Для вирішення проблеми кластеризації найбільш підходить нейронна мережа Кохонена (рисунок 1), що доповнює собою спектральний аналіз який є основою для розпізнавання мови [1].

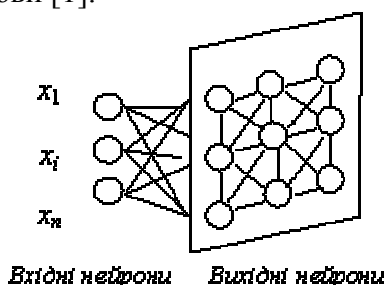


Рисунок 1 - Приклад нейронної мережі Кохонена

Але це не повне вирішення проблеми, оскільки людська мова як і будь-який сигнал має шуми та тишу, яка погіршує процес розпізнавання. Для більш чітких результатів необхідно знизити вплив вказаних негативних факторів. Для вирішення даної задачі найбільш розповсюдженим в системах розпізнавання мови є метод мел-частотних коефіцієнтів [2], що дозволяє отримати найбільш наближений до ідеального спектр сигналу. На вхід алгоритму подається послідовність відліків ділянки сигналу, що досліджується на даній ітерації,  $x_0, \dots, x_{N-1}$ . До даної послідовності застосовується вагова функція і потім дискретне перетворення Фур'є. Вагова функція використовується для зменшення спотворень у Фур'є аналізі, що викликані кінцівкою вибірки.

Для реалізації задачі розпізнавання мови можна використовувати будь-яку мову програмування, що містить відповідні інструменти. Найбільш оптимальними мовами програмування є: Java, C# та C++. В наших дослідженнях було запропоновано використовувати мову програмування Java через великий вибір бібліотек та стандартних методів, що дає можливість знизити витрати ресурсів [1]. На рисунку 2 зображена функціональна схема процесу розпізнавання мови.

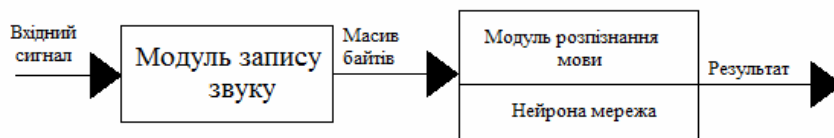


Рисунок 2 - Функціональна схема розпізнавання мови

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд./С.Хайкин - М.: Вильямс, 2006. - С.1104.
2. Фролов А., Фролов Г. Синтез и распознавание речи. Современные решения/ А.Фролов, Г. Фролов, 2003. – С. 300.
3. Шилдт Г. Java. Полное руководство. 8-е издание / Г.Шилдт - М.: Вильямс, 2012. - С. 1102.

## **ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА SCILAB/XCOS**

Храмов Д. А. к. т. н.

*Институт технической механики НАН Украины и ГКА Украины*

Визуальное моделирование — это способ создания компьютерной модели системы в виде структурной схемы. Каждый блок такой схемы представляет собой математическую функцию или узел реальной системы, и соединяя их между собой пользователь тем самым создает модель системы.

Привлекательность визуального моделирования заключается в возможности перейти практически непосредственно от дифференциальных уравнений, описывающих поведение системы, к ее компьютерной модели. Это делает актуальной задачу изучения возможностей применения средств визуального моделирования при разработке объектов космической техники.

В качестве инструмента моделирования использован редактор Xcos, входящий в пакет научных и технических расчетов Scilab. Последний является свободным кроссплатформенным программным обеспечением и распространяется с открытым исходным кодом по лицензии, совместимой с GPL. С помощью Xcos разработана модель орбитального и углового движения космического аппарата с учетом воздействия возмущений, вызванных нецентральностью гравитационного поля Земли, притяжением Солнца и Луны, давлением солнечного излучения, аэродинамическим торможением и влиянием магнитного поля.

Следует отметить, что задача разработки в Scilab/Xcos существенно упрощается, благодаря наличию модулей CelestLab и Aerospace Blockset. Эти модули, предназначенные для решения задач небесной механики и динамики искусственных спутников, включают в себя модели большинства из указанных выше возмущений. Кроме того, в состав пакета входит модуль Coselica, реализующий подмножество стандартной библиотеки языка Modelica 2.2, в частности, блоки для моделирования механических систем (одномерные поступательное и вращательное движения, плоские перемещения), электрических и тепловых схем.

Сравнение с подходами к моделированию, основанными на традиционных языках программирования, показало, что использование Scilab/Xcos при незначительном увеличении длительности расчетов позволяет существенно сократить время на разработку модели. Это дает возможность рекомендовать Scilab/Xcos как средство для прототипирования. С другой стороны, имеющаяся в пакете возможность генерировать код модели на языке C позволяет использовать его при программировании микросхем системы управления космическим аппаратом.

Еще одной привлекательной стороной пакета является наличие русской и украинской локализации.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ BDD-ФРЕЙМВОРКІВ У ТЕСТУВАННІ БЕЗПЕКИ WEB-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Шатовська Т.Б. к.т.н. доцент, Каменева І. В. к.т.н. доцент  
*Харківський Національний університет радіоелектроніки*

Проекти розробки систем автоматизації, як і будь-які інші проекти, мають стандартний набір обмежень: терміни, ресурси, бюджет та якість. Проекти розробки програмного забезпечення не відрізняються від інших проектів. Перед ними стоїть завдання оптимізації вказаних показників.

На сьогоднішній день особливо важливі технології та методології, які дозволяють швидко та ефективно створювати нові інструменти, при цьому на перше місце виходять технології та методології, які дозволяють з мінімальними затратами досягати бізнес-цілей замовника.

Зміни, що відбуваються на ринку, вимагають впровадження нових підходів до створення програмного забезпечення. Якщо раніше представники замовника працювали з виділеними аналітиками, які передавали їхні вимоги розробникам, то тепер компанії прагнуть безпосередньо залучати зацікавлені сторони в дискусію з перших же етапів планування та розробки програмного забезпечення (ПЗ). Активні узгодження на підставі бізнес-цілей дають можливість оперативно виявляти потреби замовника. Таким чином, виробляється нова стратегія, що передбачає спільну роботу над вимогами. Чим раніше - на етапах планування архітектури, розробки дизайну - виявляються помилки, тим дешевше обходиться їх виправлення і вартість всієї розробки ПЗ.

Аналіз оптимізації процесу розробки систем автоматизації здійснюється за рахунок більш ефективного використання ресурсів, підвищення якості виконання робіт та зниження термінів шляхом застосування методології Agile, запропонованої як розширення методологій, побудованих за ітеративним принципом і націленої на швидку і ефективну розробку інноваційних продуктів.

Agile характеризується полегшеними, неформальними і високо адаптивними процесами розробки, що беруть основу в теорії хаосу, теорії систем, системному мисленні, системної динаміці, теорії подвійних циклів навчання, навчальних організацій, адаптивних систем і базується на чотирьох основних принципах: ітеративна розробка, отримання зворотнього зв'язку, обмеження числа учасників команд розробки, гнучкість технологій розробки.

Під час вивчення ефективність застосування bdd-фреймворків у тестуванні безпеки web-орієнтованого програмного забезпечення були виявлені такі уразливості: зловживання функціональними можливостями, підбір, підміна вмісту, передбачуване значення ідентифікатора сесії, міжсайтове виконання сценаріїв, відмова в обслуговуванні, зворотній шлях в директоріях, передбачуване розташування ресурсів, фіксація сесії, ін'єкція SQL, ін'єкція SSI, ін'єкція XPath, атака на функції форматування рядків, ін'єкція LDAP, виконання команд операційної системи, логічні атаки, небезпечне відновлення паролів, переповнення буферу.

Також, під час тестування були виявлені деякі слабкості bdd-фреймворків у тестуванні безпеки web-орієнтованого програмного забезпечення, такі як: недостатня аутентифікація, недостатня авторизація, відсутність таймаута сесії, недостатня протидія автоматизації, недостатня перевірка процесу, індексування директорій, витік інформації.

1. Дюваль П.М., Матіас ШС. М., Гловер Э. Непреривна інтеграція. Поліпшення якості програмного забезпечення та зниження ризиків / П. М. Дюваль, С. М. Матіас Ш, Э.Гловер – М.: Вільямс, 2008. – С. 240.
2. Попендик М., Попендик Т., Меженной О. Бережливе виробництво програмного забезпечення . Від ідеї до прибутку / М. Попендик, Т. Попендик, О. Меженной. – М.: Вільямс, 2010. – С. 256.

**СЕКЦІЯ 5**  
**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ**  
**ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ**

## **О ВЫБОРЕ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ**

Бейцун С.В. к.т.н., Михайловский Н.В. к.т.н., Мурдий В.Ю. студент  
*Национальная металлургическая академия Украины*

На современном этапе производства стали разливочный ковш используется не только как емкость для приема, хранения и передачи жидкой стали, но и как агрегат, в котором выполняются различные технологические операции – нагрев, перемешивание, десульфурация, вакуумирование и др. [1]. Такие условия эксплуатации ковша сказываются на тепловом состоянии и стойкости футеровки. Для снижения теплового удара футеровки ковша при выпуске и уменьшения тепловых потерь расплавом при внепечной обработке стали осуществляют разогрев сталеразливочных ковшей на специальных стендах. Эта технологическая операция является довольно энергозатратной, т.к. разогрев производится сжиганием природного газа, а время подготовки ковша может превышать 24 часа. Тепловой баланс жидкого металла в ковше определяется излучением с поверхности ванны и аккумуляцией тепла его футеровкой, причем вначале вторая составляющая преобладает. Повышение качества разогрева ковша влияет не только на снижение потерь тепла расплавом на прогрев футеровки, но и на уменьшение температурных напряжений в ней.

Зарубежные и отечественные исследователи активно занимаются изучением термического и прочностного состояния ковшей. Эти работы связаны с учетом влияния структуры их кладки, свойств огнеупорных материалов и режимов внепечной обработки стали на стойкость футеровки. Исследования направлены на изучение температурных полей, возникающих в футеровке стенок и днища ковша.

Определение теплосодержания (степени разогрева футеровки) сталеразливочного ковша перед подачей его под выпуск – важная технологическая задача, поскольку позволяет прогнозировать температуру стали в ковше после выпуска. Это, в свою очередь, является решающим фактором для обеспечения стабильности технологии внепечной обработки и, в конечном итоге, качества стали. Разогрев кладки сопровождается значительным изменением теплофизических свойств материалов футеровки. Кроме того, по мере повышения температуры показатели прочности, пластичности и модуля упругости огнеупорных материалов уменьшаются, а величина коэффициента усадки увеличивается. Естественно, что все параметры работы футеровки зависят от геометрических размеров, емкости и конфигурации ковша. Поэтому все тепловые расчеты должны проводиться индивидуально для ковшей различных типов.

Для управления процессом разогрева ковшей необходимо контролировать теплосодержание футеровки. Однако современные технические средства не позволяют это осуществлять. При разогреве, как правило, контролируют с помощью пирометра температуру внутренней поверхности футеровки. Также есть опыт применения тепловизоров для измерения распределения температуры кожуха. Этой информации достаточно для оперативного расчета теплосодержания конкретного ковша.

Таким образом, в качестве основного критерия эффективности термической подготовки ковшей представляется естественным выбрать оптимальное распределение температур в слоях футеровки, соответствующее стационарному режиму теплоотдачи от находящегося в ковше расплава в окружающую среду. Тогда эффективность нагрева можно характеризовать степенью приближения реального теплосодержания футеровки ковша к теплосодержанию, соответствующему такому идеальному полю температур. Применение данного критерия дает возможность при фиксированном времени подготовки ковша снизить энергозатраты как на саму подготовку ковшей, так и на проведение технологических операций обработки расплава в ковше.

1. Огурцов А.П. Производство стали от старта до финиша. Сталеразливочный ковш и внепечные технологии. Том 2. – Днепропетровск: ДГТУ, 2011. – 275 с.

# ПРО ЯКІСНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФАКТОРІВ НА ФУНКЦІЯХ НАЛЕЖНОСТІ

Божуха Л.М., к.ф.-м.н.

*Дніпродзержинський державний технічний університет*

При розв'язанні задач з кількісними показниками іноді виникає питання про якісну інтерпретацію різноманітних параметрів. За показниками закріплені декотрі нормативи, які характеризують їх значення як додатні або від'ємні. Більше такий аналіз є характерним для задач економічної області. Але ця проблема виникає при аналізі якості параметрів різної природи. При звичайному нормуванні більшості показників однозначно виписати правила не представляється можливим.

При прийнятті рішення не можна орієнтуватися тільки на просту кількісну оцінку показників, а потрібно спробувати встановити логічні зв'язки кількісних характеристик виділеної групи з декотрим комплексним показником. Задача може бути ускладнена великою кількістю показників, які змінюються незалежно один від одного і виписати якусь залежність не стає можливим. Залишається проблема з'єднання усіх чисельних характеристик в одну. Тому дуже суттєвим для якісних висновків є побудова лінгвістичного критерію [1] для аналізу кількісних характеристик.

Для проведення аналізу представлених факторів необхідно обрати лінгвістичну шкалу оцінювання рівня параметрів. Для кожного інтервалу аналізу можна побудувати гістограму фактору, який досліджується. Гістограму  $G = \{X, N, \Delta, n\}$  визначимо як математичний об'єкт, де  $X = [x_{\min}, x_{\max}]$  – інтервал аналізу параметру,  $N$  – кількість даних обраного

параметру або фактору,  $\Delta = (x_{\max} - x_{\min}) / (1 + \log_2 N)$  – крок гістограми,  $n = (n_1, n_2, \dots, n_M)$  – вектор кількості входження даних у відповідну комірку гістограми

розмірності  $M$ . По вигляду гістограми, яка приведена до вигляду щільності  $F(x_i) = n_i / (N \Delta)$ ,  $i = \overline{1, M}$  при  $j = \overline{0, M}, x_j = x_{\min} + j \Delta$  ідентифікується ймовірнісний закон розподілу.

Сформуємо лінгвістичну змінну «рівень фактору». У якості функції належності може виступати стандартний 01-класифікатор з п'ятьма рівнями, де функції належності – трапецієвидні трикутні числа. У роботі [2] наведений алгоритм побудови пенташкали у найпростішому випадку, коли для фактору існує унімодальна гістограма і за цією гістограмою стоїть нормальний розподіл. Побудова п'яти вузлових точок виконується за правилами статистики визначенням середнього значення гістограми та середньоквадратичного від середнього.

У роботі приділена увага побудові трьох вузлових точок за допомогою аналізу гістограми за екстремальними значеннями для 01-класифікатору з трьома рівнями «Низький (Н) – Середній (С) – Високий (В)». Кожний з відрізків, які побудовані на отриманих вузлових точках ділиться на три зони: зона абсолютної впевненості, зона зниженої впевненості та зона абсолютної невпевненості. Довжини цих трьох зон складають пропорцію  $1 : 2 : 1$ . Операції з функціями належності  $\mu_i (i = \overline{1, 3})$  можна звести до операцій з їх вершинами – трапецієвидне число  $(a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, a_{i4})$ , де  $a_{ij} (j = \overline{1, 4})$ . Інтервали зон абсолютної впевненості для трьох критеріїв прикладі стандартної пентшкали на 01- носії можна для  $\forall i = \overline{1, 3}$  обчислити за формулами:

$$\text{Низький (Н), } \mu_1(x) \text{ Середній (С), } \mu_2(x) \text{ Високий (В), } \mu_3(x) \left[ \frac{4m_i - m_{i+1}}{3}; \frac{2m_i + m_{i+1}}{3} \right]. \quad (1)$$

Змінюючи надалі положення та кількість вузлових точок класифікатору, можна отримувати нові функції належності. У більш складному випадку, коли симетрії не існує у функції належності, можна застосовувати експертне опитування.

1. Недосекин А.О. Комплексная оценка риска банкротства корпорации на основе нечетких описаний. – На сайте: [http://sedok.narod.ru/sc\\_group.html](http://sedok.narod.ru/sc_group.html).
2. Недосекин А.О., Фролов С.Н. Лингвистический анализ гистограмм экономических факторов – На сайте: <http://sedok.narod.ru>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РАДІУСУ ПЕРЕДАЧІ СЕНСОРА НА ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ БЕЗДРОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Гнатушенко Вік. В. к.т.н., доц.

*Національна металургійна академія України*

Актуальним в даний час серед телекомунікаційних пристроїв, призначених не для взаємодії між людьми, а для взаємодії між людиною і якоюсь неживою «рiччю» або між двома «речами», значну частку становлять різноманітні сенсорні пристрої, здатні не тільки отримувати інформацію про різні властивості довкілля та знаходження в ній об'єктів, але і передавати цю інформацію по бездротових мережах зв'язку іншим пристроям [1,2]. Концепція сенсорних мереж припускає, що будь-який вузол працює від автономного джерела живлення. Якщо таким джерелом є звичайний акумулятор (типорозміри АА, ААА і подібні) з непоповнюваною в процесі роботи енергією, то в певний момент часу він розряджається і автономний пристрій перестає працювати.

В останні кілька років відбувається активний розвиток мереж зі змінною топологією. У першу чергу це відноситься до різних видів бездротових телекомунікаційних мобільних і сенсорних мереж [3]. Бездротові мережі впроваджуються й у військові технології, й у автоматизацію систем життєзабезпечення, контроль і моніторинг транспортних магістралей різної фізичної природи. Прикладом можуть служити сенсорні мережі, що дозволили забезпечити контроль над різними об'єктами спостереження з такою оперативністю й на таких територіях, які ще недавно здавалися принципово недосяжними при використанні колишніх технологій.

Проведено імітаційне моделювання для 1000 вузлів бездротової мережі, де вузли випадково розташовані в полі. Для забезпечення підключення до мережі з імовірністю 0,9999 потрібен як мінімум сенсорний датчик з діапазоном передачі  $r=239$  м. Розглянуто наступні діапазони передачі: 350 м, 500 м, 1000 м, 5000 м. Для кожного сценарію обчислюється максимальне абсолютне відхилення (МAB) між наближеним значенням, що розраховано аналітично, і його аналогом, що моделюється у середовищі OPNET [4] по кінцевій множині значень TTL (time-to-live - час існування або час життя мережі). Результати порівняльної характеристики різних сценаріїв роботи бездротової мережі показують, що кінцеве наближення діапазону перевершує нескінченне наближення діапазону для всіх значень МAB, коли радіус передачі є маленьким. Дійсно, різниця між останнім наближеними значеннями й змодельованими в OPNET зростає, оскільки ефект перевідвідування є більш явним, коли значення часу існування мережі є великими. Для великих діапазонів наближення майже збігаються й близькі до значень, які імітуються.

Аналіз отриманих значень указує на значне поліпшення максимального абсолютного відхилення, яке визначається за допомогою апроксимації кінцевого радіуса, особливо коли фактична дальність передачі в імітаційній моделі є невеликою (350м). Оскільки запити, швидше за все, повторно відвідують сусідів, коли діапазон передачі буде маленьким, то різниця між цими двома наближеннями є досить значною.

1. Вишне夫斯基 В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М.Вишне夫斯基, А. И.Ляхов, С. Л.Портной, И. В.Шахнович// М.: Техносфера, 2005. 592 с.
2. Аналітичний підхід оптимізації передачі даних в бездротових сенсорних мережах Вестник Херсонского национального технического университета. Выпуск 3 (50). – Херсон: ХНТУ, 2014. - С. 122-126.Гнатушенко В.В.
3. Жданов В. С. Проблемы и задачи проектирования беспроводных сенсорных сетей // Информационные, сетевые и телекоммуникационные технологии: сборник научных трудов, под ред. проф. д.т.н. Жданова В.С. 2009. С. 8–21.
4. OPNET Technologies, Inc., Opnet Modeler Wireless Suite - ver. 11.5A, <http://www.opnet.com>

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗОВ В ЗАДАЧАХ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Гожий А.П. к.т.н., Калинина И.А. к.т.н., Гожий В.А.

*Черноморский государственный университет им.П.Могили*

Планирование реальных процессов в сложных системах должно быть динамичным и способным в режиме реального времени реагировать на события, которые влияют на будущее развитие процесса, который планируется. Динамическое планирование позволяет моделировать возможные будущие ситуации без влияния на процессы, которые планируются с учетом неопределенностей и рисков на каждом этапе планирования и в целом. Неотъемлемой частью планирования является процесс прогнозирования, с помощью которого прогнозируются основные показатели при построении динамического плана.

Современные методы прогнозирования можно условно разделить на три группы: 1. Методы прогнозирования на основе рассуждений, то есть, прогнозирования, базируется на субъективных суждениях (экспертных оценках), интуиции, углубленных знаниях конкретной области и другой информации, имеющей отношение к прогнозируемому процессу - так называемое предсказания; 2. Методы прогнозирования на основе использования временного ряда одной переменной, то есть со скользящим средним (АРКС) и АРКС плюс модель тренда; 3. Методы прогнозирования на основе использования временных рядов нескольких переменных.

В последнем случае эндогенная переменная, прогнозируется, зависит от нескольких регрессоров или экзогенных переменных в правой части уравнения. Очевидно, что в общем случае метод прогнозирования может сочетать в себе 2-3 приведенных выше метода. На сегодняшний день известно большое количество методов прогнозирования на основе использования временных рядов. Наиболее распространенными среди них являются метод группового учета аргументов (МГУА), методы на основе регрессионного анализа (со скользящим средним (АРКС)), с интегрированным скользящим средним (Арикс), линейная и нелинейная множественная регрессия, квантильная регрессия, регрессионные деревья), нейросети, Байесовские сети (статические и динамические), нечеткие множества, нечеткие нейросети и другие. В общем случае прогноз может быть представлен одним (точечным) значением переменной, интервалом, в который попадает случайная переменная, а также вероятностью принятия переменной (или событием) некоторого значения в выбранном интервале. Если для описания процесса применяют лингвистические переменные, то прогнозом будет нечеткое лингвистическое значение, но его также можно превратить в четкое число.

В соответствии с тем, какие составляющие процесса необходимо прогнозировать, ставится задача построения математической, вероятностной (вероятностно-статистической) или логической модели, имеющей целью обеспечить высокое качество прогноза на заданном горизонте. Для прогнозирования динамики временных рядов в задачах планирования выбирается технология на основе применения методов структурирования задач, методов предварительной обработки данных, математических и статистических моделей процессов, множества методов оценки моделей и множества критериев определения качества прогнозов. Применение такого подхода обеспечивает получение высокого качества прогнозов и принятых решений, которые на них основываются. На основании данного подхода разработан алгоритм анализа и динамического прогнозирования на основе временных рядов, который позволяет строить прогнозы учитывая различные критерии и факторы исследуемого процесса.

1.Бідюк П.І. Моделювання та прогнозування нелінійних динамічних процесів / Бідюк П.І., Баклан І.В., Баклан Я.І., Коршевніюк Л.О. та □інш. – К.:ЕКМО, 2004. – 120 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ПЛОСКОГО ДВОЛАНКОВОГО РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА

Дмитрієва І.С., к.т.н., доцент, Гаращенко С. А., магістр

Національна металургійна академія України

Основним типом маніпуляційних систем є механічні маніпулятори. Вони являють собою просторові механізми у вигляді розімкнутих, рідше замкнутих кінематичних ланцюгів з ланок, утворюють кінематичні пари з одного, рідше двома ступенями рухливості з кутовим або поступальним відносним рухом і системою приводів зазвичай роздільних для кожного ступеня рухливості.

Захватні пристрої призначені для того, щоб брати об'єкт, утримувати його в процесі маніпулювання і звільнити після закінчення цього процесу. Існують основні типи захватних пристроїв: механічні, пневматичні і електромагнітні. Крім того, в зв'язку з великою різноманітністю об'єктів маніпулювання, розроблено велику кількість різних комбінацій цих типів захватних пристроїв і безліч спеціальних захватних пристроїв, заснованих на різних оригінальних принципах дії.

Розглянемо просту модель плоского дволанкового робота-маніпулятора [1].

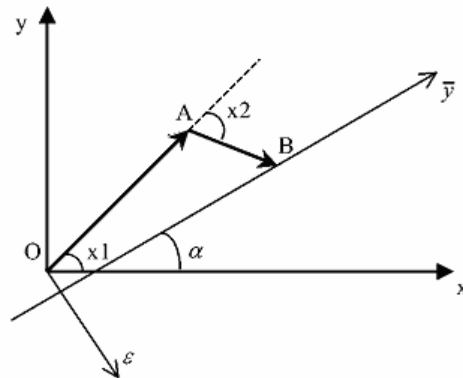


Рисунок 1 – Схема прямолінійного руху робота-маніпулятора

Розв'язання задачі орієнтації руху забезпечує перехід до задачі позиціювання т. В.

Заданими є  $a_1$ ,  $a_2$  - довжини ланок,  $\alpha$  - кут, утворений прямою  $\bar{y}$  з віссю  $x$ .

Знайдемо координати точки А:

$$\begin{cases} x_A = a_1 \cos x_1 \\ y_A = a_1 \sin x_1 \end{cases}$$

де,  $x_1$ ,  $x_2$  - кутове переміщення ланок.

Координати точки В визначають зв'язок кутів повороту  $x_1$ ,  $x_2$  з координатами схвата, тим самим задаючи рівняння виходу об'єкту управління:

$$\begin{cases} x_B = a_1 \cos x_1 + a_2 \cos(x_1 - x_2) \\ y_B = a_1 \sin x_1 + a_2 \sin(x_1 - x_2) \end{cases}$$

В результаті дослідження було знайдено рівняння руху схвату роботу-маніпулятору по прямій. У подальшому дослідженні можна буде дослідити зміну положення ланок робота-маніпулятора при русі схвату по кривій другого порядку.

1. Ямпільський Л. С. Промислова робототехніка / Л. С. Ямпільський, В. А. Яхимович / - К.: Техніка, 1984 - 264с.
2. Бурдаков С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев / - М.: Высшая школа, 1986. - 256 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ МАНІПУЛЯЦІЙНОГО РОБОТА

Дмитрієва І.С., к.т.н., доцент, Левченко Д. О., магістр

*Національна металургійна академія України*

Проектування маніпуляційного робота є складною задачею в першу чергу тому, що для її вирішення треба володіти теоретичними знаннями в декількох різних областях та практичними навичками роботи з різноманітними засобами.

Маніпуляційні роботи призначені для заміни людини при виконанні основних і допоміжних технологічних операцій у процесі промислового виробництва. При цьому вирішується важлива соціальна задача - звільнення людини від робіт, пов'язаних з небезпеками для здоров'я або з важкою фізичною працею, а також від простих монотонних операцій, що не вимагають високої кваліфікації

Залежно від характеру кожної з ступенів рухливості (поступальної або обертальної), їх послідовності і взаємної орієнтації в просторі формується та чи інша базова система координат маніпулятора зі своїми особливостями і формою просторової фігури. Таким чином, вид базової системи координат маніпулятора визначає його конструктивне виконання, рівень складності системи управління і труднощі програмування виконавчих рухів.

Системи координат, в яких можуть діяти маніпулятори:

- прямокутна, або декартова, система координат;
- циліндрична система координат;
- сферична, або полярна, система координат;
- кутова, або ангулярна, сферична системі координат;
- ангулярна циліндрична, або складна циліндрична, система координат.

На рисунку 1 представлена класифікація роботів по базовій системі координат.

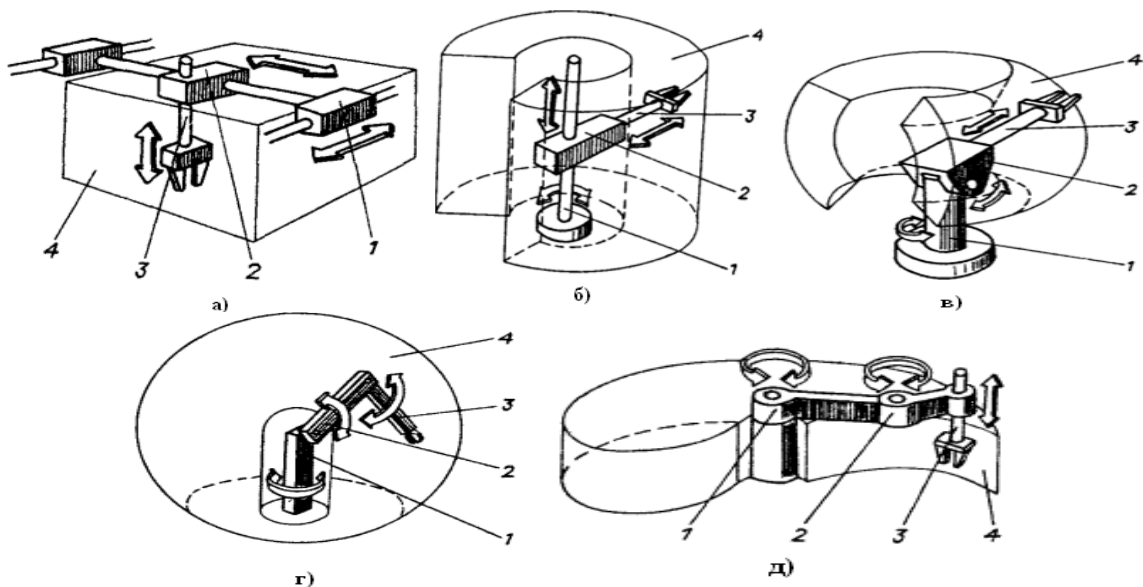


Рисунок 1 - Класифікація роботів по базовій системі координат

В роботі досліджується маніпулятор (рис. 1, г) з кутовою, або ангулярною, сферичною системою координат.

1. Шахінпур М. Курс робототехніки /М.Шахінпур/ - М: Світ, 1990 - 527 с.
2. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев О.М. Проектування маніпуляторів промислових роботів і роботизованих комплексів / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, О.М. Тимофеев/ - М: Вища школа, 1986 - 256 с.
3. Накано Е. Введення в робототехніку /Е. Накано/ - М: Світ, 1988.

## **ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЕЗДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТГНЛ ПРИ ПОДХОДЕ НА СОРТИРОВОЧНУЮ СТАНЦИЮ**

Егоров О.И. к.т.н.

*Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта им.В.Лазаряна*

Задача идентификации поезда актуальна во многих информационных системах, отображающих состояния технологических процессов на железной дороге. Одной из них является задача определения поезда, прошедшего контрольный участок, при некотором наборе возможных вариантов поездов. На практике: имеется несколько поездов, которые находятся на подходе к сортировочной станции; необходимо определить какой именно из них прошел контрольный участок. Информация о каждом поезде представлена в виде телеграммы натурного листа поезда (ТГНЛ) с указанием всех вагонов, входящих в его состав, и их номеров. На основании набора ТГНЛ поездов и идентифицированных параметров поезда необходимо определить соответствие данного поезда и его ТГНЛ. Решение данной задачи выполнено на основании исследованной погрешности идентификации подвижных единиц и разработанных методов идентификации.

При идентификации поезда были использованы разработанные методы идентификации, позволяющие определить следующие его характеристики:

- количество вагонов в поезде;
- оснсть каждого вагона;
- тип каждого вагона;
- длину каждого вагона.

Общий алгоритм идентификации поезда в целом состоит из его повагонной идентификации. На основании определенных характеристик вагона формируется набор его возможных номеров. Также формируются возможные номера вагонов для каждого из анализируемых поездов. Далее выполняется сравнение данных ТГНЛ с вагонами каждого из поездов. На основании проведенного сравнения определяется искомый поезд. В случае, когда в группе поездов находятся два и более одинаковых поезда, по характеристикам вагонов результатом идентификации будет несколько решений.

Описанный метод идентификации поезда приемлем только в случае, когда состав вагонов поезда полностью соответствует данным ТГНЛ. Данные ТГНЛ формируются на поезд при его формировании и отправке с сортировочной станции. При движении поезда к следующей сортировочной станции возможно его изменение по составу вагонов, вызванное выполнением различных технологических операций. Это могут быть операции по добавлению или отцеплению вагона или группы вагонов на промежуточных станциях. При этом возможно, что необходимые корректировки в ТГНЛ будут внесены с опозданием. В результате чего состав вагонов поезда не будет соответствовать первоначальным данным ТГНЛ. Выполнение подобных технологических операций требует корректировки алгоритма идентификации.

Окончательный алгоритм идентификации состоит из следующих операций:

- сравнение данных ТГНЛ поездов и данных повагонной идентификации поезда;
- подсчет количества совпадений («попаданий») данных ТГНЛ поездов и данных повагонной идентификации поезда;
- процесс подсчета совпадений выполняется до окончания списка вагонов ТГНЛ или до момента, когда количество несовпадений («промахов») превысит значение коэффициента качества идентификации;
- результатом идентификации будет выбран поезд, имеющий максимальное количество «попаданий».

## **ВИБІР МОДЕЛІ БАЗИ ЗНАНЬ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Жуковицький І.В. д.т.н., Дмитрієв С.Ю.

*Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна*

У 2013р. на УЗ почав працювати єдиний центр обробки даних з встановленою системою АСК ВП УЗ-Є, основною функцією якої є збір і надання оперативної інформації та добової звітності про хід перевезень. На жаль, уніфікованих підсистем – засобів підтримки управлінських рішень на даний момент створено маже не було. Сучасна концепція побудови автоматизованих систем управління передбачає перехід від інформаційних систем до інтелектуальних, що тягне за собою необхідність використання технологій взаємодії не тільки з БД, але і з базами знань (БЗ). Використання БЗ дає можливість побудови аналітичних серверів, які зможуть успішно вирішувати завдання дослідження закономірностей, діагностування, прогнозування та оптимізації процесів перевезень на основі даних моніторингу та моделювання.

На сьогоднішній день, вченими розроблені десятки моделей подання знань, застосованих до різних проблемних областей. Однак, переважна їх кількість можна віднести до одного з чотирьох основних класів: продукційні моделі, семантичні мережі, фрейми, формальні логічні моделі.

Продукційна модель або модель, заснована на правилах, дозволяє представити знання у вигляді пропозицій типу «Якщо (умова), то (дія)». Продукційні моделі часто використовуються в промислових експертних системах (ЕС). Незаперечними перевагами цієї моделі подання знань є наочність, висока модульність, легкість внесення змін і доповнень а так само простота механізму логічного висновку. Так само є широкий арсенал програмних засобів, що реалізують даний підхід (мова OPS 5, «оболонки» і «порожні» ЕС - EXSYS Professional, Карра, ЕКСПЕРТ, ЕКО, інструментальні системи ПІЕС і СПІЕС).

Семантична мережа - орієнтований граф, вершини якого поняття, а дуги - відносини між ними. Пошук рішень в базі цього типу зводиться до задачі пошуку фрагмента мережі, відповідної деякої підмережі, що відбиває поставлений запит до бази. Основною перевагою цієї моделі є те, що вона більше за інших відповідає сучасним уявленням про організацію довготривалої пам'яті людини. Недоліком же є складність організації процедури пошуку виведення на семантичній мережі.

Фрейм - абстрактний образ для представлення якогось стереотипу сприйняття. Модель фрейма є досить універсальною і дозволяє відобразити все різноманіття про світ через фрейми-структури, що використовуються для позначення об'єктів і понять, фрейми-ролі, фрейми-сценарії і фрейми-ситуації. Основною перевагою фреймів як моделі подання знань є те, що вона відображає концептуальну основу організації пам'яті людини, а так само її гнучкість і наочність, не відчуваючи при цьому труднощів з організацією процедури пошуку виведення. Існують спеціальні мови подання знань в фреймах: FRL (Frame Representation Language), KRL (Knowledge Representation Language) і фреймова «оболонка» Карра. Широко відомі такі фрейм-орієнтовані ЕС: МОДІС, ANALYST, TRISTAN, ALTERID.

Формальні логічні моделі - ґрунтуються на класичному численні предикатів  $i$ -го порядку, коли предметна область або задача описується у вигляді набору аксіом. В промислових ЕС вона майже не використовується, через пред'явлення дуже високих вимог і жорстких обмежень до предметної області.

Таким чином, для побудови БЗ, що будуть використовуватися інтелектуальними системами в АСК ВП УЗ-Є, слід спиратися на продукційні або ж фреймові моделі подання знань. Перші, незважаючи на недоліки набули найбільшого поширення, що дає розробникам можливість вибору найбільш зручного інструменту. Другі ж позбавлені недоліків семантичних мереж і володіють великою гнучкістю, наочністю і цілим переліком вже готових інструментів.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Зворыкин В.Б., Кукушкин О.Н., Михалев А.И., Станциц Г.Ю.

*Национальная металлургическая академия Украины*

Задача оптимизации, изложенная в [1], может быть усложнена, если есть неопределенные параметры. К таким параметрам относятся величины, точные значения которых неизвестны или которые могут изменяться.

Структурная схема системы регулирования изображена на рис. 1.

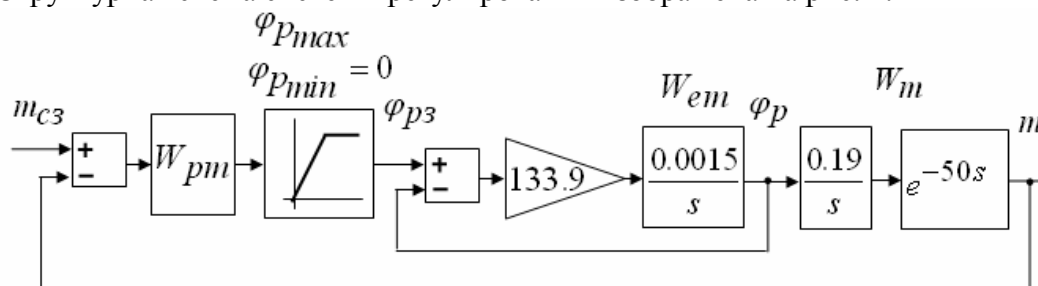


Рисунок 1 - Структурная схема системы заполнения смесителя сыпучим материалом

Решим задачу оптимизации, учитывая, что время чистого запаздывания  $\tau$  находится в пределах – от 46 до 54 с.

Постановка задачи оптимизации управления ленточным дозатором в условиях неопределенности: при заданной структуре объекта управления (рис. 1) найти синтезировать регулятор  $W_{pm}(s)$ , который обеспечит следующие требования:

- время чистого запаздывания  $\tau$  находится в пределах от 46 до 54 с,
- перерегулирование отсутствует,
- время регулирования и время переходного процесса должны быть минимальными.

Для решения данной задачи использована Simulink-модель, реализованная в среде Matlab [1]. Оптимизация выполнена с использованием блока Signal Constrain приложения Simulink.

Результаты оптимизации изображены на рис. 2.

По окончании процесса оптимизации, оптимальные значения настраиваемых переменных, соответствующих окончательным кривым, сохраняются в рабочем пространстве Matlab:

$$K_p = 0.0663,$$

$$K_i = 0,$$

$$K_d = 1.643.$$

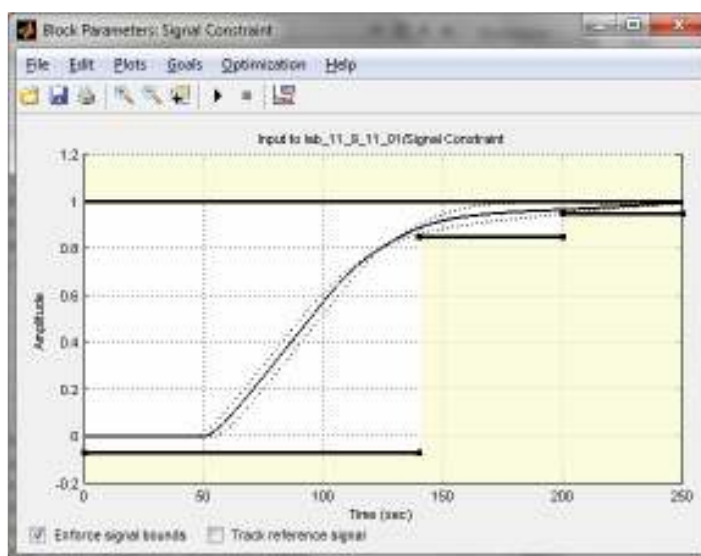


Рисунок 2 - Иллюстрация процесса оптимизации при наличии неопределенных параметров

1. Зворыкин В.Б., Михалев А.И. Станциц Г.Ю. Моделирование переходных процессов в системах с запаздыванием Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Выпуск 6 2014.

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ПРОЦЕСС КОРРОЗИИ**

Зеленцов Д.Г. д.т.н.

*Украинский государственный химико-технологический университет*

Математические модели поведения многоэлементных металлических конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах и подвергающихся коррозионному разрушению, включают в себя две связанные между собой группы уравнений. Первая представляет собой уравнения механики деформированного твёрдого тела – уравнения равновесия и совместности деформаций, соотношения Коши и физические соотношения (для упругих тел – закон Гука). Вторая группа описывает процесс изменения вследствие коррозии геометрических размеров конструктивных элементов и имеет вид системы обыкновенных дифференциальных уравнений (СДУ) первого порядка. Функции правых частей СДУ зависят от уровня механических напряжений, для определения которых используются уравнения первой группы. Так как аналитическое решение СДУ такого класса невозможно, особую актуальность получает проблема точности численного решения.

Очевидно, что при постоянных параметрах численного решения любое изменение параметров конструкции и агрессивной среды будет приводить к изменению погрешности решения СДУ и всей задачи в целом. В известных работах [1] предлагалось решение задачи управления параметрами вычислительных процедур для обеспечения требуемой точности. В этом случае использовалась информация о влиянии на погрешность решения геометрических характеристик конструктивных элементов, значения напряжений в них, параметров агрессивной среды и параметров вычислительной процедуры. Формализация такой информации осуществлялась с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС).

В настоящей работе предлагается подход к решению проблемы повышения точности решения СДУ, также основанный на аппроксимации погрешности с помощью ИНС. При этом, однако, параметры вычислительной процедуры являются постоянными.

Для обучения ИНС не может использоваться исходная СДУ, так как получение для неё эталонного решения сопряжено, в том числе, с большими вычислительными затратами. С другой стороны, после принятия обоснованных допущений она преобразуется в новую систему, для которой без труда может быть получено эталонное (аналитическое) решение, а погрешности численных решений будут в известном смысле близки. Преобразованная СДУ служит для обучения ИНС.

Имея численное (приближённое) решение исходной СДУ и априорную оценку его погрешности можно получить значительно лучшее приближение решения. Расхождение между полученным таким образом решением СДУ и гипотетическим «точным» решением будет определяться не погрешностью вычислительной процедуры, а ошибкой вычисления этой погрешности.

1. Зеленцов Д.Г. Использование нейронных сетей при решении задач долговечности корродирующих конструкций / Д.Г. Зеленцов, Л.И. Короткая. - Вісник Кременчуцького національного університету ім. М.Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2011. – Вип. 3 (68), част. 1. – С. 24 – 27.

## ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ТА ДЕТАЛІЗАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ БАГАТОКАНАЛЬНИХ ЗНІМКІВ

Гнатушенко В. В. д.т.н., Кавац О.О. к.т.н., Гальченко Е.Б. аспірант

*Національна металургійна академія України*

Сучасні супутникові багатоканальні знімки (БЗ) є джерелом отримання різноманітної інформації [1]. У цьому зв'язку актуальною областю наукових досліджень є обробка таких даних з метою одержання штучного зображення із покращеними показниками інформативності у порівнянні із первинними знімками. Одним з найбільш перспективних і потужних математичних апаратів для злиття аерокосмічних зображень є вейвлет-перетворення. Але окреме застосування вейвлет-перетворення часто призводить до артефактів у синтезованому зображенні. У роботі запропонована нова технологія підвищення інформативності та деталізації об'єктів багатоканального зображення на основі HSV та вейвлет - перетворень. Одним із перших кроків технології є ресемплінг багатоканального зображення до розмірів панхроматичного та переведення у кольоровий простір HSV. Наступним кроком є вейвлет-перетворення отриманого HSV-зображення. Далі зображення піддаються декомпозиції першого рівня, у результаті чого для кожного із них отримують матриці апроксимуючих та деталізуючих коефіцієнтів. В свою чергу отримані деталізуючі коефіцієнти обох зображень утворюють лінійні комбінації з урахуванням чисельних значень коефіцієнтів лінійних форм суміщення (а, b), тобто:

$$\begin{cases} App_i^N = c_i^N, \\ Det_i = \sum_{l=1}^N \left( \{a \cdot d_p^{l,1} + b \cdot d_i^{l,1}\}, \{a \cdot d_p^{l,2} + b \cdot d_i^{l,2}\}, \{a \cdot d_p^{l,3} + b \cdot d_i^{l,3}\} \right) \end{cases} \quad (1)$$

де  $App_i^N$  та  $Det_i$  – апроксимуючі та деталізуючі вейвлет-складові нового БЗ. Нижнім індексом позначено відповідний канал БЗ ( $i = \{R, G, B\}$ ) або панхроматичного зображення ( $P$ ). Виконується вейвлет-реконструкція першого рівня. Вхідними даними для здійснення вейвлет-реконструкції є апроксимуючі коефіцієнти, отримані після вейвлет-декомпозиції синтезованого кольорового зображення, які беруться без змін, та в якості деталізуючих коефіцієнтів використовуються утворені лінійні комбінації. Далі відбувається пошук аргументів, які представляють собою коефіцієнти лінійних форм суміщення, при яких ентропія для нового синтезованого зображення досягає максимальних значень. Таким чином, в результаті вейвлет-реконструкції отримується синтезоване зображення за допомогою вейвлетів з підвищеною інформативністю за максимізації функції ентропії. При зворотному переведенні з кольорового простору HSV у кольоровий простір RGB, обираємо компоненти H і S багатоканального зображення та отриману компоненту V після вейвлет – перетворення. У роботі [2] доведено, що використання методу аналізу незалежних компонент, як одного з кроків технології призводить до підвищення інформативності первинного БЗ, що і є останнім кроком алгоритму.

Отримані кількісні оцінки «якості» свідчать про те, що запропонована технологія дозволяє підвищити інформативність та деталізацію об'єктів багатоканальних зображень. Зокрема, значення інформаційної та сигнальної ентропії синтезованого зображення (7.809, 7.635) набагато перевищує значення ентропії первинного багатоканального зображення (6.988, 7.391).

1. R. Schowengerdt. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. New York: Academic Press; 2007.

2. Гнатушенко В.В. Інформаційна технологія підвищення просторової розрізненості цифрових супутникових зображень на основі ІСА- та вейвлет- перетворень / В.В. Гнатушенко, О.О. Кавац // Вісник Національного університету "Львівська політехніка", серія "Комп'ютерні науки та інформаційні технології", - Львів, 2013. - № 771. - С. 28-32.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

Кириченко Л.О. д.т.н., Кобицкая Ю.А. аспирант, Стороженко А.А. к.т.н.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Экспертные системы (ЭС) – это прикладные системы искусственного интеллекта, в которых база знаний представляет собой формализованные эмпирические знания высококвалифицированных специалистов в какой-либо узкой предметной области. Обычно ЭС содержит следующие компоненты: механизм логического вывода, базу знаний, рабочую память, подсистему приобретения и пополнения знаний, подсистему объяснения и подсистему диалога.

ЭС, предложенная в работе [1], предназначена для анализа фрактальной структуры временных рядов и выбора математической модели стохастического процесса, обладающего требуемыми фрактальными и статистическими свойствами. С точки зрения архитектуры ЭС знания в базе знаний имеют следующую структуру: интерпретируемые знания (используются в решателе) и неинтерпретируемые знания, необходимые для подсистемы объяснений и диалога. Для анализа характерных особенностей рядов в базу знаний был добавлен блок знаний, определяющий информационную сложность системы. С помощью модифицированной ЭС были проведены исследования фрактальных временных рядов разной природы, которые показали возможность распознавания различных состояний динамики системы [2]. В данной работе предлагается расширить блок знаний ЭС, определяющий информационную сложность системы, путем добавления характеристик, полученных с помощью дискретного вейвлет-преобразования ряда: спектра вейвлет-энергии и вейвлет-энтропии временного ряда.

В работе проведен сравнительный анализ вейвлет-характеристик детерминированных хаотических и случайных самоподобных реализаций. Показано, что для реализаций хаотических отображений вейвлет-энергия при возрастании показателя Ляпунова переходит от сосредоточения в высокочастотных уровнях декомпозиции временного ряда к равномерному распределению по уровням. В случае фрактального гауссовского шума вейвлет-энергия равномерно распределена по уровням при значении показателя Херста  $H=0.5$  (полном отсутствии корреляции) и при возрастании  $H$  вейвлет-энергия сосредоточивается на низкочастотных уровнях, а при убывании  $H$  – на высокочастотных уровнях декомпозиции ряда.

Исследования вейвлет-энтропии показали, что значения энтропии увеличиваются с ростом хаотичности или некоррелированности процесса. Важным аспектом является то, что проведенный анализ выявил некоррелированность величин вейвлет-энтропии и других информационных характеристик временных рядов. Это позволяет использовать их как независимые параметры при распознавании временных рядов с помощью ЭС.

Таким образом, использование характеристик вейвлет-анализа вместе с рекуррентными и энтропийными характеристиками позволяют более точно исследовать временные ряды, обладающие фрактальными свойствами.

1. Кириченко Л.О. Разработка алгоритмов принятия решений в экспертной системе фрактального анализа / Л.О. Кириченко, Ю.А. Кобицкая, А.В. Стороженко // Системные технологии – 2013. – Вып. 3(86) – С. 54-61.
2. Кириченко Л.О. Методы распознавания фрактальных временных рядов с помощью характеристик информационной сложности / Л.О.Кириченко, Ю.А.Кобицкая // Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій: VII Міжнар. наук.-практ. конф.: тези доп.- Запоріжжя, 2014. -С. 166-167.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ХИМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ НЕТОЧНЫХ ДАННЫХ

Короткая Л.И. к.т.н., Науменко Н.Ю. к.т.н.

*Украинский государственный химико-технологический университет*

При моделировании поведения различных сложных систем (и элементов химического оборудования в том числе) приходится сталкиваться с различного рода неопределенностями, вызванными неполной информацией, неточностями измерений или исходных данных, погрешностями вычислений и т.п.

Одной из важнейших проблем, возникающих при синтезе моделей прогнозирования долговечности корродирующих элементов химического оборудования, является проблема необходимости учёта априорной и текущей информации. Очевидно что, известные модели (детерминированная и вероятностная) обладают существенными недостатками: не учитывают нечёткий характер параметров агрессивной среды (в данной работе скорости коррозии), который с трудом поддается математической формализации. Как правило, постановщику задачи известен только интервал изменения параметра среды, который определяется значением лингвистической переменной[0].

При решении прикладных задач для формализации неполной информации можно отметить два направления: это математический аппарат классического интервального анализа ИА[0] и аппарат теории нечётких множеств. Указанные подходы могут применяться в зависимости от решаемых задач и проблем.

ИА и его методы имеют ценность в задачах, где неоднозначности возникают с самого начала и являются неотъемлемой частью постановки задачи [0]. Использование интервалов не требует знания законов или параметров распределения случайной величины, интервальная величина может иметь, а может и не иметь на интервале распределение.

При решении задачи прогнозирования долговечности элементов химического оборудования, был применён аппарат интервального анализа. Ввиду того, что параметр агрессивной среды рассматривается как интервальная величина, то для решения системы дифференциальных уравнений, описывающей процесс накопления геометрических повреждений, представляется целесообразным использовать интервальные методы. С этой целью можно применять широкий спектр как двусторонних, так и интервальных методов. В этом случае может быть получено двустороннее решение задачи прогнозирования долговечности. Следует отметить, что использование интервалов сопряжено с вычислительными затратами и некоторыми трудностями, в том числе и с необходимостью получения внешнего и внутреннего оценивания, полученного решения[0].

В тех случаях, когда имеется некоторая экспертная информация, позволяющая использовать методы построения функций принадлежности [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] (например, с использованием парных сравнений, по статистическим данным, по ранговым оценкам и др.), и формализовать нечеткую информацию, тогда применение аппарата теории нечетких множеств становится весьма актуальным. Известные операции фаззификации и дефаззификации позволяют учесть нечеткий характер параметра агрессивной среды и получать прогнозируемое значение долговечности элементов химического оборудования.

Рассмотренные альтернативные подходы хоть и обладают некоторыми недостатками, однако позволяют учесть и формализовать неполную или нечеткую информацию.

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. /Л. Заде – Москва: Мир, 1976. – 163 с.
2. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ / С.П. Шарый – Издательство «XYZ», 2010. – 597 с.
3. Михалёв А.И. Оптимизация параметров процессов ферросплавного производства с использованием методов нечёткого вывода // А.И. Михалёв, Н.В. Лысая, Д.А. Лысый, В.А. Гладких, В.Ф. Лысенко – Днепропетровск: Системные технологии, 2008. – 130 с.

# ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ В ЗАДАЧАХ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ КОРОДУЮЧИХ СТЕРЖНЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Коструб Р.В. аспірант

*Український державний хіміко-технологічний університет*

При проектуванні металевих конструкцій, особливо в хімічній та металургійній галузях, часто виникає потреба враховувати вплив агресивного середовища. Вибір алгоритму проектування таких конструкцій пов'язано з деякими проблемами: оптимальний вибір параметрів чисельного методу та обмеження на вид функції мети.

Для вирішення останньої проблем існують підходи [1], які використовують генетичні алгоритми (ГА). Але ці підходи мають проблеми, зокрема: використання безперервної величини в якості площі поперечного перерізу профілю, що дозволяє отримувати такі параметри елементів конструкції, які не відповідають жодному стандарту, і тому малопридатні до практичного використання. Також ці методи не враховують вплив агресивного середовища, що не дозволяє безпосередньо використовувати їх при проектуванні елементів хімічного обладнання.

Для розв'язання задачі дискретної оптимізації таких конструкцій пропонується використовувати цілочисельний генетичний алгоритм. В якості фітнес-функції виступає об'єм матеріалу, в якості обмеження приймається умова, коли протягом заданого періоду часу конструкція зберігає несучу здатність.

Робота ГА починається з створення випадковим чином початкової популяції. Кожна особина складається з хромосом, кількість яких дорівнює кількості стержневих елементів. Кожна хромосома складається з двох генів: перший визначає тип перерізу, другий – типорозмір. Тобто оптимальний розв'язок визначається на неметричному просторі. Як результат реалізації операторів кросоверу та мутації створюється підпопуляція з шести особин, дві найкращих з яких визначаються за допомогою турнірного відбору. В якості критерію досягнення результату приймається рівність нулю відстані Хеммінга між «найкращою» та «найгіршою» особинами популяції на даному кроку еволюції.

В якості модельної конструкції розглянута 5-елементна ферма (рис. 1) з такими характеристиками:  $Q = 200$  кН,  $L = 500$  см,  $t = 1,5$  роки. Оптимальні параметри для неї наведені в табл. 1.

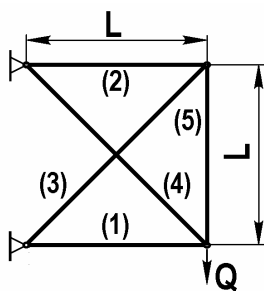


Рисунок 1 – Розрахункова схема

Таблиця 1 – Оптимальні параметри конструкції

| № елемента | Тип профілю | Типорозмір профілю | Довговічність (років) |
|------------|-------------|--------------------|-----------------------|
| 1          | Кутник      | 1                  | 2,161                 |
| 2          | Кутник      | 2                  | 1,580                 |
| 3          | Кутник      | 2                  | 1,580                 |
| 4          | Кутник      | 1                  | 2,475                 |
| 5          | Швелер      | 1                  | 1,777                 |

З даних що наведені в таблиці, випливає, що довговічність елементів № 2, 3 приблизно дорівнює заданому значенню. Тобто оптимальний проект знаходиться майже на границі допустимої області. Наведені результати підтверджують можливість ефективного використання ГА до розв'язання задач дискретної оптимізації кородуючих конструкцій.

1. Пелешко І. Д., Юрченко В. В. Застосування генетичних алгоритмів для пошуку оптимальних проектних рішень металевих конструкцій // VIII Українська науко-технічна конференція "Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее". Сборник докладов. — Часть 1 / Под ред. Шимановского А. В. — К.: Сталь, 2004. — С.250-260.

## ИТЕРАЦИОННО-НЕЙРОСЕТЕВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ХТП

Левчук И.Л. к.т.н., Шуть А.Ф. ассистент, Шейкус А.Р. аспирант  
*Украинский государственный химико-технологический университет*

Для идентификации сложных математических моделей ХТП в настоящее время используются различные итерационные алгоритмы, позволяющие с заданной точностью определять настроечные коэффициенты методом последовательных приближений [1]. При этом многократно, на каждом шаге поискового алгоритма, осуществляется просчет математической модели, что даже на современных ЭВМ занимает длительное время и затрудняет использование подобных моделей в системах управления.

Применение искусственных нейронных сетей (НС) на этапе идентификации частично решает данную проблему и позволяет определять настроечные коэффициенты практически мгновенно [1], однако также имеет ряд существенных недостатков. НС, учитывающая все параметры влияющие на адекватность математической модели, оказывается избыточно сложна и требует значительных временных затрат на формирование и корректировку адекватной обучающей выборки. Упрощение структуры НС, используемой для идентификации, ведет к снижению точности определения настроечных коэффициентов и, как следствие, к снижению адекватности идентифицируемой модели.

Для решения данной проблемы было принято решение совместить классический итерационный алгоритм и нейронную сеть [2]. При этом нейронная сеть, имеющая упрощенную структуру и достаточно простая в обучении, использовалась для определения приближенного значения настроечного коэффициента математической модели, а итерационный алгоритм – для поиска настроечного коэффициента с заданной точностью и значительно меньшим количеством шагов (рисунок 1).

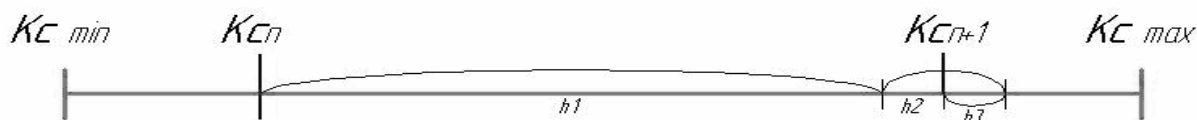


Рисунок 1 – Итерационно-нейросетевая идентификация математической модели

$K_{c\min}$ ,  $K_{c\max}$  – диапазон возможных значений настроечного коэффициента;  $K_{c_n}$  – известное значение настроечного коэффициента;  $K_{c_{n+1}}$  – теоретическое искомое значение настроечного коэффициента;  $h_1$  – дистанция поиска скомпенсированная нейронной сетью;  $h_2$ ,  $h_3$  – шаги выполняемые итерационным алгоритмом.

Проверка эффективности предложенного метода итерационно-нейросетевой идентификации математических моделей ХТП была произведена с помощью модифицированной кинетической модели реакторного блока процесса каталитического риформинга [3]. Для количественной оценки времени идентификации использовался такой параметр, как суммарное количество итераций совершенное поисковым алгоритмом.

Сравнительный анализ показал, что благодаря использованию нейронной сети суммарное количество итераций, необходимых для поиска настроечных коэффициентов модели уменьшилось на 34...76% уже при 800 обучающих примерах для нейронной сети.

1. Цыпкин, Я. З. Информационная теория идентификации [Текст] / Я.З. Цыпкин – М.: Наука, 1995. – 336 с.
2. Левчук И.Л. Идентификация математической модели процесса каталитического риформинга на базе нейросетевых технологий / И.Л. Левчук // Математичне моделювання. – Дніпродзержинськ. – 2012. – №2. – С. 77-80.
3. Левчук И.Л. Разработка математической модели процесса каталитического риформинга в каскаде реакторов [Текст] / И.Л. Левчук // Збірник наукових праць НГУ. – 2012. – №39. – С. 122 – 127.

## РОЗРОБКА БАЗИ ДАНИХ РЕКУРЕНТНИХ ДІАГРАМ

Ломова О.В., магістр

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара*

Сучасну науку неможливо уявити без новітніх технологій. Адже завдяки ним сьогодні можливий перехід на абсолютно новий рівень розвитку науки. У будь-якій сфері нашого життя присутні комп'ютерні технології. Вони роблять наше життя простішим, комфортнішим. Те що раніше людина довго розраховувала та продумувала, зараз може швидко зробити інтелектуальна машина.

Перед мною було поставлено завдання створити базу даних рекурентних діаграм, яка б була оформлена у зручному інтерфейсі, та до неї мав би доступ будь-який бажаючий. Саме тому було вирішено створити web-сторінку в Інтернеті, щось на зразок наукового довідника різних видів рекурентних діаграм, з їхнім повним описом.

Спочатку було розроблено дизайн сайту за допомогою програм AdobePhotoshop[1] та WebPageMaker. Дизайн створено у робочому, діловому стилі, з використанням емблеми та ілюстрацій Дніпропетровського національного університету ім. О. Гончара.

Структура web-довідника аналітично розпланована, та враховує увесь обсяг інформації, який повинен бути викладений у ньому. Вона являє собою базу даних та зручний web-інтерфейс (web-сайт). У базі даних знаходяться математичні моделі (неперервні відображення) системи, числові параметри системи, фазові портрети, їх рекурентні діаграми та дані чисельного аналізу RQA[7, 9]. Представлена деяка початкова колекція математичних моделей неперервних систем, їх параметрів, що оброблялись за допомогою середовища Matlab [2] та комплексних програм, які надані проф. Marwan N. [3]. Дані сайту планується постійно поповнюватися. Отримані дані конвертуються у електронні зображення та додаються до створеної бази. Реалізовувалася база даних за допомогою вільної реляційної системи управління базами даних – MySQL [4], яка створюється на основі форм та запитів.

Web-сайт розроблено як інтерфейс бази даних, за допомогою якої, можна виконувати ті чи інші операції з даними. Користувачі мають доступ до інформації на сайті тільки у режимі читання. Щось виправляти або додавати до створеної системи даних вони можливості не мають. Для того, щоб додати інформацію до нашої бази знань існує режим адміністрування.

Для створення сайту використовувалася HTML - мова для створення web-сторінок [5]. Це стандартна мова розмітки документів має досить чітку структуру. Для відтворення неповторного дизайну використовувалося також формальні мови опису зовнішнього виду документу – CSS та JavaScript [6].

У розробці сайту зручніше використовувати середовище Adobe Dreamweaver. Воно має вже вбудовані зручні операції та шаблони для створення будь-якого елементу web-сайту. Використання цього середовища значно прискорює роботу, допомагаючи не відволікатись на можливі неуважні помилки та синтаксис команд.

Створений web-довідник досить актуальна та важлива розробка для подальшого використання та впровадження методів рекурентного аналізу. Зауважимо, що обсяг дослідженої інформації на тему «Рекурентний аналіз» досить великий і потребує чіткого розподілу та узагальнення, але дотепер наведеної бази даних не існувало. Таким чином уся інформація нарешті зможе поступово працювати для своєї початкової мети. Цей підхід можливо використовувати як для прогнозування та відстеження поведінки даних на основі відомого часового ряду, так й керування розглядуваними процесами на основі часових рядів [8].

1. Владимир Дедков, Электронная книга «Настольная книга мастера AdobePhotoshop», Изд. КомпьютерПресс, 2001 г.
2. Допоміжна справка середовища Matlab 7.
3. Пакет програм, розроблених проф. Н. Марваном. Пакет програм Toolbox 4.3 для середовища Matlab доступний для вільного користування в Інтернеті за адресою: <http://tocsy.angld.uni-potsdam.de>.
4. Гольцман В., «MySQL 5.0». Изд. Питер, 2010 г.
5. Б. Лоусон, Р. Шарп — «Изучаем HTML 5» Изд. Питер, 2010 г
6. Дронов В. «HTML 5. CSS 3. и Web 2.0. Разработка современных Web-сайтов». Изд. БХВ, 2011.

7. Белозеров В.Г., Зайцев В.Г. Нелинейный рекуррентный анализ в обработке временных рядов // Региональный межвузовский сборник «Системные технологии», Вып. 3 (92) 2014. - С. 42-49.
8. Білозоров В.С., Зайцев В.Г. Навчальний посібник «Класичні хаотичні атрактори у задачах конструювання синергетичних регуляторів». Видав. Адверта, Дн-вск, 2015. - С. 80
9. Marwan N. "Encounters with neighbours". Режим доступу: [recurrence-plot.tk/PhDThesis.Marwan.pdf](http://recurrence-plot.tk/PhDThesis.Marwan.pdf)

# **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ОБ УГЛАХ НАКЛОНА ПЛАТФОРМЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЯ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ДИСКРЕТНЫМ ФИЛЬТРОМ КАЛМАНА**

Мазуренко В.Б.

*Государственное предприятие "Конструкторское бюро "Южное" им. М.К. Янгеля"*

Существует задача измерения уровня жидкого топлива в баках ракеты-носителя (РН), жестко установленной на качающейся стартовой платформе (СП). Эта задача представлена в работе [1] и отражает условия проведения заправки РН «Зенит» космического ракетного комплекса морского базирования «Морской старт». Измерение уровня топлива в баке ракеты производится бортовым, установленным непосредственно внутри бака, датчиком уровня заправки (ДУЗ). Из-за наличия ряда конструктивных ограничений в большинстве случаев ДУЗ устанавливается на некотором расстоянии от оси бака, иногда довольно значительном. Поэтому при наличии качания системы «СП-РН», которое происходит вследствие воздействия морских волн на корпус СП, поверхность жидкого топлива в баке отклоняется от номинального положения, что искажает результаты измерений датчика уровня заправки. Данные измерений ДУЗ используются для формирования команды на прекращение заправки баков РН топливом. В результате появляется дополнительная составляющая погрешности заправки, что в свою очередь отрицательно сказывается на энергетических характеристиках РН. Специфика задачи определения уровня топлива в баках РН в условиях качания СП состоит в необходимости минимизации этой составляющей погрешности заправки. В целях решения поставленной задачи путем уменьшения величины указанной составляющей погрешности в работе [2] предложен метод, основанный на применении дискретного фильтра Калмана для обработки сигнала от ДУЗ, переведенного в цифровую форму представления. Анализ предложенного метода показывает, что точность заправки ракеты-носителя может быть повышена в большей степени, если в процессе оценивания уровня заправки бака РН использовать не только сигнал от датчика уровня, но и информацию об углах наклона СП, а именно – данные текущих измерений углов крена и дифферента платформы. Навигационное оборудование современного морского судна включает в себя гироскопические приборы (ГП), которые непрерывно производят измерения текущих углов наклона судна. Использование этих показаний позволяет реализовать данный метод на практике. Автором предложен метод снижения погрешности определения уровня топлива в баках установленной на качающейся платформе РН, который основывается на использовании информации о текущих углах наклона СП совместно с показаниями бортового датчика уровня заправки. Также построен дискретный фильтр Калмана, позволяющий производить оценку высоты уровня топлива в баках РН в условиях колебаний СП путем обработки сигнала от бортового датчика уровня заправки и показаний ГП об углах крена и дифферента СП, который является реализацией предложенного метода. Выполнено моделирование и проведена оценка эффективности использования построенного дискретного фильтра Калмана для обработки результатов измерений в целях их дальнейшего использования для формирования команды на прекращение заправки. Результаты расчетов, проведенных на общих тестовых исходных данных, показывают, что применение данного фильтра (вместо традиционного способа формирования команды без обработки сигнала от ДУЗ) позволяет в четыре раза уменьшить величину случайной составляющей погрешности заправки, связанной с колебаниями СП и дискретностью бортового датчика уровня.

1. Мазуренко В.Б. Модель процесса измерения уровня жидкого топлива в условиях качки // Системні технології Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 5. - Дніпропетровськ, 2014.
2. Мазуренко В.Б. Применение дискретного фильтра Калмана для решения задачи измерения уровня жидкого топлива в условиях качки // Системні технології Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6. - Дніпропетровськ, 2014.

## ШТУЧНІ НЕЙРОНІ МЕРЕЖІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ У ВИРОБАХ З КОМПОЗИТНИХ МЕТЕРІЛІВ

Матвеева Н.О. к.т.н., Лазаренко Ю.В. магістр

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

При проведенні неруйнівного контролю виробів з композитних матеріалів виявляються поверхневі дефекти суцільності, котрі створюють найбільшу загрозу конструкційній цілісності матеріалів. Задача визначення тріщин і розшарувань та ухвалення рішення щодо придатності виробів до недавнього часу цілком була покладена на людину, яка здійснює контроль. Існують характерні риси форми сигналу від дефектів різного типу. Досвідчені фахівці часто використовують цю інформацію для ухвалення рішення щодо наявності браку – розпізнають сигнали приладу неруйнівного контролю.

Для розв'язання таких задач останнім часом використовують штучні нейронні мережі, які володіють універсальними та адаптивними властивостями й забезпечують високу ефективність розпізнавання[1].

Метою роботи є дослідження мережі прямого поширення (feedforward) та шаблонної мережі (pattern) для розпізнавання дефектності виробів з композитних матеріалів.

Для ідентифікації пошкоджень на поверхні композитного матеріалу використовувались вектори даних, основані на модуляційних кривих, отриманих при взаємодії вихорострумового перетворювача з композитним матеріалом без дефектів. Для моделювання сигналів з шумом застосовувались випадкові значення, розподілені за нормальним законом зі середнім значенням 0 й середньоквадратичним відхиленням від 0 до 0,2 з шагом 0,05.

Отримані модуляційні характеристики оброблювались за допомогою обчислювального середовища MATLAB R2010b з використанням Neural Network Toolbox.

Для вирішення поставленого завдання формувались нейронні мережі, які включали 21 елемент у вхідному шарі (за кількістю компонент вхідного вектора), 4 нейронами у прихованому шарі та 2 елементом у вихідному шарі. Формувалась множина вхідних векторів, яка складалась з 300 зразків без дефектів та 300 сигналів з шумом. Результати досліджень наведені на рисунку 1.

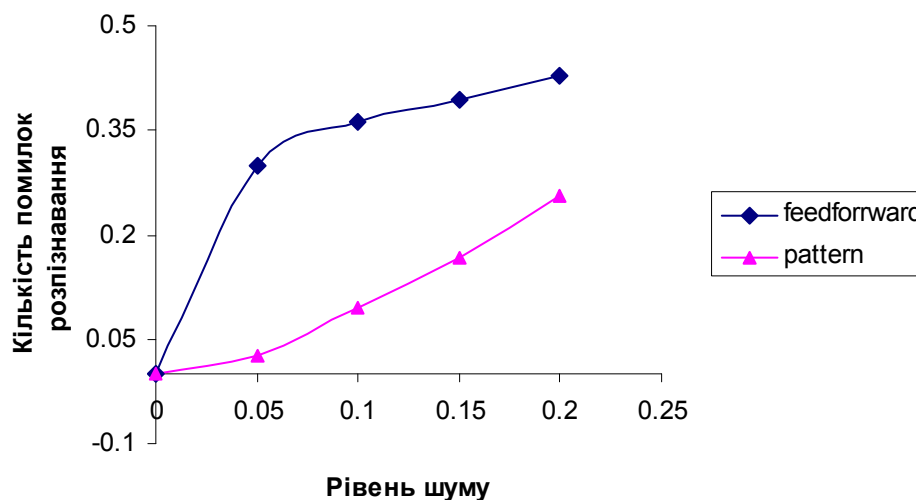


Рисунок 1 – Залежність похибок нейронних мереж від рівня шуму

1. Хайкин Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006

# **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Никулин С.Л. д.геол.н., Коробко О.В. соискатель

*Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»*

В настоящее время всё большее количество инженерно-технических задач решается с использованием космических снимков (КС) поверхности Земли. Важным этапом обработки КС является определение границ площадных и осей линейных объектов. Существует ряд подходов к их автоматическому определению. Чаще используется один из них, заключающийся в предварительном выделении границ яркости (тона) КС с помощью оптимального детектора Кенни [1]. При этом КС преобразуется в бинарное изображение, где единицы соответствуют наличию границы, а нули – отсутствию.

Границы могут быть как чёткими и объективно существующими (как, например, контур здания или автодорога), так и неявными и существующими лишь условно (например, граница болота или ось древнего геологического разлома). Как правило, границы второго типа соответствуют природным объектам, и их выделение выполняется менее успешно, – границы выделяются лишь частично, фрагментарно. Повышение качества выделения границ может быть достигнуто путём предобработки КС. Сейчас на практике применяются несложные способы – контрастирование, коррекция яркости, эквализация гистограммы КС. Вместе с тем, в теории обработки цифровых изображений есть большое количество методов, которые до настоящего времени для указанной цели не использовались. Была проведена экспериментальная оценка ряда методов обработки изображений для выявления наиболее эффективных при решении задачи выделения границ яркости на КС. Исследовались такие методы [2]: нечеткого маскирования, Люси-Ричардсона, разностный, на основе среднеквадратических отклонений интенсивности локальных окрестностей, контрастно-ограниченного адаптивного выравнивания гистограммы; а также методы на основе использования ряда фильтров – среднеконтргармонического, Кувахары, срединной точки, усеченного среднего, линейного фильтр Винера. Они применялись к 20-ти синтезированным космическим снимкам различных участков Земли, имеющих различное пространственное разрешение, после чего на обработанных КС выделялись границы яркости и оценивалось качество их выделения.

Для оценки качества выделения границ предложено совместно использовать 2 показателя, которые легко вычисляются, имеют простой геометрический смысл, а их применение не требует выполнения процедуры многокритериальной оптимизации:  $N$  – количество единичных (ненулевых) пикселей, соответствующих границам яркости на бинарном изображении;  $F = K/N$ , где  $K$  – количество непрерывных фрагментов границ на изображении. Показатель характеризует степень целостности границ.

Лучшие результаты могут быть достигнуты при использовании методов, которые обеспечивают повышение значения  $N$  (по сравнению с необработанным снимком) с одновременным снижением  $F$ . Исследования показали, что единственным методом, удовлетворяющим этим условиям, является контрастно-ограниченное адаптивное выравнивание гистограммы. Данный метод рекомендуется применять к КС перед выделением на них границ яркости с помощью оптимального детектора Кенни.

1. Canny. J.F. A computational approach to edge detection / J.F. Canny // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – N 8(6). – P. 679-698
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

## СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПЛАНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ И ШАХТ: FRACLAC И ANALYSISFS

Козарь А.В., Михалев А.И.

*Национальная металлургическая академия Украины*

Компьютерная программа «AnalysisFS» может использоваться для анализа изображений фрактальных поверхностей, а именно: для определения фрактальной размерности поверхности, построения фрактальных распределений и фрактальных сигнатур. «AnalysisFS» поддерживает только BMP формат изображения. Внешний вид главного окна программы представлен на рис.1.

Основные методы расчёта фрактальной размерности в данной программе:

- Вычисление фрактальной размерности методом Box Count;
- Вычисление фрактальной размерности модифицированным методом Box Count;
- Вычисление фрактальной размерности методом отношения периметра и площади фрактала.

«AnalysisFS» имеет возможность построения фрактального распределения следующими методами:

- Метод разбиения изображения фрактальной поверхности на равные части и определение фрактальной размерности каждой из таких частей;
- Метод перемещения окна заданного размера по изображению фрактальной поверхности с шагом в 1 пиксель и вычисление фрактальной размерности каждого такого окна.

Следует также отметить возможность построения графика фрактальных сигнатур в обычном и логарифмическом масштабах, а также сглаживания изображения выбранным размером окна сглаживания [3].

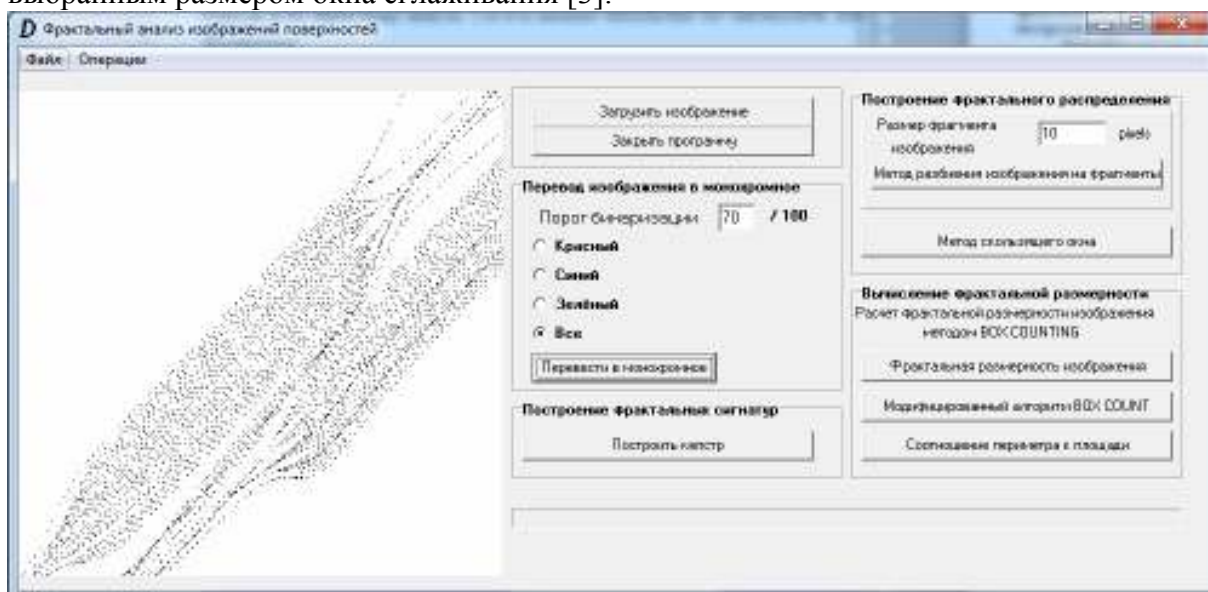


Рисунок 1 – Внешний вид главного окна программы «AnalysisFS»

Компьютерная программа «FracLac» является плагином к Java - программе по обработке изображений «ImageJ». ПО «FracLac» существует с 2002 года и обновляется по настоящее время. Данная программа в отличие от «AnalysisFS» может отображать, редактировать, анализировать, обрабатывать, сохранять и печатать изображения разных расширений, включая TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS. Главное окно программы представлено на рис.2.



Рисунок 2 – Внешний вид программы «FracLac»

В данной работе для анализа фрактальной размерности изображений планов железнодорожных узлов (путей) и шахтных планов применялся метод Box Counting. Вышеприведенное ПО имеет широкие возможности по настройке алгоритма данного метода под различные потребности пользователя.

Настройка сетки (grid design) позволяет выбрать:

- Форму элемента выборки (квадрат либо круг);
- Количество позиций сетки. Данное свойство довольно важно, т.к. от начального расположения координатной сетки меняется количество посчитанных блоков (пример на рис. 3)

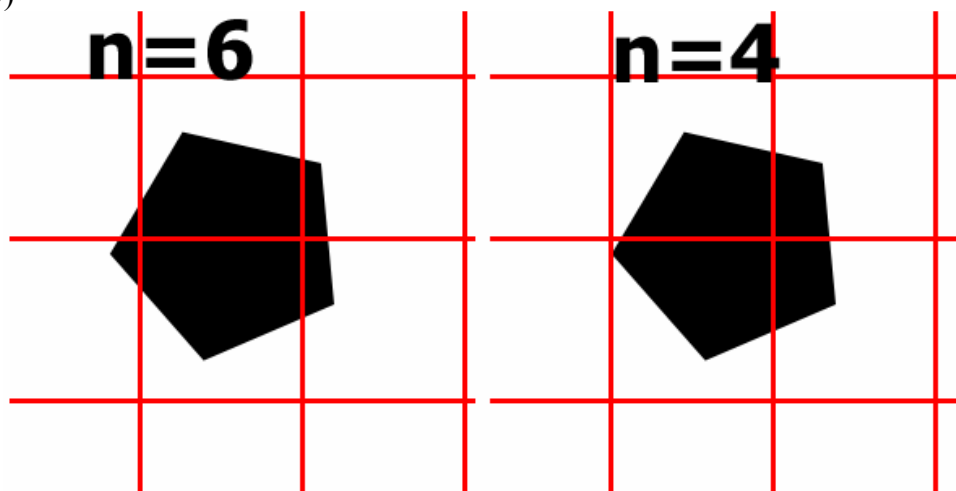


Рисунок 3 – Изменение числа посчитанных блоков при различном положении сетки

Также данная программа имеет гибкие возможности по настройке серии размеров box'ов:

- Линейная серия;
- Степенная серия;
- Дробная серия;
- Нечетная серия;
- Заданная пользователем серия;

«FracLac» позволяет увидеть воочию расчёт количества заполненных box'ов посредством построения анимированных изображений процесса расчёта фрактальных размерностей для каждой сетки. Также имеется возможность построения графиков фрактального распределения, отношения лакуарности (мера того, как фрактал заполняет пространство) к размеру box'a.

Для удобства пользования программой в главном окне в среднем блоке показана справка к каждому элементу формы. Если пользователя интересует точное назначение определенной опции, то к справке об этой опции можно перейти посредством клика правой клавиши мыши.

Помимо метода Box Counting в данной программе имеется множество других функций по анализу фрактальных изображений.

В табл.1 используется для эксперимента 2 изображения. Первое изображение имеет разрешение 984x931 пикселей, второе изображение — 1026x932 пикселей. Размерности ячеек были взяты из программы AnalysisFS, т.к. задавать пользовательские размеры ячеек в данной программе нет возможности. Скорость анализа расчёта фрактальных размерностей алгоритмом Box Counting изображений в ПО «FracLac» в несколько десятков раз быстрее в сравнении с ПО «AnalysisFS» при той же точности (табл.1). При этом помимо скорости «FracLac» предоставляет более глубокую настройку метода Box Counting, а также множество других возможностей при обработке данных, что делает данное ПО весьма эффективным инструментом для анализа фрактальных изображений. В тоже время ПО «AnalysisFS» эффективно применять при анализе изображений сложных поверхностей с построением фрактальных распределений и сигнатур.

Таблица 1. – Сравнение времени расчета фрактальных размерностей

| № изображения | ПО         | Размеры box'ов      | Фрактальная размерность | Время анализа |
|---------------|------------|---------------------|-------------------------|---------------|
| 1             | AnalysisFS | 2, 4, 8, 16, 32, 64 | 1,6024                  | 24 сек.       |
|               | FracLac    |                     | 1,5756                  | 3 сек.        |
| 2             | AnalysisFS |                     | 1,7379                  | 21 сек.       |
|               | FracLac    |                     | 1,7055                  | 3 сек.        |

1. Федер Е.. Фракталы /Пер. с англ.-М.: Мир, 1991.

2. Karperien A. Box Counting, 2014. [Электронный ресурс]: // <http://imagej.nih.gov/ij/plugins/fractalac/FLHelp/BoxCounting.htm> .

3. Журба А.А., Михалёв А.И., Губенко С.И. Анализ фрактальных характеристик неметаллических включений при пластической деформации стали // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. - Выпуск 2 (85). - Днепропетровск, 2013. - С.171 - 180.

# **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

Осовик В.М., аспірант

*Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*

Застосування методів і технологій інтелектуальних транспортних систем залізничного транспорту спрямоване на підвищення ефективності залізничних перевезень, безпеки процесів експлуатації технічних систем (ТС) ін. Для розвитку сучасних транспортних систем важливим напрямком досліджень є багатокритеріальна оптимізація управління при забезпеченні вимог безпеки, ефективності, зниження впливу транспорту на навколишнє середовище в умовах зростаючої інтенсивності транспортних потоків, посилення взаємодії різних видів транспорту при вирішенні логістичних та інших технологічних завдань. Удосконалення процесів експлуатації парків ТЗ (вагонів, локомотивів, стрілочних переводів, електродвигунів ін.) або їх складових компонентів, з урахуванням параметрів поточного стану, є актуальною науково-технічною проблемою, яка є надзвичайно важливою для залізничного транспорту, де налічують тисячі одиниць такого роду ТС. У доповіді представлені методи підвищення ефективності процесів експлуатації парків електродвигунів (ЕД), що використовуються в залізничних стрілочних переводах - високо відповідальних системах управління процесами перевезень. В даний час тільки на Південно-Західній залізниці України їх експлуатується понад 6800. ЕД – коштовне устаткування при закупівлі, експлуатації, у ремонті. В даний час процеси експлуатації ЕД здійснюються на основі планово-попереджувального методу, з урахуванням нормування. Представлені результати по створенню інтелектуальної автоматизованої системи, що забезпечує управління процесами експлуатації парків ЕД на основі отримання оцінок параметрів їх поточного стану, без вилучення пристроїв з виробничих технологічних процесів.

У роботі запропоновано і досліджено кілька напрямків удосконалення автоматизованих систем управління експлуатацією парків ЕД залізничних стрілочних переводів. Серед інших у першу чергу відмічаються – урахування вектору показників, за якими оцінюються ефективність процесів експлуатації сукупностей ТС, розділення процедур визначення черговості діагностування технічних систем і їх ремонтів, урахування різної відповідальності окремих залізничних ділянок і систем що їх обслуговують, розвиток моделі автоматизованого управління парком ТС з урахуванням координації підсистем і розвитку автоматизованої системи, застосування інтелектуальних методів аналізу та управління на основі нейронних мереж, а також методів екстраполяційного прогнозування часових і технічних характеристик та ін. В якості компонентів векторного показника ефективності управління процесами експлуатації застосовуються експлуатаційні витрати, надійність системи (ризик відмови), додаткові витрати на відновлення функціонування системи. Показано взаємно компромісний характер відношень між цими величинами, що дозволяє застосувати аксіоматичні методи векторної оптимізації. Для визначення важливості окремих ТС з урахуванням відповідальності та напруженості перевезень на окремих ділянках залізниць застосовуються моделі методу аналізу ієрархій і нечіткого кластерного аналізу. У роботі наведено дані про технологічні можливості автоматизованої системи управління процесами експлуатації парків ЕД, а також пропозиції щодо можливості її застосування для інших типів технічних систем залізничного транспорту.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ AES

Островская Е.Ю., к.т.н., доцент, Шаповал С.С., магистр

*Национальная металлургическая академия Украина*

Advanced Encryption Standard (AES), также известный как Rijndael — симметричный алгоритм блочного шифрования (размер блока 128 бит, ключ 128/192/256 бит), принятый в качестве стандарта шифрования правительством США по результатам конкурса AES. Этот алгоритм хорошо проанализирован и сейчас широко используется, как это было с его предшественником DES. Национальный институт стандартов и технологий США после пятилетнего периода, AES был объявлен стандартом шифрования. По состоянию на 2009 год AES является одним из самых распространённых алгоритмов симметричного шифрования.

Поддержка AES введена фирмой Intel в семейство процессоров x86 начиная с Intel Core i7-980X Extreme Edition, а затем на процессорах Sandy Bridge.

AES является стандартом, основанным на алгоритме Rijndael. Для AES длина input (блока входных данных) и State (состояния) постоянна и равна 128 бит, а длина шифроключа K составляет 128, 192, или 256 бит. При этом, исходный алгоритм Rijndael допускает длину ключа и размер блока от 128 до 256 бит с шагом в 32 бита. Для обозначения выбранных длин input, State и Cipher Key в 32-битных словах используется нотация Nb = 4 для input и State, Nk = 4, 6, 8 для Cipher Key соответственно для разных длин ключей.

В начале шифрования input копируется в массив State по правилу  $state[r, c] = input[r + 4c]$ , для  $0 \leq r \leq 4$  и  $0 \leq c \leq Nb$ . После этого к State применяется процедура AddRoundKey() и затем State проходит через процедуру трансформации (раунд) 10, 12, или 14 раз (в зависимости от длины ключа), при этом надо учесть, что последний раунд несколько отличается от предыдущих. В итоге, после завершения последнего раунда трансформации, State копируется в output по правилу  $output[r + 4c] = state[r, c]$ , для  $0 \leq r < 4$  и  $0 \leq c < Nb$ .

Отдельные трансформации SubBytes(), ShiftRows(), MixColumns(), и AddRoundKey() - обрабатывают State. Массив w[] - содержит key schedule.

Процедура SubBytes() обрабатывает каждый байт состояния, независимо производя нелинейную замену байтов используя таблицу замен (S-box), рисунок 1.

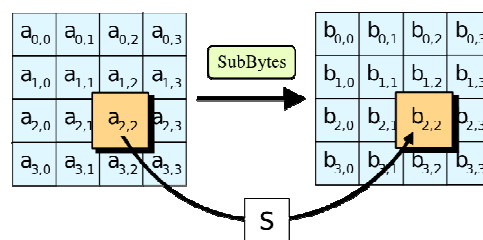


Рисунок 1

ShiftRows() работает со строками State. При этой трансформации строки состояния циклически сдвигаются на r байт по горизонтали, в зависимости от номера строки.

В процедуре MixColumns(), четыре байта каждой колонки State смешиваются, используя для этого обратимую линейную трансформацию.

В процедуре AddRoundKey(), RoundKey каждого раунда объединяется со State. Для каждого раунда Roundkey получается из CipherKey используя процедуру KeyExpansion; каждый RoundKey такого же размера, что и State. Процедура производит побитовый XOR каждого байта State с каждым байтом RoundKey.

В июне 2003 года Агентство национальной безопасности США постановило, что шифр AES является достаточно надёжным, чтобы использовать его для защиты сведений, составляющих государственную тайну (англ. classified information). Вплоть до уровня SECRET было разрешено использовать ключи длиной 128 бит, для уровня TOP SECRET требовались ключи длиной 192 и 256 бит.

1. Federal Information Processing Standards Publication 197 November 26, 2001 Specification for the ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES) (англ.)

2. Баричев С.Г., Гончаров В.В., Серов Р.Е. 2.4.2. Стандарт AES. Алгоритм Rijndael // Основы современной криптографии. — М.: Горячая линия — Телеком, 2002.

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ WEB - РЕСУРСІВ ЗАСОБАМИ WEB MINING

Островська К.Ю., к.т.н., доцент

*Національна металургійна академія України*

Web Mining - це використання методів інтелектуального аналізу даних для автоматичного виявлення веб-документів і послуг, добування інформації з веб-ресурсів та виявлення загальних закономірностей в Інтернет [1].

Технологія Web Mining охоплює методи, які здатні на основі даних сайту виявити нові, раніше невідомі знання. Іншими словами, технологія Web Mining застосовує технологію Data Mining для аналізу неструктурованої, неоднорідною, розподіленої і значної за обсягом інформації, що міститься на Web- вузлах.

У Web Mining можна виділити наступні етапи:

- input stage - отримання «сирих» даних з джерел;
- preprocessing stage - дані представляються у формі, необхідної для успішної побудови тієї чи іншої моделі;
- pattern discovery stage - етап моделювання;
- pattern analysis stage - інтерпретація отриманих результатів.

Це загальні кроки, які необхідно пройти для аналізу даних мережі Інтернет. У зв'язку з цим виділяють різні категорії Web Mining:

– Web Content Mining (Витяг веб-контенту) - процес вилучення знань з контенту документів або їх опису, доступних в Інтернеті.

– Web Structure Mining (Витяг веб-структур) - процес виявлення структурної інформації в Інтернеті. Даний напрямок розглядає взаємозв'язку між веб-сторінками, ґрунтуючись на зв'язках між ними. Побудовані моделі можуть бути використані для категоризації та пошуку схожих веб-ресурсів, а також для розпізнавання авторських сайтів.

– Web Usage Mining (Аналіз використання веб-ресурсів) - це автоматичне виявлення шаблонів в маршруті пересування користувача і пов'язаних з ним даними, зібраними або набутими в результаті взаємодії з одним або декількома веб-сайтами. Цей напрямок ґрунтується на отриманні даних з логів веб-серверів. Метою аналізу є виявлення переваг відвідувачів при використанні тих чи інших ресурсів мережі Інтернет [2].

На даному етапі важливо здійснити ретельну предобробку даних: видалити зайві записи логу, які не цікаві для аналізу.

Кожен користувач мережі має свої індивідуальні смаки, погляди, залежно від яких він відвідує ті чи інші ресурси. Виявивши, які сторінки і в якій послідовності відкривав користувач, можна зробити висновок про його переваги. Аналіз загальних тенденцій серед усіх відвідувачів показує, наскільки ефективно працює електронний портал, які його сторінки відвідуються найбільше, які менше.

На основі цього аналізу можна оптимізувати сайт: знайти раніше не помічені проблеми у функціонуванні, дизайні тощо.

Цей напрямок Web Mining також називають аналізом потоків кліків (click stream analysis) - упорядкована множина відвідувань сторінок, які переглянув користувач на веб-сайті.

Необхідні для аналізу дані знаходяться в логах серверів і cookie-файлах. При завантаженні веб-сторінки браузер також запитує все вставлені в неї об'єкти, наприклад графічні файли. У зв'язку з цим виникає проблема з тим, що сервер додає в журнал запису про кожний такий запит. Звідси випливає необхідність предобробки даних. Після того як виділено окремі перегляди сторінок користувачем, їх об'єднують в сесію.

1. Wang Y. Web Mining and Knowledge Discovery of Usage Patterns (англ.). - 2000.
2. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод, М.Д. Тесс, С.И. Елизаров. – 3-е издание перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ МАЛОМ ЧИСЛЕ ОТКАЗОВ

Пошивалов В.П. д.т.н., Даниев Ю.Ф. к.т.н., Резниченко Л.В.

*Институт технической механики Национальной академии наук Украины и  
Государственного космического агентства Украины*

Методы экспериментальной оценки надежности показывают, что в некоторых случаях испытаний двухпараметрическая функция распределений приводит к достаточно сложным вычислениям параметров распределения по результатам статистической обработки испытаний. При этом объем испытаний для требуемых значений доверительной вероятности и относительной ошибки остается достаточно большим, т.е. требует весьма больших затрат на проведение таковых испытаний

В работе для оценки надежности технических систем предлагается применение в качестве функции распределения – распределение Вейбулла, которое за счет использования дополнительной априорной информации (об ожидаемом значении коэффициента вариации распределения наработки) позволяет существенно сократить объем испытаний. Рассматривается Вейбулловское распределение с известным параметром формы и с неизвестным параметром формы.

В этом случае, если функция распределения Вейбулла имеет вид

$$F(t) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{t}{a} \right)^b \right], \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – параметры функции распределения Вейбулла, то параметр  $b$  можно определить в зависимости от коэффициента вариации

$$v = \frac{\sigma}{\bar{t}}. \quad (2)$$

Параметр  $a$  находится из выражения

$$a = \frac{\bar{t}}{K_b} \quad \text{или} \quad a = \frac{\sigma}{C_b}, \quad (3)$$

где  $C_b$  и  $K_b$  – коэффициенты, определяемые при известном коэффициенте вариации;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;  $\bar{t}$  – среднее значение периода безотказной работы системы.

Предложенный подход, в условиях малой статистики отказов, на основе использования дополнительной априорной информации о коэффициенте вариации распределения наработки до отказа, позволяет оценить параметры закона распределения наработки до отказа, что дает возможность определить все необходимые показатели надежности исследуемых технических систем (среднюю наработку, гамма-процентную наработку, вероятность безотказной работы за заданную наработку, остаточный ресурс и др.).

В качестве критерий согласия при малой выборке целесообразно использовать, специально предназначенный для двухпараметрического распределения Вейбулла критерий согласия Манна

$$S = \sum_{i=[r/2]+1}^{r-1} \left[ \frac{x_{i+1} - x_i}{M_i} \right] / \sum_{i=1}^{r-1} \left[ \frac{x_{i+1} - x_i}{M_i} \right], \quad (4)$$

где  $x_i = \ln t_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, r$ ;  $r$  – число наблюдений;  $t_i$  – порядковые статистики наработки до отказа;  $[r/2]$  – обозначает наибольшее целое число  $\leq r/2$ .

## **АЛГОРИТМИ ТА МОДЕЛІ РАЦІОНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ГРАНТОВИМИ ПРОЕКТАМИ СОЦІАЛЬНОГО НАПРЯМУ**

Сидоренко Р.Ю. аспірант, Григоренко В.У. проф., д.т.н.

*Національна металургійна академія України*

Заплановані в Україні демократичні реформи направлені на досягнення світових стандартів якості життя. Це дає можливість українським організаціям добувати міжнародні гранти спрямовані на досягнення країною світових стандартів рівню життя.

Перевагою грантів є те, що вони надаються безоплатно організаціям та фізичним особам для проведення наукових, дослідницьких робіт та на соціально важливі проекти. Завдяки грантам надається необхідна підтримка проектам, які не є прибутковими, але грають важливу роль у розвитку учбових закладів, науки та якості соціального життя [1].

При цьому дуже важливим є раціональне управління такими проектами для більш адресного спрямування коштів та ресурсів, які надаються завдяки грантам [2]. Тому в теперішній час стає актуальною задача пошуку нових напрямів вирішення цієї проблеми. Це можна зробити завдяки грамотному застосуванню елементів управління проектами.

Для аналізу та вирішення проблеми ефективного управління грантовими проектами на відповідному науковому рівні потрібно залучення нових алгоритмів та моделей в управлінні проектами.

Постає актуальною проблема моделювання процесів, пов'язаних з аналізом та оцінкою ефективності управління грантовими проектами. Її вирішення дозволить більш ефективно використовувати обмежені ресурси та завоювати позитивну репутацію перед організаціями-грантодавцями.

Слід зазначити, що такі алгоритми та методи слід застосовувати у діяльності по здобуттю грантів та реалізації проектів. Ці два напрямки роботи з грантами мають різні особливості, які потрібно враховувати при розробці алгоритмів та методів управління.

Розвиток комплексного програмного управління грантовими проектами повинен бути спрямованим на зменшення кількості керівників у подібних проектах, що дозволить зменшити комунікаційні затримки і дозволить більш швидко реагувати на будь які зміни у проектах [3].

Також важливим є розробка методологічних засобів, спрямованих на досягнення соціально значущих результатів та стимулювання участі ініціативного населення у соціальних програмах.

Результатом залучення таких програм розвитку повинно стати зростання швидкості розвитку соціального захисту населення країни, та залучення нових джерел інвестування соціально значущих програм.

1. Онлайн бібліотека: [www.wikipedia.org/wiki/Грант](http://www.wikipedia.org/wiki/Грант)

2. Клиффорд Ф.Грей, Эрик У. Ларсон - Управление проектами: Практическое руководство / Пер. с англ. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2003. — 528с.

3. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. – Управление проектами: Учебное пособие / Под общ. ред. И.И. Мазура. — 2-е изд. — М.: Омега-Л, 2004. — с.664

## **МОДЕЛІ І МЕТОДИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЦЬ НА ОСНОВІ ПАРАМЕТРІВ ПОТОЧНОГО СТАНУ**

Скалозуб В.В., д.т.н., Швець О.М., к.т.н., Скалозуб М.В., аспірант

*Дніпропетровський національний університет*

*залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*

Сучасні автоматизовані системи залізничного транспорту спрямовані на підвищення ефективності перевезень, безпеки процесів експлуатації технічних систем (ТС), реалізації широкого спектру логістичних функцій ін. У багатьох випадках в них застосовуються методи і технології інтелектуальних транспортних систем (ІТС), засобів супутникової навігації, використовуються складні протоколи взаємодії рухомих об'єктів, а також підсистем інфраструктури. Для підвищення конкурентноспроможності транспортних систем залізниць важливим напрямком досліджень є підвищення ефективності перевезень, зниження впливу транспорту на навколишнє середовище при зростанні інтенсивності транспортних потоків, посилення взаємодії різних видів транспорту при вирішенні логістичних та технологічних завдань організації мультимодальних та інтермодальних перевезень, при забезпеченні визначених вимог безпеки. Вирішення таких завдань у значній мірі пов'язане із процесами експлуатації парків технічних систем залізниць, які налічують тисячі одиниць складних і відповідальних ТС.

Завдання експлуатації парків ТС формулюється таким чином. Розглядається задана множина складних техніко-технологічних об'єктів однакового призначення, парк технічних систем, а також процеси їх експлуатації. Об'єкти парків характеризуються наборами властивостей, значення яких вказують на їх певний «поточний» стан, що відображає хід і можливості подальшої експлуатації кожної з систем. Технічний стан об'єкта на даному етапі експлуатації визначається за сигналами, що знімаються з нього, причому без вилучення систем із процесів експлуатації. Також відомі ресурси (технічні, матеріальні, трудові та ін.), які необхідні або ж виділені для експлуатації парку об'єктів. Вирішується завдання автоматизації процесів експлуатації парку ТС шляхом створення інтелектуальної автоматизованої технології та системи управління процесами експлуатації парку ТС по отриманим параметрам поточному стану, а також попереднім даним, представленим відповідними моделями процесів. При цьому потрібно визначити, діагностувати, параметри стану компонентів системи (моніторинг технічного стану), а також забезпечити раннє виявлення прихованих несправностей. Результатом моніторингу є оцінка приналежності об'єкта до класу справних або до заданих несправних класів станів ТС. Якщо виявлено несправний стан об'єкта, то потрібно визначити вид несправності і отримати оцінку достовірності. На основі даних моніторингу об'єктів потрібно отримати прогноз можливих змін станів елементів ТЗ, а також встановити раціональну черговість контролю і відновлення елементів, з урахуванням вимог щодо загальної безпеки транспортної системи та обмежених ресурсів процесів експлуатації. Своєчасна діагностика дозволяє знизити витрати, викликані простоєм елементів системи і зменшити витрати на їх відновлення, а прогнозування станів дозволяє реалізувати оптимальне планування процесів експлуатації «по поточному стану».

У доповіді представлено комплекс математичних моделей і методів, які призначені для технологій інтелектуального автоматизованого багатокритеріального управління парками ТС залізниць. В них окремі ТС мають індивідуальні моделі процесів експлуатації та ремонту.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ОРБИТ ПО ВЕРОЯТНОСТИ СТОЛКНОВЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С КАТАЛОГИЗИРОВАННЫМ КОСМИЧЕСКИМ МУСОРОМ

Сюткина С.В.

*Институт технической механики Национальной академии наук и  
Государственного космического агентства Украины*

При планировании запуска космического аппарата (КА) целесообразно провести оценку риска его столкновения с каталогизированными объектами космического мусора (КМ) и определить возможное количество или частоту маневров уклонения КА от столкновения.

Большинство объектов КМ с габаритными размерами  $> 10$  см отслеживаются наземными станциями наблюдения, каталогизируются, а информация об эволюции орбит этих объектов регулярно обновляется в двух-строчном формате данных набора элементов орбит Two-Line Element (TLE). Указанная информация даёт возможность определить вероятность столкновения КА с космическим мусором, а также оценить статистическую частоту маневров уклонения КА от потока каталогизированных объектов КМ.

Отсюда следует, что целесообразно классифицировать орбиты КА по вероятности столкновения с КМ, а также частоте маневров уклонения КА от столкновения с каталогизированными объектами космического мусора.

В докладе предложено проводить классификацию орбит КА, используя следующие методы и алгоритмы [1]:

- метод определения района, в котором проходящий объект КМ может привести к столкновению с целевым КА;
- метод определения частоты маневров уклонения целевого КА для предотвращения столкновения с потоком объектов КМ диаметром  $d > 10$  см, который моделируется моделью MASTER-2001;
- алгоритм модели SGP4 (SDP4) прогнозирования возмущенных орбитальных движений космических объектов, в котором используется двух строчный набор элементов орбит (TLE);
- алгоритм фильтрации, позволяющий определить события пролетов каталогизированных объектов КМ около целевого КА, с использованием фильтров по высоте орбит КА, по геометрии пересечения орбит объектов КМ и целевого КА, по времени прохождения объектами узловых точек пересечения орбит, с учётом минимального расстояния пролетов опасных объектов КМ около целевого КА;
- алгоритм оценки вероятности столкновения конкретного объекта КМ с целевым КА в контролируемой области пространства вокруг него;
- алгоритм расчета абсолютной частоты столкновения, которая может быть уменьшена маневрами КА, и остаточной частоты столкновения, когда проведение маневра КА не требуется.

С использованием указанных методов и алгоритмов может быть осуществлена классификация орбит по вероятности столкновения КА с каталогизированными объектами КМ и решена задача выбора орбиты для безопасного функционирования КА.

1. Heiner Klinkrad. SpaceDebris.ModelsandRiskAnalysis / Heiner Klinkrad. – Germany :PraxisPublishing, 2006. – 430 p.

## РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Швачка А.И. асп.<sup>1</sup>, Чайка А.Л. к.т.н.<sup>2</sup>, Зайцев В.Г. к.ф.-м.н.<sup>3</sup>,

Шевелев А.Г. к.ф.-м.н.<sup>3</sup>, Бородулин А.В. д.т.н.<sup>2</sup>

ГВУЗ «УГХТУ»<sup>1</sup>, ИЧМ НАН Украины<sup>2</sup>, ДНУ им. О. Гончара<sup>3</sup>

Эффективная работа доменной печи затруднена без совершенствования математических методов и моделей, современной расчетной базы, и в целом высокого уровня информационного обеспечения процесса доменной плавки, в том числе процессов сжигания в турбовоздуходувках, обогащения кислородом и нагрева дутья в воздухонагревателях и иных агрегатов и машин, обслуживающих печь.

Исходя из физических основ доменного процесса при моделировании, рассмотрена операция плавки с учетом характеристик шихты и материалов. Усовершенствованная оптимизационная модель топливоиспользования представляет задачу нелинейного программирования по определению экстремального значения функции: производительность- $P_{max}$ , удельный расход кокса и условного топлива- $K_{min}$ ,  $T_{min}$  при варьировании характеристик дутья. Ограничения в задаче определяют текущие и перспективные режимы плавки.

Характеристика трендов по влиянию отдельных параметров дутья на тепловой режим плавки показала, что ни одна из составляющих дутьевого режима не дает такого эффекта как комбинированное их использование. На повышение производительности влияет повышение содержания кислорода в дутье, а для снижения расхода топлива- вдувание топливных добавок.

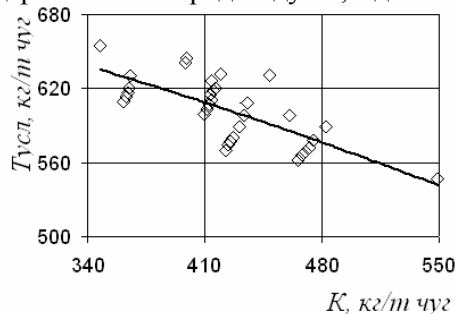


Рис. 1 Проекция решений в задаче поиска компромисса « $P$ - $K$ - $T_{усл}$ »

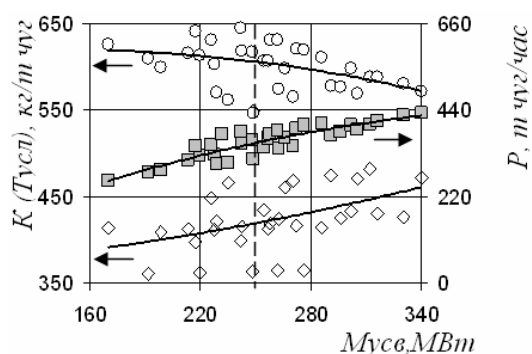


Рис. 2 Поиск рационального режима в задаче « $P$ - $K$ - $T_{усл}$ »:

- удельный расход условного топлива,
- произво-дительность,
- ◇- удельный расход кокса

Рациональные решения, полученные по отношению к отдельным показателям необходимо скомбинировать в компромиссные таким образом, чтобы потери по отношению к каждому показателю были минимальными. Для процесса доменной плавки это задача повышения производительности ( $P$ ) при снижении удельных расходов кокса ( $K$ ) и условного топлива ( $T_{усл}$ ). Ее решение выполнено с использованием принципа предпочтения по Парето и понятия «конуса» для обхода точек конкурирующих решений и представляет не единственное решение, а их множество, определяющее поверхность в пространстве. С целью анализа тенденций полученные решения перенесены на плоскость и рассмотрены в проекциях искоемых величин. Их оценку, по-видимому, необходимо начинать с анализа соотношения используемых видов топлива (рис. 1) и дальнейшим переходом на показатель производительности и анализа дутьевого режима.

С целью развития формализованных методов принятия рациональных решений в многокритериальной среде предложено использовать усвоенную тепловую мощность ( $M_{услв}$ , MBm) как оценку теплового состояния и дополнительного построения в указанной плоскости параметров процесса. Полученные характеристики имеют более или менее выраженный экстремальный характер и являются основанием для выбора (рис. 2).

Предложенный алгоритм расширяет информационно базу принятия научно обоснованных решений по управлению тепловым режимом доменной плавки.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ СРЕДСТВАМИ КОНСТРУКТИВНО-ПРОДУКЦИОННЫХ СТРУКТУР

Шинкаренко В. И. д.т.н., Куропятник Е. С.

*Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна*

Одним из ключевых направлений развития информационных технологий является семантическая обработка текстов на естественных языках, которая включает сравнения текстов, поиск плагиата, выделение знаний, анализ моделей и проектов и другие задачи искусственного интеллекта.

Семантика – это множество связанных между собой триад: нечто – слово – смысл. Нечто (что-то) – сущность, объект, процесс, событие, явление материального или виртуального (абстрактного) мира или отдельное их свойство. Это часть мира, рассматриваемая обособленно от всего остального. Слово – кодированное представление чего-то. Смысл – представление о чем-то (о нечто).

Для человека характерно образное восприятие мира. Под образом будем понимать отражение чего-то реального или виртуального, его свойств и отношений на некотором материальном носителе.

Формирование, преобразование и хранение образов происходит под влиянием окружения и внутреннего мира человека (материального и нематериального). Для формализации данных процессов могут быть использованы обобщенные конструктивно-продукционные структуры (КПС) [1].

При специализации КПС уточняется носитель, сигнатура и аксиоматика в соответствии с данной предметной областью. Носителем является совокупностью образов. Элементы носителя имеют набор атрибутов, которые также являются образами. Носитель содержит образ мира ( $\iota P$ ) как поток звуков, изображений, ощущений и чувств. Данный образ управляется человеком и имеет конкретное значение в некоторый момент времени  $t$ . Сигнатура включает такие операции как экспликация образа, изменение уровня его доступности, обобщение, конкретизация, детализация, уточнение, кодирование и распознавание. На основании выделенных образов могут быть сформированы конструкции – сентенциальные формы [1]. Конструкция представляет собой совокупность образов с атрибутами, связанных между собой некоторыми отношениями.

Интерпретация КПС заключается в установлении соответствия между сигнатурой операций и алгоритмами (способностями человека) их выполнения.

Конкретизация КПС заключается в задании конкретного образа  $\iota P$  и правил подстановки, которые включают отношения подстановки, операции связывания и операции над атрибутами. Образы выделяются экспликацией из образа мира или конструкции. Они могут быть изменены путем добавления или изменения атрибутов и их значений, обобщения и формирования новых образов. Между образами могут быть установлены отношения.

Кодирование образа предполагает определение для него атрибута «код», значением которого является слово естественного языка. Обратная операция – распознавание – предполагает переход от кода к образу, что позволяет понять смысл полученной информации.

Реализация КПС заключается в формировании множества образов с атрибутами и отношений между ними, что определяет естественный язык конкретного человека.

Использование подхода на основе КПС позволяет формализовать понятие семантики слова, установив связь между смыслом и словом, используя атрибутивные связи и различные отношения образов – отражения чего-то. Данный подход способствует автоматизации семантической обработки текстов.

1. В. И. Шинкаренко / Конструктивно-продукционные структуры и их грамматические интерпретации. I. Обобщенная формальная конструктивно-продукционная структура. / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – № 5. – с. 3 – 14

**СЕКЦІЯ 6**  
**ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА**  
**ОРГАНІЗАЦІЯ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА**

# ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМ ПОДЗЕМНОГО КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Бабенко Ю.В. ассистент

<sup>1</sup> *Национальная металлургическая академия Украины*

Разработанные в данное время математические модели функционирования систем конвейерного транспорта преимущественно описывают системы с простой структурой «конвейер – бункер – конвейер» [1]. Однако, на практике структура систем подземного конвейерного транспорта (СПКТ) гораздо сложнее [2]. Поэтому разработка математического и программного обеспечения, которое позволило бы не только отслеживать параметры системы, но и оптимизировать процесс ее работы, является актуальной задачей.

В этой работе предложена имитационная модель функционирования СПКТ, позволяющая не только моделировать поведение СПКТ в различных, в том числе и аварийных, условиях, но и исследовать влияние параметров отдельных элементов СПКТ на ее работу. На рисунке 1 представлена разработанная модель:

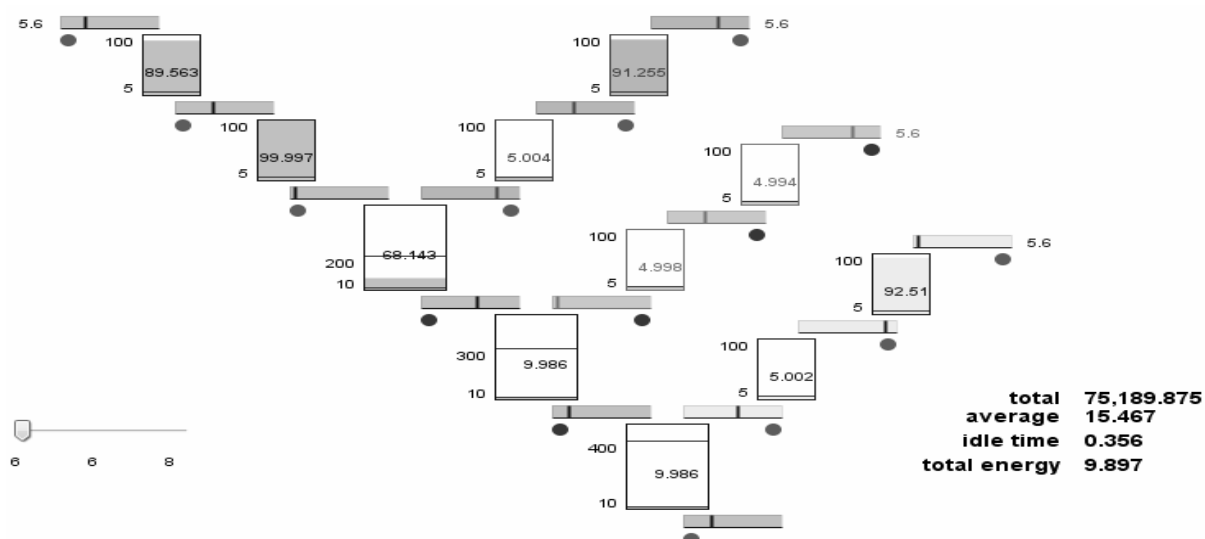


Рисунок 1. Имитационная модель СПКТ древовидной структуры

Предложенная имитационная модель является моделью реального времени и во время ее работы можно отслеживать такие ее параметры как: объем груза в каждом бункере; общий объем транспортируемого груза (total); средний объем транспортируемого груза (average); среднее время простоя СПКТ из-за остановок конвейеров или переполнения бункеров; средние энергозатраты СПКТ. У пользователя имеется возможность варьирования скоростей питателей путем движения ползунка слайдера.

В результате можно сделать вывод, что имитационная модель СПКТ дает возможность детально исследовать процесс функционирования СПКТ при различных входных параметрах системы и объемах аккумулирующих бункеров без значительных временных и материальных затрат.

1. Системы подземного транспорта на угольных шахтах / В. А. Пономаренко, Е. Л. Креймер, Г. А. Дунаев [и др.]. – М.: Недра, 1975. – 309 с.
2. Кирия Р.В. Определение критерия эффективности функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт / Р.В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системные технологии. Рег. межвуз. сб. научн. работ. – Выпуск 3 (90). – Днепропетровск: НМетАУ, 2014. – С. 152-161.

## **ПРОЕКТУВАННЯ МАРШРУТІВ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНИХ ТРУБ**

В.Ф. Балакін д.т.н, І.А. Соловйова к.т.н, Ю.М. Николаєнко

*Національна Металургійна Академія України*

Мета виконаної наукової роботи – розробка алгоритму та програмного забезпечення проектування маршрутів виробництва холоднодеформованих труб при використанні розроблених на кафедрі технологічного проектування НМетАУ математичних моделей процесів деформації.

Багатоциклічність процесів виробництва холоднодеформованих труб одних і тих же видів та розмірів призводить до використання різних технологічних схем їх виготовлення із заготовки різних розмірів за різне число циклів деформації. Під час проектування варіантів маршрутів виробництва холоднодеформованих труб необхідно задовольняти наступним вимогам:

- використовувати на кожному проході маршруту всі можливі варіанти устаткування для холодної деформації металу;
- обмежуватися уніфікованими розмірами діаметрів та товщини стінки заготовок;
- розміри вихідної заготовки обмежувати сортаментом заготовок;
- використовувати режими деформації, що забезпечують максимальне використання пластичних властивостей металу.

Для вибору способів деформації при проектуванні маршрутів побудовані зони застосовності будь-якого способу деформації з урахуванням відповідного типорозміру обладнання [1].

При розробці математичних моделей використані визначені допустимі параметри деформації, які відповідають переліченим вимогам та представлені регресійними моделями [2,3,4,5].

Розроблені алгоритм та комп'ютерна програма розрахунку маршрутів, яка вирішує питання, перелічені в головному вікні інтерфейсу:

- Розрахунок маршруту виробництва;
- Алгоритм розрахунку деформації за проход;
- Критерії оцінки оптимальності маршрутів;
- Інструкція користувача;
- 3-D моделі основного обладнання.

Таким чином, розроблена комп'ютерна програма вирішує питання не тільки проектування маршруту, а і методичного та візуального супроводження розрахунків та може бути використана на підприємстві і в учбовому процесі.

1. И.А. Соловьева. Разработка многовариантной технологии, исследование и внедрение рациональных режимов производства холоднодеформированных труб. – Дис.на соиск. ст. к. т. н., - Днепропетровск, 1987.
2. В.Ф. Балакин, О.Н. Земляная, И.А. Соловьева, Ю.Н. Николаенко. Разработка алгоритмов и программного обеспечения расчета параметров производства холоднодеформированных труб прокаткой на станах ХПТР. //Пластическая деформация металлов. № 2, 2014. –С.144-149.
3. В.Ф.Балакин, И.А. Соловьева, О.В. Сергеева, А.С. Голубицкий, Н.А.Кашенко. Проектирование маршрутов безоправочного волочения на основе уточненной математической модели. //Теория и практика металлургии. №1-2, 2012.-С.60-64.
4. Кучеренко В.Р. , Кондратьев Е.В. , Соловьева И.А. . Анализ существующих режимов деформации при волочении и разработке рекомендаций по их оптимизации: Отчет о НИР – ДМетИ, – Днепропетровск, - 1976. – 91 с.
5. Кондратьев Е.В., Исследования и разработка рациональных параметров деформации при холодной прокатке труб, – Автор диссертации К.Т.Н. Днепропетровск, ДМетИ, 1983, – 32с.

## СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖИМОГО WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ

Волковский О.С. к.т.н., Ковылин Е.Р. магистр

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

С развитием web-технологий можно наблюдать значительное расширение информационного пространства сети интернет. В связи с этим возникает ряд вопросов связанных с обработкой, анализом и оптимизацией работы с текстовыми данными в сети. Наиболее естественной формой общения и подачи информации для человека является естественный язык, поэтому основными инструментами для решения этих проблем становятся методы математической лингвистики и методы семантического анализа данных. Под семантическим анализом мы будем понимать процесс автоматического реферирования – составление небольшого текста-реферата, способного донести до пользователя основную идею исходного документа.

Для решения проблемы излишней вариативности при поиске информации в интернете были разработаны семантические алгоритмы и система реферирования, построенная на их основе[1]. Структуру системы условно можно разделить на четыре части: блок синтаксического анализа, блок-стеммер, блок семантического анализа, блок сборки реферата. Логика работы программы можно увидеть на рис. 1.



Рисунок - 1. Архитектура системы семантического реферирования

Синтаксический блок включает в себя методы для выделения предложений и слов из текста, методы удаления стоп-слов, методы проставления тэгов – специальных дескрипторов для семантического анализа, методы для работы со вспомогательными словарями. Блок-стеммер представляет собой набор методов, необходимых для проведения специальных операций над каждым информативным словом в тексте. Блок семантического анализа необходим для взвешивания предложений по разработанному алгоритму и подсчета количества предложений в конечном реферате. Блок сборки реферата включает методы для парсинга web-страницы, стилистической корректировки текста, сборки конечного реферата.

Работа системы показывает, что алгоритмы семантического анализа без опоры на знания могут давать достаточно хорошие результаты, применение которых в рамках задачи оптимизации поиска информации в интернете весьма уместно.

1. Волковский О.С., Ковылин Е.Р. Семантический анализ содержимого web-приложений// Системные технологии. Региональный сборник межвузовских научных трудов. -2015. №5(94) . -С. 23-29.

## ВИБРАЦИОННАЯ КИНЕМАТОМЕТРИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Журавлёв В.Н.<sup>1</sup>, д.т.н., Единович А.Б.<sup>1</sup>, Папчёнков А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГП «Ивченко-Прогресс», <sup>2</sup>ОАО «Мотор Сич», Запорожье, Украина

Эффективным направлением эксплуатационного технического диагностирования наиболее напряжённых узлов – зубчатых передач редукторов газотурбинных двигателей (ГТД), являются методы анализа сигналов вибраций корпуса двигателя. Традиционные методы вибрационной диагностики преимущественно основываются на спектральном разложении сигналов с информационным анализом амплитудного спектра преобразования Фурье либо спектральной плотности мощности [1]. Операции интегрирования (либо свёртки) нестационарного сигнала вибраций на интервале длительности окна анализа определяют большую дисперсию информационных параметров во временной и частотной областях. Статистические методы обработки, применяемые для анализа дефектов зубчатых передач редукторов вертолётов [2], не локализованы в спектральной области, что определяет их пороговую чувствительность к зарождающимся дефектам и неудовлетворительную чувствительность к помехам в интервале окна обработки сигнала.

В результате проведенного анализа показано, что в случае эксплуатационного дефекта зуба, трещины, выкрашивания, изменения массы либо износа (изменения геометрии поверхности) будет изменяться функции линейной деформации зуба  $\Delta L_z(t)$  и девиации скорости  $\Delta v(t)$  в пространстве времени, влияющие на энергию вибраций  $\Delta E_v(t)$ . Решена задача эксплуатационной вибрационной кинематометрии зубчатых передач редукторов ГТД. Разработана математическая модель и метод анализа сигналов вибраций, который работает в пространстве времени и позволяет рассчитывать фазовую функцию информационного сигнала зубчатой передачи. Показано, что основной функцией, которая характеризует энергетическую эффективность передачи крутящего момента и является чувствительной к зарождающимся дефектам зубьев шестерён, является девиация первой производной угловой скорости пересопряжения зубьев  $\Delta \omega_z(t) = \frac{d\omega_z(t)}{dt}, t \in [T_z]$  на интервале времени  $T_z$ , т.е. функция динамической кинематической погрешности. Искомые параметрами, функции которых при эксплуатационной нагрузке определяют потери энергии в процессе передаче крутящего момента зубчатой парой, есть величина линейной деформации зуба  $\Delta L_z(t)$  и девиация скорости  $\Delta v_z(t)$  перемещения материала зуба. Экспериментальные исследования модели позволяют прогнозировать её адекватность не хуже 0,9.

1. Журавлёв В.Н. Методическая адекватность спектральной модели в задаче технического диагностирования роторных деталей редукторов ГТД [Текст] /В.Н. Журавлёв, А.В. Папченков, С.А. Борзов // «Вестник двигателестроения» – Запорожье, АО "Мотор Сич", 2014. – № 2. – С. 221 – 228.

2. Harry J. Decker. Crack Detection for Aerospace Quality Spur Gears [Text] /Harry J. Decker U.S. Army Research Laboratory Glenn Research Center, Cleveland, Ohio/National Aeronautics and Space Administration. NASA/TM—2002-211492. Prepared for the International 58th Annual Forum and Technology Display sponsored by the American Helicopter Society.- Montreal, Quebec, Canada, June 11-13, 2002.

## **ПОВЫШЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ МИНИ-ПРОЕКТОВ**

Кадильникова Т.М. д.т.н., Кулик В.А. аспирант, Шинковская И.Л. ст.преп.

*Национальная металлургическая академия Украины*

В последнее время на мировом экономическом пространстве наблюдается резкое обострение конкурентной борьбы за рынки сбыта и, как следствие, за снижение себестоимости продукции и повышение ее качества, которые можно достичь при грамотной модернизации либо всего производства, либо отдельных его частей, так называемых производственных модулей. Для этого необходимы в первую очередь материальные вливания – инвестиции, которые можно получить лишь при четком соблюдении следующего правила: «Объект инвестиций должен быть интересен субъекту». На главный план выходит создание мини-проектов производственных модулей, в простейших случаях представляющих опытно-производственные установки, небольшие промышленные предприятия, действующие и модернизируемые.

Мини-проекты невелики по масштабу, просты и ограничены объемами, они допускают ряд упрощений в процедуре проектирования и реализации, формировании команды проекта. При оценке инвестиционной привлекательности производственных модулей, задаваясь определенной моделью рискованных событий, а значит и вероятностью наступления и размерами возможного ущерба, можно, руководствуясь различными методиками, сравнивать аналогичные по содержанию проекты. На практике не столь важны численные значения вероятности рискованного события или размеры ущерба, сколько необходима выработка системной процедуры их минимизации.

На первом этапе данного процесса менеджер проекта пользуется предварительными списками или матрицами заинтересованных сторон, сформированными при разработке содержания проекта. Необходимо учесть как непосредственно задействованные в проекте стороны (проектная команда, заказчик субподрядчик), так и заинтересованные стороны, не связанные непосредственно с деятельностью по проекту (подразделения, вовлеченные в процесс введения в эксплуатацию или поддержки использования продукта проекта).

На втором этапе проектный менеджер и его команда по соглашению со всеми заинтересованными сторонами определяют ответственность заинтересованных сторон и их роль в процессе управления проектом. Полученная информация фиксируется тем или иным образом и дорабатывается в зависимости от принятых корпоративных стандартов предприятия. В дальнейшем этот окончательный план будет служить базисом отслеживания выполнения проекта.

На следующих стадиях развития проекта проектный менеджер должен отслеживать обновления проектного плана в соответствии с принятыми процедурами минимизации рисков и ущерба от непредвиденных ситуаций. Здесь большую роль приобретает выработка стратегий мини-проекта.

1. Стратегия ограниченного роста. Применяется, когда четко налажено производство, потому нет смысла рисковать.

2. Стратегия роста. Приемлема для развивающихся предприятий, способных завоевывать новые рынки сбыта для своей продукции, используются новые достижения в технологиях, высококвалифицированный персонал.

3. Стратегия сокращения. Сокращение или переориентация компании, вплоть до полной ликвидации.

4. Стратегия выживания. Максимальное использование ресурсов и частичная или полная модернизация, сохранение тематики фирмы, основных сотрудников.

5. Стратегия фокусирования или узкой специализации. Выбор ограничений по масштабам сферы хозяйственной деятельности с резко очерченным кругом потребителей.

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ НА ПРОЦЕСС ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСЕННОЙ ЭНЕРГИИ

Корсун В.И. д.т.н., Харламова Ю.Н. аспирант

ГВУЗ «Национальный горный университет»

Известно, что уровень запасенной в системе энергии влияет на её быстродействие. Происходящее при этом перераспределение подведенной энергией между полезной работой и запасённой энергией происходит в пределах рассматриваемой системы [1].

В работе [2] с целью улучшения качественных характеристик процесса идентификации рассматривалась задача перераспределения запасённой энергии между двумя одинаковыми по структуре адаптивными моделями. При этом одна из моделей имела более высокие, а другая – более низкие, чем идентифицируемый объект, энергетические характеристики. Для обоснования корректности построения подобных систем использовались осцилляционные колебания типа качелей механического маятника.

Следует отметить, что колебания типа качелей имеют место и в электрических цепях. Рассмотрим, например, электрическую цепь, в которой конденсатор  $C$  разряжается на индуктивность  $L$ . Процесс изменения напряжения на ёмкости описывается дифференциальным уравнением:

$$V^{(2)}(t) + a^2(t) \cdot V(t) = 0, \quad V(0) = V_0, \quad V^{(1)}(0) = 0, \quad a = 1/\sqrt{LC_1}. \quad (1)$$

Решив уравнение (1) получим:  $V(t) = V_0 \cdot \cos(\alpha t)$ .

В момент  $\tau$  происходит изменение величины, как в большую, так и в меньшую сторону. После этого динамика цепи начинает описываться дифференциальным уравнением:

$$V^{(2)}(t) + b^2(t) \cdot V(t) = 0, \quad V(\tau) = V_0 \cdot \cos(\alpha \tau), \quad V^{(1)}(\tau) = -V_0 \cdot \alpha \cdot \sin(\alpha \tau), \quad b = 1/\sqrt{LC_2}. \quad (2)$$

Решение уравнения (2) имеет вид:  $V(t) = A \cdot \cos(bt) + B \cdot \sin(bt)$ ,

где  $A = [b \cdot \cos(\alpha \tau) \cdot \cos(b\tau) + a \cdot \sin(\alpha \tau) \cdot \sin(b\tau)] \cdot V_0 / b$ ,

$B = [b \cdot \cos(\alpha \tau) \cdot \sin(b\tau) - a \cdot \sin(\alpha \tau) \cdot \cos(b\tau)] \cdot V_0 / b$ .

На рис.1 представлена диаграмма изменения  $V(t)$  для двух случаев соотношения между  $a$  и  $b$  (или  $C_1$  и  $C_2$ ).

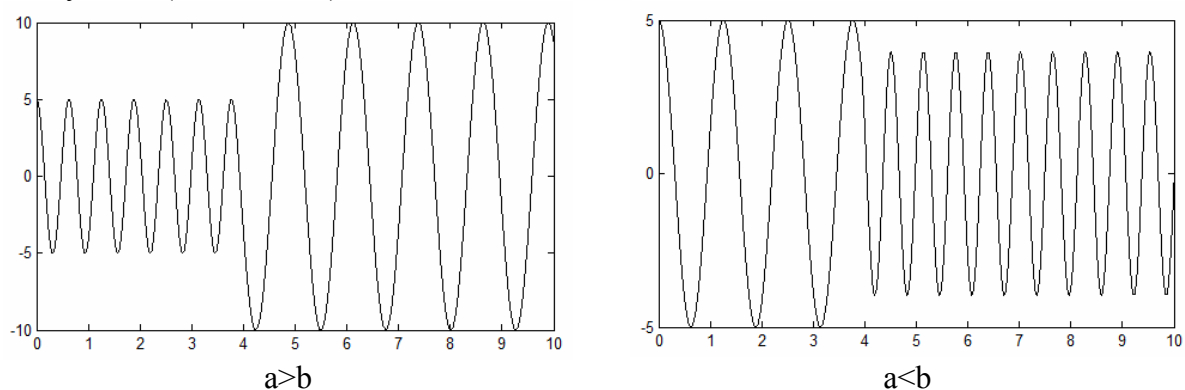


Рисунок 1 – Диаграмма изменения  $V(t)$

Как видно из результатов моделирования в электрической цепи имеют место осцилляционные колебания типа качелей, т.е. идет процесс перераспределения энергии.

1. Олейников В.А. Основы оптимального и экстремального управления. / В.А. Олейников, Н.С. Зотов, А.М. Пришвин – М. : «Высшая школа», 1969. – 296 с.

2. Корсун В.И. Методы и системы адаптивной идентификации и управления, использующие принципы симметрии. / В.И. Корсун – Д. : ДВНП «Системные технологии», 1997. – 130 с.

## ПОЛУОПРЕДЕЛЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИИ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ

Кучеренко А.Е.

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

Поиск эффективной конструктивной схемы, лежащей в основе стержневой системы, которая, с одной стороны, обладала бы необходимыми технико-эксплуатационными характеристиками, а с другой - обеспечивала минимальный расход материалов, является нетривиальной задачей. Так, в [1] подобная проблема решается с использованием генетических алгоритмов, а в [2] - как задача выпуклого программирования. При этом проблеме устойчивости системы не уделяется должное внимание.

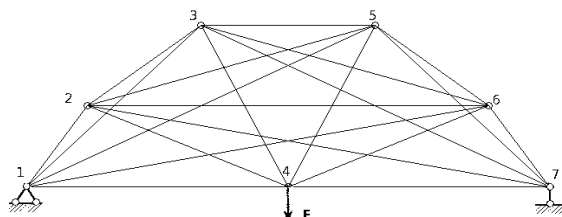


Рисунок 1 - Полный граф-прототип фермы

Условно представляя стержневую систему как граф с  $m$  ребрами и  $n$  вершинами (рис. 1), можно записать такую оптимизационную задачу [2]:

$$\begin{aligned} & \text{minimize}_{W,v} W \\ & s.t. \sum_{i=1}^m v_i \leq V \\ & v_i \geq 0 \forall i = 1 \dots m, \\ & \begin{pmatrix} W & F^T \\ F & \sum_{i=1}^m \frac{E_i v_i}{L_i^2} a_i a_i^T \end{pmatrix} \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

где  $W$  - верхняя оценка величины энергии упругой деформации стержневой системы;  $v_i$  - объем стержня;  $F$  - внешние силы, приложенные к узлам конструкции;  $E_i$  - модуль Юнга;  $L_i$  - длина стержня;  $a_i$  -  $i$ -й столбец матрицы  $A$  уравнений равновесия системы. Если положить  $V=1$ , то решение этой задачи позволяет однозначно определить топологию системы при заданных внешних воздействиях и получить соотношение между объемами стержней  $v_1: v_2: \dots: v_m$ . Итерационно увеличивая  $V$ , можно найти минимальный объем материала (и каждого стержня соответственно), при котором выполняются условия прочности (2) и общей устойчивости (3):

$$\frac{f_i L_i}{V v_i} \leq \gamma R \forall i = 1 \dots m, \quad (2)$$

где  $f_i$  - осевая сила,  $\gamma$  - коэффициент условий работы,  $R$  - расчетное сопротивление материала. Общая устойчивость системы определяется из условия

$$D_{ii} > 0 \forall i, \quad (3)$$

где  $D$  - диагональная матрица, полученная после  $LDL^T$  декомпозиции глобальной касательной матрицы жесткости  $K_T$  стержневой системы.

1. Серпик И. Н., Алексейцев А. В., Лелетко А. А. Генетические алгоритмы оптимизации металлических строительных конструкций. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2010.
2. Kocvara M., Outrata J. Effective reformulations of the truss topology design problem. Optimization and Engineering, 2005.

## ОЦЕНКА РИСКОВ С ПОМОЩЬЮ ГИПЕРСЛУЧАЙНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Литвиненко К. В., соискатель

ГВУЗ «Национальный горный университет»

При анализе сложных технических, динамически изменяющихся систем обеспечение статистических условий наблюдения достигнуть практически невозможно, что указывает на только приближенно получаемую функцию распределения статистического закона. Описание рисков технологических процессов для указанных нестабильных условий получения статистик может быть осуществлено на основе класса моделей, в которых абстрактными математическими объектами выступают гиперслучайные события [1]. Если гиперслучайная величина  $x$  при условиях наблюдения  $g$  имеет плотность распределения  $f(x/g)$ , то для приемлемого описания такой величины можно считать полную плотность распределения [2]

$$f(x/g) = \sum_{i=1}^n p_i f_i(x/g), \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1,$$

где  $p_i$  - вес плотности распределения гиперслучайной величины  $x/g$ . Для многочлена плотности вероятности непрерывной функции  $f(x/g)$  производящая функция моментов имеет вид

$$M_{x/g}(S) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{S(x/g)} f(x/g) dx.$$

Анализ риска технологических систем в виде системного подхода к анализу причин, влияющих на величину риска системы удобно проводить построением диаграммы «причин – результатов» [3]. Каждый из факторов диаграммы может трактоваться как стохастическая ветвь с параметрами  $P, M(S)$ , где  $P$  - вероятность возникновения негативного фактора,  $M(S)$  - производящая функция моментов распределения потерь (убытков) от влияния данного фактора.

Процедуры GERT - стохастического сетевого моделирования позволяют построить эквивалентную функцию для произвольного  $n$ -го количества факторов диаграммы в виде

$$W_E = \frac{1}{P_a + P_b + \dots + P_n} \cdot [P_a M_a(s) + P_b M_b(S) + \dots + P_n M_n(S)].$$

Горное производство относится к категории производств повышенных горно-геологических и технологических рисков вследствие высокого уровня изменчивости и неопределенности условий. Представленный гиперслучайный диаграммно – сетевой подход позволяет адекватно оценивать риски горнотранспортной системы карьера для оперативного планирования и управления [4].

1. Горбань, И.И. Гиперслучайные явления и их описание [Текст] / И.И. Горбань. // Акустичний вісник. – 2005. – Т.8, № 1-2. – С.16-27.
2. Литвиненко, К.В. Полумарковский гиперслучайный подход к оценке рисков систем [Текст] / К.В. Литвиненко. // Збірник наукових праць ОДАТРА. – 2014. – Вып.1(4). – С. 78-81.
3. Литвиненко, К.В. Выявление и оценка рисков горнотранспортной системы глубоких карьеров с использованием диаграммы причин и следствий [Текст] / К.В. Литвиненко // матеріали III міжнар. наук. – практ. конф. « Системний аналіз, інформатика, управління (САІУ - 2012)» (Запоріжжя, 14 - 16 березня), 2012. – С. 175 - 177.
4. Литвиненко, К.В. ГЕРТ – моделирование рисков простоев на транспортном цикле автосамосвала [Текст] / К.В. Литвиненко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету - 2012. – № 39. – С.61- 68.

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРА ЧАСТОТЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ СИГНАЛОВ ВИБРАЦИЙ НА ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ СПЕКТРОВ РОТОРНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГТД

Папчёнков А.В.<sup>1</sup>, Журавлёв В.Н.<sup>2</sup>, д.т.н.

<sup>1</sup>ОАО "Мотор Сич", Запорожье, Украина, <sup>2</sup>ГП «Ивченко-Прогресс»

Основными метрологическими свойствами систем диагностирования ресурса являются точность и достоверность параметров. В связи с тем, что сигнал вибраций роторных деталей газотурбинных двигателей (ГТД) в общем случае представляет собой квазистохастический процесс [1], определение оптимальной частоты дискретизации и эффективного окна анализа спектральной плотности мощности в цифровых системах обработки является сложной научно технической задачей, не решенной до настоящего времени [2].

Началом формирования теоретических основ определения частот опроса аналоговых сигналов датчиков технических систем обычно считают работы В.А. Котельникова [3] и К. Шеннона. Анализ их практического применения показывает, что эффект от существующих теоретических предпосылок проявляется только при обработке сигналов систем передачи информации с кварцевой стабилизацией несущих частот, обеспечивающих свойство стационарности исследуемых сигналов. В связи с этим, до настоящего времени частота дискретизации в квазистохастических системах определялась приближенно, на основании опыта специалистов, или, в лучшем случае, экспериментально. Этот факт приводит на практике к неправомерному применению теоремы отсчетов и некорректным ее интерпретациям при цифровой обработке сигналов.

Точность цифровой обработки сигнала на интервале информационного анализа можно повысить путем выбора оптимальной, для конкретного класса технических систем, частоты дискретизации  $F_s \geq \frac{\pi \xi(\varepsilon, \sigma, P_d)}{\tau_0}$ , где

$$\xi(\varepsilon, \sigma, P_d) = \left[ \frac{\Phi^{-1}(P_d) \sigma \{M[s^*(\Delta t_s)]\}}{\varepsilon} \right]^2 + 1. \quad \text{В качестве критерия оптимизации}$$

предлагается принять максимально допустимое значение параметра дисперсии математического ожидания точечной интервальной оценки значения сигнала, восстановленного после дискретизации. Статистические параметры точности обработки анализируются на интервале корреляции автокорреляционной функции исходного сигнала.

Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований позволяет сделать вывод о том, что предложенные математические модели критерия оптимизации частоты дискретизации квазистохастического сигнала вибраций роторных деталей ГТД в первом приближении адекватны физическим процессам пересопряжения зубьев колёс редуктора и позволяют статистически определить точность методов цифровой обработки. Распространение предложенных моделей на иные виды квазистохастических сигналов, требует дополнительных исследований.

1. Журавлев В.Н. Методическая адекватность спектральной модели в задаче технического диагностирования роторных деталей редукторов ГТД [Текст] / В.Н. Журавлев, А.В. Папчёнков, С.А. Борзов // «Вестник двигателестроения» – Запорожье, АО "Мотор Сич", 2014. – № 2. – С. 221 – 228.
2. Худяков Г. Теорема отсчётов для цифровой обработки случайных сигналов [Текст] / Г. Худяков // "Компоненты и технологии". – Москва, - 2009. - №5. - С.221-228.
3. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости [Текст] / В.А. Котельников М.: Радио и связь, 1998. – 152с.

# ОБ УГЛЕ ТРЕНИЯ ПРИ ЗАХВАТЕ МЕТАЛЛА ГЛАДКИМИ И НАСЕЧЕННЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ ФРИКЦИОННЫХ ЗАХВАТНЫХ МЕХАНИЗМАХ

Похилько Л.К. доц.

*Национальная металлургическая академия Украины*

Рассмотрено взаимодействие с металлом поднимаемого и транспортируемого груза гладких и насеченных рабочих (исполнительных) органов фрикционных захватных механизмов. Необходимую сжимающую силу  $P_y$  для подъема груза весом  $P_z$  обычно находят из равенства  $P_y = P_z \cdot K / \mu$ , где  $K$  – коэффициент запаса сжимающего усилия ( $K = 1,5 \pm 2$ );  $\mu$  – рекомендуемый табличный коэффициент трения ( $\mu = 0,1 \pm 0,15$ ). Равенство справедливо при гладких исполнительных органах (кулачках, эксцентриках, роликах, упорах). В случаях насеченных рабочих органов с грузом, в условиях пластического контакта, взаимодействуют зубья насечки и для каждого зуба  $P_y = R_{Ny} / (tg \beta + tg \rho)$ , где  $\beta$  – угол встречи (угол наклона передней грани зуба насечки к направлению действия силы  $P_z$ );  $\rho$  – угол трения.

Углы встречи  $\beta'$  и  $\beta''$  ( $\beta' > \beta''$ ) первого и второго зубьев насечки при пластичном контакте различны, поэтому равнодействующие нормальных сил и сил трения различны по величине и направлению.

Проанализировано влияние угла  $\beta$  на отношение веса груза к реакции упора. При  $\beta = 0$ , т.е. при плоском упоре, подъемная сила захвата определяется трением  $P_z / R_{Ny} = tg \rho$ ; при  $\beta \rightarrow 90^\circ$   $R_{Ny} \rightarrow 0$ , т.е. самопроизвольное заклинивание исполнительного органа захвата невозможно, т.е.  $P_z / R_{Ny} \rightarrow \infty$ .

При внедрении зубьев рабочего органа в металл груза образуется валик пластически деформированного металла, при срыве груза происходит сдвиг металла вдоль условной плоскости под углом  $\theta$  к направлению действия силы веса.

Зная величину угла  $\theta$ , используя формулу К.А. Зворыкина  $\theta = 45^\circ + \beta / 2 - \rho / 2$ , можно определить угол трения в условиях пластического сдвига металла, учитывая, что исполнительный орган при срыве груза движется скачкообразно.

Статистически обработаны экспериментальные данные при внедрении в металл клина,двигающегося со скоростью, соответствующей движению исполнительного органа, с углами встречи  $\beta$ , близкими по значению углам встречи зубьев насечки с грузом, и выведена зависимость изменения угла сдвига  $\theta$  от параметров насечки (таблица 1).

Таблица 1 – Статистическая обработка экспериментальных данных

| Угол встречи $\beta$ , град. | Кол-во измерений | Матем. ожидание угла $\theta$ , $m$ | Дисперсия угла $\theta$ , $\sigma^2$ | Среднее квадрат. отклон. $\theta$ , $\sigma$ | Вероятност. отклон. $x$ от $m$ , $E_x$ | Мак. отклонение $3\sigma$ |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| 70                           | 52               | 19,4                                | 6,73                                 | 2,59                                         | 1,75                                   | 7,8                       |
| 80                           | 83               | 21,4                                | 5,76                                 | 2,4                                          | 1,62                                   | 7,2                       |
| 90                           | 98               | 22,8                                | 5,13                                 | 2,26                                         | 1,52                                   | 6,8                       |
| 100                          | 32               | 23,0                                | 4,97                                 | 2,23                                         | 1,50                                   | 6,7                       |
| 110                          | 36               | 25,10                               | 4,43                                 | 2,10                                         | 1,42                                   | 6,3                       |

Функция  $\varnothing=f(\beta)$  описывается уравнением регрессии  $\varnothing=0,17\beta+0,00\pi$ , совместное решение которого с уравнением К.А. Зворыкина позволило получить значение угла трения в условиях пластического сдвига металла

$$\rho=0,66\beta-0,16\pi \quad (1)$$

Анализ уравнения (1) показывает, что при  $\beta>35^\circ$  коэффициент трения  $\mu$  - принимает табличные значения, т.е.  $\mu=0,10\div 0,15$ . Физический смысл этого заключается в том, что при малых углах встречи меняется характер деформации, например, плоская деформация переходит в объемную.

На рисунке 1 приведены экспериментальные (кривые 1-5) и расчетные (кривая 6) данные значений  $\eta=f(\beta)$ , которые указывают на качественное совпадение теоретической зависимости с экспериментом. Цифры у кривых соответствуют различной твердости металла груза при подъеме и захвате его рабочим органом (эксцентриком), радиусом 50 мм, шириной 20 мм, высотой зуба насечки 2 мм,  $R_{Ny}=5000 \text{ Н}$ : 1- $HB=25$ ; 2- $HB=78$ ; 3- $HB=190$ ; 4- $HB=237$ ; 5- $HB=325$ .

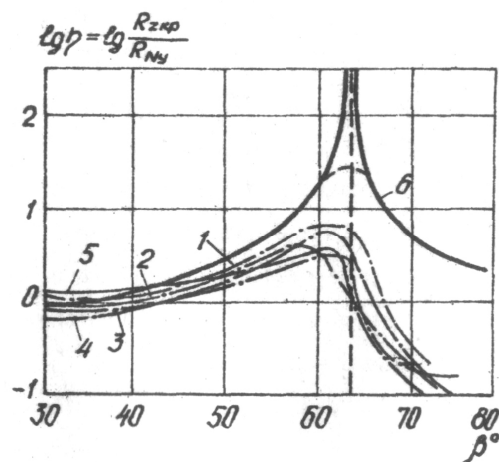


Рисунок 1 – Сравнение экспериментальных и расчетных данных

Таким образом, исследования показали, что использование табличного коэффициента трения неприемлемы при расчетах в том случае, если поверхность исполнительных органов захватных механизмов снабжена насечкой. В условиях пластического контакта сила захвата в основном определяется контактным профилем и величиной угла встречи  $\beta$  контактирующих с грузом зубьев.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СПУСКА СУДНА НА ВОДУ С ПОМОЩЬЮ СЛИПА

Рудакова А.В. к.т.н., Омельчук А.А. аспирант

*Херсонский национальный технический университет*

Из-за ряда объективных обстоятельств, многие отечественные судостроительные предприятия нуждаются в обновлении или ремонте подъемно-спусковых сооружений, в частности – слипов. Внедрение современной компьютеризированной системы управления открывает возможность снизить аварийность и повысить надежность процесса спуска/подъема судна на воду с помощью слипа без проведения капитального ремонта и дорогостоящего переоснащения спускового сооружения.

В многомашинных объектах, когда электроприводы связаны через общий распределенный объект управления (в системе спуска/подъема судов группа тележек с приводными двигателями и удерживающими тросами объединена общей нагрузкой – корпусом судна), возникают сложные задачи управления согласованным движением с целью обеспечения синхронного движения тележек и равномерной нагрузки на их приводы [1, 2].

Нештатные ситуации, возникающие при движении, связаны с нестабильностью нагрузки на электропривод, которая непосредственно зависит от величины натяжения тросов. Во время движения в процессе спуска или подъема судна на сложный объект «судно-тележки» оказывают влияние группы случайных факторов. Наиболее существенными факторами, влияющими на величину натяжения троса, являются коэффициент трения и массогабаритные характеристика судна [3]. Контроль параметров движения спусковой тележки (натяжения троса) должен осуществляться на протяжении всего пути.

Для формирования динамической модели спуска судна необходимо описывать силы натяжения тросов в зависимости от положения в виде непрерывной функции  $T(l)$ .

$$T(l) = ((m_T + m_C)g - F_A(l)) \cdot (\sin \alpha - \mu(l) \cdot \cos \alpha) \quad (1)$$

Целью исследований является получение аналитических зависимостей для параметров, которые характеризуют процесс спуска и подъема судна с помощью слипа. Данные параметры изменяются в процессе работы слипа и могут быть использованы для формирования динамической модели перемещения судна по наклонным путям слипа. На основе предложенного подхода можно получить аналитические зависимости для непрерывного описания параметров в виде функции от пространственной координаты  $l$ . Для формирования аналитических зависимостей параметров процесса спуска и подъема судна от пройденного пути можно использовать z- и s-подобные сигмоидные функции принадлежности [4]. Полученные аналитические зависимости основных параметров, существенно влияющих на процесс спуска/подъема связанного объекта «судно-тележки», позволяют моделировать изменение нагрузки на все электроприводы слипа в любой точке движения. Наличие аналитического описания пространственно изменяющихся параметров позволяет построить динамическую модель, описывающую движение тележек с установленным на них судном на протяжении всего пути.

1. Пиляев С.И. Судоподъемные и судоспускные сооружения / С.И. Пиляев, Ф.В. Морозов. – М.: МИСИ, 1993. – 107 с.
2. Омельчук, А. А. Проблеми узгодженого управління складною електромеханічною системою / Ю. О. Лебеденко, Г. В. Рудакова // Наукові праці НУХТ.- 2013. – №49. – С.19– 23.
3. Омельчук А.А. Информационно-измерительная подсистема мониторинга параметров и процессов спуска судна на воду / А.А. Омельчук, А.В.Рудакова // Збірник наукових праць НУК. – 2013.– №4(449). – С. 11 – 16.
4. Шейник С.П. Использование функций принадлежности для моделирования параметров распределенных объектов / С.П. Шейник, А.В.Рудакова // ААЕКС. – 2009. - №2. С. 20-26.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОБІНОВАНИХ СПОСОБІВ ВПЛИВУ НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ**

Селівьорстов В.Ю., д-р техн. наук, професор, Доценко Ю.В., канд техн. наук, доцент  
*Національна металургійна академія України*

По мірі загострення проблем, що пов'язані з необхідністю глобального енергозбереження, на тлі поступового вичерпування первинних ресурсів, а також зростаючої номенклатури і об'єму товарної продукції машинобудування, все більшу важливість набувають питання підвищення якості литих заготовок при одночасному зниженні метало- і енергоспоживання на їх виробництво.

Традиційно переважний об'єм світового випуску виливків виготовляють способом гравітаційної заливки розплаву, що твердіє у ливарних формах під атмосферним тиском. Завдяки можливості отримання виливків з коефіцієнтом використання матеріалу (КВМ) до 0,9, забезпечуваного деякими спеціальними способами лиття, технологічні процеси заливки і формування виливків під силовим впливом, що не перевищує дію гравітації, набули найбільшого поширення. Проте, метал таких виливків має підвищену хімічну неоднорідність, крупне первинне зерно, макро- і мікрошпаристість, які знижують механічні властивості в порівнянні з поковками і прокатом. При цьому коефіцієнт використання матеріалу заготовок із деформованого металу в багатьох випадках складає менше 0,5, збільшується об'єм механічної обробки, що призводить до подорожчання широкої номенклатури виробів. Наближення механічних властивостей виливків до рівня деформованого металу дозволить скорочувати їх масу на 10 – 30 % за рахунок зменшення товщини стінок при збереженні необхідної конструктивної міцності, а також переводити виготовлення деталей із поковок і прокату з низьким КВМ (0,3 – 0,5) на точні литі заготовки з КВМ 0,8 – 0,9.

Відомими шляхами підвищення якості литого металу є модифікування та використання тиску в процесі кристалізації. Відомо, що найбільш ефективною є передача наростаючого тиску в двофазну зону, особливо наприкінці періоду твердіння. При існуючих способах такого лиття більша частина навантажень, пов'язаних з використовуваним тиском, реалізується за рахунок міцності ливарної форми, або ємності, в якій вона знаходиться, що суттєво обмежує можливий діапазон тиску та масу виливків. Також негативним чином впливає на якість виливків неможливість передачі тиску рідкій фазі всередині виливка із-за наявності міцного поверхневого шару затверділого металу наприкінці поршневого пресування, або твердіння в автоклаві при герметизації форми разом з виливком. Вказані особливості свідчать про недостатність уваги щодо питань розробки та перспективності нових процесів, що забезпечують комбінований вплив тиском та модифікуванням на розплав всередині виливка до повного його затвердіння, зокрема, за умов самогерметизації металу в ливарній формі.

Унеможливорює досягнення необхідного результату відсутність методу визначення режиму керованої зміни тиску (газодинамічного впливу) в системі виливок-пристрій для введення газу з урахуванням особливостей здійснення комбінації силового впливу на метал в процесі твердіння та дії модифікатора. Для реалізації такого процесу невиявленими є особливості структуроутворення сплавів при введенні різних модифікаторів і зміні швидкості нарощування та максимальних значень тиску.

Відсутність вказаних відомостей не дає можливості розробки комбінованого технологічного процесу модифікування та керованого газодинамічного впливу на розплав всередині герметизованого виливка впродовж його твердіння та відповідного поліпшення якості литого металу при застосуванні технології.

Отже, актуальним можна вважати розробку та подальший розвиток теоретичних і технологічних основ комбінованого процесу модифікування та газодинамічного впливу на рідку фазу в герметизованій у ливарній формі системі виливок – пристрій для введення газу, що забезпечує підвищення якості литого металу.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ЦИКЛА СТРЕЛОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ КРАНОВ С ЦЕЛЬЮ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ИХ ПАРАМЕТРОВ

Скрипочка Т.А. к. ф.-м. н.

*Национальная металлургическая академия Украины*

Любой технологический процесс связан с перемещением огромного количества грузов от сырья до готовой продукции. Именно для этих целей и предназначены стреловые автомобильные самоходные краны, которым отводится в материально-техническом производстве значительная роль. Так как работа крана состоит из повторяющихся циклов (последовательных операций), то автомобильные стреловые самоходные краны относятся к подъемно-транспортным машинам циклического (периодического) действия в отличие от машин непрерывного действия (например, транспортеров), в которых перемещение грузов происходит непрерывным потоком.

Важнейшим показателем работы кранов является производительность, которая находится в обратной зависимости от полного цикла работы кранов [1]. В работе [2] авторами рассмотрено имитационное моделирование рабочих процессов транспортных машин с целью ранжирования их параметров. Однако, исследование постоянных и переменных факторов, влияющих на производительность машины до этого времени не рассматривалось. Это предопределяет актуальность рассматриваемой темы, которая посвящена определению факторов, влияющих на время цикла стрелового крана.

Целью работы являлось математическое моделирование времени одного цикла работы стреловых кранов для выявления наиболее благоприятных физических аспектов факторов при анализе работы среди представленных марок машин. Факторный анализ осуществляли с помощью программы SPSS-Statistics-17.0. Исследования проводились для 17 стреловых автомобильных кранов на базе различных шасси, данные для которых содержатся в [3, 4].

По результатам матрицы повернутых компонент было определено (по величине максимальных нагрузок), какие факторы входят в выделенные SPSS три компоненты. Так, в первую компоненту вошли следующие переменные: средняя высота подъема грузозахвата в пункте захвата груза, скорости подъема и опускания груза, передвижения машины и изменения положения ее конструкций, средняя величина изменения вылета стрелы при перемещении груза, скорость горизонтального движения грузозахвата при изменении вылета стрелы, во вторую – скорость подъема груза, средняя высота опускания грузозахвата в пункте захвата груза и освобождения от него, средний угол поворота крана при перемещении груза, в третью – среднее расстояние перемещения крана, средняя скорость движения крана, частота вращения стрелы крана в горизонтальной плоскости.

Для того, чтобы указать наиболее подходящие стреловые краны для перемещения грузов, была проведена сортировка данных по 3 факторным признакам по убыванию с учетом того, что время цикла находится в обратной зависимости от производительности.

Согласно полученным данным были сделаны выводы, что наиболее подходящими для работы с высокой производительностью, учитывая обратную зависимость от времени цикла, являются стреловые краны: КС- 7140 40 КРАЗ 65053; КС- 1562А 5; ГАЗ- 5317; КС- 6471 40 ПС-401; КС- 3562Б 10 МАЗ-5335.

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины / М.П. Александров – М.: Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. Недорезов И.А., Симонов Н.Н. Имитационное моделирование рабочих процессов землеройно-транспортных машин с целью ранжирования их параметров / И.А. Недорезов, Н.Н. Симонов // Вестник ХНАДУ. – 2012. Вып. 57, С. 63 – 67.
3. Паргаманик И. М. Грузоподъемные краны стрелового типа. Справ. пособие / И.М. Паргаманик. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 141 с.
4. Падня В. А. Погрузочно-разгрузочные машины. Справочник / В. А. Падня. – М.: Транспорт, 1982. – 448 с.

**СЕКЦІЯ 7**  
**ІНФОРМАЦІЙНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**  
**ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ ТА НАУКИ У**  
**ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ**

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПСИХОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ САМООЦЕНКИ, АКТИВНОСТИ, НАСТРОЕНИЯ

Клименко С.В. к.т.н., Огоренко В.В. д.м.н., Халипова В.Д. аспирант

*Днепропетровский национальный университет им.О.Гончара*

Психологи изучали сравнительно кратковременные состояния свойств психики людей[1] и определили, что для их описания используются множество показателей с различной степенью выраженности. Самооценка свойств психики – это периодическое тестирование, которое необходимо для обнаружения ухудшения психического состояния. Компьютерная программа для проведения тестирования, обработки ответов и сохранения результатов, позволит найти динамику развития психического состояния и получить базу данных, необходимую специалистам. Цель исследования - разработка математической модели для обработки результатов тестирования при компьютерном опросе испытуемого.

Каждое из трех исследуемых свойств личности (самочувствие, активность, настроение) психологи предложили описывать десятью парами слов, которые характеризуют крайние степени выраженности от очень хорошего до очень плохого, от очень активного до очень пассивного. При тестировании предлагается по этим двум словам, характеризующим душевное состояние, выбрать один из пяти вариантов ответа: 1) очень хорошо; 2) хорошо; 3) нормально (удовлетворительно); 4) плохо; 5) очень плохо.

Каждый из ответов будем оценивать по пятибалльной системе – числами 5,4,3,2,1. Так как ответы-решения являются случайными событиями, то их оценки – дискретные случайные величины. Статистические закономерности их зависят от состояния тестируемой личности и, следовательно, наиболее вероятных оценок, соответствующих плохому, нормальному, хорошему состояниям. Предложены математические модели оценок как условные законы распределения вероятностей каждого из трех свойств, они имеют вид дискретных квадратичных распределений.

Результаты тестирования  $m$ -го свойства – это по 10 решений случайных выборов оценок каждого из трех состояний в виде числовых показателей 1,2,3,4,5. Их первичная обработка – это оценки трех средних значений, которые также являются случайными величинами с законом распределения, близкими к закону Гаусса.

Оценки средних значений каждого свойства содержат информацию о степени выраженности в каждом из трех исследуемых свойств личности (самочувствии, активности, настроении), в каком из трех состояний (плохом, нормальном или хорошем) они находятся. Для принятия решений определены два порога сравнения  $\bar{R}_{01}$  и  $\bar{R}_{02}$  и решающие правила (сравнение средних значений с пороговыми).

Ожидаемые значения оценок вероятностей правильных решений больше 0,925, следовательно, предложенные модели могут быть использованы в обработке результатов тестирования.

Был проведен вычислительный эксперимент. Располагая тремя генераторами выборки  $r_j(k)$  независимых случайных величин с равномерным законом распределения вероятностей можно путем их преобразования моделировать выборки оценок принимаемых решений  $R_j(k)$  и обрабатывать их по рассмотренному алгоритму.

Из анализа результатов вычислительного эксперимента следует вывод о нормальной работоспособности программы: данные вычислительного эксперимента мало отличаются от теоретических значений.

Разработана компьютерная модель психометрического тестирования и проведены вычислительные эксперименты, подтверждающие работоспособность предложенной методики самооценки состояния самочувствия, активности и настроения личности.

1.Райгородский Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие.– Самара: Издательский дом «БАХРАХ», 1998.–672 с.

## КАК ПОВЫСИТЬ РЕЙТИНГ УНИВЕРСИТЕТСКОГО САЙТА?

Косолапов А.А., д.т.н., Лобода Д.Г., ассистент

*Национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна*

В процессе глобальной информатизации общества, который наблюдается в настоящее время, важным критерием в оценивании высшего учебного заведения становится его вебометрическая составляющая. Вебометрический рейтинг вуза отражает положение его сайта в сети Интернет. Такой рейтинг охватывает множество показателей, которые характеризуют авторитетность, информативность, качество исполнения и функционирования сайта. Очевидно, что оценивание вуза с позиции вебометрики прямо отражается на рейтинге вуза в целом, характеризует его успешность и престиж в образовательной среде.

Для изучения вебометрических показателей в работе рассматривались методики 4-х рейтингов: рейтинг Webometrics, вебометрический индекс Российской академии образования (РАО), рейтинг Рейтингового агентства Белорусского государственного университета (РА БГУ), рейтинг прозрачности Государственного информационно-аналитического агентства РФ (РИАН).

В ходе анализа вебометрических показателей, используемых в расчетах представленных методик, был разработан ряд рекомендаций по повышению рейтингов найтов:

1) Обеспечить постоянное сопровождение сайта.

2) Необходимо всесторонне расширять информационное содержимое сайта. Основные действия, направленные на выполнение этой задачи следующие:

- постоянно обновлять общую информацию об университете (желательно, на главной странице сайта);

- размещать сведения о читаемых в университете дисциплинах на страницах всех кафедр или факультетов;

- размещать персональные страницы преподавателей;

- размещать научные труды, электронные варианты подготовленных в вузе и защищенных диссертаций, публиковать результаты НИР, имеющих практическое применение;

- размещать ретроспективные материалы (историческая информация, видео- и фото-отчеты);

- представлять электронные учебно-методические ресурсы в форматах .pdf, .doc и .ppt, что будет способствовать улучшению значения показателя «Ценные файлы», используемого в методиках вебометрических расчетов;

- размещать информацию, касающуюся культурных, общественных и социальных аспектов развития университета (важно указать о возможностях для отдыха и оздоровления, предоставляемых заведением);

- наполнять сайт сведениями, касающимися будущей трудовой деятельности выпускников (вакансии вуза, распределение, карьерные возможности, виды прохождения производственной и преддипломной практики);

- создавать странички сообществ выпускников.

3) Обязательно расширять языковые версии сайта (прежде всего, английский вариант). К информационным ресурсам, которые в первую очередь должны иметь англоязычный аналог относятся следующие: общие сведения об университете, данные об основных подразделениях вуза и контактная информация, образовательные услуги для иностранных граждан, основные направления научных исследований и полученные результаты, научные публикации.

4) Организовать средства обратной связи в виде вопросов и ответов: консультации (например, по вопросам поступления в университет), форум (например, для студенческого общения, для проведения научных Интернет-конференций и др.).

5) Для повышения прозрачности сайта необходимо размещать электронную форму подачи заявлений и полную информацию об условиях предоставления общежития.

# ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИНЦИПУ ПРОФЕСІЙНОЇ АДАПТАЦІЇ ІНОЗЕМНИХ СТУДЕНТІВ У ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Лазарева Є. Д. аспірант, Кадильникова Т.М. д.т.н., Заєць І.П. асистент  
Національна металургійна академія України

Сучасна підготовка іноземних студентів на технічних факультетах має ряд суттєвих недоліків, серед яких невинуватна формалізація знань, рецептурний характер в багатьох випадках засвоєння матеріалу, відсутність міжпредметних зв'язків фундаментальних наук зі спеціальними дисциплінами, важке мовне розуміння спеціальних термінів, слабкі навички у використанні математичного апарату при вивченні спеціальних дисциплін та при застосуванні нових комп'ютерних технологій у майбутній професійній діяльності [1]. Для більш ґрунтовного засвоєння теоретичних знань, формування необхідних умінь і навичок, поєднання теоретичних знань із практикою необхідно систематично підкріплювати отримані знання, переводячи їх у довготривалу пам'ять, спонукати студентів до постійних творчих пошуків, аналізу на основі теоретичних знань явищ і фактів професійної діяльності. Ефективна підготовка іноземних студентів у вищих технічних навчальних закладах може бути забезпечена при реалізації системного і комплексного підходу в організації навчального процесу.



Рис.1. Організаційно-методичні зв'язки освітньої підготовки іноземних студентів

Лекція займає особливе місце у навчальному процесі вищої школи, а тому її та методи і засоби викладання повинні відповідати принципу фундаментальності. Це означає, що на кожній лекції студентам повинен бути висвітленим визначений робочими планами обсяг матеріалу, при цьому лектору треба дотримуватися послідовності викладання, аргументованості математичних тверджень, а також показувати зв'язок та залежність між поняттями і твердженнями. Істотне місце в лекції повинен займати принцип прикладної орієнтації, суть якого повинна відображати умову відповідності лекції меті підготовки майбутніх спеціалістів [2]. Тому тут особливо важливим буде відбір прикладних задач, оскільки вони повинні бути невеликими за обсягом і зрозумілими студентам за змістом.

Звідси впливає необхідність професійної спрямованості лекції на особливості виробництва в окремих державах ЄС, СНД, афро-азиатського континенту.

Для реалізації принципу професійної адаптації студентів у вищих технічних закладах необхідно перш за все забезпечити реалізацію зв'язків навчання фундаментальних дисциплін з вивченням спеціальних технічних дисциплін. Ці організаційно-методичні зв'язки можуть бути здійснені за схемою, яка відображає характер необхідної роботи і показує послідовність її виконання (рис.1).

Таке структурне відображення, яке може бути рекомендацією для побудови організаційно-методичних зв'язків, можна вважати відображенням специфіки даної роботи у вищому технічному закладі.

1. Долженко О.В., Шатуновский В.Л. Современные методы и технологии обучения в техническом вузе. М.: Высшая школа, 1990.- 270 с.

2. Смирнов С.Д. Педагогика и психология высшего образования: от деятельности к личности. Учеб. пособие.- М.: Аспект Пресс, 1995.- 271 с.

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ПРОФЕСОРСЬКО-ВИКЛАДАЦЬКОГО СКЛАДУ ВНЗ В ДИСТАНЦІЙНІЙ ОСВІТІ

Лозова К.А., аспірант, Алексеев О.М., д.п.н.

*Сумський державний університет*

У зв'язку із стрімким розвитком інформаційних технологій у вищих навчальних закладах все більше набуває популярності дистанційна освіта. Відомі університети світу прагнуть створити високоякісну платформу навчального процесу. Проте, проблема якості дистанційного навчання як і раніше є актуальною, оскільки від рівня запропонованих освітніх послуг багато в чому залежить конкурентна привабливість вузу для студентів, які прагнуть підвищити свою кваліфікацію без відриву від основного місця роботи та які не мають можливості виїжджати від місця проживання.

Перехід від класичних форм навчання до більш конкурентним формам дистанційного навчання базується на змінах як в організації учбового процесу, так і в підходах що до визначення якості освіти. Відбувається зміна пріоритетності показників в рейтинговій оцінці університетів, факультетів та викладачів.

За результатами проведеного аналізу міжнародних та національних рейтингів вузів, можна стверджувати, що рейтинги мають як спільні ознаки, так і суттєві відмінності в індикаторах та показниках якості освіти. Міжнародні університети частіше орієнтуються на роботодавців, досягнення випускників. Саме з цих причин в рейтингах переважають показники «Кількість випускників-лауреатів Нобелівської премії», «Кількість викладачів-лауреатів Нобелівської премії» та ін.. Проте висока інерційність такого підходу, обумовлена розривом в часі між початком навчання студента та результатами його просування по кар'єрних сходах, робить малоефективним використання подібних рейтингових оцінок в прийнятті оперативних рішень з управління навчальним процесом.

Схожу спрямованість мають всеукраїнські рейтинги. Окрім цього, значно акцентується увага на «ресурсне забезпечення», обумовлене зусиллями університетів привабити більш зацікавлений контингент студентів. Наукова активність викладачів, цитування, кількість публікацій, розроблених навчальних посібників, матеріалів, курсів – дані показники властиві практично всім розглянутим рейтингам як міжнародним, так і рейтингам пострадянського простору. Ці показники з різних сторін характеризують ресурсну забезпеченість вузу, але слабо зорієнтовані в оцінці власне навчальній діяльності, яка є найважливішою характеристикою ефективності вузу.

Оцінювати якість навчальної діяльності професорсько-викладацького складу ВНЗ, на наш погляд, в першу чергу необхідно за її результатами, які можуть бути виражені рівнем знань та умінь студентів, досягнутих під керівництвом викладача. Початковий, кінцевий і особливо поточний контроль дають змогу більш коректного формування індикатора якості навчання. В класичній формі освіти даний спосіб може бути неефективним в результаті можливого необ'єктивного оцінювання студента викладачем. Дистанційне навчання пом'якшує недоліки даної оцінки, так як в ньому домінує комп'ютеризований тестовий контроль, менш залежний від людського фактору. Залучення до рейтингу показника сформованості знань та умінь студентів, набутих під керівництвом викладача, може дозволити в повній мірі оцінити якість професорсько-викладацького складу за результатами поточного контролю успішності, також оперативно управляти дистанційним навчанням.

1. Измерение рейтингов университетов: международный и российский опыт / Под ред. Ф. Э. Шереги и А.Л. Арефьева / Министерство образования и науки Российской Федерации. – М.: Центр социологических исследований, 2014. – 504 стр.
2. Рейтинг вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації МОНмолодьспорту за 2010/2011 навчальний рік. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mon.gov.ua/ua/activity/education/58/rejting/>

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ «ЕЛЕКТРОННИЙ ПІДРУЧНИК» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Нагорна Т.Ю., аспірант, Алексєєв О.М., д.п.н.

*Сумський державний університет*

Положення про дистанційне навчання України свідчить, що «метою дистанційного навчання є надання освітніх послуг шляхом застосування у навчанні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій за певними освітніми або освітньо-кваліфікаційними рівнями відповідно до державних стандартів освіти...». Щоб стати кваліфікованим фахівцем студенту-інженеру необхідно набути навичок в майбутній спеціальності поза межами лабораторії, аудиторії, без допомоги викладача, самостійно використовуючи електронні навчальні видання (далі ЕНВ). Щоб зрозуміти, що представляють собою ЕНВ, потрібно розібратися з термінологією.

В Україні електронні видання регламентуються державним стандартом ДСТУ 7157:2010 [1], а також Положенням про електронні освітні ресурси [2]. В першому надане лише поняття «електронні видання», в другому – уточнено поняття «електронний підручник» як вид електронних освітніх ресурсів. Але для інженерного навчання ці терміни є незакінченими. Тому, завданням дослідження є проаналізувати використання поняття «електронний підручник» в науково-методичній літературі з метою уніфікації та представлення власного тлумачення терміну «електронний підручник» для студентів інженерних спеціальностей.

Деякі науковці сприймають електронний підручник або в вузькому або в широкому розумінні. Що, в першому випадку тлумачать визначення, як друкована книга з додаванням гіперпосилань, а в другому – розуміється, як програмно-методичний комплекс, який об'єднує за змістом: підручник, довідник, задачник і лабораторний практикум. Сучасні формулювання терміну «електронний підручник» відштовхуються від визначення поняття «підручник». І модифікують дане визначення з урахуванням нового матеріального носія навчального матеріалу, враховуючи до переваг електронного підручника можливість створення простого та зручного механізму навігації в межах даного підручника.

В той же час наведенні формулювання не враховують специфіку інженерної освіти, для якій привласни необхідність формування не тільки знань, но і вмінь; багатий обсяг графічної інформації, що є не тільки початковий для проектування, але і його кінцевим результатом; особливі вимоги до наочності навчальних видань тощо.

Виходячи з вищевказаного, запропонуємо уточнене поняття електронного підручника що до викладання дисциплін циклу професійно-практичної підготовки студентів інженерних спеціальностей. На нашу думку, електронний підручник – це електронне навчальне видання з систематизованим викладом дисципліни (її розділу, частини), що відповідає навчальній програмі, забезпечене безперервністю дидактичних властивостей та містить теоретичний матеріал, доповнений математичним та імітаційним моделюванням з комп'ютерною візуалізацією, великою динамікою мультимедійних технологій, надає можливість контролювати сформованість знань та вмінь, здійснювати інтерактивний зворотній зв'язок та офіційно затверджене як даний вид видання.

Отже, структура, склад електронного видання для інженерних спеціальностей будуть відрізнятися, адже воно мусить підтримувати новітні інформаційно-комунікаційні технології – аудіо візуалізація, імітаційні моделі, гіперпосилання тощо, використання яких дозволить забезпечити необхідну якість дистанційної інженерної освіти. Тому необхідно переглянути традиційне ставлення до навчальної літератури, починаючи з уніфікації термінологічного словника щодо визначення поняття електронного посібника.

1. Інформація та документація. Видання електронні: Основні види та вихідні відомості : ДСТУ 7157:2010. – [Чинний від 2010-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. –18с.

2. Наказ Міністерства освіти і науки України «Про затвердження Положення про електронні освітні ресурси» від 01.10.2012р. № 1060.

## ЗМІСТ

### Секція 1

#### Системний аналіз і синтез процесів у металургії та машинобудуванні

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Белова А.П., Ковалёв Д.А., Ягольник М.В.<br>Исследование влияния активации и марки цемента на<br>холодную прочность брикетов из прокатной окалины               | 4  |
| Быткин С.В., Иванютин И.Р., Критская Т.В.<br>Моделирование экспортных цен на прокат черных металлов в<br>среде STATISTICA на основе прогнозов цен сырья и нефти | 5  |
| Grishin V., Abramov S.<br>The forming processing of copper profiles by method of<br>hot extrusion as technical system                                           | 6  |
| Кирия Р.В., Бабенко Ю.В.<br>Разработка алгоритма управления системами<br>конвейерного транспорта угольных шахт                                                  | 7  |
| Критская Т.В.<br>Металлургия полупроводникового кремния на современном этапе                                                                                    | 8  |
| Марченко В.Т., Сазина Н.П.<br>Методичні підходи до розрахунку витрат на<br>дослідно-конструкторські роботи з ракетно-космічної техніки                          | 9  |
| Меньшиков Ю. Л.<br>О проблеме использования результатов математического моделирования                                                                           | 10 |
| Потап О.Ю., Єгоров О.П., Тригуб І.Г., Миронов О.М.<br>Непряма оцінка якості швидкісного режиму<br>чорнової групи клітей дрібносортового стана                   | 11 |
| Сарычев А.П.<br>Усреднённый критерий регулярности метода группового учёта аргументов                                                                            | 12 |
| Чуніхін Д.В., Зайцев В.Г.<br>Класифікація часових рядів за допомогою нелінійного рекуррентного аналізу                                                          | 13 |

### Секція 2

#### Інформаційні технології в процесах одержання матеріалів із заданими властивостями

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Denysenko O.I., Vasiljev F.V., Tsotsko V.I.<br>For adhesion mechanisms in the metal composite layer<br>of thin strip electrodes synthesized using the injection method | 15 |
| Деревянко А.И., Фененко Т.М.<br>Моделирование хаотические колебания в<br>PVD технологии углеводородных материалов                                                      | 16 |

|                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Журба А.А., Михалёв А.И.<br>Исследование фрактальных свойств структуры<br>прокатной ленты в процессе старения                                                                                                                        | 17 |
| Камкина Л.В., Бабенко А.В., Мянновская Я.В., Камкин В.Ю.<br>Моделирование структуры агломерата, полученного с использованием в шихте<br>мелкозернистого марганцевого концентрата 2 сорта Орджоникидзевского ГОКа                     | 18 |
| Камкина Л.В., Стовпченко А.П.,<br>Безшкурченко А.Г., Грищенко Ю.Н.<br>Эффективная организация вакуумирования при<br>производстве катанки из высокоуглеродистой стали                                                                 | 19 |
| Карпенко Н.В.<br>Моделювання ведучої фази потрійної евтектики                                                                                                                                                                        | 20 |
| Киселева Е.М., Коряшкина Л.С., Михалева А.А.<br>О решении непрерывной задачи оптимального многократного<br>шарового покрытия с ограничениями                                                                                         | 21 |
| Критская Т.В., Додонов В.Н., Троценко Э.А. Шварцман Л.Я.<br>Системный анализ технологии кремния полупроводниковой чистоты                                                                                                            | 22 |
| Маймур Я.С., Иванова Л.Х., Жегур А.А., Симоненко В.В.<br>Моделирование кристаллизации прокатного валка                                                                                                                               | 23 |
| Матвеева М.О., Гнатушенко В.В., Кавац О.О., Клімович Б.В.<br>Дослідження високовуглецевої фази у марганцевих чавунах                                                                                                                 | 24 |
| Пройдак Ю.С., Мянновская Я.В., Бабенко А.В., Камкин В.Ю.<br>Управление эффективностью агломерационного процесса при<br>вводе мелкозернистого марганцевого концентрата 2 сорта                                                        | 25 |
| Путноки А. Ю.<br>Информационная модель технологического и динамического взаимодействия<br>через полосу непрерывной группы клеток широкополосного стана                                                                               | 26 |
| Селівьорстов В.Ю., Селівьорстова Т.В.<br>Схема розрахунку технологічних параметрів газодинамічного впливу при<br>виробництві виливків і злитків                                                                                      | 27 |
| Сенько А.О., Купін А.І.<br>Моделі для прогнозування параметрів технологічного процесу подрібнення руди                                                                                                                               | 28 |
| Тогобицкая Д.Н., Пиптюк В.П., Логозинский И.Н.,<br>Левин Б.А., Козачёк А.С., Кукса О.В., Лихачёв Ю.М.<br>Системный подход к выбору оптимального элементного состава стали,<br>обеспечивающего требуемый уровень механических свойств | 29 |
| Федоша Т.С., Омоллойе А.А., Тутык В. А.<br>Выбор рациональных режимов электролитно-плазменного<br>оксидирования методом активного планирования Бокса-Бенкина                                                                         | 30 |
| Хитько А.Ю., Шапран Л.А., Иванова Л.Х., Алексеенко А.С.<br>Моделирование тепловых процессов в осевой зоне чугуна прокатного валка                                                                                                    | 31 |

### **Секція 3**

#### **Комп'ютерне моделювання енергозберігаючих процесів**

Бразалук Ю.В.

Численное моделирование флотационного движения газовых пузырей в ограниченных областях, заполненных жидкостью 33

Доронина М.А.

Непрерывные и дискретные модели возмущений волновой структуры 34

Евдокимов Д.В.

Численное определение параметров включений в композитных теплоизоляционных материалах 35

Редчиц Д.А., Моисеенко С.В.

Компьютерное моделирование динамики и электродинамики плазмы диэлектрического барьерного разряда 36

Рудик О.Ю., Шендера А.А.

Комп'ютерне моделювання процесу іонного азотування 37

### **Секція 4**

#### **Інформаційне та програмне забезпечення процесів проектування**

Горбенко В.І., Шарафутдінов Я.Е.

Побудова програмного забезпечення для імітаційного моделювання транспортних потоків із застосуванням шаблонів проектування 39

Иващенко В. П., Тимошкин А.И.

О проблеме 2-проверяемости одновыходных функциональных элементов относительно кратных константных неисправностей на входах и выходе 40

Кузнецов Б.И., Никитина Т.Б., Коломиец В.В., Хоменко В.В.

Экспериментальные исследования динамических характеристик макета двухмассовой электромеханической системы с анизотропными регуляторами 41

Новикова Л.В., Денисюк О.Р.

Методика построения математических моделей корродирующих сечений элементов шарнирно-стержневых систем 42

Поляков М.А., Ларионова Т.Ю.

Теоретико-множественная модель функциональной структуры удаленной лаборатории для обучения проектированию систем управления 43

Рувинская В.М., Тройнина А.С., Силяев Д.А.

Словарь предметной области для разработки экспертной системы 44

Спірінцев В.В., Д'яченко О.В.

Розробка ВЕБ додатку DASHBOARD для автоматизації процесу обробки статистичних даних 45

Спірінцев В.В., Глазунов П.А.

Розробка додатку на мові JAVA для розпізнання людської мови 46

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Храмов Д.А.<br>Визуальное моделирование движения космического аппарата с<br>помощью пакета SCILAB/XCOS                                                    | 47 |
| Шатовська Т.Б., Каменева І.В.<br>Дослідження ефективності застосування BDD-фреймворків у<br>тестуванні безпеки WEB-орієнтованого програмного забезпечення | 48 |
| <b>Секція 5</b>                                                                                                                                           |    |
| <b>Інтелектуальні інформаційно-управляючі системи</b>                                                                                                     |    |
| Бейцун С.В., Михайловский Н.В., Мурдий В.Ю.<br>О выборе критерия эффективности термической подготовки<br>сталеразливочных ковшей                          | 50 |
| Божуха Л.М.<br>Про якісне представлення кількісних характеристик факторів на<br>функціях належності                                                       | 51 |
| Гнатушенко Вік. В.<br>Дослідження впливу радіусу передачі сенсора на<br>тривалість життя бездротової сенсорної мережі                                     | 52 |
| Гожий А.П., Калинина И.А., Гожий В.А.<br>Особенности построения прогнозов в задачах динамического планирования                                            | 53 |
| Дмитрієва І.С., Гаращенко С. А.<br>Дослідження моделі плоского дволанкового робота-маніпулятора                                                           | 54 |
| Дмитрієва І.С., Левченко Д.О.<br>Дослідження проектування маніпуляційного робота                                                                          | 55 |
| Егоров О.И.<br>Идентификации поезда с использованием ТГНЛ при<br>подходе на сортировочную станцию                                                         | 56 |
| Жуковицький І.В., Дмитрієв С.Ю.<br>Вибір моделі бази знань для інтелектуальних систем на залізничному транспорті                                          | 57 |
| Зворыкин В.Б., Кукушкин О.Н., Михалев А.И., Станциц Г.Ю.<br>Оптимизация переходных процессов в системах с запаздыванием в<br>условиях неопределенности    | 58 |
| Зеленцов Д.Г.<br>Повышение точности численного решения систем<br>дифференциальных уравнений, моделирующих процесс коррозии                                | 59 |
| Гнатушенко В. В., Кавац О.О., Гальченко Е.Б.<br>Технологія підвищення інформативності та деталізації об'єктів<br>багатоканальних знімків                  | 60 |
| Кириченко Л.О., Кобицкая Ю.А., Стороженко А.А.<br>Применение вейвлет-характеристик для классификации временных рядов<br>с помощью экспертной системы      | 61 |

|                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Короткая Л.И., Науменко Н.Ю.<br>Моделирование поведения элементов химического оборудования при неточных данных                                                                                         | 62 |
| Коструб Р.В.<br>Використання генетичних алгоритмів в задачах дискретної оптимізації кородуючих стержневих конструкцій                                                                                  | 63 |
| Левчук И.Л., Шуть А.Ф., Шейкус А.Р.<br>Итерационно-нейросетевая идентификация математических моделей ХТП                                                                                               | 64 |
| Ломова О.В.<br>Розробка бази даних рекурентних діаграм                                                                                                                                                 | 65 |
| Мазуренко В.Б.<br>Использование информации об углах наклона платформы при обработке данных измерений уровня жидкого топлива дискретным фильтром Калмана                                                | 66 |
| Матвеева Н.О., Лазаренко Ю.В.<br>Штучні нейроні мережі для визначення дефектів у виробах з композитних метерілів                                                                                       | 67 |
| Никулин С.Л., Коробко О.В.<br>Исследование методов предварительной обработки космических снимков для повышения качества выделения границ природных объектов                                            | 68 |
| Козарь А.В., Михалев А.И.<br>Сравнение программного обеспечения для фрактального анализа изображений планов железнодорожных узлов и шахт: FracLac и AnalysisFS                                         | 69 |
| Осовик В.М.<br>Удосконалення методів автоматизованого управління процесами експлуатації парків залізничних технічних систем                                                                            | 72 |
| Островская Е.Ю., Шаповал С.С.<br>Исследование алгоритма шифрования AES                                                                                                                                 | 73 |
| Островська К.Ю.<br>Аналіз використання WEB - ресурсів засобами WEB MINING                                                                                                                              | 74 |
| Пошивалов В.П., Даниев Ю.Ф., Резниченко Л.В.<br>Оценка надежности технических систем при малом числе отказов                                                                                           | 75 |
| Сидоренко Р.Ю., Григоренко В.У.<br>Алгоритми та моделі раціонального управління грантовими проектами соціального напрямку                                                                              | 76 |
| Скалозуб В.В., Швець О.М., Скалозуб М.В.<br>Моделі і методи інтелектуального автоматизованого управління процесами експлуатації парків технічних систем залізниць на основі параметрів поточного стану | 77 |
| Сюткина С.В.<br>Классификация орбит по вероятности столкновения космического аппарата с каталогизированным космическим мусором                                                                         | 78 |

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Швачка А.И., Чайка А.Л., Зайцев В.Г., Шевелев А.Г., Бородулин А.В.<br>Развитие информационных методов по управлению<br>тепловым режимом доменной плавки   | 79 |
| Шинкаренко В.И., Куропятник Е.С.<br>Моделирование образного представления действительности<br>средствами конструктивно-производственных структур          | 80 |
| <b>Секція 6</b>                                                                                                                                           |    |
| <b>Прогресивні інформаційні технології та<br/>організація сучасного виробництва</b>                                                                       |    |
| Бабенко Ю.В.<br>Имитационная модель систем подземного конвейерного транспорта<br>угольных шахт                                                            | 82 |
| Балакін В.Ф., Соловйова І.А., Николаєнко Ю.М.<br>Проектування маршрутів виробництва холоднодеформованих труб                                              | 83 |
| Волковский О.С., Ковылин Е.Р.<br>Семантический анализ содержимого WEB-приложений                                                                          | 84 |
| Журавлёв В.Н., Единович А.Б., Папчёнков А.В.<br>Вибрационная кинематометрия зубчатых передач газотурбинных двигателей                                     | 85 |
| Кадильникова Т.М., Кулик В.А., Шинковская И.Л.<br>Повышение инвестиционной привлекательности производственных<br>модулей на основе создания мини-проектов | 86 |
| Корсун В.И., Харламова Ю.Н.<br>Влияние изменения параметров электрической цепи на<br>процесс перераспределения запасенной энергии                         | 87 |
| Кучеренко А.Е.<br>Полуопределенная оптимизация топологии стержневых систем                                                                                | 88 |
| Литвиненко К. В.<br>Оценка рисков с помощью гиперслучайных стохастических моделей                                                                         | 89 |
| Папчёнков А.В., Журавлёв В.Н.<br>Влияние параметра частоты дискретизации сигналов вибраций на<br>точность оценки спектров роторных деталей ГТД            | 90 |
| Похилько Л.К.<br>Об угле трения при захвате металла гладкими и насеченными<br>исполнительными органами фрикционных захватных механизмах                   | 91 |
| Рудакова А.В., Омельчук А.А.<br>Моделирование пространственных параметров процесса спуска<br>судна на воду с помощью слипа                                | 93 |
| Селівьорстов В.Ю., Доценко Ю.В.<br>Перспективи використання кобінованих способів впливу на<br>структурутворення ливарних сплавів                          | 94 |

|                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Скрипочка Т.А.<br>Исследование рабочего цикла стреловых автомобильных кранов с<br>целью факторного анализа их параметров                                            | 95  |
| <b>Секція 7</b>                                                                                                                                                     |     |
| <b>Інформаційно-ресурсне забезпечення<br/>дистанційної освіти та науки у вищих технічних навчальних закладах</b>                                                    |     |
| Клименко С.В., Огоренко В.В., Халипова В.Д.<br>Математическая модель процесса психометрического<br>тестирования самооценки, активности, настроения                  | 97  |
| Косолапов А.А., Лобода Д.Г.<br>Как повысить рейтинг университетского сайта?                                                                                         | 98  |
| Лазарева Є. Д., Кадильникова Т.М., Заєць І.П.<br>Особливості реалізації принципу професійної адаптації<br>іноземних студентів у вищих технічних навчальних закладах | 99  |
| Лозова К.А., Алексеев О.М.<br>Визначення показника якості професорсько-викладацького складу ВНЗ<br>в дистанційній освіті                                            | 100 |
| Нагорна Т.Ю., Алексеев О.М.<br>Визначення поняття «електронний підручник» для<br>студентів інженерних спеціальностей                                                | 101 |