

Міністерство освіти і науки України
Національна металургійна академія України
Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
ДВНЗ «Національний гірничий університет»
Харківський національний університет радіоелектроніки
Чорноморський державний університет імені П. Могили
Дніпровський державний технічний університет
Aalto University (Університет Аалто, Фінляндія)
Akademia Górniczo-Hutnicza,
(Краківська гірничо-металургійна академія ім. С. Сташціа, Польща)
Silesian University of Technology (Сілезький технічний університет, Польща)



МАТЕРИАЛЫ
Международной научно-технической конференции
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИИ

МАТЕРІАЛИ
Міжнародної науково-технічної конференції
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В
МЕТАЛУРГІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

MATERIALS
of Scientific and Technical International Conference
INFORMATION TECHNOLOGY IN
METALLURGY AND MACHINE BUILDING

28 – 30 березня 2017 року

м. Дніпро

Друкується за рішенням вченої ради Національної металургійної академії України від 27.03.2017 р., № 3.

Редакційна колегія:

Голова:

Величко О.Г. – член-кореспондент НАНУ, д.т.н., професор, ректор НМетАУ (Дніпро, Україна)

Заступник голови:

Михальов О.І. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Члени оргкомітету:

Гасик М.І. – д.т.н., професор, академік НАН України (Дніпро, Україна)

Камкіна Л.В. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Петренко О.М. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Власова Т.Є. – к.т.н., ст. науковий співробітник (Дніпро, Україна)

Матвєєва М.О. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Програмний комітет:

Алпатов А.П. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Архипов О.Є. – д.т.н., професор (Київ, Україна)

Бахрушин В.Є. – д.ф.-м.н., професор (Запоріжжя, Україна)

Бодяньський Є.В. – д.т.н., професор (Харків, Україна)

Гасик М.М. – д.т.н., професор (Гельсінкі, Фінляндія)

Гнатушенко В.В. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Гожий О.П. – д.т.н., доцент (Миколаїв, Україна)

Зеленцов Д.Г. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Корсун В.І. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Малайчук В.П. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Светличний Д.С. – д.т.н., професор (Краків, Польща)

Скалозуб В.В. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Сладковський О.В. – д.т.н., професор (Сілезія, Польща)

Тогобицька Д.М. – д.т.н., професор (Дніпро, Україна)

Секретар оргкомітету: Селівьорстова Т.В. – к.т.н., доцент (Дніпро, Україна)

Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ІТММ'2017: тези доповідей Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 28 – 30 березня 2017 р.) / Міністерство освіти і науки України, Національна металургійна академія України, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та ін. – Дніпро: НМетАУ, 2017. – 162 с.

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на Міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні – ІТММ'2017». В доповідях розглянуті питання системного аналізу і синтезу процесів у металургії та машинобудуванні; інформаційних технологій в процесах одержання матеріалів із заданими властивостями; математичного моделювання складних систем; інформаційного та програмного забезпечення процесів проектування; інтелектуальних інформаційно-управляючих систем; прогресивних інформаційних технологій та організації сучасного виробництва; інформаційно-ресурсного забезпечення дистанційної освіти на засадах компетентнісного підходу; інноваційних технологій підвищення якості навчального процесу та питань доброчесності.

СЕКЦІЯ 1

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

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТОРЕ

Бойченко Б.М. д.т.н., Низяев К.Г. д.т.н., Стоянов А.Н. к.т.н.,
Молчанов Л.С. к.т.н., Синегин Е.В. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

На современном этапе развития металлургического производства особое место уделяется процессам автоматизации технологических процессов. Данная задача успешно решается в сфере машиностроения и материала обработки, но в технологических процессах производства чугуна и стали еще полностью не решена на уровне, который бы удовлетворял требования производства. Это связано, в первую очередь, с системным характером указанных выше технологических операций, а также с высокими скоростями протекания физико-химических превращений.

Для эффективного прогнозирования процесса и результатов выплавки стали в кислородных конвертерах необходимо учитывать как статические, так и динамические алгоритмы при этом предлагаемая модель будет иметь двухуровневый характер. На первом уровне применяются статистические модели, основанные на выполнении закона сохранения энергии и массы, который реализован в основных уравнениях теплового и материального балансов кислородно-конвертерной плавки [1]. Поэтому при осуществлении расчетов на их базе необходимо задаться следующими уточняющими параметрами: количество, химический и фракционный состав применяемых материалов; тепловые потери конвертера. В результате расчета по статическим моделям формируется решение о необходимом количестве материалов затраченных на плавку в целом.

Учитывая, что процесс выплавки стали отличается высокими скоростями рафинировочных процессов, то обязательной операцией в алгоритме его описания является уточнение основных технологических параметров в соответствии с динамическими моделями. Данные модели базируются на основных кинетических уравнениях физико-химических реакций, характерных для условий выплавки стали в кислородных конвертерах [2, 3]. Таким образом, определено, что в качестве исходных параметров применяются результаты расчетов по статическим моделям. Кроме того, расчет динамических параметров предполагает использование следующих параметров: особенности дутьевого режима плавки (динамика изменения положения фурмы и расхода кислорода по ходу плавки); шлаковый режим (динамика присадки шлакообразующих и наведения шлака); необходимость проведения дополнительных технологических операций в ходе выполнения плавки (скачивание вспененного шлака, проведение додувок).

Библиографический список

1. Бойченко Б.М. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія [Підруч. для студ. ВНЗ.] / Б.М. Бойченко, В.Б. Охотський, П.С. Харлашин. – Дніпропетровськ: РВА“Дніпро-ВАЛ”, 2006. – 456 с.
2. Бигеев А.М. Математическое описание и расчёты сталеплавильных процессов [Учеб. пособие для ВУЗов] / А.М. Бигеев. – М.: Металлургия, 1982. – 160 с.
3. Рожков И.М. Математические модели конвертерного процесса / И.М. Рожков, О.В. Травин, Д.И. Туркенич. – М.: Металлургия, 1978. – 184 с.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПУЛЬСАЦИЙ ПУТЕМ РЕШЕНИЯ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. студент
Национальная металлургическая академия Украины

Системный анализ касается определение резонансных частот в объеме муфеля электропечи при использовании пульсационно-резонансной термообработке металлоизделий.

Резонансные частоты в объеме муфеля электропечи можно получить вычислением на основе решения волнового уравнения Гельмгольца в цилиндрических координатах, которое для потенциала скорости Φ принимает вид:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2}, \quad (1)$$

где r – текущее значение радиуса, φ – текущее значение угла; c – скорость звука; z – координата вдоль оси муфеля.

В том случае, если в муфеле доминируют радиальные колебания, потенциал скорости Φ не будет зависеть от значения угла φ , а уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2}. \quad (2)$$

Решение уравнения (2) выполнено методом разделения переменных и для потенциала скорости Φ примет вид:

$$\Phi(r, z, t) = J_0(k_r r) \cdot (A \cdot \sin(k_z z) + B \cdot \cos(k_z z)) \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (3)$$

При непроницаемой поверхности муфеля граничные условия должны удовлетворять условию исчезновения радиальной скорости на боковой поверхности муфеля. Исчезает также осевая скорость на днище и потолочную часть муфеля. Граничные условия принимают вид:

$$\left. \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right|_r = 0, \quad (4)$$

$$\Phi(z)|_{z=0} = \Phi(z)|_{z=h} = 0. \quad (5)$$

Для собственных частот должны выполняться условия:

$$\begin{cases} k_r = \frac{n_i}{r}; \\ k_z = \frac{\pi \cdot m}{h}; \\ k_r^2 + k_z^2 = \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c}\right)^2. \end{cases} \quad (6, 7, 8)$$

Решения системы уравнений (6) – (8) дает выражение для вычисления ряда собственных частот в цилиндрическом муфеле.

$$f = \frac{c}{2 \cdot \pi} \sqrt{\left(\frac{n_i}{r}\right)^2 + \left(\frac{\pi \cdot m}{h}\right)^2}. \quad (9)$$

Результаты расчета собственных частот для муфеля радиусом $r = 0,308$ м, высотой $h = 0,625$ м при скорости звука $c = 340$ м/с для первых четырех корней составит: 272 (1), 544 (2), 816 (3), 1088 (4). При этом первый корень можно не учитывать, так как он соответствует нулевой частоте.

Сравнение измеренных и вычисленных по формуле (9) резонансных частот показало расхождение расчетных и экспериментальных значений частот в пределах $0,6 \div 5,9$ %, то есть в допустимых пределах по условию точности такого типа расчетов, что позволяет использовать резонатор Гельмгольца с определенной условностью для прогнозирования собственной частоты рабочего объема муфеля электропечи.

СИСТЕМНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЛЬСАТОРА ПРИ ПУЛЬСАЦИОННОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. студент
Национальная металлургическая академия Украины

Системное определение характеристик пульсатора выполнено экспериментальным путем и включает два направления: определение пропускной способности пульсатора и вычисление коэффициента местного сопротивления пульсатора.

Пропускная способность пульсатора определялась тахометром со светолучевым первичным преобразователем. Результаты измерений представлены на рисунке 1 в виде изменения относительного проходного сечения пульсатора F/F_{\max} в зависимости от угла поворота цилиндрического прерывателя (здесь F – площадь проходного сечения при определенном угле поворота φ , а максимальная площадь проходного сечения).

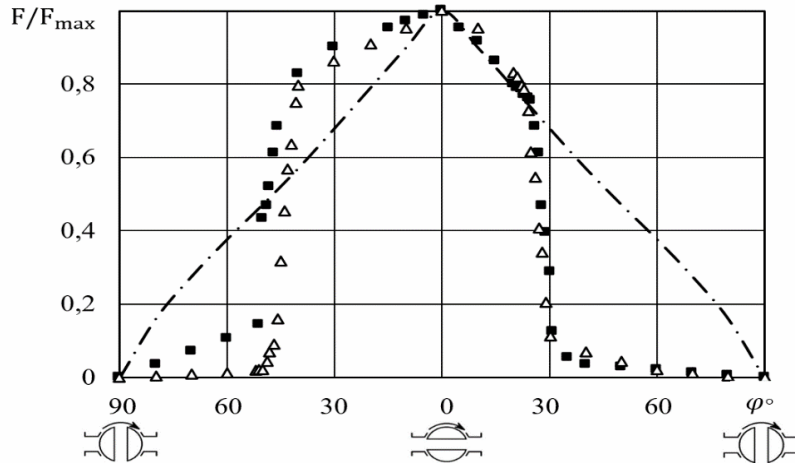


Рисунок 1 – Изменение относительного проходного сечения пульсатора в зависимости от угла поворота: ■ – первая серия измерений; Δ – вторая серия измерений; - - - - - расчетные значения.

В основу вычисления коэффициента местного сопротивления ξ по результатам измерений положена формула Вейсбаха. Результаты экспериментального определения коэффициента сопротивления представлены на рисунке 2. Здесь же для сравнения приведены изменения коэффициента сопротивления, полученные расчетом.

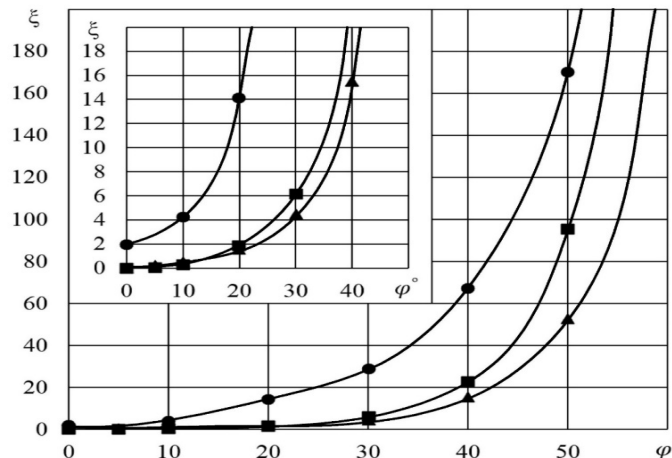


Рисунок 2 – Изменение коэффициента сопротивления пульсатора в зависимости от угла поворота: ● – усреднённые экспериментальные значения; ■, ▲ – по данным расчетов

Полученные данные о характеристике пульсатора, можно использовать для расчета газовой трассы при разработке системы пульсационно-резонансного сжигания топлива.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КОНФИГУРАЦИИ ПУЛЬСАЦИЙ ПРИ ПУЛЬСАЦИОННО-РЕЗОНАНСНОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант,
Мацукевич М.Ю. студент, Карабеза И.И. м.н.с.

Национальная металлургическая академия Украины

Для системного анализа образования пульсаций использовано выражение энтропии газа. Течение газа при генерации пульсаций заключается в периодическом сжатии и расширении газа. Изменение энтропии в области скачка давления ударной волны при сжатии газа составит:

$$\Delta s = c_v \cdot \ln \left(\frac{(p_2/p_1)_{уд.}}{(\rho_2/\rho_1)_{уд.}^k} \right), \quad (1)$$

где $(p_2/p_1)_{уд.}$, $(\rho_2/\rho_1)_{уд.}$ - отношения давлений и плотностей газа в области ударной волны.

Из уравнения (1) следует, что отношение плотностей газа равно по величине отношению давлений, соответствующих ударной волне в изоэнтропном процессе. Следовательно, выражение (1) можно представить в следующем виде:

$$\Delta s = c_v \cdot \ln \left(\frac{(p_2/p_1)_{уд.}}{(p_2/p_1)_{изоэнтр.}^k} \right), \quad (2)$$

где $(p_2/p_1)_{изоэнтр.}$ - отношение давлений, соответствующее ударной волне в изоэнтропном процессе.

На скачке уплотнения $(p_2/p_1)_{уд.} > (p_2/p_1)_{изоэнтр.}$ для любого соотношения ρ_2/ρ_1 . Следовательно, под знаком логарифма в (2) находится величина больше единицы, то есть $\Delta s > 0$, что в соответствии со вторым законом термодинамики подтверждает наличие ударной волны при сжатии.

При наличии скачка расширения, то есть $\rho_2 < \rho_1$ из выражения (2) следует, что $(p_2/p_1)_{уд.} < (p_2/p_1)_{изоэнтр.}$ и $\Delta s < 0$. Однако по второму закону термодинамики энтропия ограниченных систем в изоэнтропных процессах может только возрастать, а, следовательно, исключаются скачки расширения газа, то есть возможны только скачки сжатия.

В соответствии с принятой схемой при движении газа по трубопроводу фронт повышения давления будет круче, а область понижения давления – положе (рисунок 1).

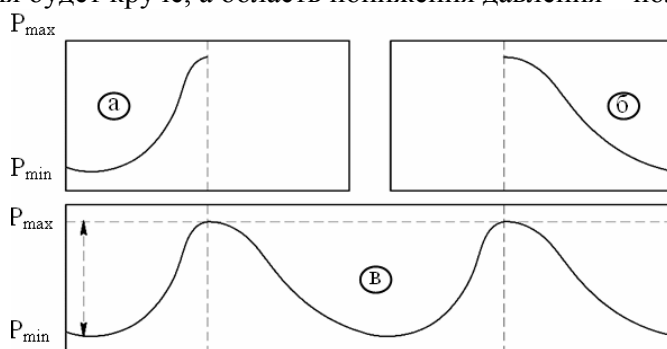


Рисунок 1 – Механизм образования пульсаций давления в цилиндрическом прерывателе газового потока: а – область сжатия; б – область расширения; в – общий вид пульсаций газового потока в трубопроводе

Сжатие газового потока (см. рисунок 1.а) происходит в момент перекрытия трубопровода пульсатором, а волна сжатия становится круче с увеличением скорости перекрытия вплоть до образования газодинамического удара. Расширение газового потока происходит в момент открытия трубопровода пульсатором (см. рисунок 1.б), а волна расширения становится положе по мере замедления открытия трубопровода. Сочетание областей повышенного и пониженного давлений дает форму пульсирующего газового потока, приведенную на рисунке 1.в.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИССИПАЦИИ ПУЛЬСАЦИИ ГАЗОВОГО ПОТОКА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант,
Мацукевич М.Ю. студент, Пайкин С.О. м.н.с.

Национальная металлургическая академия Украины

При прохождении по трубопроводу от пульсатора до горелки импульс пульсации претерпевает изменения. Происходит диссипация (рассеивание) пульсации газового потока. Выяснить эти изменения и учесть их в опытно-промышленных исследованиях при сушке и разогреве сталеразливочных ковшей являлось целью данной работы.

Экспериментальная установка для исследования диссипации пульсирующего газового потока, представлена на рисунке 1.

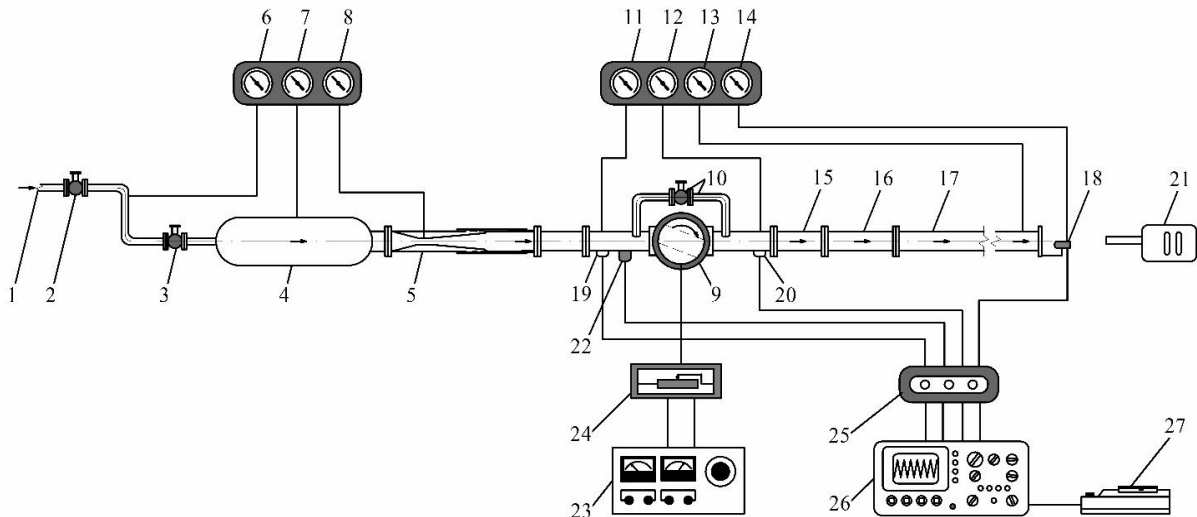


Рисунок 1 – Экспериментальная установка для исследования диссипации пульсаций газового потока

- 1 – трубопровод сжатого воздуха; 2 и 3 – запорная и регулирующая задвижки;
- 4 – форкамера; 5 – расходомерная трубка Вентури; 6 и 7 – манометры;
- 8 – вакуумметр; 9 – пульсатор с цилиндрическим прерывателем потока газа;
- 10 – байпас с запорно-регулирующей задвижкой; 11-14 – манометры; 15-17 – секции трубопровода; 18-20 – датчики пульсаций; 21 – источник света; 22 – фотодатчик;
- 23 – преобразователь электропитания привода пульсатора; 24 – реостат;
- 25 – преобразователь сигнала; 26 – осциллограф; 27 – графопостроитель

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 2 в виде зависимости изменения интенсивности звука (I) от частоты пульсаций (f).

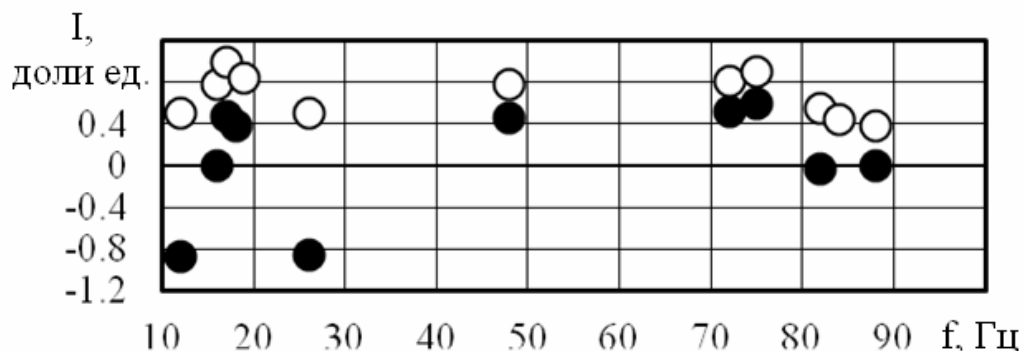


Рисунок 2 – Зависимость изменения интенсивности звука (I) от частоты пульсаций (f)

- относительная сила звука пульсаций за пульсатором
- относительная сила звука пульсаций перед горелкой

Результаты экспериментальных исследований предоставляют возможность подобрать частоты пульсаций, на которых следует ожидать наиболее эффективную работу системы пульсационного сжигания топлива.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В КОВШЕ ПРИ ПУЛЬСАЦИОННО-РЕЗОНАНСНОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. студент
Национальная металлургическая академия Украины

Работа касается системного анализа эффективности пульсационно-резонансного сжигания топлива при сушке и разогреве сталеразливочных ковшей.

Расчетная температура продуктов сгорания топлива на выходе из ковша вычислялась по формуле:

$$t_{nc} = \frac{T_{nc}^{adiaбат}}{M \cdot \left(\frac{5,67 \cdot \psi_{cp} \cdot F_{cm} \cdot a_m \cdot T_{nc}^{adiaбат3}}{10^{11} \cdot \phi \cdot B_m \cdot V_{c\text{cp}}} \right)^{0,6}}, \quad (1)$$

где $T_{nc}^{adiaбат}$ - адиабатическая температура горения топлива, К; ψ_{cp} - коэффициент тепловой эффективности лучевоспринимающей поверхности; F_{cm} - площадь внутренней поверхности ковша, m^2 ; a_m - степень черноты рабочего объема ковша при сжигании газообразного топлива; ϕ - коэффициент сохранения теплоты; B_m - расход топлива, m^3/c ; $V_{c\text{cp}}$ - средняя суммарная теплоемкость продуктов сгорания топлива, $kJ/kg \cdot K$.

Исходные данные для расчета температуры продуктов сгорания на выходе из ковша представлены в таблице 1.

Таблица 1
Исходные данные для расчета температуры продуктов сгорания

Наименование показателя	Обозначение	Значение	Размерность
Расход топлива	B_m	0,017÷0,07	m^3/c
Теплота сгорания топлива	Q_u^p	35,43	$MДж/m^3$
Коэффициент избытка воздуха	α	1,1	-

На рисунке 1 приведено сравнение результатов расчета температуры продуктов сгорания топлива на выходе из ковша с экспериментальными данными двух опытов процесса сушки.

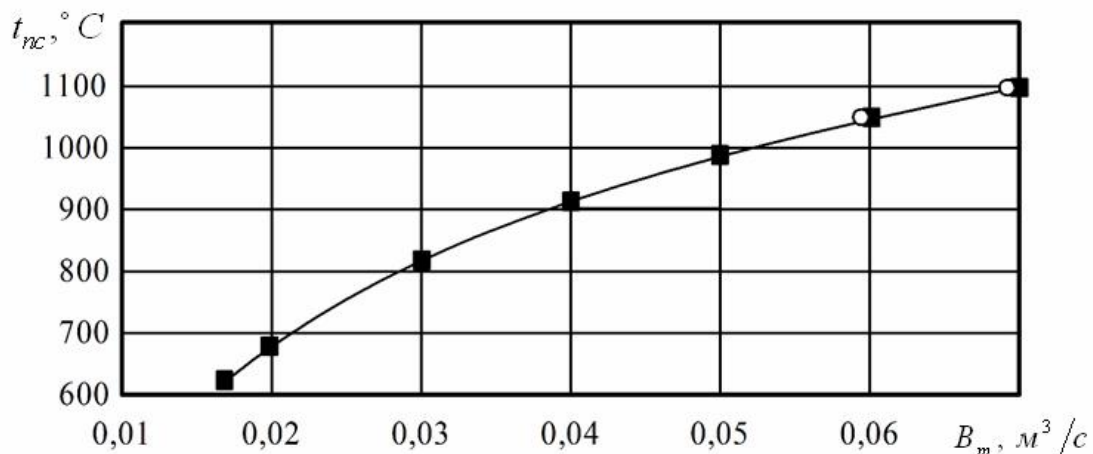


Рисунок 1 – Сравнение результатов расчета (■) температуры продуктов сгорания топлива на выходе из ковша в процессе сушки с экспериментальными данными (○)

Разница между расчетными и экспериментальными значениями температуры продуктов сгорания топлива на выходе из ковша не превышает 2,2 %. Это позволяет рекомендовать предложенную методику для расчета температуры продуктов сгорания и температуры поверхности футеровки в рабочем объеме ковша.

ВЫЧИСЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ СУШКЕ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. студент
Национальная металлургическая академия Украины

Вычисление коэффициента теплоотдачи касается сушки сталеразливочных ковшей при опытно-промышленном исследовании пульсационно-резонансного сжигания топлива.

Пример расчета коэффициента теплоотдачи продуктами сгорания топлива приводится для сталеразливочного ковша емкостью 160 т. Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1
Исходные данные для расчета коэффициента теплоотдачи

Наименование величины	Обозначение	Значение	Размерность
Объем рабочей кладки ковша	V_p	5,51	$м^3$
Плотность высокоглиноземистого огнеупора МКС-72	$\rho_{взо}$	2500	$\frac{кг}{м^3}$
Удельные расходы теплоты на испарение влаги	r	2256500	$\frac{Дж}{кг}$
Масса влаги, испаряемой в процессе сушки	$W_{вл}$	2772,7	кг
Площадь внутренней поверхности рабочей кладки ковша	F_g	39,22	$м^2$
Температура продуктов сгорания топлива в рабочем объеме ковша	$t_{нс}$	1176	$^{\circ}C$
Объемная энтальпия продуктов сгорания топлива	$I_{н.с.}$	21136	$\frac{кДж}{м^3_{нн}}$
Плотность топлива при нормальных условиях	$\rho_{нн}$	0,75	$\frac{кг}{м^3_{нн}}$
Длительность процесса сушки ковша	$\tau_{суш}$	12	ч.

Массовая скорость сушки (интенсивность сушки) составит:

$$N_{суш} = \frac{W_{вл}}{F_g \cdot \tau_{суш}} = \frac{2772,7}{39,22 \cdot 12} = 5,89 \frac{кг}{м^2 \cdot ч}. \quad (1)$$

Массовая энтальпия продуктов сгорания топлива при температуре в рабочем объеме ковша, соответствующей показанию сухого термометра $t_{нс} = 1176^{\circ}C$, составит:

$$I_{н.с.} = \frac{I_{н.с.}}{\rho_{нн}} = \frac{21136}{0,75} = 28018 \frac{кДж}{кг}. \quad (2)$$

Температура продуктов сгорания топлива в рабочем объеме ковша по показаниям влажного термометра составит:

$$t_{нс\,вл} = 43,5 \cdot \lg I_{н.с.} - 56,6 = 43,5 \cdot 28018 - 56,6 = 137^{\circ}C. \quad (3)$$

Коэффициент теплоотдачи в процессе сушки сталеразливочных ковшей составит:

$$\alpha = \frac{V_p \cdot r \cdot \rho_{взо} \cdot N_{суш}}{100 \cdot F_g \cdot (t_{нс} - t_{нс\,вл})} = \frac{5,51 \cdot 2256500 \cdot 2500 \cdot 5,89}{100 \cdot 39,22 \cdot (1176 - 137)} = 44932 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}. \quad (4)$$

Провиденная методика может быть использована для оценки эффективности сушки сталеразливочных ковшей при пульсационно-резонансном сжигании топлива.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ БАЛАНСОВ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ И РАЗОГРЕВА СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

Гичёв Ю.А. д.т.н., Ступак М.Ю. аспирант, Мацукевич М.Ю. студент

Национальная металлургическая академия Украины

Системный анализ касается пульсационно-резонансного сжигания топлива при сушке и разогреве сталеразливочных ковшей. Анализ тепловых балансов заключался в сопоставлении полезно использованной теплоты и потерь теплоты при опытно-промышленном исследовании.

Соотношение между полезно использованной теплотой и потерями теплоты позволило сделать следующие выводы:

а) полезное использование теплоты в процессах сушки и разогрева сталеразливочных ковшей при пульсационно-резонансном сжигании топлива во всех опытах выше по сравнению с нормативными ковшами, то есть при обычном сжигании топлива;

б) полезное использование теплоты в процессе сушки в среднем на 30% выше, чем в процессе разогрева, что объясняется дополнительным расходом теплоты на испарение влаги при сушке.

Сравнение статей затрат полезно использованной теплоты показало:

а) наиболее весомыми статьями полезно использованной теплоты при сушке ковшей являются расходы теплоты на нагрев рабочей кладки, арматурного ряда и испарение влаги;

б) наиболее весомыми статьями полезно использованной теплоты при разогреве ковшей являются расходы теплоты на нагрев рабочей кладки и арматурного ряда;

в) полезно использованная теплота по наиболее весомым статьям расхода при пульсационно-резонансном сжигании топлива превышает те же статьи при обычном сжигании, что указывает на более интенсивный теплообмен в опытных ковшах по сравнению с нормативными.

Соотношение между статьями потерь теплоты, позволяет сделать следующие выводы:

а) наиболее существенными потерями теплоты в процессах сушки и разогрева сталеразливочных ковшей являются потери теплоты с уходящими газами;

б) при пульсационно-резонансом сжигании топлива заметно снижаются потери теплоты от недожога топлива;

в) рост потерь теплоты, связанных с крышкой стенда сушки и отбойной стенкой стенда разогрева при пульсационно-резонансном режиме сжигания топлива, обусловлен более высокими температурами в объеме ковша при пульсационно-резонансном сжигании по сравнению с обычным сжиганием.

В целом, анализ тепловых балансов опытных режимов пульсационно-резонансного сжигания топлива позволяет сделать следующие выводы об эффективности пульсационно-резонансного сжигания:

– при пульсационно-резонансном сжигании заметно возрастает полезное использование теплоты топлива, что обеспечивает повышение к.п.д. процессов сушки и разогрева и соответствующую экономию топлива по сравнению с обычным сжиганием;

– увеличение доли полезно использованной теплоты происходит за счет увеличения аккумуляции теплоты рабочей кладкой, арматурным рядом, теплоизоляцией и корпусом ковша;

– увеличению доли полезно использованной теплоты способствует снижение химического недожога топлива, что повышает температуру в рабочем объеме ковша и интенсифицирует теплоотдачу;

– при пульсационно-резонансном режиме сжигания топлива заметно снижаются потери теплоты с уходящими газами, что в целом указывает на интенсификацию теплообмена в рабочем объеме ковша.

SYSTEM ANALYSIS OF MANUFACTURING TECHNOLOGIES OF HIGH-STRENGTH STEEL BOLTS

Gul Yuriy, Candidate of Science Engineering, Ivchenko Aleksandr, Candidate of Science Engineering, Kondratenko Pavel, Postgraduate Student, Chmeleva Valentina, Candidate of Science Engineering
*National Metallurgical Academy of Ukraine, Faculty of Materials Science and Metal Treatment,
Heat Treatment of Metals Department*

Abstract: On the basis of a systematic analysis of traditional technologies for the production of high-strength steel bolts and modern requirements for production technology and the products are formulated and substantiated the main directions of development of relevant technologies.

Steel bolts are one of the most common types of threaded products, the production of which is constantly growing due to the increasing demand for them in a wide variety of industries. With that, the proportion of high-strength bolts also increases [1]. At the same time, production technology and, consequently, a set of properties of high-strength bolts still do not undergo significant changes, leading naturally to the extra costs not compensated by a higher durability and reliability in the operation of these products, the conditions of which are becoming more severe. Therefore, the problem of determining and justification of the directions of development of these technologies is very essential.

Traditional technology of multipurpose high-strength bolts production in the formation of the bolts geometry by cold forging is based on the traditional heat hardening of geometry ready bolts by their quenching and tempering. This requires, on the one hand, the use of alloyed steel, and on the other hand, inevitably disturbs obtained during cold forging geometry of bolts, especially long ones. In order to eliminate the above drawbacks with the eighties of XX century domestic and foreign scientists are already developing energy-saving high-strength fasteners manufacturing technologies. The main ways of development of these technologies are: 1) reducing energy intensity and duration of spheroidizing annealing; 2) the development of new effective steels are well stamped and finished products after heat treatment have the required level of mechanical properties; 3) the use of heat-hardened rolled prepared structure providing the necessary technological rolled ductility, and the necessary strength of finished products provide cold deformation in the process of landing products. Therefore, the main task to be addressed in improving the technology is the problem of eliminating high-temperature heating followed by rapid cooling of the bolts after the cold forging, providing the necessary hardening by of using special treatment of the blank and hardening at cold forging with obtaining in the final high-strength bolts products new structural condition compared to the structural condition high-strength bolts of standard technology. The latter – the new structural condition – is the basis of receiving a new set of properties for a given level of static strength: increased resistance to breakage, including during cyclic loading, cold resistance, heat resistance of hardening.

Material of the study was the information about the technology used in obtaining high-strength bolts according to normative and technical documentation and other sources [2-4]. This information was subject to system analysis with emphasizing of process operations, which need improvement, elimination or replacement with the possibility of use as a work material of non-alloyed steel. These changes in technology were systematically correlated to their purpose and objective practicability, implementation benefits obtained for the economy, ecology and product quality, as well as the increase of level of technical process control and the degree of individualization processing of blanks and the transfer of high-strength steel bolts technology for obtaining in the high-tech class.

Based on the system analysis technology has been proposed provides hardening of the blank by cold deformation in a special mode (combination of active and cyclic deformation), with short-duration, high-speed, low-temperature (up to 400-450 °C) heating, which does not cause distortion and damage of the surface. It should be emphasized that the described option is most successfully implemented in the line system logistics and necessarily includes subsystems of control and regulation of the part blank parameters (input control), operating control and regulation of the technological parameters of process operations and the object to be processed, and final control of the finished bolts, which, apart from the usual random tests, includes a 100% non-destructive testing with the feedback of the results to previous subsystems.

1. Marketing research of metal goods markets: current situation and prospects / V.A. Zubanov // Economic gazette of Donbas. — 2008. — № 2(12). — p. 97-108.
2. GOST R ISO 898-1-2014 Mechanical properties of fixing hardware made of carbon and alloyed steels. Part 1. Bolts, screws and studs.
3. Bickford John H. Introduction to the Design and Behavior of Bolted Joints. - NW:Taylor & Francis Group, 2013. - 564 p.
4. GOST R 52643-2006. High-strength bolts and nuts, and washers for metal constructions. General technical specifications.

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНА ВІБРАЦІЙНОГО КОНВЕЄРА З ОБМЕЖЕННЯМ НА ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Гурський В.М. к.т.н., Шпак Я.В. к.т.н.

Національний університет «Львівська політехніка», Інститут інженерної механіки та транспорту, кафедра механіки та автоматизації машинобудування

До динамічно навантажених конструкцій представляються особливі вимоги щодо забезпечення їхньої високої жорсткості. Для цього конструкції підкріплюють пластинами та ребрами жорсткості. На рис. 1 представлено конструкцію робочого органа реверсивного вібраційного конвеєра, що базується на швелері 1 довжиною **2500mm**, підсиленого боковими пластинами 2, нижніми поперечними пластинами 3 і 5 та додатково підкріплена нижніми центральними ребрами жорсткості 6. Мотор-вібратор монтується знизу в центрі конструкції на профільній трубі 4 та пластині 7.

Постановка оптимізаційної задачі:

– цільова функція (маса) – $m(l_1, h_1, b_1) \rightarrow \min$,

– обмеження на конструктивні параметри ребра:

$$l_1 = (300 \dots 340)mm,$$

$$h_1 = (5 \dots 25)mm,$$

$$b_1 = (50 \dots 70)mm,$$

– обмеження на першу власну частоту (згинальних) коливань робочого органа:

$$f_0(h_1, l_1, h_2) > 90Hz.$$

Розв'язок задачі здійснено шляхом параметричного аналізу в програмі SolidWorks Simulation, представлено в табл.

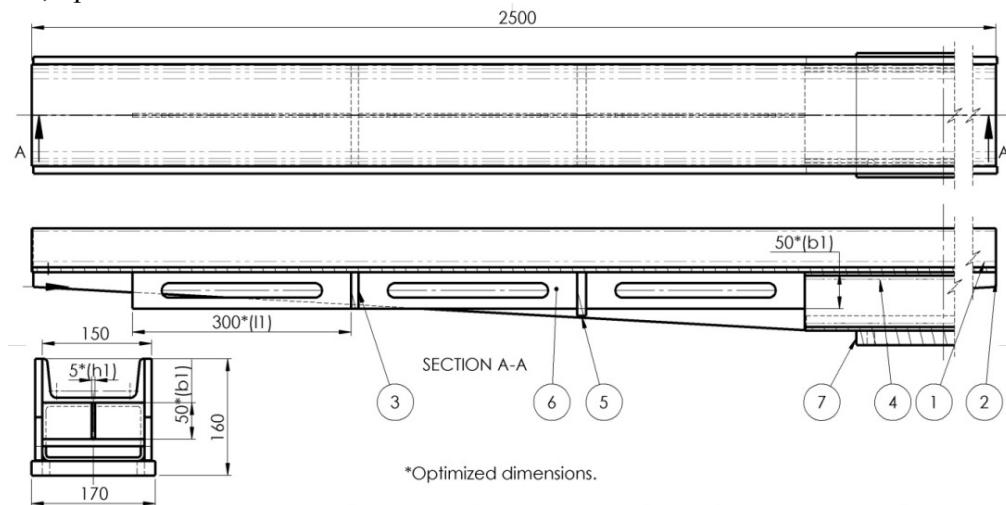


Рисунок 1 – Конструкція робочого органа вібраційного транспортера

Таблиця
Результати розв'язку оптимізаційної задачі

Конструктивні параметри				Цільова функція	Обмеження	Частотно-масовий критерій
Позначення	Діапазон, [mm]	Вихідні, [mm]	Оптимальні, [mm]	$m, [kg]$	$f_0, [Hz]$	$k_{f_0} \frac{[Hz]}{[kg]}$
h_1	5-25	(6)	5	(104.51) 98.27	(4)	(0.928) 0.995
b_1	50-70	(50)	50			
l_1	300-340	(340)	300			

() – позначення вихідних параметрів

ОТ КАЧЕСТВЕННОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА К ЭФФЕКТИВНОЙ ОТРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Журавель А.Ю. аспирант, Процив В.В. д.т.н., Федоряченко С.А. к.т.н.
ГВУЗ «Национальный горный университет»

При отработке месторождений полезных ископаемых подземным способом, одним из основных технологических процессов является проходка горных выработок, причём удельный вес данного технологического процесса в шахтной себестоимости руды достигает 15,2 %, а в себестоимости руды франко-люк – 37 %. При этом, бурение шпуров как по временным, так и по материальным затратам может значительно превышать указанные цифры в пределах общих затрат на проходку горных выработок [1,2,3].

При бурении шпуров основным элементом является буровая коронка, непосредственно реализующая все возможности буровой техники на границе контакта буровая коронка – забой шпура горной породы.

Одним из главных параметров, влияющих на стойкость коронок при бурении породы, является размер твердосплавных вставок [4, 5], так как в процессе бурения, твердосплавные вставки подвержены истиранию. В следствии чего, имеем прямую зависимость размера вставки от времени ее работы с породой. С увеличением размеров твердосплавных вставок до предельно-допустимого, возникает проблема расположения этих вставок в теле коронки.

На основании этого, можно утверждать, что повышение износостойкости буровых коронок необходимо проводить в направлении поиска технических решений, связанных (при прочих равных условиях) с конструкторско-технологическими параметрами буровой коронки.

Поэтому, высококачественная буровая коронка, с заложенными в неё передовыми технологиями и техническими решениями (в первую очередь износостойкостью к конкретным горно-геологическим горнотехническим условиям), открывает новые возможности использования такой буровой техники. Среди них, например, такие.

1) Новый буровой инструмент (буровые коронки импортного и отечественного производства) открывают новые возможности и перспективы при подземной добычи полезных ископаемых.

2) Повышение технических показателей, поскольку скорость бурения возрастает от двух до четырех раз, скорость проведения горных выработок возрастает в два раза.

3) Снижаются затраты на проходческий цикл на 40 %.

4) Появляется возможность перехода на другую технологию добычи полезных ископаемых – с камерных систем на слоевую с сокращением потерь и разубоживания.

5) Возникает возможность ускоренного ввода очистных блоков и сокращение их количества.

6) Открывается возможность изменения организации проходческого цикла с учётом количества проходческих выработок на основе опытно-промышленных работ.

7) Создается возможность изменения трещиноватости горных пород.

8) Появляется решение экологических проблем, связанных с сокращением количества взрывов при проходке горных выработок, снижение вредных выбросов в окружающую среду, улучшение санитарно-гигиенических условий труда подземного персонала.

9) Открывается возможность создания конкурентоспособного промышленного продукта на основе новейших достижений науки и техники по качественным, ценовым и экологическим показателям.

1. Щадов М.И., Чернегов Ю.А., Чернегов Н.Ю. Перспективные технологические разработки в рамках конверсии оборонной промышленности. Горный журнал № 2, – 1995, М. "Недра", С.3.

2. Азарян А.А. и др. Комплекс ресурсо- і енерго- зберігачих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв. Кривий Ріг "Мінерал" 2006. С.18-21.

3. Недельский А.Г. и др. Отчет о научно-исследовательской работе: "Исследование и разработка параметров селективной выемки урановых месторождений с технико-экономическим обоснованием нетрадиционных систем разработки (селективное выемка)." Заключительный. Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательный институт промышленной технологии. укрНИПИпромтехнологии инв.№ 288 нил. Желтые Воды 2003. с.83.

4. Друковичный М.Ф., Дубнов Л.В., Миндели Э.О. и др. Справочник по буровзрывным работам. М."Недра", 1976, с. 445 – 455, 566 – 570, 602.

5. Чувилин А.М. и др. Новые коронки для бурения шпуров и скважин. Горный журнал №1, 1987, М."Недра", с. 42.

ПОЛУМАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Кажан В.Е., к.т.н., Щетинин С.Е.

Национальная металлургическая академия Украины

Необходимость оценки надежности непосредственно связана с повышением эффективности и качества, уменьшением материальных и временных затрат на эксплуатацию металлургических электромеханических систем (ЭМС), а также совершенствованием их системы технического обслуживания (СТО). Для современных ЭМС, представляющих собой многообъектовые и функционально связанные технологические комплексы, важно знать: за какое время и до какого уровня СТО может восстановить утраченную в результате отказа или технического обслуживания (ТО) готовность комплекса. В работе рассматривается математическая модель процесса эксплуатации и алгоритм определения оптимальных периодичностей и стратегий ТО ЭМС комплексов. Для решения задачи предлагается полумарковская модель эксплуатации ЭМС позволяющая получить аналитическое выражение и рассчитать оптимальные периодичности ТО, исходя из условия обеспечения максимального коэффициента готовности системы при изменяющемся во времени параметре потока отказов.

Решение такой задачи состоит из следующих основных этапов: построение модели процесса эксплуатации ЭМС; вывод расчетного соотношения для коэффициента готовности как функции параметров технического состояния ЭМС и СТО; получение аналитического выражения для определения оптимальных периодичностей для различных видов ТО.

Анализ математических методов показывает, что наиболее адекватной математической моделью является полумарковская модель процесса эксплуатации ЭМС, представленного в виде ориентированного графа состояний и переходов. На основании этой модели получена система уравнений, решением которой является расчетная для определения оптимальных периодичностей ТО ЭМС формула, связывающая продолжительность ТО с параметрами технического состояния ЭМС и СТО. Выбор того или иного вида ТО зависит от технико-экономической и производственной целесообразности. Для любого состояния ЭМС каждому варианту обслуживания будет соответствовать определение совокупности технологических операций и стоимость обслуживания. Использование конечного множества вариантов ТО и текущего ремонта позволяет ввести понятие стратегии ТО и ремонта, представляющей собой совокупность указаний о порядке обслуживания и ремонта ЭМС в любом из её состояний. Содержание такой стратегии определяется конкретным набором вариантов по всем состояниям ЭМС, задаваемым в виде ГСП. Одна от другой стратегии отличаются хотя бы одним вариантом в любом из состояний этого графа.

Выводы. На основе полумарковской модели процесса эксплуатации получено аналитическое соотношение, позволяющее рассчитать оптимальные из условия обеспечения максимума коэффициента готовности периодичности ТО, что дает возможность управлять нестационарным процессом эксплуатации ЭМС. Выбор оптимальных стратегий ТО позволит оценить качество и проводить сравнительную оценку различных вариантов СТО при условии использования в каждой из них оптимальной стратегии ТО и ремонта; создать адаптивную АСУ техническим состоянием ЭМС.

1. Барлоу Р., Прошан Ф. Статическая теория надежности и испытаний на безотказность. Пер. с англ. Н.А. Ушакова. –М.: Наука, 1984. –327с.
2. Королюк В.С, Турбин А.Ф Полумарковские процессы и их приложения. К.: Наук.думка, 1976. –184с.
3. Корн Г.А., Корн Т.М. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы. 5-е изд. – М.: Наука,1984. –831с.

ПРИНЦИП ЛЕ ШАТЕЛЬЕ-БРАУНА В ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

¹⁾Критская Т.В., д.т.н., ²⁾Журавлёв В.Н., д.т.н.

¹⁾Запорожская государственная инженерная академия

²⁾ГТГ ГП «Ивченко – Прогресс»

Благодаря своим уникальным свойствам, распространённости в природе и относительной дешевизне, кремний является наиболее широко используемым материалом в электронике и солнечной энергетике. Физические свойства кристаллов кремния, оцениваемые, в основном, по протеканию процессов дефектно-примесного взаимодействия достаточно хорошо изучены. Значительно меньше внимания, пока что, уделяется изучению явлений, протекающих в атомной подсистеме кристалла в процессе его роста, невелико количество теоретических исследований о влиянии межфазовой кинетики на массоперенос, получение макро-и микрооднородных монокристаллов. Всё более очевидно, что традиционные методы управления конвекцией в расплаве для обеспечения заданных уровня концентрации и примесной однородности кристалла себя исчерпали. Необходимо рассматривать возможность введения дополнительного энергетического воздействия на систему роста кристалла, которое способствовало бы достижению требуемых качественных параметров при сохранении положительного вклада механизма «самоорганизации» кристалла.

В качестве примера самоорганизации в настоящей работе приведен не объясняемый традиционным нормально-тангенциальным механизмом роста из расплава процесс встраивания атомов в кристалл, при котором радиальное микрораспределение примесей, электрофизических параметров подчиняется характерной кристаллографической симметрии [1]. Воздействие на систему кристалл-расплав известными технологическими приёмами (управляемая вынужденная конвекция, автоматическое поддержание скорости выращивания, электрической мощности) не устраняет выявляемую неоднородность. В данном случае «самоорганизующее» действие оказывает силовое поле атомов поверхности растущего кристалла.

Процессы самоорганизации в некоторых случаях, по-видимому, можно рассматривать и как факторы противодействия внешним воздействиям на кристалл (принцип Ле Шателье-Брауна). Примерами такого противодействия могут служить:

- формирование включений поликристаллической структуры при росте сильнолегированных бездислокационных монокристаллов, нетипичные механизмы двойникования в монокристаллах [1] (фактор дестабилизации – высокая концентрация легирующих элементов);

- образование характерного морфологического признака бездислокационных монокристаллов, выращиваемых по методу бестигельной зонной плавки, - «нароста» на его боковой поверхности [2], формируемого менее плотно упакованными гранями {110} и {112} (фактор дестабилизации - асимметрия теплового поля индуктора).

- ранее не наблюдавшийся эффект – выброс рентгеновского излучения (фиксируется по засветке рентгеновской плёнки) при ударе по кристаллу кремния. Наиболее сильно данный эффект проявляется при ударном воздействии на образцы поликристаллического кремния (полученного методами термического разложения моносилана, водородного восстановления трихлорсилана) и в существенно меньшей степени – на образцы монокристаллического кремния. Приводятся варианты объяснения наблюдаемого явления [3,4].

1. Критская Т.В. Современные тенденции получения кремния для устройств электроники. Монография //Запорожье: РИО ЗГИА, - 2013,-356 с.
2. Фрицлер К.Б. Формирование огранки и кристаллической структуры кремния, выращенного методом бестигельной зонной плавки. Автореферат. //Новосибирск. -2012. -17с.
3. Реньян В.Р. Технология полупроводникового кремния. Пер. с англ. //М.: Металлургия. - 1968.- 336 с.
4. Гусев Б.О., Прокофьев А.А., Маслова О.А., Теруков Е.И., Яссиевич И.Н. Передача энергии между нанокристаллами кремния // Письма в ЖЭТФ. 2011. - Т. 93.-С. 162-165

МОДАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ СТАБИЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ В КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ

Михалев А.И. д.т.н., Солдатова М.А., Стенин А.С.

Национальная металлургическая академия Украины, НТУУ «КПИ»

Динамика большинства технологических процессов в разных отраслях народного хозяйства, в том числе металлургии и машиностроения, в режиме стабилизации переменных состояния описывается линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. Многие из них имеют запаздывание в контуре управления.

Как правило, запаздывание имеет сравнительно малую величину, однако не учет запаздывания приводит к возникновению в процессе управления нежелательных эффектов, в частности возникновению устойчивых автоколебаний в установившемся режиме. Кроме того, ухудшается качество процесса стабилизации. Отсюда задача синтеза оптимальных законов стабилизации технологических процессов актуальна и имеет несомненную практическую ценность.

Существует два основных подхода к синтезу оптимальных законов управления по вектору состояния технологических процессов- метод АКОР[1] и модальное управление[2]. Применение метода АКОР приводит к необходимости решения нелинейного матричного уравнения Риккати, что, в общем случае, является нетривиальной задачей и требует использования специальных численных процедур. Основным недостатком метода АКОР является отсутствие прямой зависимости между коэффициентами функционалов и показателями качества процессов стабилизации технологических процессов. Этого недостатка лишен метод модального управления, однако проблемой в нем остается корректный выбор спектра корней замкнутой оптимальной системы и определения коэффициентов обратных связей, особенно, при наличии запаздывания в контуре управления.

Для решения данной проблемы предложен модальный синтез оптимальных законов стабилизации технологических процессов с транспортным запаздыванием в виде линейной комбинации переменных состояния, позволяющий обеспечить заданные динамические свойства. Процедура модального синтеза оптимального закона стабилизации осуществляется на основе оригинальных метода неопределенных коэффициентов и процедуры выбора и коррекции спектра корней замкнутой оптимальной системы. Для устранения возникновения из-за наличия запаздывания устойчивых автоколебаний в конечной точке процесса стабилизации вблизи заданной траектории движения предлагается использовать метод компенсации запаздывания Бэсса[3].

1. Летов А.М. Аналитическое конструирование регуляторов // Автоматика и телемеханика. 1960. Т. 21. № 4., сс.436-441.
2. В.В. Григорьев, Н.В. Журавлёва, Г.В. Лукьянова, К.А. Сергеев Синтез систем автоматического управления методом модального управления. С-Пб: СПбГУ ИТМО, 2007. 108 с.
3. Bass R.W. Improved on-off Missile Stabilization // Jet Propulsion. – Vol.26. – 1956. – P.415-417.

СИНТЕЗ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫПЛАВКЕ СИЛИКОМАНГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЫТНОГО АГЛОМЕРАТА, ПОЛУЧЕННОГО С ПОДШИХТОВКОЙ МЕЛКИХ ФРАКЦИЙ КОНЦЕНТРАТА 2 СОРТА

Мяновская Я.В. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Процесс выплавки силикомарганца в рудовосстановительной печи является следствием протекания сложных физических процессов и химических взаимодействий. Скорость физических процессов зависит от температуры: полиморфные превращения, образование шлаковой фазы, укрупнение частиц металлической фазы и фильтрация металлических капель через слой шлака и др. Кинетика восстановительных реакций зависит от температуры, размера частиц шихтовых материалов, активности углеродистого восстановителя, состава газовой фазы, пористости компонентов шихты и др. Сложность этих процессов, тесная связь и взаимное влияние вызывают необходимость рассматривать результаты их осуществления одновременно, что имеет важное значение при определении характеристик массообменных взаимодействий. Традиционное суждение о возможностях протекания процессов по термодинамическим показателям возможных в системе взаимодействий явно недостаточно для полной расшифровки механизма получения силикомарганца. Нами получены пробы металла и шлака при изотермических выдержках исходной шихты на получение силикомарганца при заданных конкретных температурах, соответствующих распределению температур в печи. Отобранные пробы подвергались петрографическому анализу, для расшифровки фазового состава металла использовали металлографический метод.

В отобранных пробах наблюдали кварцит, марганцевый агломерат, коксик, шлак с вкраплениями кварцита, шлак с вкраплениями металла, конгломераты нескольких составляющих. Анализ показал наличие минерала кварца, моносилката марганца (родонита), тефроита, марганцовистого стекла, гаусманита, манганозита, коксика. Металлическая фаза встречалась в шлаке, на границе раздела кокс-шлак. Исходный марганцевый агломерат состоял из кристаллов гаусманита, манганозита и кристаллов тефроита.

При температуре 700-750°C в структуре агломерата уменьшилось количество гаусманита, восстановление которого может происходить за счет CO газовой фазы. Шлаковая фаза при этой температуре не появлялась. При повышении температуры до 1000°C гаусманит полностью восстановился, количество тефроита увеличилось, появились мельчайшие корольки металла, по составу близкому к углеродистому ферромарганцу. При повышении температуры до 1250°C появляется шлаковая фаза, которая образовалась из марганцевого агломерата и марганцевой руды. Восстановительные процессы развиты слабо, что связано с высокой вязкостью шлака. При 1450°C не обнаружен агломерат, увеличилось количество шлаковой фазы, а возле зерен MnO появились корольки металла. Шлак по своей структуре неоднороден и в основном состоит из $2\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$, $\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$ и марганцовистого стекла. При 1600°C на границе раздела фаз наблюдается большое количество корольков металла. Шлак значительно обеднялся марганцем, состав которого характерен для отвального шлака. Металлическая фаза приближается к составу силикомарганца.

Таким образом, анализ превращений исходных шихтовых материалов и характер появляющихся фаз свидетельствует о последовательном формировании продуктов плавки. Кварцит по мере опускания в более высокотемпературные зоны печи претерпевает полиморфные превращения с образованием на конечной стадии кварцевого стекла и дальнейшего растворения в шлаке с образованием марганцовистого стекла. Марганцевый агломерат по мере повышения температуры обогащается марганцем, а затем расплавляется и образует шлаковую фазу, состав которой меняется последовательно от манганозита, через тефроит, родонит до марганцевосиликатного стекла. Появление мелких корольков металлической фазы сопровождается их коагуляцией при повышении температуры, прохождением через шлаковую фазу в металлический расплав. Формированию металлической фазы способствует достижение высоких степеней извлечения марганца в сплав, что связано с ускорением восстановительных процессов при использовании более пористого опытного агломерата.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УВОДА ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Первый Б.А. Аспирант

Институт технической механики НАН Украины

Современное общество невозможно представить без использования результатов космической деятельности. Вместе с тем в результате активного исследования и освоения космического пространства накопление космического мусора достигло масштабов реальной угрозы для дальнейшего устойчивого развития космической деятельности.

Космический мусор определяется как искусственный материал в пространстве, не обладающий какой-либо полезной целью [1]. Отработавшие космические аппараты (КА), использованные ступени ракет-носителей, различные объекты, созданные во время миссий, а также фрагменты, вызванные столкновениями или взрывами в космосе, могут быть классифицированы как космический мусор (КМ).

В настоящее время вокруг Земли накопилось свыше 110 тыс. «мусорных» предметов размером свыше 1 см в диаметре и 40 млн. предметов, размер которых превышает 1 мм. Более 70 % объектов, на самом деле, находятся на низких околоземных орбитах, около 20 % находятся на промежуточных и средних высотах (от ~13000 км до ~34000 км) и менее 10 % находятся на геостационарных орбитах [2]. Классификация КМ проводится по трем категориям: до 5 мм, до 10 см и более 10 см. Из этой совокупности отслеживаются и каталогизируются только объекты более 10 см [3]. Скорости соударения КА с элементами КМ лежат в диапазоне 1–50 км/с. При таких скоростях «взаимодействие» КА с элементом КМ может приводить к катастрофическим последствиям. Представляя собой нарастающую угрозу как для нынешних действующих аппаратов, так и для будущих космических миссий, проблема КМ является актуальной проблемой современной космонавтики.

Существует ряд жизнеспособных технических подходов, который можно разделить на несколько категорий: наземные подходы к активному удалению мусора или предотвращению столкновений; пассивные системы увода, которые могут быть развернуты в конце срока эксплуатации КА; новые типы активных систем увода, независимые от позиционирования и возможностей ориентации КА; активные системы увода, которые удаляют множество мусора за одну миссию; магнитные устройства [4].

В настоящее время, большинство проектов предусматривают отправку роботизированного КА, который может прикрепиться к одному или нескольким выбранным объектам или элементам мусора и затем уводить их с орбиты. Этот подход имеет очевидные проблемы, связанные с чрезвычайной дороговизной, медлительностью, и неэффективностью почти по любому показателю, однако, предполагает минимальный риск увода ошибочного аппарата.

Одна из популярных концепций увода мусора предполагает использование сетей, развернутых на неактивных спутниках или верхних ступенях ракет для создания большего сопротивления атмосферы. Такой подход лучше всего описан в системе Rustler [5]. Несмотря на популярность такого механизма увода, этот подход демонстрировался только на компьютерных моделях без применения его в реальных условиях.

Следующий метод использует ионно-лучевую проекционную систему, формирующую ионный пучок, который фокусируется на объекте в течение определенного периода времени так, что последний выталкивается с орбиты. Эта техника изучается Европейским космическим агентством, НАСА и японским космическим агентством (JAXA) [6].

Стоит отметить, что практически все существующие методы увода [7] не используют или не учитывают собственное вращательное движение элементов космического мусора, что допустимо для объектов с малым отношением площади поперечного сечения к массе, однако объекты с высоким отношением подвержены наибольшему эффектам сопротивления атмосферы, особенно находящиеся на НОО. Отсюда становится перспективной разработка метода увода, который бы использовал собственное вращательное движение элемента мусора для эффективного удаления его с орбиты.

1. Микиша А.М. Загрязнение космоса / Микиша А.М., Рыхлова Л.В., Смирнов М.А // Вестник Российской Академии наук. – 2001. – Т.71, №1. – С. 26 – 31.
2. Н. Klinkrad Space Debris environment remediation concepts / Н. Klinkrad, N. L. Johnson // 5th European Conference on Space Debris. – Germany, 2009.
3. D. McKnight Pay Me Now or Pay Me More Later: Start the Development of Active Orbital Debris Removal Now // Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference. – Hawaii, 2010.
4. J.N. Pelton New Solutions for the Space Debris Problem / J.N. Pelton // SpringerBriefs in Space Development. – Switzerland, 2015.
5. R. Hoyt Tethers Unlimited “The Rustler Deorbit Systems” [Электронный ресурс] Режим доступа www.tethers.com/papers/Tethers-RUSTLER-Presentation.pdf
6. M. Merino Ion beam shepherd satellite for space debris removal [Электронный ресурс] Режим доступа <http://www.eucass-proceedings.eu/articles/eucass/pdf/2013/01/eucass4p789.pdf>
7. K. Wormnes ESA technologies for space debris remediation [Электронный ресурс] Режим доступа <http://www.esa.int/gsp/ACT/doc/MAD/pub/ACT-RPR-MAD-2013-04-KW-CleanSpace-ADR.pdf>

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

Ромашко А.С. к.т.н.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

З 2015 року чинний Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [1], який «визначає правові та організаційні засади розроблення, прийняття та застосування технічних регламентів і передбачених ними процедур оцінки відповідності, а також здійснення добровільної оцінки відповідності», тобто вимоги цього Закону розповсюджуються на продукцію, яка підпадає під дію технічних регламентів (ТР), а також передбачено застосування вимог закону для продукції, яка не підпадає під дію ТР.

Постановою Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 р. № 95 [2] визначені застосовні модулі оцінки (далі модулі) і станом на 01.02.2017 року в Україні діють 49 ТР, вимоги яких регламентують процеси протягом життєвого циклу об'єкта і перелік яких наведений на сайті Міністерства економічного розвитку та торгівлі [3].

Оцінювання відповідності за вимогами ТР передбачає застосування 16-ти модулів для оцінювання відповідності продукції, які позначаються літерним чи літерно-цифровим кодом. Усі модулі (окрім модуля А) передбачають залучення до процедури оцінки третьої сторони – органу з оцінки відповідності (ООВ). Залучення лише одної третьої сторони можливе на етапі випробувань (модуль А1) та на етапі оцінки системи управління якістю (модуль Н). Усі інші модулі (окрім А, А1, Н) передбачають залучення більше одного органу оцінки відповідності (лабораторії, ООВ продукції, процесів, послуг, ООВ систем управління, тощо).

Постановою Кабінету Міністрів України [2] передбачено: експертизу типу (модуль В з видачею сертифіката експертизи типу), яку здійснюють або експертизою зразка, або оцінкою адекватності проекту, причому оцінка адекватності проекту передбачена двома шляхами: або експертизою типового зразка та його проекту, або експертизою проекту типового зразка; експертизу проекту з видачею сертифіката експертизи проекту (модуль Н1).

Слід зазначити, що усі модулі в тій чи іншій мірі передбачають наявність технічної документації, яка би дала можливість оцінити відповідність конкретної продукції вимогам конкретних ТР і включати «результати належного аналізу та оцінки ризику (ризиків)» [2].

Тобто вже на стадії проектування виробу, який підпадає під дію ТР, виробник повинен ознайомитись з вимогами застосованих регламентів та з вимогами стандартів з переліку національних стандартів, що ідентичні гармонізованим європейським стандартам та відповідність яким надає презумпцію відповідності обладнання вимогам ТР [4]. В 2017 р. вийшли оновлені переліки стандартів під ТР, розроблені за методичними вказівками Мінекономрозвитку, це ТР з низьковольтного електричного обладнання, електромагнітної сумісності обладнання та безпеки машин, хоча є більш ранні переліки і для інших ТР [4].

1. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 14, ст.96) [Електронний ресурс] – Режим доступу - <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/124-19> - Дата звернення 07.02.2017 р. – Назва з екрана.

2. Постанова Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 р. № 95 «Про затвердження модулів оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінки відповідності, та правил використання модулів оцінки відповідності» [Електронний ресурс] – Режим доступу - <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/95-2016-p/page> - Дата звернення 07.02.2017 р. – Назва з екрана.

3. Реєстр технічних регламентів [Електронний ресурс] – Режим доступу - <http://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&tag=TekhnichniReglamenti> - Дата звернення 07.02.2017 р. - Назва з екрана.

4. Переліки національних стандартів під технічні регламенти [Електронний ресурс] – Режим доступу - <http://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=fbe1ad1b-6d48-407e-a2bd-aae55f31afec&tag=PerelikiNatsionalnikhStandartivPidTekhnichniReglamenti> - Дата звернення 07.02.2017 р. - Назва з екрана.

МОДЕЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-КОНТРОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ И АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ С ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИЕЙ В NI LABVIEW

Ружин П.А., аспирант, Пацера С.Т., к.т.н. профессор кафедры ТГМ
Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепр, Украина

Одна из важнейших задач проектирования контроля — выбор необходимой точности измерений, по результатам которых принимаются решения о годности или негодности контролируемых изделий. Ограниченность точности измерения может привести к ошибочным решениям, т. е. к признанию негодного изделия годным или к забракованию годного изделия. Вероятность принятия неправильного решения будет тем меньше, чем меньше погрешность измерения.

Для расчёта доли неправильно забракованных и неправильно принятых деталей в ряде работ [1-3] предложен метод имитационно-статистического моделирования и выполнена его реализация в программе Microsoft Excel. В тоже время указанная программная реализация имеет некоторые недостатки а именно недостаточный уровень автоматизации при выборе вариантов статистического моделирования для разных значений параметров выходных данных. Избежать указанного недостатка можно путем разработки программного кода, который позволил бы минимизировать время расчетов доли неправильно забракованных и неправильно принятых деталей без потери точности определения этих показателей.

Целесообразно выбрать среду LabVIEW по причине того что в основе технологии LabVIEW лежит использование комбинированного моделирования систем на ЭВМ, то есть, наряду с аналитическим моделированием применяется имитационное, а также именно имитационное моделирование является наиболее эффективным методом исследования систем, и в некоторых случаях единственным практически доступным методом получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования.

На рис. 3 показаны исходные данные и программный код блока T1 – моделирования отклонения диаметра вала от от номинального значения при условии отсутствия погрешности измерения.

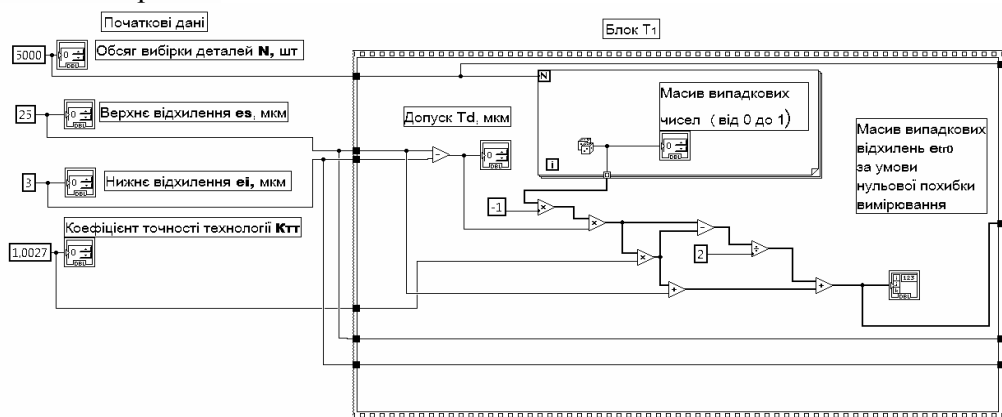


Рисунок 1 – Программный код блока T₁

Алгоритм контрольной процедуры включает в себя создание массивов верхнего es и нижнего ei отклонений. Далее проводится поэлементное сравнение указанных массивов с массивом случайных отклонений $e_{т0}$, для чего применяются функции No Equal? и Create?. В результате отображается соответствующий массив логических скаляров True или False. Если действительное отклонение находится между верхним и нижним отклонениями, то деталь признается годным и ему ставится бал $\beta_0 = 1$.

В наступном блоку ВК моделюється випадкова інструментальна похибка вимірювання, результатів вимірювання та контролю на придатність. За допомогою генератора випадкових чисел моделюється одновірний масив в інтервалі 0-1, який модифікується у масив випадкових похибок від $-\Delta$ до $+\Delta$, де Δ – граничне значення інструментальної похибки вимірювального приладу згідно його паспортних даних.

Наступний блок ВК містить в собі алгоритм створення масиву випадкових відхилень Δ від номінального розміру за умови не нульової похибки вимірювання. Якщо дійсне відхилення знаходиться між верхнім e_s та нижнім e_i відхиленнями, то деталь визнається придатною та їй виставляється бал $\beta_{\Delta}=1$. Наприкінці блоку підраховується загальна кількість придатних деталей, чи їх відсоток за умови ненульової похибки вимірювання.

На рис. 2 показано з'єднання виводів ППІ з вхідними та вихідними даними. Індикатор номеру циклу i індексується та з'єднується з виводом Δ . В даному випадку N відображає максимальне значення інструментальної похибки, для якого виконуються розрахунки та побудова графіку залежності $NЗ = f(\Delta)$.

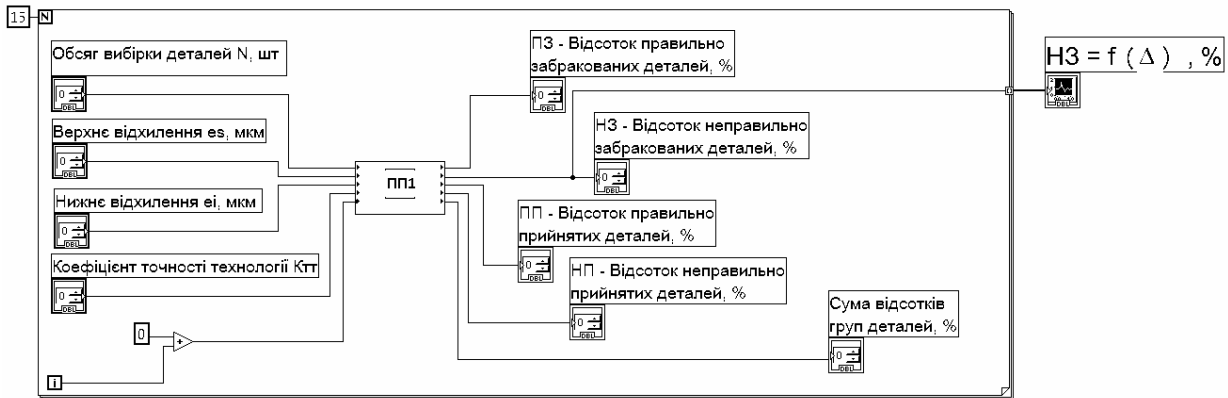


Рисунок 2 – Программний код виртуального прибора для построения графика зависимости $NЗ = f(\Delta)$

Разработано структурную модель измерительно-контрольной системы геометрических параметров и алгоритм расчёта погрешности контроля первого и второго рода имитационно-статистическим методом. Предложен новый подход к цифровому моделированию точности технологического процесса при равномерном распределении отклонения геометрических параметров деталей от номинальных размеров. Получены зависимости доли неправильно забракованных деталей от предельной ошибки средств измерения при приёмочном контроле. Имитационно-статистическое моделирование выполнено в среде LabVIEW, что существенно сокращает время расчётов по сравнению с программой Microsoft Excel, обеспечивает наглядность проведенных анализов при сравнении альтернативных вариантов выбора средств измерения. Расчёты могут быть выполнены с высокой точностью, при которых достоверность определения рисков потребителя и изготовителя может не превышать сотых долей процента

- 1.Дербаба В.А. Evaluation of the adequacy of the statistical simulation modeling method while investigating the components presorting processes / В.А. Дербаба, В.В. Зиль, С.Т. Пацера // Науковий вісник Національного гірничого університету – Д. : НГУ, 2014. – № 5 (143). – С.45–50.
- 2.Пацера С.Т. Изучение влияния расширенной неопределенности второго рода на риски изготовителя и заказчика методом статистического моделирования / С.Т. Пацера, В.И. Корсун, С.С. Курдюков // Системи обробки інформації. – 2006. – № 7(56). – С. 62–64.
- 3.Дербаба В.А. Моделирование влияния погрешностей измерения общих нормалей зубьев на показатели разбраковки / В.А. Дербаба. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – 2013. – 6/4(66). – С.48–52

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРІОРИТЕТНОСТІ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В МАТЕРІАЛАХ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ РАМНО-ОБОЛОНКОВІ КОНСТРУКЦІЇ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Савуляк В.І. д.т.н., Поступайло О.В.

Вінницький національний технічний університет

Рамно-оболонкові конструкції [1] характеризуються поєднанням елементів з великою різницею товщини та різномірністю матеріалів. Це викликає значну кількість конструктивних проблем та небажаних фізико-хімічних процесів під час утворення нероз'ємних з'єднань. Для таких з'єднань також є характерним дефект – жолоблення оболонкового тіла.

Вимоги до цих конструкцій відносно надійності і довговічності є найбільш жорсткими. Прикладом рамно-оболонкової конструкції є «Установка вилучення твердих радіоактивних відходів» на Рівненській АЕС. З метою зниження собівартості несуча рама, яка виконана із низьковуглецевої конструкційної сталі, обшивається листами з нержавіючої сталі аустенітного класу.

Проблемою зварювання з таких різномірних матеріалів є небажані хімічні реакції, які можуть протікати при температурах утворення нероз'ємного з'єднання. Небажаним є утворення таких крихких сполук як карбіди, нітриди та інтерметаліди, які значно впливають на тріщиностійкість зварних з'єднань. Процеси, які відбуваються в рідкій зварювальній ванні описані у роботі [2]. Одним з можливих рішень проблеми підвищення тріщиностійкості зварних швів є легування хімічними елементами, які активно впливають на структуроутворення металу шва. У даній роботі розглядається вплив ванадію, який термодинамічно змінює пріоритетність хімічних процесів, сприяє утворенню додаткових центрів кристалізації та подрібненню зерен.

Проблему сприятливому перебігу процесів приварювання оболонки до рами створює велика різниця товщин елементів конструкції. Енергія, необхідна для утворення рідкої ванни на масивній несучій рамі, являється надмірною для тонкого листа оболонки, що призводить до його жолоблення або пропалу. Форма та елементи нероз'ємного з'єднання напряму впливають на залишкові деформації та внутрішні напруження, тому зміна їх дозволить керувати деформаціями оболонки. В роботі [3] виконано аналіз перспективних варіантів перерізу рамно-оболонкового з'єднання та порівняння впливу температурних полів процесу утворення з'єднання на напружено-деформаційний стан розглянутих елементів. Результатом застосування математичного моделювання методом кінцевих елементів є виокремлення варіантів з мінімальним впливом температури на деформації місця утворення з'єднання.

Перспективним напрямком поліпшення фізико-механічних та експлуатаційних властивостей з'єднання є поєднання паяння (для герметизації) зі зварюванням (для забезпечення міцності). Певні труднощі застосування цього методу створює необхідність точного контролю теплових полів, викликаних процесами зварювання, та забезпечення доброго змочування припоєм зони паяння поверхонь.

Комплекс всіх наведених заходів дозволяє забезпечити виконання вимог до виготовлення рамно-оболонкових конструкцій у достатній мірі.

1. Цыхановский В. К. Несущая способность комбинированных оболочечных конструкций с учетом развития пластических деформаций / В. К. Цыхановский, В. К. Козловец, Н. А. Костыра // Промислове будівництво та інженерні споруди, № 3, 2008. – К.: С. 17 – 21.
2. Савуляк В. І. Термодинаміка утворення сполук під час легування розплаву системи Fe – Cr – Ni – Si – C – O манганом / В. І. Савуляк, О. В. Поступайло, О. В. Шаповалова // «Наукові нотатки» міжвузівський збірник, № 5, 2015 – Луцьк.: С.194-198.
3. Савуляк В. І. Термічні поля і деформації під час приварювання тонколистової оболонки до масивної рами / В. І. Савуляк, О. В. Поступайло // Технічна творчість: Збірник наукових праць, Укл.: Скиба М.Є., Поліщук О.С., Онофрійчук В.І., № 1, 2016 – Хмельницький.: С. 108-110.

АЛГОРИТМ ПІДВИЩЕННЯ КЕРОВАНОСТІ МЕТОДИЧНОЮ ПІЧЧЮ

Стьопкін В.В., к.т.н.

Національна металургійна академія України

У процесі тривалого вивчення діючої методичної печі на ММК ім. Ілліча ЛПЦ-1700, моделюванні на її технологічній моделі, встановлено, відсутність регулювання витрат за довжиною рекуперативної зони має значний вплив на температуру газів, що надходять до рекуператора, а цей фактор у свою чергу впливає на якість (рівномірність) нагріву металу у наступних зонах печі.

сунути такий недолік можна за рахунок підвищення керованості розглядає мого агрегату при введенні керуючого впливу у вигляді використання зміни витрат газу додаткових пальників у кінці рекуперативної зони методичної печі. Використовуючи розроблену модель [1-4], було проведено ряд експериментів із вивчення розподілення температури металу за зонами печі. Використання при моделюванні інженерних методик розрахунків, дозволило визначати вищевказаний параметр у кожній зоні печі. У ЛПЦ-1700 на ММК ім. Ілліча, метал нагрівається партіями по 18 та 36 слябів.

З врахуванням введення керуючого впливу у рекуперативну зону розрахунковий час в ній склав – 1712,32с (було 1625,5), у зоні розігріву – 2850,62с (3171,6), зоні нагріву 1 та 2 – 2116,4с (2616,4), томильній – 1126,45с (1379,5). Відповідно повний час перебування слябів склав 7805,79с – 2 години 17 хвилин (проти 2 годин 45 хвилин). Таким чином, в результаті дослідження встановлено, що при використанні пальників у рекуперативній зоні додатково можна зменшити перебування металу на 28 хвилин. Динаміка нагрівання першої партії слябів наведена на рис.1. З графіку видно, що збільшення температури рекуперативної зони, сприяє більш інтенсивному нагріванню металу в ній, і за рахунок

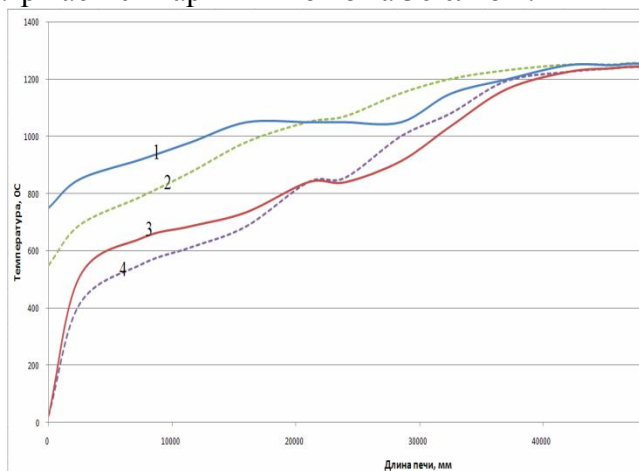


Рис.1. Динаміка нагрівання першої партії слябів: 1,3 – розподіл температур за довжиною печі з новим керуючим впливом; 2,4 – без нього

цього у наступних зонах стає можливим раціональний перерозподіл вказаних температур зі зменшеними витратами газу на більш потужних пальниках. Запропонований енергозберігаючий режим нагріву металу, з підвищенням рівня керованості методичною піччю, забезпечує зниження витрат газу у середньому на 10%.

1. Качан Ю. Г., Николенко А.В., Степкин В.В. Алгоритм расчета процесса горения топлива в методической печи // Теория и практика металлургии. – 2007. – №2-3. – С. 131-134.
2. Качан Ю. Г., Николенко А.В., Степкин В.В. Расчет внешнего теплообмена в рабочем пространстве методической печи // Теория и практика металлургии – 2007. - №4-5. – С. 77-78.
3. Качан Ю. Г., Николенко А.В., Степкин В.В. Моделирование процесса нагрева металла в методической печи // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2007. – №5. – С.74-76.
4. Качан Ю. Г., Николенко А.В., Степкин В.В. Алгоритм расчета теплового баланса методической печи // Металлургия: Наукові праці ЗДІА. – 2007 – Вип.16. – С. 120-126.

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENT SOLUTIONS OF A SMALL CAPACITY ELECTRIC ARC FURNACE AND THEIR SYNTHESIS IN A NEW GENERATION 15-TON UNIT

Timoshenko S.N. /Cand. Sci. (Tech.)/

Donetsk national technical university, Pokrovsk

Implementation of energy efficient EAF of a small capacity both for intensive and classic technology is actual task. This work aims to analyze of innovation ideas on the base of mathematical and numerical modeling of heat and mass transfer, fluid dynamics in the workspace and to synthesize them in a new solution of 15-ton EAF. The principles of new design of the micro EAF (Fig.1) are: optimization the workspace geometry and activation the steelmaking bath; use of energy saving water cooled panels; system of dispersed aspiration.

New generation EAF

Traditional EAF

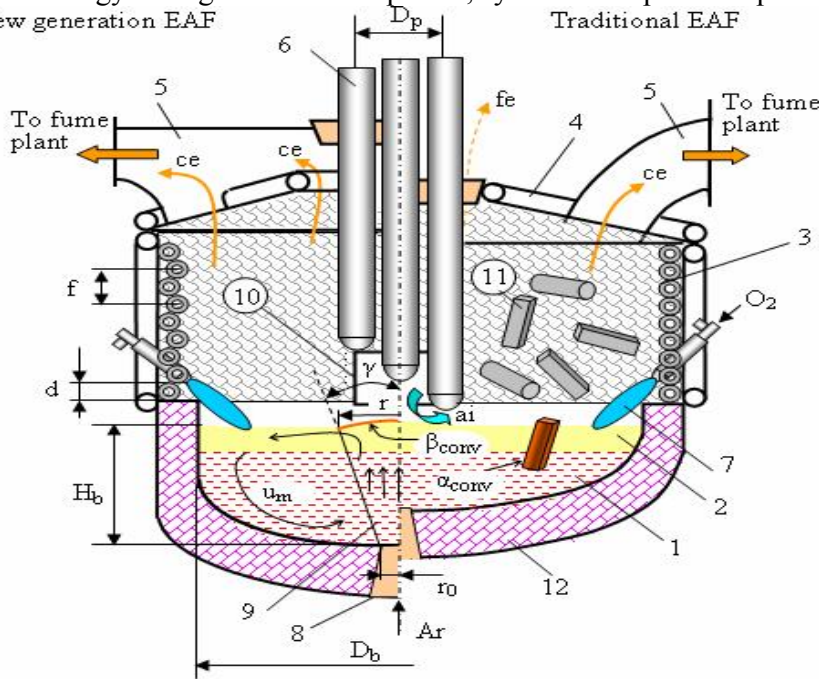


Fig.1. The principles of new EAF design to increase energy efficiency.

- 1- metal bath;
 - 2- slag bath;
 - 3- wall panels;
 - 4- roof;
 - 5- exhaust duct;
 - 6- electrodes;
 - 7- oxygen lance;
 - 8- porous plug;
 - 9- two-phase area;
 - 10- slag door;
 - 11- charge;
 - 12- bottom;
- ce – controlled emissions;
fe – fugitive emissions;
ai – air inflow.

Deepening of the steelmaking bath with inert gas blowing provides lowering of radiation heat loss by 21% (Fig.2), enhancing of heat - and mass transfer by 11-16% (Fig.3), decrease homogenization time by 8%. Energy saving panels and system of dispersed aspiration reduce heat loss up to 20% and fugitive off-gas emissions up to 60%.

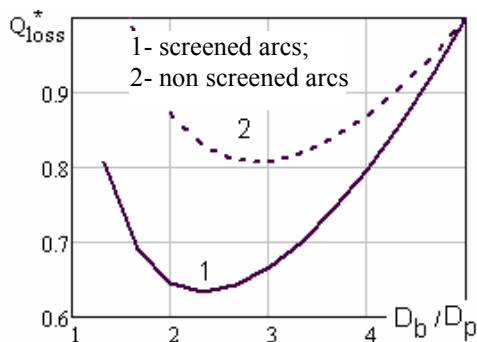


Fig. 2. Relative heat loss Q_{loss}^* with cooling water vs. ratio D_b / D_p (see Fig. 1)

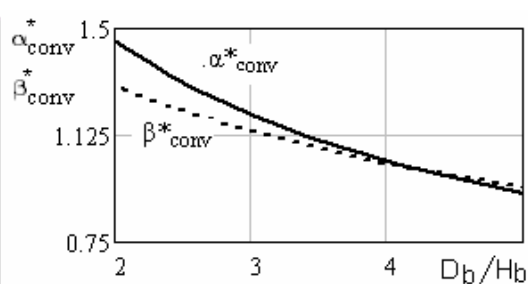


Fig. 3. Relative heat transfer (α_{conv}^*) and mass transfer (β_{conv}^*) coefficients vs. ratio D_b / H_b (see Fig. 1)

Synthesis of mentioned solutions will reduce the power consumption in the furnace not less than by 3 - 5% in comparison with the analogs.

ВЫБОР СПЛАВОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РОЛИКОВ

Хитько А.Ю. к.т.н., Иванова Л.Х. д.т.н., Шапран Л.А. к.т.н., Грищенко А.В. студент

Национальная металлургическая академия Украины

Необходимым требованиям для рабочего слоя роликов отвечают стали: 20X25H19C2Л аустенитно-карбидного и X12МФЛ мартенситно-ферритного классов. Для внутреннего слоя были выбраны: конструкционные нелегированная сталь марки 20Л и легированная марки ХМФЛ, как обладающие хорошей свариваемостью.

Влияние химического состава стали 20X25H19C2Л на механические свойства заготовок (в литом состоянии) исследовали методом симплекс-решетчатого планирования. Изучали влияние хрома, никеля и кремния как основных легирующих элементов в данной стали.

На основании полученных данных были рассчитаны уравнения регрессии в виде полинома неполной третьей степени (с учетом значимых коэффициентов). Уравнения регрессии использовали для построения диаграмм «состав – свойство» (рис.1), характеризовавших влияние химического состава стали на изменение исследуемых механических свойств.

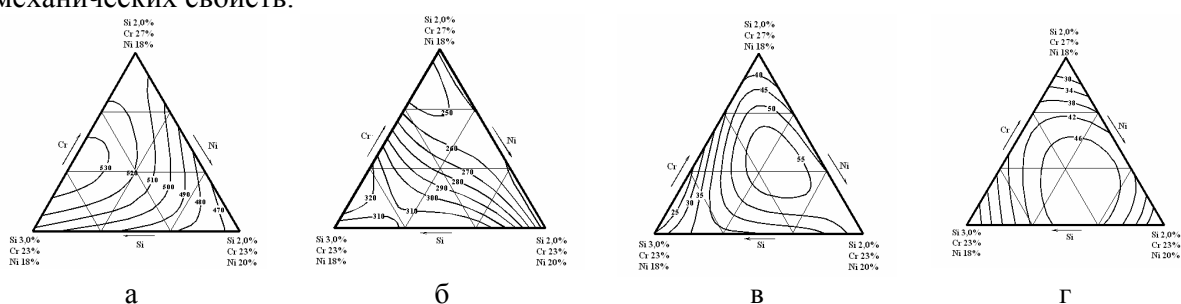


Рисунок 1 – Влияние химического состава стали 20X25H19C2Л на:

- а – предел прочности σ_B ; б – предел текучести σ_T ; в – относительное удлинение δ ;
г – ударную вязкость $KCU \cdot 10^{-2}$

Оценка результатов механических испытаний образцов из стали 20X25H19C2Л в литом состоянии показала, что предел прочности (σ_B) изменялся от 466 до 535 МПа, а предел текучести ($\sigma_{0,2}$) от 241 до 323 МПа, при достаточно высокой пластичности, ударная вязкость при этом изменялась в довольно широких пределах; максимальные значения предела прочности и предела текучести в исследованном интервале обеспечивались при пониженном содержании хрома и повышенных содержаниях кремния и никеля; для относительного удлинения и ударной вязкости наблюдали явно выраженные экстремумы, которые соответствовали области 25,5 % хрома, 19,2 % никеля и 2,6 % кремния.

Исследовали влияние основных химических элементов (С, V, Мо, Ni, Ст и др.) на структуру и свойства сплавов рабочего и внутреннего слоев биметаллических центробежнолитых роликов разных исполнений. Повышение содержания углерода до 0,25 % в комплекснолегированных сталях аустенитного, феррито-мартенситного и перлитного классов обеспечивало необходимые структуры рабочего и внутреннего слоев и высокий уровень механических свойств.

В работе был выбран рациональный состав комплекснолегированной стали для рабочего слоя роликов зоны вторичного охлаждения МНЛЗ, содержащей (масс.%): углерод 0,15...0,30; кремний 0,20...0,60; марганец 0,20...0,80; хром 11,0...17,0; молибден 1,60...2,20; ванадий 0,20...0,40; азот 0,03...0,12; кальций 0,02...0,05; алюминий 0,03...0,12; железо – остальное. Использование этой стали позволяет повысить эксплуатационную стойкость, сократить расход металла и увеличить межремонтные сроки.

Прочностные свойства исследованных сталей сохраняются на высоком уровне после тепловой обработки: в стали 20X25H19C2Л более стабильными становятся показатели пластичности и ударной вязкости, в стали X12МФЛ – высокие пластические свойства, особенно относительное сужение.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗОСЕРЕДЖЕНИХ МАС ПРОГНУТИХ ДІЛЯНОК БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ ЯК ОДНОГО З КРИТЕРІЇВ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМ РЕЖИМОМ ЇЇ РОБОТИ

Чудик І.І. д.т.н., Гриджук Я.С. к.т.н.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Вибір оптимальних параметрів режиму буріння є одним із основних факторів, які впливають на покращення техніко-економічних показників при спорудженні свердловин. Така особливість обумовлюється сучасними вимогами щодо точності та швидкості проводки свердловин, а також вартості метра проходки. На даний час використовують різні методи для оптимізації процесу буріння шляхом аналізу показників ефективності через регулювання режимно-технологічних параметрів в режимі реального часу [1]. До них належить метод, що базується на оцінці питомої механічної енергії руйнування гірських порід в процесі поглиблення вибою свердловини. За різними даними ефективність процесу буріння, тобто коефіцієнт корисної дії, складає лиш 30-40%. Як засвідчує більшість досліджень, основною причиною цього є втрата підведеної потужності на подолання сил тертя, внаслідок складних умов роботи бурильної колони в стовбурі свердловини. На зменшення ефективності процесу руйнування породи на вибої вагомий вплив також мають коливання бурильної колони. Таким чином, механічна енергія, яка доводиться для руйнування породи вибою свердловини становить близько 30% від загальної приведеної на усті.

Проте, без уваги більшості дослідників залишається факт втрати частини енергії на обертання мас прогнугих ділянок бурильної колони. Передусім це стосується роторного способу буріння, при якому бурильна колона у свердловині зазнає поперечної деформації вздовж її осі, від дії як осьового навантаження, так і крутного моменту. Використовуючи прийоми зведення мас [2], маси прогнугих ділянок колони можна розглянути як зосереджені в точках найбільшого прогину. Із збільшенням стріли прогину бурильної колони у свердловині збільшуються відстані між центрами поперечних перерізів із зосередженими масами та віссю виробки. Це в свою чергу призводить до збільшення моментів інерції поперечних перерізів прогнугих ділянок бурильної колони та затрат кінетичної енергії на їх обертання.

Бурильна колона є механічною системою, яка служить для передачі крутного моменту від ротора до долота та одночасного створення осьового навантаження на долото. З певним припущенням її можна розглянути як механізм з поступово нарощуваним кінематичним ланцюгом [3]. Регулювання коливань швидкостей ланок такого механізму при його усталеному режимі роботи зазвичай виконується відповідним підбором зосереджених мас. Задля збільшення ефективності ці маси необхідно підібрати так, щоб вони могли акумулювати всі прирости кінетичної енергії механізму, які мають місце у випадку коли робота рушійних сил є більшою за роботу сил опору. Якщо ж робота сил опору переважає роботу рушійних сил, акумульована масами ланок кінетична енергія надалі повинна бути віддана механізму назад. Таким чином, підбором мас частин бурильної колони можна частково вирішити задачу регулювання періодичних та випадкових коливань при її усталеному режимі роботи. Разом з тим можна вирішити обернену задачу: за відомих зосереджених мас прогнугих ділянок визначити кінетичну енергію, яка затрачається на їх обертання, і водночас, уточнити величину кінетичної енергії, необхідної для обертання бурильної колони в цілому.

1. Молдавцев С.А. Динаміка шарошкового долота і бурильного інструменту в процесі буріння [Текст] / С.А. Молдавцев, В.І. Векерик. – Івано-Франківськ: Факел, 2006. – 182с.
2. Зиновьев В.А. Основы динамики машинных агрегатов [Текст] / В.А. Зиновьев, А.П. Бессонов. – М.: Машиностроение, 1964. – 239с.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин [Текст] / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1965. – 776с.

СЕКЦІЯ 2

ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСАХ ОДЕРЖАННЯ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА СКОРОСТЕЙ ОХЛАЖДЕНИЯ ПО СЕЧЕНИЮ ОБОДА КОЛЕСА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ НА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗАКАЛОЧНОЙ МАШИНЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Бабаченко А.И. д.т.н., Кононенко А.А. к.т.н., Дедик М.А.

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова Национальной академии наук Украины

Для повышения стойкости к образованию эксплуатационных дефектов термического происхождения на поверхности катания железнодорожных колес был разработан химический состав стали. Для обеспечения высокого комплекса механических свойств необходимо разработать режимы термической обработки, для этого была создана математическая модель расчета скоростей охлаждения по сечению обода колеса при ускоренном охлаждении. Для получения реальных скоростей охлаждения по сечению обода был проведен эксперимент в лабораторных условиях с зачеканенными термодарами на различной глубине от поверхности катания (5, 15, 30, 45, 60 мм) в фрагмент обода, охлаждали от температуры аустенитизации (850 °С) с помощью спрейера конструкции, идентичной применяемой при производстве железнодорожных колес на ПАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ».

Моделирование ускоренного охлаждения колеса проводилось с помощью метода конечных элементов (МКЭ) в среде программного комплекса ANSYS. Построение геометрии железнодорожного колеса проводилось в программе AutoCad. Чертеж экспортировался в формате *.sat в ANSYS. Затем геометрическая модель разбивалась на плоские четырехузловые конечные элементы с одной степенью свободы (температура) размером 2,5 мм. В качестве начальных условий задавалась температура нагрева под ускоренное охлаждение - 850⁰С. В физическом смысле граничные условия принимались как охладители вода и воздух, которые задавались в виде конвективных нагрузок на поверхность колеса и характеризуются коэффициентом теплоотдачи и температурой охладителя. Коэффициент теплоотдачи задавался как функция от температуры поверхности металла. Для решения тепловой задачи задавались следующие температурозависимые свойства сталей: плотность, удельная теплоемкость и температуропроводность. При решении тепловой задачи принимались метод решения – квазистатический; тип решателя – итерационный; интегрирование по времени – неявное. Процесс охлаждения железнодорожных колес при их упрочняющей термической обработке в промышленных условиях на вертикальной закалочной машине представляет собой прерывистое охлаждение. Колесо устанавливается в вертикальном положении, к ободу подводится спрейер, колесо вращается и на обод со стороны поверхности катания и на 2/3 высоты боковой поверхности подается вода. Некоторый объем металла обода, подвергнутый охлаждению спрейером в результате вращения колеса выходит из зоны его действия и отогревается за счет тепла внутренних слоев металла и затем через некоторое время в результате вращения колеса, он снова попадает в зону действия спрейера и охлаждается водой. Таким образом, охлаждение обода колеса является циклическим, что так же учитывалось при разработке модели в работе.

На последнем этапе моделирования проводилась адаптация модели к реальному процессу: сопоставление экспериментальных данных в контрольных точках с численными результатами, дальнейшая корректировка модели путем изменения коэффициента теплоотдачи охладителя.

Формирование структурного состояния и механических свойств при термической обработке зависит от структурно-напряженного состояния в момент фазового превращения при переохлаждении из аустенитного состояния ниже критических температур. Модели распределения температуры и скоростей охлаждения по сечению ободьев после охлаждения с помощью спрейеров, полученные путём решения дифференциального уравнения теплопроводности (уравнения Фурье), позволили разработать режимы термической обработки, обеспечивающие получение заданного комплекса механических свойств железнодорожных колес из опытной стали: прочности на уровне 1020 МПа, твердости более 320 НВ при высокой стойкости колес к образованию эксплуатационных дефектов термического происхождения на поверхности катания.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В ПРОЦЕССЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ВАЛКОВЫХ СТАЛЕЙ

Бобырь С.В., д.т.н., Крот П.В., к.т.н., Лошкарев Д.В.

Институт черной металлургии НАН Украины

В области термической обработки улучшение технологических процессов возможно только при условии достаточно полного представления об основных характеристиках и особенностях обрабатываемых сплавов. Важное значение имеют сведения о кинетике превращения переохлажденного аустенита, на основании которых решаются вопросы прокаливаемости, режимов термической обработки и механических свойств особенно для крупных деталей.

Экспериментальное исследование структурных превращений стали в результате термической обработки заключается в построении изотермических (ТТТ) и термокинетических (ССТ) диаграмм. Современные исследования, реализованные в пакетах прикладных программ (JMatPro) для моделирования фазовых превращений в сталях, в определенной степени решают проблему количественного описания фазовых превращений при заданном химическом составе стали и различных скоростях охлаждения, что в свою очередь дает возможность прогнозировать структуру детали после термической обработки. В качестве базовой широко используется модель JMAK (Johnson - Mehl - Avrami - Kolmogorov) с различными ее модификациями.

В Институте черной металлургии создана компьютерная математическая модель прогнозирования структурных и фазовых превращений в валковых сталях при непрерывном охлаждении на основе расчета кривых изотермического распада аустенита. Для моделирования кинетики фазовых превращений было использовано общее уравнение М. Аврамы [1], дополненное уравнением для температурной зависимости скорости роста перлита и бейнита, приведенном в работе [2].

Разработанная аналитическая модель была применена к анализу структуры и свойств валковых сталей 65X2C3MФ, 70X3ГНМФ и 50X5НМФ. Рабочий слой валков из этих сталей на глубине 80 мм должен иметь структурные составляющие закалки, обеспечивающие высокую твердость валков на этой глубине (более 50 HRC), что соответствует скорости охлаждения 0,25°C/c.

Выполнены расчеты по приведенным выше моделям для сталей 65X2C3MФ, 50X5НМФ и 70X3ГНМФ, даны рекомендации по скорости их охлаждения.

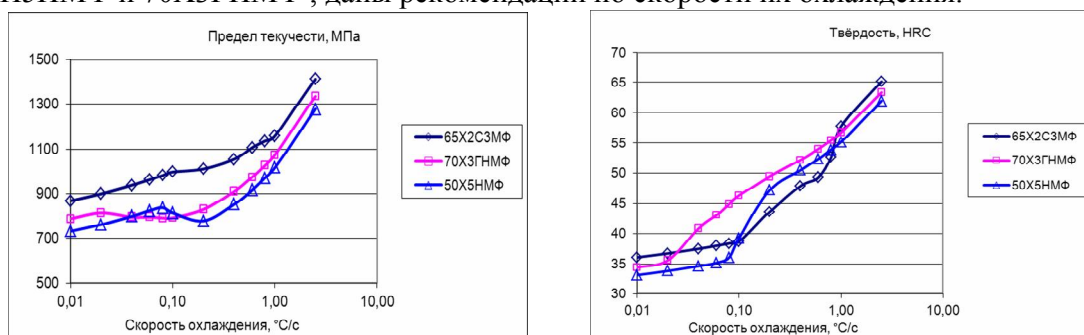


Рисунок 1 – Расчетные зависимости предела текучести и твердости валковых сталей от скорости охлаждения

1. M. Avrami. Kinetics of phase change. I General theory [J]. Journal of Chemical Physics, 1939, 7(12) P.1103-1112.
2. В.И. Большаков, С.В. Бобырь. Кинетические параметры образования перлита в железоуглеродистых сплавах // МиТОМ, 2004. – №8. – С. 11-15.

PHYSICAL AND CHEMICAL STUDY OF LEACHING PROCESS OF GERMANIUM FROM ASH WASTE

Velikonskaya N.M. senior teacher, Khrutskaya Yu.D. Ph.D., Velichko V.V. Ph.D.

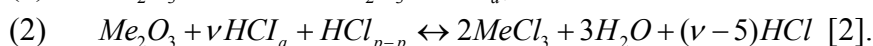
National Metallurgical Academy of Ukraine

The development of fuel and energy complex leads to the aggravation of environmental problems associated with the use of coal to thermal power station, as the remnants of his combustion - fly ash and slag, are practically not recycled, and accumulate on the ash dumps. The combustion of coal is formed ash and slag that are the concentrate of impurity elements (germanium, gallium, tungsten, yttrium, molybdenum, and scandium al.). Thus, an integrated approach to the use of coal is relevant not only in terms of solving environmental problems, but also as an additional resource of obtaining a number of trace elements for the needs of metallurgy, mechanical engineering, electronics, nuclear power and other industries.

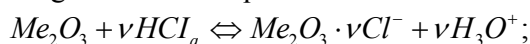
Enrichment of coal by germanium is a global phenomenon. Ge concentration in the ash is considerably higher than in the ores of non-ferrous metals [1]. Therefore, the need for a detailed study of the distribution of germanium in coal, ash and slag requires the use of highly informative and productive analytical methods.

Conducted the thermodynamic analysis of the behavior of germanium in the processes of acid and alkaline leaching of fly ash. With using the program HSC-5 were calculated thermodynamic characteristics and were built Eh - pH diagrams. The results of calculation thermodynamic characteristics suggest the possibility of the transfer of germanium in the solution during the acid leaching. Analysis of Eh - pH diagrams for systems consisting of components included in the fly ash gave the base to determine the conditions of its thermodynamically stable existence.

Interaction fly ash with hydrochloric acid is described by equations in stages:



In the first stage there is an equilibrium due to the acids in solution:



For the opening of the trial and determination of germanium content in the fly ash from the combustion of coal used in the Dnieper TPP, improved methodology for spectrophotometric analysis. As a reagent was used phenylfluorone. To stabilize the complexes and for improve spectrophotometric characteristics was used various combinations of surfactants cationic and nonionic type and derivatives thereof. Established the optimum pH, defined the molar extinction coefficient and calculated the constant instability by the equation:

$$(3) \quad K_H^1 = \frac{(C_{Ge} - x)(C_R - 2x)^2}{x}; \quad x = \frac{A_C}{A_{max}}$$

where x - equilibrium concentration of the complex in solution; C_{Ge} and C_R - total concentration of Ge and reagent in solution respectively; A - absorption of the solution at a stoichiometric ratio of germanium and trihydroxyfluorones; A_{max} - the same with reagent excess.

Theoretical analysis of Ge extraction of fly ash from power coal combustion allowed scientifically substantiate the advantage of the method of direct hydrochloric acid leaching.

1. Shubin Yu. P. Useful impurity elements in coals of different grades of Donbass // Proceedings of UkrNDMI National Academy of Sciences of Ukraine. - 2008. - №2. - P.192-198. (in russia)
2. Abisheva Z.S. Ways of gallium extraction of the fly ash from power coal combustion / Z.S. Abisheva, I.A. Blayda, E.I. Ponomareva // Nonferrous metals. - 1994. - №2. - P.42-44. (in russia)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ПРОРАБОТКИ МЕТАЛЛА ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОЛЕСА Ø 927 ММ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Дёмина Е. Г. к.т.н.

Институт чёрной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины, Днепр

Для повышения эксплуатационной надёжности железнодорожных колёс существует два основных пути – совершенствование стали за счёт улучшения её качества и эффективности термической обработки и конструкции колеса. Вместе с тем освоение новых видов железнодорожных колёс требует проведения детальных исследований влияния технологических параметров на качество и полуфабриката, и готовой металлопродукции.

Специфика горячей пластической деформации в технологическом процессе производства железнодорожных колёс такова, что именно на данном этапе происходит наиболее интенсивное воздействие, как на форму, так и на структуру металла колёсных заготовок. В связи с этим **цель работы** заключалась в том, чтобы с помощью компьютерного моделирования и металлографического анализа исследовать особенности течения металла и определить распределение степени накопленной деформации в элементах железнодорожного колеса Ø 927 мм с С-образным диском в процессе горячей пластической деформации.

Как показал анализ полученных с помощью компьютерного моделирования данных максимальная проработка периферийной зоны заготовки, из которой в последующем будет сформирован обод железнодорожного колеса, происходит на стадии осадки и разгонки на прессе 5 000 тонн. Накопленная степень деформации в данной зоне находится в пределах от 57 % до 77 %. Очевидно, что с уменьшением соотношения высоты заготовки к её диаметру H/D степень прорабатываемости металла элементов колёс снижается, и, наоборот.

После штамповки на прессе усилием 10 000 тонн степень деформации отдельных частей колёсной заготовки различна. Распределение накопленной деформации между элементами колеса имеет следующую тенденцию – металл, образующий обод, претерпевает наименьшую деформацию в отличие от ступицы и, особенно, диска. На данном этапе накопленная деформация увеличивается, в среднем, на 20 %, и в основном это происходит за счёт перераспределения металла в процессе заполнения штампа из области диска колеса.

На основании результатов компьютерного моделирования определено, что в процессе деформации заготовки с фактором формы $H/D = 0,84$ некачественная осевая зона её макроструктуры полностью концентрируется в выдавке и удаляется при прошивке технологического отверстия в ступице.

Степень деформационной проработки (накопленной деформации) металла элементов колеса Ø 927 мм с С-образным диском была определена также с помощью металлографического анализа по изменению плотности «следов» дендритной структуры.

Установлено, что относительное изменение плотности «следов» дендритной структуры в цельнокатаном колесе изменяется следующим образом: в образцах ободьев (до места начала перехода обода в диск) величина данного параметра достигает максимальных значений, хорошо согласуясь с величиной накопленной деформации, полученной расчётным путём (компьютерным моделированием). В образцах дисков и ступиц относительное изменение плотности дендритной структуры снижается. Результатами определения плотности дендритной структуры в элементах колеса подтверждён сделанный ранее вывод о наличии нейтрального слоя в колёсных заготовках.

Показано, что увеличение степени деформационной проработки способствует более равномерному распределению сегрегационных участков в микроструктуре элементов колеса. Это в дальнейшем положительно повлияет на сопротивление углеродистой стали хрупкому разрушению и повышение служебных характеристик цельнокатаных колёс.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ПАССИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ ФИЛЬТРАЦИОННЫМИ ТЕЧЕНИЯМИ В НАСЫЩЕННОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Дерий В.С., Евдокимов Д.В., Кочубей А.А. (д. ф.-м. н.)

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Среди современных экологических проблем загрязнение грунтов и грунтовых вод веществами, вредными для здоровья человека или его хозяйственной деятельности, оказывается одной из наиболее трудноразрешимым. Сложность данной проблемы заключается в том, что возможности человека влиять на грунтовые воды и толщу грунта весьма ограничены и не позволяют бороться с рассматриваемым негативным явлением. В силу ограниченных возможностей непосредственного исследования полей загрязнения в грунтах и грунтовых водах, что требует массового бурения скважин и забора проб, при исследовании загрязнения грунтов приходится прибегать к методам численного моделирования. Последним обстоятельством определяется актуальность настоящей работы.

Как известно, фильтрационное течение в насыщенных пористых средах описывается законом Дарси, который для несжимаемой жидкости после несложных преобразований сводится к краевым задачам для уравнения Лапласа для давления в порах пористой среды. Еще одной особенностью фильтрационных течений в реальных грунтах являются сложные формы областей, в которых рассматриваемые течения происходят. Таким образом, основная вычислительная проблема расчета течения в насыщенно пористой среде состоит в решении линейной краевой задачи эллиптического типа в области сложной геометрической формы. Среди существующих численных методов для такого класса задач наиболее эффективным считается метод граничных элементов, который и был использован в настоящей работе в традиционной постановке.

Пассивной называется примесь, которая не взаимодействует с твердым каркасом пористой среды ни в форме сорбции, ни в форме химических реакций, а также не влияет на фильтрационное течение и не подвержена диффузии. Фактически, пассивная примесь «вморожена» в жидкие частицы, участвующие в фильтрационном течении. Иногда соответствующая математическая модель называется моделью «цветной жидкости». Движение пассивной примеси может быть описано как эйлеровым, так и лагранжевым путем. Не останавливаясь на достоинствах и недостатках указанных подходов, отметим только, что метод граничных элементов, обеспечивает явное псевдоаналитическое представление поля скоростей, поэтому лагранжевы методы расчета движения примеси оказываются более предпочтительными в рассматриваемом случае. При численном расчета движения примеси возможны два подхода: моделирование поля примеси набором жидких частиц, в которые «вморожена» примесь, и моделирование движения жидких контуров, охватывающих область распространения примеси. Очевидно, что первый из подходов требует намного больших компьютерных ресурсов, нежели второй, но является более универсальным. В первом случае расчет движения пассивной примеси в известном поле скоростей, рассчитанном в псевдоаналитическом виде, сводится к решению задач Коши для дифференциального уравнения движения каждой из жидких частиц, моделирующих примесь. Во втором же случае аналогичные задачи Коши решаются только для точек границы контура. Данный вычислительный подход практически без изменений может быть распространен на случай пространственных фильтрационных течений.

Рассмотренный вычислительный подход был проиллюстрирован несколькими сериями тестовых и демонстрационных численных расчетов.

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ГИБРИДНОГО ОКУСКОВАННОГО СЫРЬЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ФРАКТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Журба Д.И., Деревянко А.И. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Япония и Украина являются «первооткрывателями» нового вида железорудного сырья – гибридного агломерата (агломератышей). Это сравнительно новый продукт окускования тонкодисперсного железорудного сырья, объединивший в своей технологии стадии процессов получения как агломерата, так и окатышей [1].

Первая стадия производства агломератышей по украинской технологии заключается в производстве сырых окатышей высокой и низкой основности. После дозировки по массе 50 на 50 процентов последние смешиваются и загружаются на обжиговую машину. В зоне обжига в высокоосновных окатышах образуется жидкая фаза более 20 % от объема окатышей. Капиллярные силы не в состоянии удержать расплавы внутри окатыша, они выходят на поверхность, смачивают низкоосновные окатыши и образуют мениски. В зоне охлаждения расплавы кристаллизуются, образуя спеки.

Гибридное окускованное сырье можно отнести к объектам, характеризующимся фрактальными свойствами. В связи с этим представляет интерес исследование изображений микроструктуры гибридного окускованного сырья фрактальными методами.

В ходе исследований были проанализированы изображения микроструктуры гибридного агломерата [2], полученного в лабораторных условиях (рис. 1).

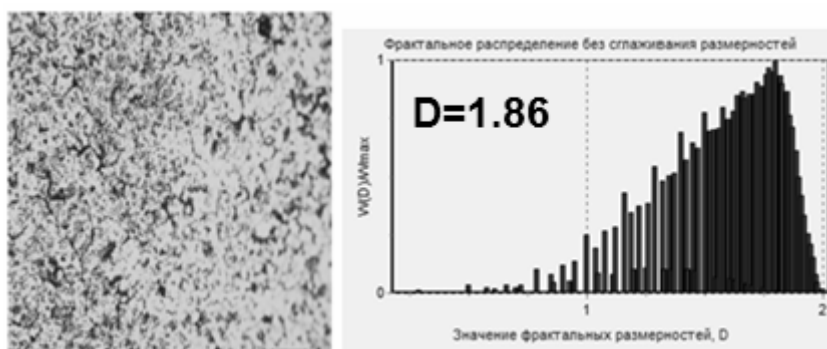


Рисунок 1 – Микроструктура гибридного агломерата и его фрактальные характеристики

При исследовании фрактальная размерность микроструктур определялась методом BOX COUNTING [3], который применяют к изображениям любой структуры. Для построения фрактальных распределений использовался метод скользящего окна [3].

Моделирование процесса окускования и исследования фрактальных характеристик изображений полученных микроструктур позволит получить более подробную информацию о влиянии параметров процесса диффузионного спекания на свойства полученного сырья.

1. Инадзуми Т. Новейшие достижения в агломерации железных руд // Тэцу то хаганэ. Яп. – 1996. – Т. 82. – № 12. С. 965–974.
2. Сулименко С.Е., Игнатов Н.В., Бочка В.В., Ковшов В.Н., Вылупко Е.Е. Влияние гибридного совмещения методов интенсификации агломерационного процесса на показатели спекания и качество агломерата // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2011. – № 12. С. 3–6.
3. Журба А.О., Михальов О.І. Фрактальні характеристики зображень металоструктур та особливості їх обчислення // Системні технології моделювання складних систем / Монографія под общей редакцией проф. А.И. Михалёва. – Днепр: НМетАУ-ИВК “Системные технологии”, 2016. – С. 299 – 327. ISBN 978-966-2596-19-9.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЛИВКИ ДВУХСЛОЙНОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА

Иванова Л.Х. д.т.н., Калашникова А.Ю. аспирант, Николаенко А.А. студент

Национальная металлургическая академия Украины

Целью компьютерного моделирования был выбор оптимальных технологических решений до стадии производства пробной отливки – двухслойного прокатного вала с рабочей поверхностью его бочки из легированного и модифицированного чугуна и шейками и сердцевинной из серого чугуна, залитого методом промывки. Разработку технологического процесса литья двухслойных листопрокатных валков исполнения ЛПХНд-71 выполняли с помощью компьютерных программ SolidWorks и LVMFlow. Выполнили моделирование с двухступенчатой задачей начальных параметров заливки и двумя стадиями моделирования.

Первая стадия моделирования включала следующее: 1) создание 3D-моделей в программе SolidWorks для моделирования согласно принятой технологии, а именно валок с припусками, прибылями, стояком, литниковой воронкой, кокиль, опока верха, опока низа, формовочная смесь верхней опоки, формовочная смесь нижней опоки и стояка; 2) импорт разработанных деталей в программу LVMFlow; 3) задание начальных параметров моделирования, а именно: размер расчетной ячейки; заливаемый сплав, соответствующий по механическим и физическим свойствам легированному и модифицированному чугуну исследуемого вала; материал кокиля – серый чугун; материал опоки верха и низа – сталь марки Ст.45; материал полости формы – воздух; материал формы – песчано-глинистая формовочная смесь; толщина бокса, формирующего пространство моделирования от крайних точек опок; струя – гравитационная заливка. С помощью выполненного моделирования заливки и охлаждения спроектированного вала определили время с момента начала заливки, когда на рабочей поверхности бочки вала сформировался затвердевший слой белого чугуна равный 17 мм.

Вторая стадия моделирования включала следующее: 1) создание 3D-моделей на основе полученных размеров градиентов температур по истечении времени от момента начала заливки до затвердевания рабочего слоя вала. Для каждого градиента была разработана соответствующая 3D-модель. Модели опок, формовочной смеси оставили без изменений; 2) импорт разработанных деталей в программу LVMFlow; 3) задание начальных параметров моделирования, а именно: размер расчетной ячейки; заливаемый сплав серого чугуна, соответствующий по механическим и физическим свойствам легированному и модифицированному чугуну исследуемого вала; материал всех моделей кокиля из серого чугуна, температура слоев следующая (от границы металл-кокиль): 773°C, 678°C, 583°C, 488°C, 393°C, 298°C, остальная поверхность кокиля 108°C; материал наружной части кокиля из сплава А-ХНмд-1, который успел кристаллизироваться от начала заливки формы. Температура слоев следующая (от границы металл-кокиль к центру вала): 917°C, 1056°C и 1206°C соответственно; материал опоки верха и низа – сталь Ст.45, температура 20°C; материал всех моделей формы – песчано-глинистая формовочная смесь, температура слоев следующая (от границы металл-форма): 773°C, 678°C, 583°C, 488°C, 393°C, 298°C, остальная поверхность кокиля 70°C; материал полости формы воздух с температурой, соответствующей температуре жидкого сплава на момент завершения первого этапа моделирования от начала заливки; толщина бокса, формирующего пространство моделирования от крайних точек опок; струя – гравитационная заливка. По результатам второй стадии моделирования можно с высокой точностью судить о тепловых процессах, происходящих во время кристаллизации вала.

Моделирование технологического процесса изготовления отливок способом литья в комбинированные формы показало, что усадочная раковина образовывалась в нижней шейке вала. Причиной ее образования было увеличение скорости кристаллизации в верхней части нижней шейки, контактирующей с кокильной частью формы.

На основании экспериментальных исследований и компьютерного моделирования был разработан усовершенствованный технологический процесс литья прокатных валков, включающий внепечное модифицирование расплава рабочего слоя чугуна редкоземельными металлами и термическую обработку литых заготовок.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ОСНОВНОСТІ НА РІВНОВАЖНИЙ СКЛАД ФАЗ . В СИСТЕМІ $MnO-CaO-SiO_2$

Камкіна Л.В. д.т.н., Надточій А.А., к.т.н., Ду Юньшен
Національна металургійна академія України

З досліджень металургійних характеристик різного марганцевої сировини, а також шихт для виплавки марганцевих феросплавів слід, що вони легкоплавкі і температури їх плавлення ($1000-1200^{\circ}C$) істотно нижче температури початку відновлення марганцю ($1310^{\circ}C$). Отже, процеси шлакоутворення в технології сплавів марганцю значно випереджають за часом процеси відновлення заліза, марганцю і кремнію. Все шлаки виробництва марганцевих феросплавів в першому наближенні можна віднести до потрійній системі $MnO-CaO-SiO_2$, так як сума цих оксидів становить 95%. Розрахунок рівноваги в системі $MnO-CaO-SiO_2$ проводили з використанням термодинамічних баз даних "HSC Chemistry 5.1". Розрахунок показав утворення наступних сполук стабільних при високих температурах: MnO , $CaO \cdot SiO_2$, $2MnO \cdot SiO_2$, $3CaO \cdot 2SiO_2$, SiO_2 , $MnO \cdot SiO_2$, $3CaO \cdot SiO_2$, CaO . Розрахунки проведені при постійній температурі ($1350^{\circ}C$) з метою більш детального аналізу впливу основності на рівноважний склад фаз (див.рис.1).

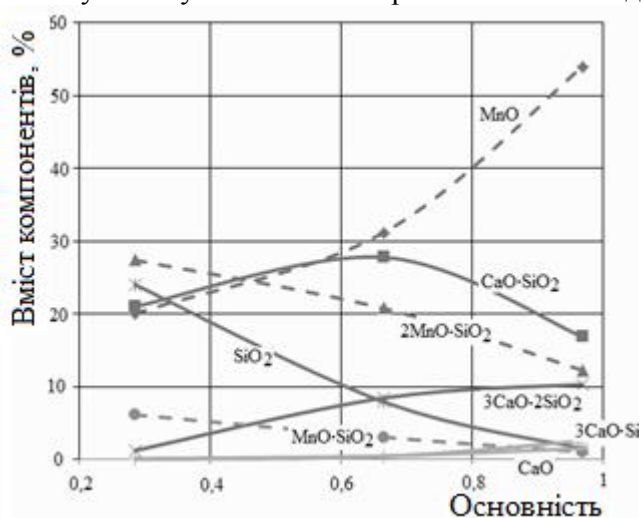


Рисунок 1 - Зміна рівноважного складу фаз в системі $MnO-CaO-SiO_2$ в залежності від основності шлаку при температурі $1350^{\circ}C$ і вмісті 48% MnO

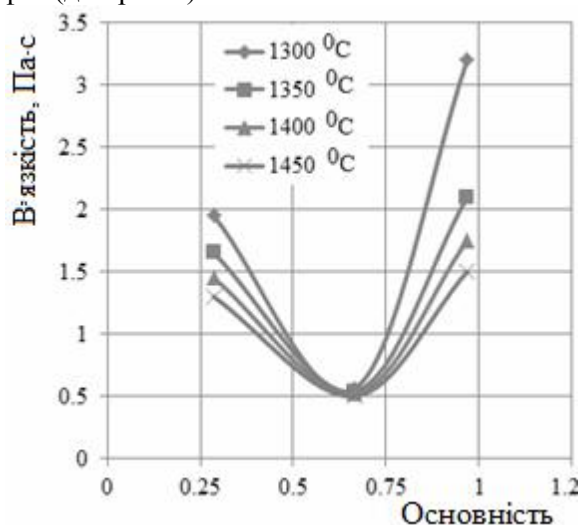


Рисунок 2 – Ізотерми в'язкості шлаків $MnO-SiO_2-CaO$ при різних температурах

Збільшення основності при постійній кількості оксиду марганцю в потрійній системі $MnO-CaO-SiO_2$ призводить до зниження з'єднань, що містять MnO , зокрема $2MnO \cdot SiO_2$ і $MnO \cdot SiO_2$, і призводить до збільшення вільного оксиду MnO , що має полегшувати відновлення марганцю. Збільшення основності призводить до виключення вільного оксиду SiO_2 , який переходить в з'єднання з CaO , такі як $CaO \cdot SiO_2$, $3CaO \cdot 2SiO_2$, а після основності 0,6 з'являються помітні кількості $3CaO \cdot SiO_2$. На кривій зміни рівноважного складу фази $CaO \cdot SiO_2$ спостерігається максимум при основності 0,6-0,7, подальше збільшення основності призводить до зниження вмісту $CaO \cdot SiO_2$, що в свою чергу збільшує вміст вільного оксиду MnO .

В'язкість шлаку в виробництві феросплавів істотно впливає на швидкість і повноту відновних реакцій, визначає розмір корольків металу, що залишаються в шлаку. На рис. 2 приведені експериментальні дані в'язкості шлаків в інтервалі температур $1100-1450^{\circ}C$. Для системи $MnO-SiO_2-CaO$ в досліджуваному інтервалі температур мінімальну в'язкість мають шлаки, основність яких становить 0,5-0,8 (див. рис. 2), що пов'язано, швидше за все, зі з'єднанням $CaO \cdot SiO_2$, кількість якого порівняно більша ніж інших з'єднань, утворення яких можливо за даних умов.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВС С ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ

Клименко Л.П. д.т.н., Гожий А.П. д.т.н., Андреев В.И. к.т.н.,

Прищепов О.Ф. к.т.н., Случак А.Ю., Шугай В.В.

Черноморский национальный университет им.П.Могилы

Центробежная отливка наиболее перспективный и единственно удовлетворяющий возрастающим требованиям к гильзам цилиндров в условиях массового производства. В комплексе задач, которые возникают в практике центробежного литья в кокиль, ведущая роль принадлежит тепловым процессам как первопричине происходящих в формирующейся отливке изменений структуры и свойств. При этом первоочередными задачами являются:

- добиться необходимых размеров и форм пластинчатого графита методами принудительного уменьшения скорости охлаждения чугуна;
- стабилизировать мелкодисперсность перлитной металлической матрицы принудительным увеличением скорости охлаждения внутренней поверхности отливки в процессе эвтектоидного распада аустенита.

Для совершенствования технологии литья был разработан технологический процесс литья заготовок гильз цилиндров ДВС с повышенной износостойкостью. Он позволяет моделировать и аналитически рассчитывать параметры кокиля с изменяемыми термическими характеристиками, что позволит управлять тепловым режимом системы “отливка – форма” и регулировать процесс кристаллизации гильзы, а впоследствии, используя теплоту кристаллизующейся и затем охлаждаемой заготовки, оптимизировать размеры графитовых включений в чугуне, улучшить характеристики металлической основы, стабилизировать и повысить твердость литой заготовки.

Структура технологического процесса представлена на рис. 1, описывает следующие этапы литья: процесс кристаллизации заготовки и обеспечение заданной скорости кристаллизации; выбор параметров кокиля с заданными теплофизическими свойствами, обеспечивающими необходимую скорость кристаллизации и охлаждения заготовки, которая исключает поверхностный отбел, для высокой стойкости и чистоты поверхности детали; процесс охлаждения закристаллизовавшихся заготовок гильз, с целью обеспечения заданной структуры и физико-механических свойств в каждой точке рабочей поверхности; получение заданной твердости на рабочей поверхности гильзы и, как следствие, ее повышенной износостойкости.



Рисунок 1 – Структура технологического процесса изготовления гильз цилиндров с повышенными износостойкими свойствами

Разработанные принципы построения технологического процесса литья позволят использовать комплекс управляемых воздействий на тепловые параметры формирования отливки на всем протяжении технологического процесса – от заливки металла в форму до остывания заготовки.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ШИХТЫ И СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В СЛОЕ

Красников К.С., Шуваев С.П.*

кафедра программного обеспечения систем ДГТУ, Каменское,

**ПАО «Орджоникидзевский горно-обогатительный комбинат», Покров*

Процесс агломерации широко используется на металлургических предприятиях Украины. В его основе лежит спекание слоя шихты с последующим охлаждением и получением готового агломерата. Математическое моделирование указанного процесса необходимо для повышения его эффективности и снижения расходов.

Авторы работы [1] представили: математическую модель, в которой агломерационный процесс описывается системой дифференциальных уравнений; рисунки с визуализацией результатов расчета; расчетно-экспериментальные параметры работы определенной агломашины, что можно использовать для проверки математической модели. В статье не приведены начальные и граничные условия, дополняющие дифференциальные уравнения, а также зависимости скорости изменения диаметра кусков от температуры и значения слагаемых в уравнениях теплосодержания газа и шихты.

В статье [2] авторами проведен детальный анализ результатов расчета по разработанной в [1] математической модели с графиками зависимостей температуры материала, количества расплава, содержания FeO и газов (O_2 и CO_2) по длине и высоте слоя шихты. Дан ряд рекомендаций для повышения удельной производительности аглофабрик.

В работе [3] сделан подробный обзор математических моделей функционирования агломашины и выявлено ряд особенностей в них, например, задание вертикальной скорости спекания шихты в качестве входного параметра модели. Авторы указывают на необходимость усовершенствования рассмотренных моделей с учетом таких важных параметров как высота слоя, влажность шихты, ее гранулометрический состав, содержанием углерода и др., что позволит рассмотреть более широкий круг ситуаций, встречающихся на практике.

Авторы работы [4] дают детальное описание процесса спекания шихты на агломашине, начиная со стадии зажигания, уделяя внимание температуре, доле влаги в слое, разрежению в вакуум-камерах и завершая охлаждением шихты.

В данной работе при проведении численных исследований с использованием компьютерной программы, основанной на описании процесса агломерации и указанной выше математической модели [1], получена зависимость распределения температуры в слое от скорости газа по мере его вертикального движения сквозь слой с учетом изменения состава шихты в ходе сопутствующих физико-химических реакций, таких как: горение углерода, испарение и конденсация воды, диссоциация карбонатов, плавление и кристаллизация компонентов шихты.

1. Фролов Ю.А., Полоцкий Л.И. Трехмерная математическая (динамическая) модель агломерационного процесса. Часть 1 // Металлург. 2014. № 12. С. 42-47.
2. Фролов Ю.А., Полоцкий Л.И. Трехмерная математическая (динамическая) модель агломерационного процесса. Часть 2 // Металлург. 2015. № 1. С. 27-31.
3. Ганин Д.Р., Дружков В.Г., Панычев А.А., Шаповалов А.Н. Обзор и анализ математических моделей расчета производительности агломерационной машины // Теория и технология металлургического производства. – 2014. № 2 (15). С. 20-25.
4. Панычев А.А., Никонова А.П. Оптимизация технологических параметров на основе математических моделей при агломерации Михайловских и Лебединских концентратов // Металлург. 2008. № 10. С. 46 – 51.

ОБОСНОВАНИЕ ЧИСЕЛ ПОДОБИЯ И МАСШТАБОВ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОРИСТОСТИ В НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКЕ

Мусунов Д.А., Синегин Е.В. к.т.н., Герасименко В.Г. к.т.н.,
Молчанов Л.С. к.т.н., Журавлёва С.В. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Процесс непрерывной разливки стали является наиболее передовым и автоматизированным процессом сталеплавильного производства, а его производительность и качество продукции существенно превышают морально устаревший аналог, широко используемый на отечественных заводах – разливку в слитки. Улучшение условий охлаждения стали при непрерывной разливке позволило существенно повысить физическую и химическую однородность металла, однако полностью подавить некоторые кристаллизационные процессы, приводящие к формированию дефектов, по-прежнему достаточно сложно.

Одним из характерных дефектов непрерывнолитой заготовки является центральная пористость (ЦП), которая в объёме заготовки может проявляться как в виде отдельных усадочных полостей так и, сливаясь в сплошную пору, образовывать прерывающую местами продольную полость диаметром до 15 мм. Причинами формирования ЦП являются специфические условия формирования структуры, связанные с относительно глубокой лункой жидкого металла. Фронт кристаллизации по высоте слитка, ввиду значительной протяженности лунки жидкого металла, сходится к концу затвердевания под очень малым углом, что определяет наличие мостов и перехватов в районе теплового центра заготовки [1-3].

Используя основные положения теории подобия и π -теоремы установлено, что моделирование процесса формирования центральной пористости возможно при соблюдении чисел подобия Био, Коссовича, Фурье, Прандтля и модифицированного числа Лагранжа. Исходя из условия соблюдения равенства величин этих чисел подобия на модели и её реальном аналоге рассчитаны масштабы моделирования для четырёх наиболее распространённых модельных веществ: камфена, парафин, гипосульфита натрия и смеси нафталина с толуолом.

Для обеспечения подобия величины угла смыкания жидкой лунки на финальных этапах затвердевания заготовки предложено придав охлаждающим поверхностям определённую конусность, величину которой можно рассчитать исходя из режимов разливки. Для условий разливки блюмовых заготовок величина угла φ колеблется в пределах 2,3-6°, в зависимости от скорости разливки условий охлаждения и марки разливаемой стали.

Полученные результаты позволят установить рациональные режимы вторично охлаждения заготовки и температурно-скоростные режимы разливки стали на МНЛЗ, которые позволят предотвратить формирование центральной пористости и других сопутствующих дефектов.

1. Розливання і кристалізація сталі [Навч. посібник] / В.І. Баптизмаський, Л.С. Рудой, Є.І. Ісаєв [та ін.]. – К.: Вища школа, 1993. – 267 с.
2. Смирнов А.Н. Непрерывная разливка стали [Учебник] / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, Е.В. Штепан. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 482 с.
3. Ботников С.А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла / С.А. Ботников. – Волгоград, 2011. – 97 с.

ПРО ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА МОРФОЛОГІЮ, РОЗМІРИ ТА ТРАНСФОРМАЦІЮ НЕМЕТАЛЕВИХ ВКЛЮЧЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БУНТОВОГО ПРОКАТУ З ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

Парусов Е. В., к.т.н.

в.о. зав. ВТОМ, Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова (м. Дніпро)

Важливим елементом структури сталей, від якого залежать властивості прокату, є неметалеві включення, забрудненість якими впливає на деформуємість металу, поріг холодноламкості, схильність до старіння, анізотропію властивостей, контактну міцність та інші показники. Зниження забрудненості сталі неметалевими включеннями є актуальною проблемою, яка існує перед матеріалознавцями, які займаються розробкою технологій виробництва якісних видів металопрокату. Доцільність проведення досліджень в зазначеному напрямку обумовлена тим, що підвищення забрудненості сталі неметалевими включеннями може нівелювати усі зусилля, спрямовані на розробку раціональних композицій хімічного складу сталей та їх режимів деформаційно-термічної обробки. При виробництві гарячекатаного бунтового прокату з високовуглецевої сталі, основними видами неметалевих включень є оксиди та багатокомпонентні силікати й сульфіді. При проведенні металографічних досліджень встановлено вплив витрати (довжини l , м) порошкового дроту марки СК40 на зміну морфології неметалевих включень в структурі гарячекатаної сталі. Результати досліджень узагальнені у вигляді емпіричних залежностей (1)-(6):

$$n_{\Sigma} = 21,86 \cdot 10^{-2} \cdot l - 3,26 \quad (1)$$

$$h_{\max} = 7,6 \cdot 10^{-2} \cdot l + 7,81 \quad (2)$$

$$h_{\text{ср}} = 4,5 \cdot 10^{-2} \cdot l + 2,77 \quad (3)$$

$$d_{\max} = 4,58 \cdot 10^{-2} \cdot l + 13,94 \quad (4)$$

$$d_{\text{ср}} = 1,94 \cdot 10^{-2} \cdot l + 7,98 \quad (5)$$

$$l_{\Sigma} = -12,53 \cdot l + 6213 \quad (6)$$

де n_{Σ} , % - кількість включень глобулярної морфології; h_{\max} , $h_{\text{ср}}$, d_{\max} , $d_{\text{ср}}$, мкм – максимальний й середній розмір рядкових та глобулярних включень відповідно, l_{Σ} , мкм – сумарна протяжність рядкових включень.

З метою розробки ефективних заходів, спрямованих на зниження забрудненості високовуглецевої сталі неметалевими включеннями, проведені комплексні дослідження особливості зміни хімічного складу, розміру та трансформації включень на різних технологічних етапах від розплавлення шихтових матеріалів до виробництва гарячекатаного бунтового прокату. Встановлено вплив матеріалів футеровок технологічних ковшів, захисту струменя металу від вторинного окислення, складу теплоізолюючих засипок, особливостей позапічної обробки та технології вакуумування на зменшення забрудненості сталей С80D, С82D і С86D (EN 16120-2:2011) неметалевими включеннями. Встановлено, що підвищення сумарної витрати порошкового дроту марки СК40 до 180 ± 10 м при обробці сталі на УВП підвищує приблизно у 3 рази кількість включень глобулярної морфології, при зменшенні їх розміру у 1,5...1,8 рази. Аналогічним чином знижується ширина рядкових включень у 1,1...1,25 рази при зменшенні їх сумарної протяжності приблизно у 1,3 рази. За результатами досліджень запропоновані технологічні, які промислово впроваджені на ВАТ «Молдавський металургійний завод» при виробництві бунтового прокату із сталей з вмістом вуглецю 0,70...0,90%, який призначений для виготовлення арматурних канатів, холоднодеформованої арматури, металокорду, пружинного дроту і інших виробів відповідального призначення. При найкращому поєднанні досліджуваних технологічних чинників вдалося досягти мінімальної забрудненості сталі неметалевими включеннями: максимальний розмір яких склав не більше 12,0 мкм, при середньому значенні не більше 1,8 мкм. При виробництві прокату зі сталі С82D діаметром 11,0 мм з безперервнолитої заготовки перерізом 125×125 мм встановлено, що сумарний ступінь обтиску металу при гарячій деформації становить 99,4 %, а деформуємість неметалевих включень – 22,4 %, що у 4,4 рази менше деформуємість сталеві матриці.

Порівняльний аналіз зміни характеристик неметалевих включень показав, що жоден з технологічних факторів, який досліджувався (матеріал футеровок технологічних ковшів, захист струменя металу від вторинного окислення, склад теплоізолюючих засипок, позапічна обробка сталі порошковим дротом СК40, продувка сталі аргонном та технологія вакуумування) не може бути визнаний переважним за своїм сприятливим впливом на морфологію та розміри включень, а необхідні заходи повинні бути комплексно реалізовані при виробництві високоякісного сортаменту високовуглецевих сталей різноманітного призначення.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОВШОВОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ
МАССОВОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ МЕТОДАМИ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Пиптюк В.П. к.т.н., Тогобицкая Д.Н. д.т.н., Самохвалов С.Е. д.т.н.*

Институт чёрной металлургии НАН Украины,

*Днепропетровский государственный технический университет**

Прогресс металлургии XX и XXI веков, главным образом, связан с углублением познания металлургических процессов современными методами, к числу приоритетных из них следует отнести применение методов математического и физико-химического моделирования в изучении ковшовых технологий обработки стали. В последние годы роль процессов обработки стали в ковше существенно возросла в числе жидких металлургических переделов. С использованием разработанных моделей, реализуемых в авторизованных программных комплексах осуществляются исследования процессов гидродинамики, тепло-, массопереноса, тепло-, массообмена металлического расплава в ваннах ковшей разной ёмкости и геометрии при осуществлении различных способов обработки стали, проводится оптимизация технологических параметров и марочного состава стали, прогнозируются отсутствующие в литературе характеристики стали, сплавов на основе железа и других металлов, ферросплавов и шлаков. Так, например, с использованием результатов численных исследований обосновано рациональное конструктивно-компоновочное расположение донного продувочного узла из двух фурм в ковше ёмкостью 250 т и оптимизации режимов продувки металла аргоном на ПАО «ДМК». Реализация разработанных технических и технологических решений обеспечила повышение стойкости футеровки ковшей в кампании, способствовала повышению чистоты трубного и арматурно-проволочного металла по НВ, позволила сократить расход аргона и электроэнергии на этапе внеагрегатной обработки стали. С использованием спрогнозированных свойств ферросплавов марганца, кремния, хрома, бора, ванадия, ниобия и других элементов осуществляется экспериментальное и теоретическое исследование процессов их плавления и усвоения металлическим расплавом с целью выявления и учета закономерностей влияния и повышения эффективности применения при производстве конвертерной и электростали. Осуществляется оптимизация состава высоко- и низколегированных марок специальных сталей.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ КЛАСТЕРНОЙ АДсорбЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТАЛИ В УСЛОВИЯХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Селиверстов В.Ю., Селиверстова Т.В.

Национальная металлургическая академия Украины

На поверхности дисперсных включений в соответствии с природой адсорбции кластеров, могут преимущественно адсорбироваться либо кластеры жидкости, либо атомы разупорядоченной зоны (при отрицательной кластерной адсорбции). В обоих вариантах неметаллическое включение оказывается заключенным в оболочку расплава со структурой и свойствами, значительно отличающимися от таковых в объеме металла. Поэтому, при условии сохранения состояния диспергированности, а также равномерного распределения в объеме расплава, с одной стороны, и регулируемого роста – с другой, такие частицы способны обеспечивать условия модифицирования. Известно (таблица 1), что толщины кластерных слоев на оксидных суспензиях значительны и по порядку величины совпадают с толщинами пристеночных кластерных слоев в металлических расплавах, наблюдаемых при изучении в них диффузии с применением тонких капилляров. Учитывая размеры кластеров в жидких металлах (величина порядка нескольких десятков ангстремов), адсорбция кластеров на поверхности данных дисперсий в жидкой стали оказывается многослойной и устойчивой по сравнению со временем жизни кластера в жидком металле.

Кластерные оболочки на оксидных дисперсиях устойчивы к разрушению до температуры около 2000 °С. При этом известные данные свидетельствуют о том, что положительная всплываемость появляется лишь у кремнезема при размере частиц более 46 мкм и у корунда при диаметрах частиц свыше 95 мкм.

Для наблюдаемых на практике размеров оксидных дисперсий в жидких сталях в пределах 3-30 мкм, всплываемость соответствующих им мицелл всегда отрицательна, что способствует равномерному распределению включений в объеме затвердевающего расплава.

Таблица 1

Расчетные значения эффективных толщин кластерных слоев (δ) на оксидных частицах

Химическая формула дисперсии	Значения δ , мкм, для температур, °С					
	1450	1500	1550	1600	1650	1700
SiO ₂	32	31	29	27	25	24
Al ₂ O ₃	51	48	46	43	42	40
MgO	61	58	54	51	48	45

В условиях изостатического сжатия в наибольшей мере будут напряжены слои металла, контактирующие с твердыми неметаллическими включениями, которые в зависимости от их природы могут выступать по отношению к кристаллизующемуся расплаву в роли изоморфных или анизоморфных примесей. Повышая напряжения в контактирующем с поверхностью анизоморфных частиц слое затвердевающего металла, давление способствует формированию в зоне их контакта активного переходного слоя из кластеров, благодаря которому эти частицы приобретают способность в последующем выступать в роли активных центров при гетерогенной кристаллизации.

Анализ экспериментальных данных показал, что при использовании газодинамического воздействия в процессе кристаллизации цилиндрической отливки из углеродистой с увеличением давления количество сульфидных включений возрастает, а средний размер включения уменьшается в 1,2 - 20,6 раза.

Таким образом, актуальной задачей представляется разработка математической модели процесса затвердевания, учитывающей деформационное ускорение роста кристаллов, реализуемое наиболее эффективно при условии передачи нарастающего давления непосредственно через жидкую фазу к фронту кристаллизации.

PARAMETER IDENTIFICATION AND OPTIMAL CONTROL OF HEAT TRANSFER IN COOLING LINE OF HOT STRIP ROLLING MILL

N. Togobytska¹, D. Hömberg¹, M. Graf²

¹*Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics, Berlin, Germany,*

²*IMF, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Germany*

The numerical simulation of mechanical properties of hot-rolled products is of major significance for material characterization as well as material development. The basis for this is the knowledge of the material-specific phase transformations and of the initial microstructure originating from the deformation steps before entering into the cooling line. Additionally, the technological conditions on the run-out table (ROT) are essentially for transformation kinetics.

In order to simulate these processes, the plant-specific heat transfer coefficient has to be identified. To this end, steel samples with thermocouples inside are transported with defined velocities through the cooling line of the continuous pilot plant at the Institute of Metal Forming in Freiberg. Furthermore, the material and its movement must be taken into account as characteristics of the ROT. Here, the amount and distribution of the cooling medium, the streaming situation in the segments, the nozzle geometry, and the impact pressure of the cooling medium on the surface of the rolled material are the most important influencing parameters.

This paper describes the possibilities for determining and simulating the heat transfer in the cooling line under realistic industrial conditions. In addition, it discusses optimal control strategies for the cooling line to achieve a desired temperature and phase distribution on the run-out table. The results contribute to new technology and material developments at the pilot plant, which are also suitable for the transfer to industry.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМОВАНИХ ТЕРМОРЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ СИНТЕЗУ PbI_2

Фурс Т.В., к.т.н.

Луцький національний технічний університет

Завдяки широкому спектру різнофункціональних фізико-хімічних властивостей діодид свинцю (PbI_2), як напівпровідниковий матеріал, знаходить широке використання в нелінійній оптиці, радіаційній дозиметрії, спектрометрії, для методів діагностики і контролю в медицині, радіології, екології [1, 2]. Відомо, що для практичного використання необхідно мати якісний матеріал із наперед заданими і відтворюваними властивостями, що безпосередньо залежить від якості вихідних компонентів і технологічних умов одержання. Тому оптимізація процесу синтезу і вирощування кристалів PbI_2 є важливим завданням у цьому напрямку.

Прямий синтез PbI_2 здійснювали в попередньо очищених кварцових ампулах діаметром 3 – 5 см і довжиною 20 – 40 см, вакуумованих до залишкового тиску 10^{-2} Па, у горизонтальній печі з двома незалежно регульованими температурними зонами. Зону з наважкою свинцю нагрівали до температури > 600 °С, а зону йоду витримували за температури 50 ... 250 °С. Синтез PbI_2 полягав у взаємодії парів леткого компонента (I_2) з розплавом нелеткого компонента (Pb). Кількість вихідних компонентів становила 0,05 - 0,5 кг. При такій кількості вихідних компонентів в ампулі може виникати високий тиск парів йоду, тому необхідно контролювати температури обох зон ампули.

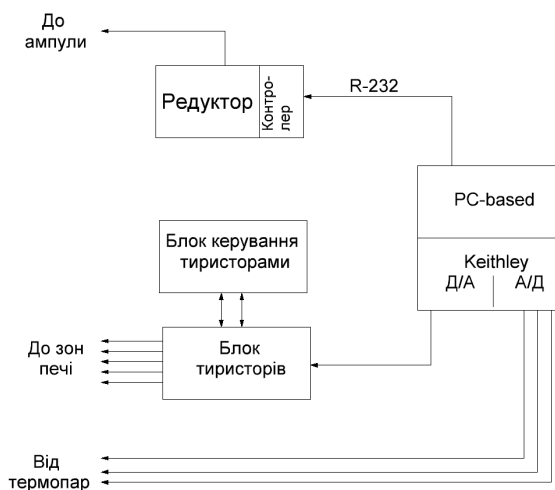


Рисунок 1 – Блок-схема регулювання температури у процесі синтезу

Для оптимізації процесу синтезу PbI_2 було використано програмований блок нагрівання і терморегулювання (рис. 1). Температура в зонах печі контролювалась хромель-алюмелевою термопарою і регулювалася за допомогою високоточного регулятора температури ВРТ-3М з точністю $\pm 0,5$ °С. Нагрівники зон живилися від окремих тиристорних пропорційних регуляторів температури. Процес відбувався в напівавтоматичному режимі з використанням персонального комп'ютера і вимірювального приладу Keithley. Для організації взаємодії з зовнішніми пристроями використовувався стандартний інтерфейс RS-232. Це дозволило оптимізувати процес синтезу PbI_2 і розширити потенціальні можливості даної установки.

1. Matuchova M. Novel approach to preparation of lead iodide for x-ray detection. / M. Matuchova, O. Prochzkova, K. Zdansky, J. Maixner // J. Cryst. Res. Technol. – 2005. – V. 40. – P. 291-296.
2. Hamada M.M. Trace impurities analysis determined by neutron activation in the PbI_2 crystal semiconductor / M.M. Hamada, I.B. Oliveira, et. al. // J. Nucl. Instr. and Meth. – 2003. – V. 505. – P. 517-520.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧ ВЫБОРА УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОГО ВЫВЕДЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Цюпа Н. А., Тогобицкая Д. Н. д.т.н., проф., Скачко А. С.

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, г. Днепр

С целью оперативного управления процессом доменной плавки для максимального вывода щелочных оксидов через шлак разработаны критерии и методика оценки оптимальной щелочной емкости конечного доменного шлака [1]. В основу разработанной методики поставлена задача определения химического состава доменного шлака, при котором будет обеспечиваться высокая эффективность удаления из доменной печи оксидов щелочных металлов и за счет этого достигнуть повышения производительности доменной печи, экономии кокса и увеличение длительности кампании. Метод оперативной оценки оптимальной щелочной емкости доменного шлака основан на взаимосвязи щелочной емкости доменного шлака и щелочной нагрузки. При этом оптимальная щелочная емкость шлака находится в пределах 70-80% от щелочной нагрузки. Оптимизируется состав шлака путем подбора его химического состава в соответствии с условием:

$$\left\{ \begin{array}{l} ШЕ_{opt} = (0.7 \div 0.8) * ШН \\ ШЕ_{opt} = (a_0 + a_1 \times \rho + a_2 \times \Delta e + a_3 \times \Delta Zm) / \left(\frac{m_{шл}}{100} / m_{шг} \right) \end{array} \right.$$

Для оперативного контроля накопления щелочных соединений в доменной печи в составе системы контроля и управления шлаковым режимом доменной плавки «Шлак» разработана подсистема «Alkalis», которая на основе оценки щелочной емкости доменного шлака позволяет осуществить диагностику технологической ситуации и выдать рекомендации по оптимизации состава шлака путем корректировки состава шихты, обеспечивает регламентированы соотношение щелочной емкости и щелочного нагрузки.

Подсистема «Alkalis» обеспечивает автоматизированный контроль поступления щелочных соединений в доменную печь, оперативный баланс и накопления щелочных соединений в доменной печи, определение щелочной емкости доменного шлака, выдачу рекомендаций по оптимизации и корректировке соответствующего состава шлака.

Таким образом, разработанная подсистема «Alkalis», позволяет пользователю в результате интерактивного взаимодействия принимать эффективные решения, направленные на обеспечение оптимального режима ведения доменной плавки с целью максимального вывода щелочных оксидов с доменной печи со шлаком и тем самым минимизировать их негативное влияние на процесс плавки.

Разработанная подсистема «Alkalis» передана в эксплуатацию специалистам технического отдела ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Адекватность алгоритмического и программного обеспечения подсистемы «Alkalis» подтверждена результатами анализа текущих производственных данных в условиях работы доменных печей ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

1. Тогобицкая Д.Н. Исследование и направленное формирование металлургических свойств щелочсодержащих доменных шлаков / Д.Н. Тогобицкая, Н.А. Цюпа // Познание процессов и развитие технологии доменной плавки. Коллективный труд второго международного симпозиума. – г. Днепр, 2016 г. – С. 322-340.

СЕКЦІЯ 3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАНЬ БУРИЛЬНИХ ТРУБ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

Артим В.І. д.т.н., проф., Гриців В.В. к.т.н., доц., Фафлей О.Я. асп.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У процесі буріння нафтових та газових свердловин бурильна колона піддається дії різноманітних детермінованих та випадкових навантажень, що призводить до втомних руйнувань елементів бурильної колони, а, відповідно, до аварій і ускладнень, на ліквідацію яких витрачаються значні кошти [1-6]. В роботах [3,7,8] проведено аналіз аварійності елементів бурильної колони, який засвідчив, що значна кількість аварій є наслідком руйнування саме різьбових з'єднань. Насамперед, це пов'язано з виникненням значних локальних напружень у різьбі. Так, в роботі [9] зазначено, що максимальне осьове напруження в зоні впадини різьби може в 5 разів перевищувати номінальне напруження. Отже, для забезпечення надійної роботи різьбового з'єднання в процесі експлуатації необхідно знати не тільки зовнішнє навантаження, але й дійсний розподіл напружень в різьбі.

Аналітичне визначення напружено-деформованого стану в різьбовому з'єднанні є однією з складних математичних і технічних проблем. Зазначена обставина обумовлена складними геометричними параметрами та граничними умовами з'єднання. Щоб визначити напружений стан, необхідно розв'язати складну просторову, контактну задачу.

Одним із найбільш розповсюджених і ефективних методів чисельного аналізу вирішення інженерних та фізичних задач є метод скінченних елементів [9,10]. Це один із варіаційних методів, який на протязі останніх десятиліть інтенсивно розвивається. В основному, це пов'язано із розвитком можливостей сучасної обчислювальної техніки, багатопроцесорних систем і алгоритмів паралельного розрахунку, в тому числі і в області персональних комп'ютерів та інше.

З огляду на вищезазначене в статті розроблено комп'ютерну модель замкового різьбового з'єднання 3-42 для оцінки напружено-деформованого стану у програмному комплексі Ansys Workbench. Пояснено основні принципи та етапи побудови досліджуваної моделі.

На рисунку 1 наведено розподіл осьових напружень в замковому різьбовому з'єднанні 3-42 ніпеля від прикладеного моменту згинчування $M_{зг}=3000$ Н·м.

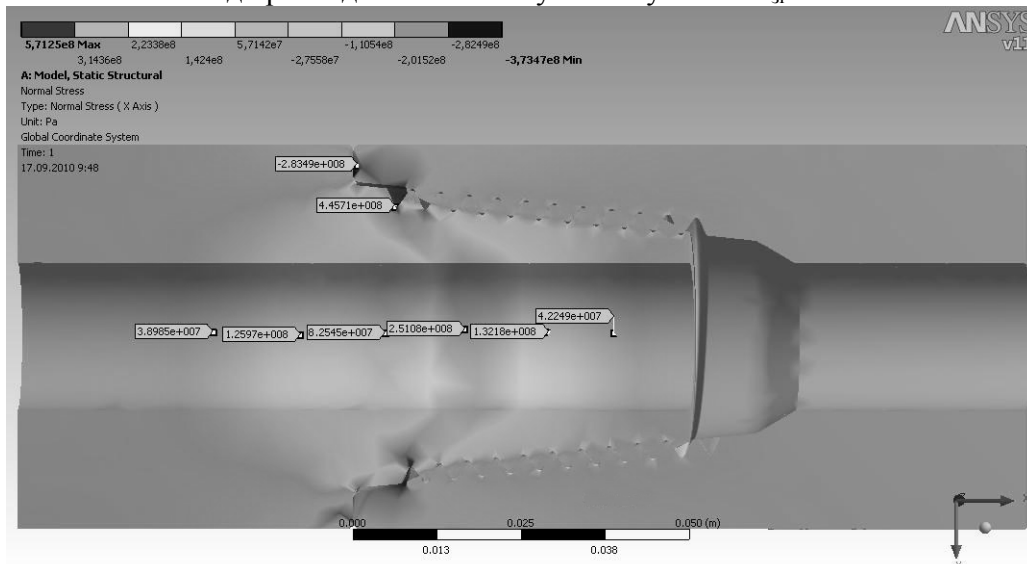


Рисунок 1 – Розподіл осьових напружень у замковому різьбовому з'єднанні 3-42 від прикладеного моменту згинчування $M_{зг}=3000$ Н·м

Запропонований алгоритм побудови комп'ютерної моделі різьбових з'єднань бурильних труб дає змогу оцінити їх напружено-деформований стан з урахуванням попередньо прикладеного моменту згинчування, адже попереднє згинчування замкового з'єднання суттєво впливає як на статичну, так і динамічну міцність різьбового з'єднання. Отримана тривимірна комп'ютерна модель різьбового з'єднання також дає змогу визначити

напружено-деформований стан від дії навантажень, що моделюють можливі реальні умови експлуатації з урахуванням зміни геометричних параметрів під час їх роботи.

Наступні дослідження будуть спрямовані на вдосконалення конструктивних особливостей різьбових з'єднань.

1. Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довідн. Посібник / Під заг. ред. В.В.Панасюка. – К.: Наук. думка, 1988.
- Т. 10: Міцність та довговічність нафтогазового обладнання / Під ред. В.І. Похмурського, Є.І.Крижанівського. – Львів–Івано-Франківськ: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України; Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2006. – 1193с.
2. Івасів В.М. Методи та засоби управління бурильною колоною для забезпечення її надійності. автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.05.12 «Машини нафтової та газової промисловості» / В.М. Івасів. – Івано-Франківськ, 1999. – 31с.
3. Некоторые вопросы аварийности бурильных труб / А.Ш. Янтурин, Г.С. Осин, Ю.А. Падавалов [та др.]// Экспресс-информ. / ВНИИОЭНГ. Сер. «Машины и нефтяное оборудование». – 1984. – Вып. 10. – С. 12–15.
4. Крыжанивский Е.И. Исследование и повышение сопротивления усталости бурильных колонн при вращательном бурении скважин. Автореф. дис. докт. техн. наук. – Москва, 1991. – 49с.
5. О накоплении усталостных повреждений в бурильной колонне /Л.М. Алексеева, Ю.С.Васильев, Л.Е. Исаченко, В.А. Кельдибеков, Г.П. Махо // Нефтяное хозяйство. – 1976. – №2. – С. 34–35.
6. Достижения в проектировании бурильной колонны с учетом усталостного износа: теория коэффициента кривизны и иллюстративный пример / К. Джейсон, Н. Рейнольдс, Ш. Єлліс, Д. Стюарт // Нефтегазовые технологии. – 2004. – №3. – С.16-18.
7. Анализ разрушений замковых резьб утяжеленных бурильных труб / Ю.В. Дубленич, И.А. Нионович, А.Я. Кесельман // Экспресс-информ. / ВНИИОЭНГ. Сер. «Машины и нефтяное оборудование». – 1986. – Вып. 2. – С. 10–12.
8. Кисельман Л.И. Некоторые причины разрушения бурильных замков в глубоких скважинах и пути их устранения / Л.И. Кисельман, Н.Г. Макухов // Нефтяное хозяйство. – 1976. – №2. – С. 23-27.
9. Селезнев В.Е. Методы и технологии численного моделирования газопроводных систем / В.Е. Селезнев, В.В. Алешин, Г.С. Клишин. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 448 с.
10. Розин Л.А. Метод конечных элементов / Л.А. Розин // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т.6, №4. – С. 120-127.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ НЕУПРАВЛЯЕМОГО АККУМУЛИРУЮЩЕГО БУНКЕРА УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Бабенко Ю.В., к.т.н, Кирия Р.В., к.т.н., ст. научн. сотрудник

Национальная металлургическая академия Украины

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

В системе подземного конвейерного транспорта угольных шахт широкое применение получили аккумулярующие бункеры. Несмотря на их применение эффективность функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт не высокая, это связано с частым переполнением бункеров, а также потерями производительности из-за отсутствия груза в бункере. Поэтому необходимо в бункере поддерживать минимальное количество груза.

Для этого необходимо определить среднее количество груза в бункере в зависимости от величины грузопотока поступающего и разгружаемого из аккумулярующего бункера.

В данной работе на основании математической модели функционирования бункера, работающего в неуправляемом режиме, получены аналитические зависимости среднего объема груза в бункере от объема бункера и параметров грузопотоков, поступающего и разгружаемого из бункера.

В неуправляемом режиме работы аккумулярующего бункера, количество груза в бункере не поддерживается в заданных пределах. При этом надбункерный конвейер при достижении предельного допустимого объема груза в бункере V_{max} выключается, а при достижении количества груза в бункере, равного нулю, подбункерный конвейер не выключается, то есть постоянно работает не зависимо от количества груза в бункере.

В системе «конвейер – бункер – конвейер» подбункерный конвейер функционирует без остановок, т.е. $\lambda 1 = \mu 1 = 0$, а грузопоток, загружаемый в бункер, постоянный и равен \bar{m}_Q . Тогда в этом случае средний объем груза в аккумулярующем бункере, работающем в стационарном неуправляемом режиме, определяется как математическое ожидание текущего объема груза в бункере. После математических преобразований получено выражение для вычисления среднего объема груза в бункере:

При этом установлено, что с увеличением производительности питателя Q_n средний объем груза в аккумулярующем бункере V_c уменьшается и при $Q_n \rightarrow \infty$ стремится к некоторому постоянному значению, близкому к нулю при $V \geq 100 \text{ м}^3$, а с увеличением объема бункера V средний объем груза в бункере V_c увеличивается. Исследования показали, что с увеличением интенсивности простоя надбункерного конвейера $\lambda 1$ средний объем груза в аккумулярующем бункере уменьшается, а с увеличением интенсивности простоя подбункерного конвейера $\lambda 2$ средний объем груза в бункере увеличивается. Результаты теоретических исследований отличаются от результатов имитационного моделирования на 10-15%.

1. Кирия Р. В. Математическая модель функционирования аккумулярующего 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.

2. Кирия, Р. В. Разработка быстрого алгоритма определения пропускной способности системы «конвейер – бункер – конвейер» / Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2013. – Випуск 1. – С. 146–158.

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТОХАСТИЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ РІЗАННЯ НА СТРІЧКОПИЛКОВОМУ ВЕРСТАТІ

Березюк І.А., к.т.н., доцент

Кіровоградський національний технічний університет

Стрічкочилкові верстати є невід'ємною складовою циклу первинної обробки деревини. Необхідність підвищення продуктивності праці та економічної ефективності виробництва пиломатеріалів, які є основною продукцією лісопилних підприємств та сировиною для меблевої та будівельної галузі, висуває на перший план задачу підвищення рівня якості керування процесом розпилювання. Ключова роль при цьому відводиться створенню та впровадженню вискоефективних систем автоматичного управління. Серед систем зазначеного вище класу широкого поширення набули системи стабілізації режимів різання, основою задачею яких є підтримання одного або декількох параметрів різання при дії збурень. Для стрічкових пилорам в якості такого параметру використовується потужність різання, стабілізація якої здійснюється за рахунок зміни швидкості подачі відносно заданого значення [1]. Отримання пиломатеріалів із необхідними показниками якості поверхні, як показує аналіз літературних джерел, досягається за рахунок надлишкових витрат електроенергії, сировини та праці. Це пов'язане з недоліками підходів до побудови систем автоматичного управління обробкою на верстатах зазначеного класу: при виконанні розрахунків, як правило задаються структурою моделі об'єкту управління (системи деревообробний верстат – процес різання ДВПР) та регулятору, а визначають лише параметри; не враховуються стохастичні збурення, які проявляються в мінливості властивостей деревини як анізотропного матеріалу, зміні стану ріжучого інструменту та технологічного обладнання. Це не дозволяє забезпечити найвищу якість та ефективність керування.

Визначальним фактором для підвищення якості процесу керування розпилюванням є наявність оптимальної за структурою системи управління. В даній роботі обґрунтовується технологія побудови систем стабілізації потужності різання для стрічкових пилорам на основі динамічного проектування за О.М. Льотовим [2], базовими етапами якої є: визначення моделей динаміки системи ДВПР та діючих збурень за даними натурних випробувань; синтез оптимальної системи стабілізації на основі середньоквадратичного критерію "якість обробки – енергетичні витрати", зміною вагових коефіцієнтів якого досягається компроміс між якістю обробки та енергетичними витратами на її виконання; оцінювання граничних рубежів якості оптимальної системи стохастичної стабілізації потужності різання при зміні фізико-механічних властивостей деревини та стану ріжучого інструменту. Теоретичну основу для успішного виконання зазначених етапів складають науково – обґрунтовані методи та алгоритми оцінювання та ідентифікації складних динамічних об'єктів та збурень в реальних експлуатаційних умовах, а також методи оптимального синтезу [2]. Реалізація етапів технології, що пропонується, дозволила зменшити енерговитрати на досягнення заданої якості на 12%, підвищити точність стабілізації потужності різання на два порядки по відношенню до штатної системи, а також визначити закони зміни параметрів оптимального регулятора при виконанні обробки деревини з різними фізико – механічними властивостями в залежності від зміни вимог до якості.

1. Вольнський В. Н. Первичная обработка пиломатериалов на лесопильных предприятиях /Вольнський В.Н., Пластинин С.Н. – М.: Ризл-пресс, 2005. – 397 с.
2. Азарсков В.Н. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: [монографія] / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С.; под ред. Л.Н. Блохина. – К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. – 400 с.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СТРУКТУРИ ЗЛИВКА, ЩО ТВЕРДНЕ

Борис Б. А., Надригайло Т.Ж. к.т.н.

Дніпровський державний технічний університет

Актуальність проблеми затвердіння металу обумовлено тим, що вивчення і рішення даної проблеми сприятимуть піднесенню ливарного виробництва на більш високий технічний рівень, підвищення якісних показників продукції металургії та машинобудування, скорочення витрат металу у виробництві, особливо від дефектів.

Виявлення основних закономірностей формування кристалічної структури, фізичної і хімічної неоднорідностей, які суттєво впливають на механічні і фізичні властивості литого металу, має важливе значення для знаходження оптимальних умов формування якісних зливок і відливок [1]. З відомих експериментальних і теоретичних досліджень [2] виходить, найважливішими факторами, сприяючими фізичній неоднорідності типу мікропор, є розчинені гази і перебіг розплаву через перехідну зону, обумовлений усадковими явищами при фазовому переході.

Метою даної роботи є дослідження математичної моделі кінетики формування усадкової раковини, а також конуса осадження дрібнодисперсних кристалів для сталевого зливка [3].

В основу моделі закладаються наступні початкові припущення: розглядаємо циліндричне-симетричну ливарну форму; внутрішня поверхня форми покрита тонким шаром (порядку 1мм) окислу алюмінію; з боку форми границя рідкого металу рухома, її форма визначається товщиною і формою металу, що намерзнув; метал в об'ємі форми певною мірою турбулізован; з бічної поверхні форми і через дзеркало металу відбувається віддача тепла за рахунок конвективного теплообміну з певним коефіцієнтом тепловіддачі і за рахунок випромінювання за законом Стефана-Больцмана з певним коефіцієнтом ступеня чорноти; при кристалізації розплаву відбувається усадка. Розрахункова область є половиною осевого перерізу форми.

Основні рівняння моделі:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\vec{\nabla}\bar{p} + \nu_e \Delta \vec{v} + [\gamma \delta_t (T_L - T) + \zeta \delta_f] \vec{g}, \quad (1)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{v} = -\vec{\nabla} \cdot (\zeta \vec{w}) - \delta_f \Phi_s, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot [\zeta (\vec{v} + \vec{w})] = \Phi_s, \quad (3)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{v} + \chi \zeta \vec{w}) \cdot \vec{\nabla} T = [\vec{\nabla} \cdot (\lambda' \vec{\nabla} T) + L \Phi_s] / C, \quad (4)$$

де $\chi = C_s / C_L - 1$, $\lambda' = (\lambda_L \gamma + \lambda_s \zeta) / \rho_0$ і L — питома теплопровідність і тепло кристалізації, $C = C_L \gamma + C_s \zeta$ — теплоємність середовища. Індекси L і s відносяться до рідкого і твердого металу відповідно.

Дана система рівнянь доповнюється наступними граничними умовами. Для швидкостей: на вільній поверхні — умова вільного протікання; для частки твердої фази — умова непротікання. Для температури: на внутрішніх поверхнях — умова спряження; на зовнішніх поверхнях — умова тепловіддачі конвекцією і випромінюванням.

1. Самойлович Ю.А. Формирование слитка. М.: Металлургия, 1977, 159 с.
2. Самойлович Ю.А. и др. Стальной слиток, Т.1, Управление кристаллической структурой / Под общ.ред. В.И. Тимошпольского, Ю.А. Самойловича. Мн: Беларуская наука, 2000, 583 с.
3. Самохвалов С.Є., Надригайло Т.Ж. Комп'ютерне моделювання багатофазних середовищ у зливку. — Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2009, 144 с.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕВРАЩЕНИЙ АУСТЕНИТА В ДОЭВТЕКТОИДНОЙ СТАЛИ

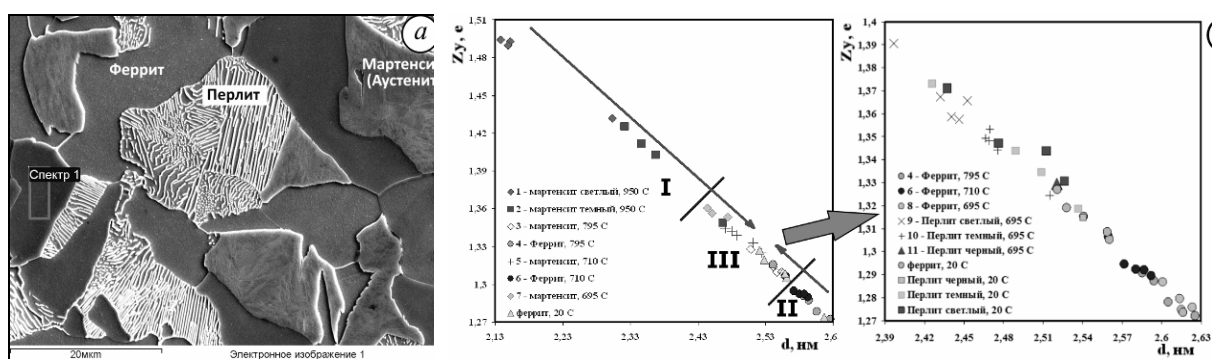
Борисенко А.Ю.¹ к.т.н., Кукса О.В.¹ к.т.н., Ткач В.Н.² д.ф.-м.н., Кононенко А.А.¹ к.т.н.

¹ *Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины,*

² *Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины*

Образование ферритно-перлитной структуры в стали, связанное с изменениями составов твердых растворов железа, – сложный физико-химический процесс, представления о котором основываются преимущественно на теоретической интерпретации диаграммы фазового равновесия Fe–C, рассчитанных коэффициентах диффузии и термодинамической активности компонентов стали. Развитие этого вопроса требует новых экспериментальных данных и их математического анализа с использованием методов физико-химического моделирования на атомно-кристаллическом уровне взаимодействия химических элементов.

Исследовали образцы стали 50, охлажденные с печью от 950 °С, содержащей (мас. %): 0,48 С, 0,36 Si, 0,61 Mn, 0,25 Cr, 0,20 Ni, 0,21 Cu, 0,021 S, 0,021 P. Концентрационно-структурное состояние стали, фиксируемое закалкой образцов от (°С): 950, 795, 710, 695, 690, определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) ZEISS EVO 50XVP и энергодисперсионного анализатора рентгеновских спектров INCA 450. Данные обрабатывали с помощью модели направленной химической связи проф. Э.В. Приходько, рассчитывающей парциальные характеристики атомных взаимодействий и интегральные параметры энергетического состояния фаз: d – среднестатистическое межатомное расстояние и Z^Y – зарядовое состояние. % углерода в фазах определяли путем пересчета его содержания в мартенсите после закалки аустенита от 950 °С на 0,48% в стали.



СЭМ изображение (а) и структурно-зарядовые диаграммы (б) состояния фаз и микроструктур при превращении аустенита в стали 50

Установлено, что движущая сила появления соответствующих фаз при распаде аустенита (в частности, с образованием феррита и перлита) – стремление химических элементов и, в первую очередь углерода, под действием внутренних напряжений принять наиболее выгодное для данных условий энергетическое состояние. Структурно-зарядовые диаграммы показывают, что аустенит – наиболее напряженная и нестабильная фаза (рис., зона I). Аустенит имеет широкий диапазон и минимальные значения параметра d из-за наибольшего для данной температуры содержания в железе атомов других элементов. Напряжения снижаются, а параметр d возрастает при охлаждении. В доэвтектоидной стали в зависимости от температуры релаксация напряжений вызывает перераспределение атомов и превращение аустенита с образованием феррита, а затем – перлита, обеспечивая энергетически стабильное состояние системы. Вероятно, что образование феррита с наибольшими значениями d при высоких температурах (зона II) связано с более полной релаксацией напряжений меньшей величины, относительно перлита, занимающего промежуточное положение (зона III), появление которого, однако, для данного состава стали является наиболее энергетически выгодным. Изменение содержания углерода в стали должно приводить к изменению напряженного состояния аустенита и положения этих зон.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ТЕЛ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Бразалук Ю.В. к.ф.-м.н., Губин А.И. к.т.н., Евдокимов Д.В., Стояновский М.А.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

В условиях энергетического кризиса проблема теплосбережения, как одной из основных форм энергосбережения, приобретает особую актуальность. Очевидным путем решения проблемы теплосбережения является совершенствование систем теплоизоляции. С другой стороны, в металлургической, химической и ряде других отраслей промышленности, а также в транспортных системах широко используются высокотемпературные технологии, требующие тепловой защиты дорогостоящего оборудования. Решение последней проблемы проще всего обеспечить путем создания теплозащитного покрытия. В силу описанных обстоятельств задача расчета свойств и режимов функционирования теплоизолирующих и теплозащитных покрытий является одной из наиболее важных в современной вычислительной теплофизике. Учитывая, что в силу технических требований к теплозащитному покрытию, оно должно быть достаточно тонким, расчет теплозащитного покрытия сводится к многомасштабной задаче теории теплопроводности со всеми присущими ей трудностями в численном решении. Среди явно выраженных тенденций развития современной техники и технологий следует выделить перманентное усложнение и увеличение разнообразия геометрических форм оборудования и его составных частей. Поскольку объекты и оборудование, обладающие сложными геометрическими формами, также зачастую нуждаются в тепловой защите, возникает специфический случай расчета, в котором вычислительные трудности, связанные с многомасштабностью процессов тепловой защиты, усугубляются вычислительными трудностями, порождаемыми сложной формой области, что, в результате, приводит к весьма нетривиальной ситуации. Преодоление вычислительных трудностей, возникающих при расчете систем тепловой защиты тел сложной геометрической формы, является основной целью настоящей работы.

Исходная математическая модель поля температур в неасимптотически тонком теплозащитном покрытии и защищаемом теле была сформулирована в самом общем виде, при этом в защищаемом теле использовались, вообще говоря, произвольные системы координат, а в теплозащитном покрытии была введена локальная связанная система координат. Необходимо отметить, что, как правило, в инженерных расчетах температурные поля защищаемых тел не учитываются, но не трудно привести примеры, показывающие, что такой подход является ошибочным, и краевая задача для поля температур защищаемого тела должна выйти неотъемлемой составной частью в общую математическую модель. Выбрав в качестве малого параметра отношение характерной толщины теплозащитного покрытия к характерному размеру защищаемого тела, и, используя стандартную процедуру метода малого параметра, сведем краевую задачу для уравнения теплопроводности в теплозащитном слое к последовательности одномерных квазистационарных краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений, которые, в принципе, всегда интегрируются аналитически (если аналитические выкладки оказываются чересчур громоздки, то возможно применение и численных алгоритмов решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений). Решение задачи теплопроводности в защищаемом теле также вызывает существенные трудности из-за сложной формы области решения. Предположим, что теплозащитное покрытие обеспечивает в защищаемом теле, такой диапазон температур, что задача теплопроводности может быть сформулирована в линейной постановке. Тогда для численного решения рассматриваемой задачи целесообразно использовать метод граничных элементов, который эффективен для областей сложной формы.

Предложенный подход был проиллюстрирован несколькими примерами численных расчетов.

ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОМАСШТАБНЫХ ПРОЦЕССОВ

Бразалук Ю.В. к.ф.-м.н., Губин А.И. к.т.н., Евдокимов Д.В., Шульга Р.А.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

В настоящее время интерес к многомасштабным процессам проявляют специалисты различных отраслей естествознания. Под многомасштабными процессами, как правило, понимают совокупность взаимосвязанных процессов, имеющих характерные параметры, различающиеся между собой по порядку величины. Разнообразие таких процессов исключительно велико, но дальнейшее изложение будет проведено на примерах из механики сплошной среды, близких авторам настоящей работы. Действительно в гетерогенных средах – многофазных течениях или композитных материалах – очевидным образом проявляется многомасштабность. Существует три подхода к анализу гетерогенных сред: простое осреднение, гомогенизация и прямое моделирование. Понятно, что простое осреднение позволяет адекватно получить только характеристики аддитивных величин, характеризующих сплошную среду или механический процесс в ней, например, плотность, теплоемкость и т.д. Гомогенизацией называется процедура замены гетерогенной среды некоторой сплошной средой, при этом свойства последней в некотором смысле соответствуют свойствам гетерогенной среды. Большинство алгоритмов гомогенизации основываются на рассмотрении ячейки периодичности, то есть, применимы лишь к гетерогенным средам регулярной структуры. Безусловным достоинством методов гомогенизации является возможность получить эффективные значения любых параметров, а не только аддитивных. Среди недостатков данной группы методов следует отметить трудности с определением процессов взаимодействия дисперсных объектов. Известным примером методов гомогенизации является модель взаимопроникающих континуумов в гидромеханике многофазной среды. В отличие от осреднения и гомогенизации, которые основаны на аналитических приемах, прямое моделирование является исключительно численной процедурой. Именно рассмотрению особенностей прямого моделирования гетерогенных сред и многомасштабных процессов, в них протекающих, и посвящена данная работа.

В основе прямого моделирования лежит суммирование индивидуальных воздействий объектов дисперсной среды на гетерогенную среду в целом и другие объекты дисперсной фазы в частности. То есть, при прямом моделировании гетерогенной среды могут быть естественным образом учтены индивидуальные движения объектов дисперсной фазы, их взаимодействие между собой и эволюция дисперсной фазы в жидкой несущей среде практически для любой гетерогенной среды. Несмотря на исключительно высокую ресурсоемкость такого подхода, использование современных мощных вычислительных систем делает его применение вполне возможным, а для ряда разновидностей гетерогенных сред единственно возможным. К сожалению, при суммировании вкладов отдельных объектов дисперсной фазы в общую величину искомого поля приходится иметь дело со сложением величин разного порядка, что неизбежно влечет вычислительные трудности. Более того, при достаточно малых объектах их вклад в величину поля может оказаться меньше, чем погрешность внутреннего представления компьютера для величины поля, то есть, этот результат суммирования будет полностью недостоверным. Чтобы избежать указанных трудностей, предлагается ввести промежуточные уровни, на которых суммирование было бы адекватным. Для ускорения вычислительного процесса в данном случае может быть использована технология сценариев, хорошо зарекомендовавшая себя в лагранжевых методах исследования гетерогенных сред.

Рассмотренный подход был проиллюстрирован несколькими примерами численных расчетов.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ БАЛАНСИРНОГО ЭЛЕКТРОДОДЕРЖАТЕЛЯ С ДЕМПФЕРОМ СУХОГО ПОЗИЦИОННОГО ТРЕНИЯ

Власов А.А., Зданевич С.В. к.т.н.

Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье, Украина

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр, Украина

При эксплуатации сверхмощных (более 0,7 МВА/т) трехфазных дуговых сталеплавильных печей (ДСП), отмечен повышенный расход графитовых электродов в результате их поломок вследствие ударного или изгибного нагружения, а также интенсивного вибрационного нагружения электрододержателей [1].

Колебания тока дуги, а также электродинамическое взаимодействие токоподводов и электродов соседних фаз, возбуждает механические изгибно-крутильные колебания в системе «электрод - электрододержатель - стойка», что приводит к пространственному перемещению электродов и влияет на ток дуги. Характеристика вынуждающих воздействий и сопоставление с параметрами сложной колебательной системы «электрод – электрододержатель» необходимое условие оценки нагруженности и электродинамической устойчивости элементов системы для безаварийной эксплуатации электродов.

Для уменьшения амплитуды колебаний электрода ДСП в режимах вынужденных колебаний под действием электродинамических сил при коротких замыканиях, так и при свободных упругих колебаниях электрододержателя после разрыва дуги, предложена шарнирная система крепления рукава электрододержателя на стойке [2]. Для гашения колебаний электрода в системе рукава электрододержателя предлагается установить упругие элементы с начальным натягом и демпферы позиционного сухого трения.

Приведено исследование системы электрододержателя с шарнирным креплением рукава и динамическим гасителем колебаний сухого трения. Составлена двухмассовая динамическая модель и определен спектр вынуждающего электродинамического воздействия на колебательную систему.

Установлены основные составляющие эквивалентного напряжения в опасном сечении электрода при возможном направлении и сочетании электродинамических и инерционных составляющих нагрузки при консольном расположении электрода. По условию прочности ниппельного соединения электрода определены предельные амплитуды колебаний узла крепления электрода.

Из условия предельно допустимого отклонения от исходного положения узла крепления электрода в горизонтальной плоскости при воздействии электродинамических сил на токоведущий контур системы «рукав электрододержателя - электрод» получены зависимости для выбора места расположения шарнирной опоры и гасителя колебаний при заданных геометрических размерах электрододержателя и стойки, с учетом длины электрода. Определено рациональное значение жесткости упругого элемента гасителя колебаний и необходимые характеристики сухого трения.

Результаты моделирования колебаний системы электрододержателя подтверждают снижение уровня амплитуд колебаний электрода в горизонтальной плоскости по сравнению с исходной конструкцией электрододержателя с жестким соединением рукава со стойкой.

1. Коваль М.В. Про підвищення надійності роботи електродів дугових сталеплавильних печей / М.В. Коваль, В.К. Тарасов, С.С. Пилипенко, Ю.П. Єгоров, А.О. Власов// Металургія: Збірник наукових праць ЗДІА. - Запоріжжя: ЗДІА, 2016. - Вип. 35. - С. 58-62

2. Патент Украины №43610А. Пристрій для кріплення електродотримача дугової сталеплавильної печі /А.О. Власов, М.В. Коваль, А.Я. Жук, І.В. Лебедева, С.Ю. Беляев., В.В. Бейник// – Опубл.17.12.2001.-Бюл.№11.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ

Вьюненко В.С. аспирант, Низяев К.Г., д.т.н., Михалев А.И. д.т.н., проф.

Национальная металлургическая академия Украины

На начало XXI века более 65% стали в мире производится конвертерным способом [1]. Исходя из популярности этого способа, можно сделать вывод об актуальности задач его оптимизации.

На сегодняшний день процесс конвертерного производства стали хорошо изучен и работает на хорошо изученных физических и химических законах. Однако существует потребность в расчете результатов плавки на основе загружаемых в конвертер материалов, так как, ввиду технологических особенностей, эти материалы могут часто меняться и имеют различный химический состав, что влияет на конечный результат. Без предварительного расчета или проведения экспериментов невозможно предугадать свойства стали на выходе. В связи с этим, многие производства «жертвуют» первыми несколькими плавками, чтобы определить нужный объем материалов, что, само собой, экономически не выгодно. Для решения этой проблемы было решено прибегнуть к моделированию. Предлагаемая функциональная модель такого многосвязного процесса [2] представлена в виде структурной схемы на рис. 1.

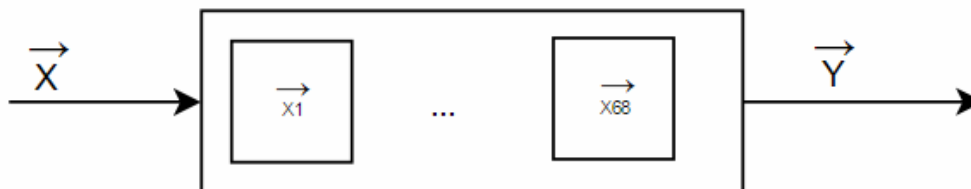


Рисунок 1 – Структурная схема модели процесса конвертерного производства стали

Представленная на рис. 1 модель имеет сложную многосвязную структуру из 68 подсистем - $\overline{X_1} \dots \overline{X_{68}}$, со 104-мя расчётными параметрами. Вектор входных переменных \overline{X} состоит из 132 элементов. Результатом процесса является выходной 15-мерный вектор \overline{Y} .

Модель реализована в виде веб-приложения с использованием языка программирования JavaScript, что позволяет использовать ее на любом устройстве с доступом к Интернету и динамически отображать результаты расчетов. В дальнейшем планируется реализовать возможность автоматической настройки входных параметров плавки, что позволит оптимизировать расход материалов и упростить работу с системой.

1. Смирнов А.Н. Выплавка стали в кислородном конвертере // [электронный ресурс] – режим доступа: http://steelcast.ru/ld_process

2. Методичні вказівки до виконання розрахунків киснево-конвертерної плавки для студентів усіх спеціальностей / Укл: Б.М.Бойченко, С.В.Бочка. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2001.-25 с.

ТРЕНДОВЫЙ АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Гвоздева И.М., д.т.н., Демиров В.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»

Важной научно-технической проблемой продления жизненного цикла дизель-генераторных установок (ДГУ), входящих в состав современных судовых электроэнергетических систем (СЭЭС), является обеспечение требуемой эксплуатационной надежности. Решение указанной проблемы достигается путем совершенствования методов технического контроля текущего состояния указанных объектов и повышения достоверности долгосрочного прогнозирования за счет использования методов трендового анализа данных регистрации технического состояния.

Методы трендового контроля, применяемые в современных судовых системах технической диагностики и контроля, позволяют установить факт отклонения регистрируемых параметров от номинальных значений [1–3], но не позволяют дать их прогнозную оценку. С другой стороны, в ряде работ [4–6] предложено использование методов анализа временных рядов регистрируемых параметров для повышения надежности диагностических выводов о возможном состоянии исследуемого технического объекта.

В качестве анализируемых данных рассматривались параметры посуточной регистрации состояния судовых ДГУ HFC5 710-14 L мощностью 1875 кВА. Анализируемая выборка составила суточные срезы в течение полугода по 23 параметрам, в том числе текущие значения температур газов по цилиндрам двигателя. Анализ выборки на статистическую однородность позволил установить срезы, которые по критерию Колмогорова-Смирнова существенно отличались от других. Выбросы, не соответствующие свойствам выборки, были исключены при последующем анализе.

На основе корреляционного анализа экспериментальных данных получены распределения коэффициента взаимной корреляции температуры и тока нагрузки по выборке для каждого из цилиндров и установлено, что корреляционных связей тока нагрузки с другими параметрами нет.

Для построения статистической модели зависимости номинальной средней температуры от нагрузки дизель-генераторной установки была использована линейная аппроксимация. В качестве элементов признакового пространства приняты отклонения температуры по каждому из 8 цилиндров ДГУ от статистической модели.

Проведенный трендовый анализ позволил расширить признаковое пространство для последующей оценки и прогнозирования технического состояния судовых дизель-генераторных установок.

1. Wartsila RT-flex82C Operating manual “Marine”. – 2009. – Rev 2.3.1. – P. 42.
2. Гвоздева И.М. Трендовый контроль в современных системах диагностики судовых энергетических установок / И.М. Гвоздева, В.В. Демиров // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон. – 2016. – С. 191–194.
3. Kongsberg Norcontrol marine automation systems. – Norway, 2005. – 140 p.
4. Миргород В.Ф. Прогноз поведения временных рядов в задачах оценки технического состояния ГТД / В.Ф. Миргород, Е.В. Деренг // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков, 2014. – №10(117). – С. 165–168.
5. Миргород В.Ф. Оценка доверительных интервалов трендовой компоненты временных рядов / В.Ф. Миргород, Е.В. Деренг // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков, 2014. – №7(114). – С. 175–179.
6. Миргород В.Ф. Многомерный трендовый анализ временных рядов в задачах оценки технического состояния / В.Ф. Миргород, И.М. Гвоздева // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков, 2012. – С. 241–244.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ УДАРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖИДКОСТИ И НАКЛОННОЙ ПЛАСТИНКИ

Гоман О.Г. д.ф.-м.н., Катан В.А. к. ф.-м.н., Клим В.Ю. к.т.н.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепр, Украина

Математическое моделирование ударного взаимодействия тела и свободной поверхности жидкости остается актуальным для машиностроения при проектировании рулевых устройств надводных и подводных гидродинамических аппаратов специального назначения, работающих в условиях пересечения свободной границы жидкости или границы раздела слоев жидкости различной плотности [1–6].

Развитие постановки задачи хорошо известно по классическим работам [1–2].

В работе для определения положения граничных точек зон отрыва течения жидкости от поверхности тела использование вариационного принципа Огазо позволило получить трансцендентное уравнение относительно некоторого числового параметра. В уравнении сингулярные интегралы в смысле конечной части по Адамару вычислены по формулам Адамара–Манглера [3–4]. Решение тестовых задач: задача о вертикальном ударе с вращением горизонтальной пластинки в условиях возникновения отрыва и задача о горизонтальном ударе с вращением вертикальной пластинки – подтвердило работоспособность такого подхода [5–6]. Далее получены гидродинамические распределенные и суммарные характеристики при ударном взаимодействии несжимаемой жидкости и наклонной пластинки, расположенной на ее свободной поверхности под произвольным углом наклона: распределения импульсивного давления и касательной составляющей скорости жидкости на смоченной поверхности пластинки, распределение нормальной составляющей скорости жидкости на свободной поверхности и на поверхности отрывной зоны. Неизвестные составляющие скорости находились с помощью дифференцирования потенциала течения или функции тока, которые были представлены через сингулярные интегралы в смысле конечной части по Адамару. В результате этого дифференцирования порядок особенности в сингулярных интегралах увеличивался и для их вычисления применялись модифицированные формулы типа Адамара–Манглера. В качестве тестовой задачи использовалась задача о горизонтальном ударе с вращением вертикальной пластинки. Установлено удовлетворительное совпадение аналитических и численных результатов. Также определены зависимости изменения коэффициентов присоединенных масс и моментов пластинки в зависимости от угла ее наклона.

1. Седов, Л. И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики [Текст]/ Л.И. Седов. – М.: Наука, 1980. – 448 с.
2. Мухелишвили, Н.И. Сингулярные интегральные уравнения [Текст]/ Н.И. Мухелишвили. – М., 1968. – 512 с.
3. Общая теория аэродинамики больших скоростей [Текст] / под ред. У.Р. Сирса. – М.: Воениздат, 1962. – 300 с.
4. Адамар, Ж. Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа [Текст] / Ж. Адамар. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
5. Гоман, О. Г. Ударное взаимодействие несжимаемой жидкости и вертикальной пластины, плавающей на ее поверхности, в условиях образования одной зоны отрыва и наличия вращения [Текст] / О.Г. Гоман, В.А. Катан // Вісн. ДНУ. Сер.: Механіка. – 2013. – № 5(21). – Вип. 17, Т. 1. – С. 191 – 205.
6. Катан, В.А. Об одном способе определения положения зоны отрыва течения при ударном взаимодействии твердого тела и жидкости [Текст] / В.А. Катан // Вісн. ДНУ. Сер.: Механіка. – 2014. – № 5(22). – Вип. 18, Т.1. – С. 63 – 71.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАТРИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЙ MPI ТА OPENMP

Горбенко В.І., к.ф.-м.н.

Запорізький національний університет, м. Запоріжжя

Матричні операції складають основу багатьох розрахункових та прогностичних задач економіки, техніки та науки. Обчислення матриць потребує як значного об'єму пам'яті, так і значного використання часу. Одним із підходів щодо вирішення проблеми скорочення часу матричних операцій може бути розподілення роботи між обчислювачами (процесорами).

Принциповим є використання або систем з масовим паралелізмом (MPP-систем), або симетричних багатопроцесорних систем (SMP-систем). Для MPP-систем широко використовується технологія організації взаємодії вузлів через передачу повідомлень (стандарти MPI), а для SMP-систем розпаралелювання здійснюється через систему спеціальних директив компілятора (OpenMP). Обчислювальні експерименти проводилися на кластері типу Beowulf.

Було встановлено, що значний час у алгоритмів, в яких використовуються MPI-процедури, може займати розподіл матриць через комп'ютерну мережу. Це приводить до неефективності розпаралелювання таких операцій, де кількість алгебраїчних дій прямопропорційна кількості елементів. Так, намір розпаралелити алгоритм обчислення суми двох матриць за допомогою MPI-технології приводить до зростання часу в 2-3 рази в порівнянні з послідовною програмою. Відмінно від цього застосування технології OpenMP не потребує додаткового пересилання елементів, тому, включення до програми з обчислення суми двох матриць відповідних директив OpenMP приводило до значного скорочення часу обчислень. Коефіцієнт скорочення був в межах 1.3-1.8 в розрахунку на один доданий до системи процесор та мав залежність від їх загальної кількості. Для матричних операцій, в яких час виконання суттєво перевищує час пересилання даних в мережі, більш ефективною є технологія MPI, завдяки достатньо простому механізму збільшення задіяних в розрахунках обчислювачів.

Значимість ефективного виконання обчислень з матрицями призвела до створення декілька спеціалізованих бібліотек, серед яких за популярністю виділяється ScaLAPACK [1]. Бібліотека ScaLAPACK використовує технологію MPI і однією із особливостей цієї бібліотеки є використання параметрів, що впливають на розподіл матриць по процесорам обчислювального кластеру. На обчислювальному кластері типу Beowulf було проведено дослідження залежності часу обчислень від кількості застосованих процесорів, розміру самих матриць та розміру блоків розбивки матриць по процесорах. Встановлено, що розмір та тип оголошення матриць, що застосовуються у розрахунковій програмі, суттєво впливає на завантаженість оперативної пам'яті і, як наслідок, на завантаженість процесорів. Збільшення кількості процесорів, що використовуються в обчисленнях, веде близько до лінійного зменшення часу. Дослідження показали, що занадто малий розмір блоків розбивки веде до суттєвого уповільнення розрахунків, що обумовлено значним навантаженням на комп'ютерну мережу. Найкраща продуктивність досягалась, якщо розмір блоків знаходився в межах від 50×50 до 100×100 .

Також на продуктивність розрахунків впливала пропорційність навантаження процесорів. Якщо розподіл матриць стає непропорційним, то час обчислень зростає, при цьому, збільшення розміру блоку додатково уповільнює їх, що пояснюється більшим часом простою частини процесорів.

1. ScaLAPACK Home Page [Електроний ресурс]:
http://www.netlib.org/scalapack/scalapack_home.html

МОДЕЛІ, МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБОЛОНКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ З НЕРЕГУЛЯРНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Дзюба А. П. д.т.н., Дзюба О. А., Сафронова І. А.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Проблема оптимізації параметрів і зниження матеріаломісткості конструкцій машинобудування належить до найбільш актуальних задач механіки деформівного твердого тіла. Алгоритми вагової оптимізації визначення нерегулярних (залежних від координат серединної поверхні оболонкового елемента) параметрів конструкцій ґрунтуються, як правило, на використанні різних варіантів методу послідовних наближень. Задача оптимального проектування характеризується, як правило, наявністю досить значної кількості таких варійованих параметрів, обумовленою суттєвою нерегулярністю сучасних конструкцій. При цьому застосування дискретних методів оптимізації та методу скінчених елементів досить часто обмежується значними труднощами, що обумовлені, як великою розмірністю оптимізаційної задачі, так і складнощами зміни скінченно-елементної сітки у зв'язку зі зміною товщини стінки чи інших параметрів тонкостінних елементів конструкцій на кожному кроці пошукового алгоритму.

Альтернативою такого підходу є застосування дискретно-континуальних методів розрахунку та методів теорії оптимальних процесів до розв'язування таких задач.

У поданій роботі узагальнюються та обговорюються переваги застосування такого підходу до вирішення задачі та оптимізації параметрів тонкостінних елементів конструкції. Розв'язування задач оптимального проектування оболонок обертання з довільною формою меридіану та змінною у вздовж меридіану товщиною стінки при несиметричному навантаженні пропонується здійснювати шляхом мінімізації функціоналу, який виражає собою обсяг матеріалу конструкції. Рівняння стану оболонок в частинних похідних шляхом застосування методу Фур'є розкладання відшукуваних функцій стану в тригонометричні ряди зводяться до сукупності систем для звичайних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами [1] і далі успішно розв'язуються методом прогонки з ортогоналізацією за С. К. Годуновим [2].

У випадку, коли жорсткість оболонки є нерегулярною у двох напрямках, задача зводиться до систем звичайних диференціальних рівнянь вздовж окремих ліній меридіану шляхом застосування скінченно-різницевого методу в окружному напрямку (метод прямих).

Умови міцності, жорсткості, стійкості та інші вимоги приймаються у вигляді обмежень.

Застосування принципу Л. С. Понтрягіна [3] для розв'язування виникаючої задачі оптимального керування з фазовими обмеженнями дозволяє отримати необхідні умови оптимальності, виконання яких зручно здійснювати за допомогою запропонованого в [4] алгоритму.

Подані та обговорюються результати числового розв'язування задач оптимізації параметрів оболонкових та пластинчастих елементів конструкцій і можливі переваги підходу.

1. Бидерман В. Л. Механика тонкостенных конструкций / В. Л. Бидерман. – М.: Машиностроение, 1977. – 488 с.
2. Годунов С. К. О численном решении краевых задач для систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнений / С. К. Годунов // Успехи математических наук. – 1961. – Т. 16. – Вып. 3 (99). – С. 171 – 174.
3. Понтрягин Л. С. Математическая теория оптимальных процесов / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. В. Мищенко // – М.: Наука. – 1969. – 384 с.
4. Дзюба А. П. Метод послідовних наближень розв'язування задач оптимального керування з обмеженими фазовими координатами для оптимізації силових елементів конструкцій / А. П. Дзюба // зб. наук. праць: Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. – Д.: Навчальна книга. – 1999. – Т. 5. – С. 61–85.

HOMOGENIZATION AND OPTIMIZATION FOR FUNCTIONALLY GRADED ROD WITH A LOW CONCENTRATION OF INCLUSIONS

Дисковский А.А. д.т.н, Прудько Е.И. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины,
Государственное высшее учебное заведение

"Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры"

This work is devoted to strain analysis and optimal design of a Functionally Graded (FG) rods and beams with small inclusions. The homogenization procedure plays a key role in our investigations. The method is illustrated using an example of the rod longitudinal deformation and bending of a beam. We consider the cases of FG inclusion sizes and FG steps between inclusions separately. Particular problems of optimal design are discussed in some details. The mathematical model of the bending beam, which adapts to the external load action, is proposed and an illustrative example of the adaptation process is given.

FGMs are composites consisting of two different materials with a gradient composition. In the case of application of the homogenization method, the coefficients of periodic composites state equations are usually approximated by the first terms of their Fourier series (Fig. 1a). In a similar way, the coefficients of FGSs state equations with FG inclusion sizes (Fig. 1b) and FG step between the inclusions (Fig. 1c) can be approximated. However, the truncated Fourier series (even for a small number of terms) relatively well approximate the coefficients of the constitutive equations for large concentration of inclusions (fibres, ribs, etc.), when the distance between inclusions is of the same order as their typical sizes. However, for small concentration, when the distance between inclusions is essentially larger than their size, the constitutive equation coefficients are approximated by impulse periodic function (see, for instance, Fig. 1d). In this case, a usual homogenization procedure may be accompanied by some problems to be directly applied.

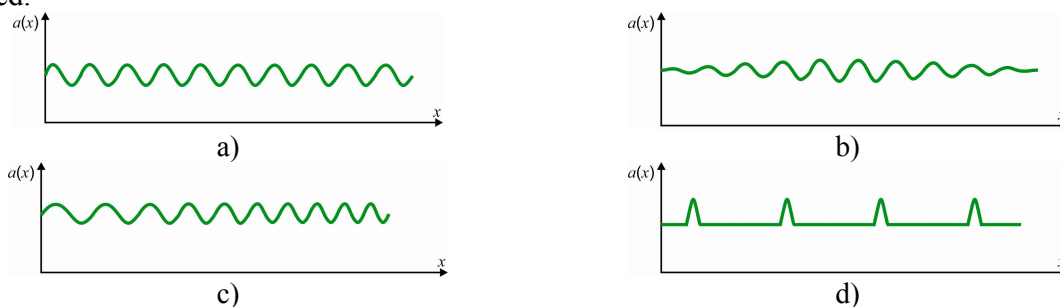


Fig. 1. Schematic view of the constitutive equation coefficient $a(x)$ for a composite:
a) periodic structure; b) FG inclusion sizes; c) FG steps between inclusions;
d) small inclusion concentration.

Therefore, for a small concentration of inclusions, it is recommended to use the presented variant of homogenization method, where small sizes of the inclusions with respect to the distance between them are utilized to employ the asymptotic procedure. Modifications of this approach for FGS with small inclusion concentrations are also proposed. The applied method is illustrated using a relatively simple problem, i.e., we consider a rod with a longitudinal strain. In our investigations, the rod diameter is taken commensurable with inclusions sizes.

Introduction of the control function $f(x)$ allowed to solve problems of computations and optimal design of FGS with a FG inclusion sizes and FG steps between inclusions using the unique approach. Both considered problems occurred to be identical from the mathematical point of view, whereas the difference between them is in the sense of coefficients in the constitutive equations and control functions.

ВИКОРИСТАННЯ МАРКІВСЬКИХ МОДЕЛЕЙ У ПРОГНОЗУВАННІ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Долгіх А.О., Байбуз О.Г., д.т.н.

Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара

Марківські моделі, як один з методів машинного навчання, були вдало застосовані у багатьох прикладних сферах знань, такі як розпізнавання мови, біоінформатика, обробка аудіо та відео сигналів. В останній час зростає інтерес до використання цих моделей для вирішення задачі прогнозування часових рядів.

Прихована марківська модель — це різновид стохастичних моделей, яка базується на припущенні про те, що в основі досліджуваного процесу чи явища лежить марківський процес із прихованими станами. Марківську модель λ подають у вигляді $\lambda = \{S, \Omega, \Pi, A, B\}$, де $S = \{s_1, \dots, s_n\}$ — множина станів системи, $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_m\}$ — можливі події, $\Pi = \{\pi_1, \dots, \pi_n\}$ — початкові ймовірності, $A = \{a_{ij}\}$ — матриця переходів, а $B = \{b_{i\omega_k}\}$ — ймовірність спостереження події ω_k після переходу до стану s_i . Процес навчання зводиться до того, щоб, маючи деяку вхідну послідовність даних, знайти значення параметрів $A = \{a_{ij}\}$, $B = \{b_{i\omega_k}\}$ та $\Pi = \{\pi_1, \dots, \pi_n\}$.

У порівнянні з іншими моделями марківські моделі мають ряд переваг: їх легко будувати на експериментальних даних; вони не потребують розуміння внутрішніх механізмів динаміки змін системи; їх застосування не потребує великих витрат машинного часу.

Переважає більшість досліджень в області прогнозування за допомогою марківських моделей присвячена проблемі прогнозування фінансових часових рядів. Це насамперед пов'язано з тим, що марківські моделі базуються на ймовірності подій, що дозволяє враховувати невизначеність та нелінійність, притаманну економічним часовим рядам.

Одними з перших дослідження в цій області розпочали Hassan та Nath, які у своїй статті “Stock Market Forecasting Using Hidden Markov Model: A New Approach” описали розроблену модель прогнозування часових рядів, які представляють собою ціни на акції авіакомпаній. Їх метою було спрогнозувати ціну акції на наступний день на момент закриття біржі. Для цього вони використовували чотири показники: сьогоднішні ціни на момент відкриття та закриття біржі, найвищу та найнижчу ціни на акцію за день. В основі прогнозування часових рядів з використанням марківських моделей лежить припущення про те, що тренд, який вже колись мав місце в історії коливань часового ряду обов'язково має повторитися у майбутньому. Тоді прогнозування зводиться до того, щоб знайти вірогідність кожної події та у якості прогнозу надати найбільш вірогідну, наприклад, спадання чи зростання показника. Hassan та Nath пропонують знайти день у минулому, який є найбільш схожим на сьогоднішній день та, використовуючи зміну в ціні в минулому та реальні сьогоднішні ціни на акцію на ринку, побудувати прогнозне значення ціни на момент закриття біржі на наступний день. У результаті досліджень цієї моделі було встановлено, що результати роботи розробленої моделі не поступаються результатам, отриманим за допомогою штучних нейронних мереж.

Ця ідея була розширена у роботі Nguyet Nguyen “Stock Price Prediction using Hidden Markov Model”. Автор пропонує враховувати не тільки зміну в ціні у “схожий день” у минулому, але також знак різниці між ймовірністю моделі сьогоднішнього дня та ймовірністю моделі “схожого” дня у минулому. Окремою проблемою в прогнозуванні з використанням марківських моделей є визначення кількості станів моделі. Nguyet Nguyen пропонує для вирішення цієї проблеми побудувати моделі з різною кількістю станів та, використовуючи інформаційний критерій Акаїке, обрати оптимальне число станів.

О ПРОБЛЕМАХ РЕКУРРЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Зайцев В.Г. к.ф.-м.н.

Днепропетровский национальный университет им О.Гончара

Системы с запаздывающим аргументом находят применение при математическом моделировании самых разнообразных процессов. Их используют для определения динамики изменения состава крови, электрических сигналов мозга, процессов колебаний многих физических и оптических систем, радиотехнических системах передачи информации и т.д. Учет параметра запаздывания, приводит к тому, что указанные выше процессы, описываемые даже уравнениями первого порядка, имеют динамику, которая роднит их с распределенными процессами.

В работе анализируются данные модельных систем с запаздывающим аргументом в виде временного ряда (ВР) методами нелинейной динамики – рекуррентного анализа. Показано, что параметр вложения m для ВР, который представляет собой данные процесса, описываемого уравнением 1-го порядка с запаздыванием, имеет значение равное 2. Анализ значений параметра задержки τ ВР, позволил сделать предположение, что его можно выбирать как одну из первых наименьших значений на графике расчета данного параметра. Рассмотрен вопрос влияния изменения аргумента запаздывания, на вид реконструируемого аттрактора и рекуррентной диаграммы. Исследование вопроса, связанного с вычислением значения запаздывающего аргумента модельного процесса по виду рекуррентной диаграммы показало, что возможно его значение представляет собой кратчайшее расстояние между диагональными линиями диаграммы. Однако вопрос о том, как различать по данным во ВР те, для которых учет запаздывания принципиален, а для каких его не учитывать пока остался открытым. Отметим, что данный вопрос имеет принципиальное значение при решении проблемы реконструкции дифференциальных уравнений на основе ВР для реальных процессов [1].

1. Belozyorov V.Ye. Recurrence analysis of time series generated by 3D autonomous quadratic dynamical systems depending on parameters[Текст]/ V.Ye. Belozyorov, V.G. Zaytsev// Visnyk DNU, Series: Modeling: – Dnipropetrovsk. – 2016. - 24(8), – P. 56-70.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРИВОДА ШЕСТИВАЛКОВОЙ ТРУБОПРАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Зданевич С.С., Ермократьев В.А. к.т.н., Зданевич С.В. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр, Украина

Косовалковые трубоправильные машины (ТПМ) работают в режиме динамического нагружения, при этом колебательные процессы в приводах валков и связанные с ними колебания несущей конструкции (НК) влияют на качество правки труб. Нагрузки в линиях приводов валков ТПМ связаны с кинематической схемой и динамическими параметрами колебательной системы привода.

Динамическая система привода валков ТПМ является сложной многомассовой колебательной системой переменной структуры со ступенчатым изменением приведенной к валкам массы технологического звена (трубы) в функции времени или положения звена. Труба, как элемент динамической системы, совершающая сложное движение при правке является источником вынуждающего воздействия, как на элементы приводных линий, так и на НК ТПМ.

Выполнен динамический анализ колебательных систем приводов шестивалковых ТПМ. Получены расчетные зависимости динамических характеристик упругих колебательных систем для индивидуального и группового привода валков с учетом переменной структуры в процессе правки трубы [1]. Индивидуальный привод валков косовалковых ТПМ имеет ряд особенностей связанных с рассогласованием угловых скоростей валков при правке как в силу кинематической схемы, технологических параметров настройки валков, так и в результате упругих колебаний в линии привода.

Для ТПМ ОВВ-900х3 [2] при шаге расположения валков 0,9 м, длинах труб от 6 до 12 м и скорости правки $0,7 \div 1,5$ м/с установившийся режим правки составит $0,353 \div 0,857$ от времени правки. Закон изменения (присоединение или убывания) приведенной массы и момента инерции массы трубы к массам валков линии привода имеет ступенчатый характер и в первом приближении при условии отсутствия проскальзывания в контакте можно считать дискретным присоединением массы в момент касания трубы валковой обоймы.

Составлена расчетная модель колебательной системы индивидуального привода валков ТПМ, определены спектры собственных частот и частот вынуждающих воздействий. При математическом моделировании установлено, что существующие динамические характеристики крутильной системы приводов косовалковой ТПМ ОВВ-900х3 в комплексе с технологическими параметрами правки могут приводить к усилению вынужденных колебаний в линии привода и быть причиной значительного усиления амплитуд нагрузок на элементы трансмиссии, особенно при правке труб с диаметрами $83 \div 89$ мм при максимальной скорости правки.

Разработанные математические модели и полученные расчетные зависимости динамических характеристик упругих колебательных систем приводов шестивалковых ТПМ с учетом параметров технологического звена позволяют при проектировании выполнить системный динамический анализ с целью снижения вибрационной нагрузки на элементы привода.

1. Зданевич С.С. Системная динамика приводов шестивалковых трубоправильных машин / С.С. Зданевич, В.А. Ермократьев, С.В. Зданевич // Металлургическая и горнорудная промышленность. Днепропетровск, 2015. – № 7. – С. 137–142.
2. Зданевич С. С. Динамический анализ приводов косовалковой трубоправильной машины ОВВ-900х3 ТПА-140 / С.С. Зданевич, В.А. Зданевич, С.В. Зданевич // Теория и практика металлургии. Днепропетровск, 2011. – № 3–4. – С. 58–61.

ФУНКЦІОНАЛЬНА ПІДСИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ АРХІТЕКТУРИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

Коротка Л.І., к.т.н.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Моделювання процесу навчання обчислювальних структур, якими є багат шарові штучні нейронні мережі (ШНМ) прямого розповсюдження, є достатньо непротим. Перед безпосереднім використання будь-якої штучної нейронної мережі, спочатку необхідно визначитися з її типом (в залежності від розв'язуваної прикладної задачі), топологією/архітектурою, параметрами навчання та ін.

На практиці проектувальнику ШНМ доводиться експериментувати з різними топологіями мереж, тому в роботі пропонується для цього використовувати створену веб-орієнтовану функціональну підсистему, яка, в свою чергу, дозволяє зробити вибір раціональної архітектури з точки зору її розробника. Підсистема створена мовами JavaScript, php, html та css в середовищі програмування phpDesigner. У створеній ІС є можливість проведення порівняльного аналізу декількох архітектур нейронних мереж та їх параметрів. Слід зазначити, що всі мережі навчаються алгоритмом зворотного розповсюдження помилки з неперервними функціями активації [1].

Для визначення раціональної архітектури мережі передбачено наступні етапи: попередня обробка навчальної вибірки, у тому числі нормалізація даних; завдання параметрів навчання: кроку; вибір функції активації, за необхідності її чисельне диференціювання; кількість прихованих шарів; проведення одночасного навчання ШНМ (у роботі чотири) алгоритмом зворотного поширення помилки; тестування навчених нейронних мереж; порівняння отриманих результатів та обрання раціональної архітектури ШНМ з точки зору людини, яка приймає рішення щодо вибору мережі.

Як відомо, при обранні структури ШНМ не існує жорстких вимог, як правило, доводиться користуватися евристичними рекомендаціями [1-3], тому розроблена підсистема надає можливість варіювати окремими параметрами та обрати раціональну архітектуру нейронної мережі.

Слід зауважити, що на підставі теореми про повноту [2] прихованих шарів достатньо два, але у роботі є можливість використання і більшої їх кількості. У якості головного показника результату навчання нейронної мережі є її похибка. Для наочності передбачено зображувати графік процесу навчання нейронної мережі.

Перевагами створеної функціональної підсистеми є те, що передбачена можливість введення довільної функції активації з клавіатури (окрім використання звичайних сигмоїдів) та, якщо це можливо, її чисельне диференціювання для використання градієнтного алгоритму, яким є, як відомо, алгоритм зворотного поширення помилки.

Проведення чисельних експериментів дозволяє зробити наступні висновки, що створена підсистема надає можливість: генерувати вибірку для навчання нейронних мереж будь-якої складності та розміру; створювати та налаштовувати штучні нейронні мережі різних архітектур, з різними параметрами навчання; використовувати, якщо є така потреба, чисельне диференціювання неперервних функцій активації; здійснювати візуалізацію процесу навчання нейронних мереж за допомогою графіків змінення похибки навчання; визначати особі, яка приймає рішення, раціональну архітектуру ШНМ для розв'язання прикладних задач.

1. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 288 с.
2. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов. – М.: Физматлит, 2001. – 221 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ С НЕЦЕЛЫМ УКАЗАТЕЛЕМ ИНТЕГРО – ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Миргород В.Ф., д.т.н., Гвоздева И.М., д.т.н.

Национальный университет «Одесская морская академия»

ИНТЕГРО-дифференциальные преобразования (ИДП) с нецелым (дробным) указателем применяются для решения разнообразных задач науки и техники [1,2,3], поскольку расширяют возможности алгоритмов обработки сигналов и полей по сравнению с обычным дифференцированием или интегрированием. Представляется перспективным [4] расширить область применения указанных преобразований на класс типовых регуляторов в системах автоматического управления (САУ). При синтезе таких систем имеет место известное противоречие между необходимыми запасами устойчивости и требуемым качеством переходных процессов. Дифференцирование и интегрирование целого порядка в типовых регуляторах позволяет сформировать их логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАЧХ) лишь с наклонами $(-20,0,+20)$ db/dec. ИДП с нецелым указателем дают возможность сформировать ЛАЧХ с произвольным наклоном в диапазоне $(-20\dots+20)$ db/dec, что расширяет возможности синтеза регуляторов.

Применяемые методы численной реализации указанных операторов, основанные на дискретной форме интеграла Римана-Лиувилля [4] либо формуле Грюнвальда-Летникова [1], имеют существенные недостатки, связанные с взвешенным суммированием бесконечного числа слагаемых. Поэтому численная реализация ИДП с нецелым указателем во временной области является еще нерешенным вопросом. С другой стороны, такие операторы имеют достаточно простой вид изображений Лапласа и Фурье, что указывает на возможность их исследования в частотной области.

В качестве иллюстрации рассмотрены ЛАЧХ типовых регуляторов с нецелым указателем интегро-дифференциальных преобразований.

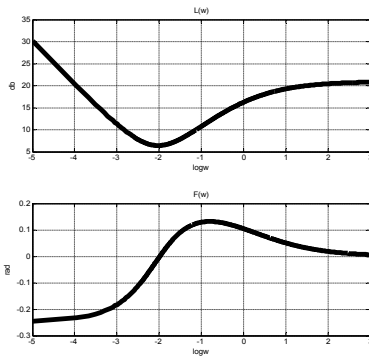


Рисунок 1 – Показатель дробности 0,5

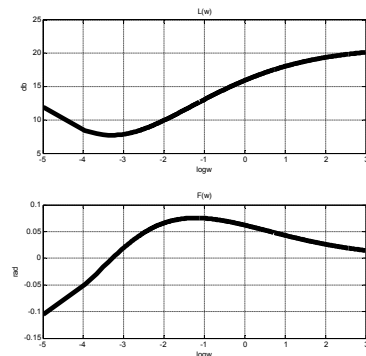


Рисунок 2 Показатель дробности 0,3

Предложенный подход наиболее целесообразно использовать при синтезе САУ для улучшения их динамических свойств.

1. Васильев В.В. Дробное исчисление и аппроксимационные методы в моделировании динамических систем. / В.В. Васильев, Л.А. Симак – Киев: НАН Украины, 2008. – 256 с.
2. Учайкин В.В. Метод дробных производных. / В.В. Учайкин – Ульяновск: Артишок, 2008. – 512 с.
3. Oldham K.B. The Fractional Calculus / K. B. Oldham, J. Spanier. – Academic Press, 1974. – 234 p.
4. Бушер, В. В. Динамические свойства систем управления с дробным порядком астатизма / В. В. Бушер // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – К. : Техніка, 2010. – №01(77). – С. 13–16.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАСООБМІНУ ПРИ ГЕТЕРОГЕННИХ ВЗАЄМОДІЯХ В ОКИСЛЮВАЛЬНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСАХ

Мяновська Я.В. к.т.н., Пройдак Ю.С. д.т.н., Камкіна Л.В. д.т.н.

Національна металургійна академія України

При виплавці сталі в конвертерах, електричних печах широко використовують комплексний розкислювач - силікомарганець. Підвищення якості сталі, що досягається при використанні силікомарганцю замість феросиліцію та феромарганцю обумовлює високі темпи нарощування об'єму виробництва даного сплаву. Формування стандартного по вмісту кремнію сплаву відбувається за рахунок поступового збагачення вуглецевих частинок марганцю відновленим кремнієм, що супроводжується постійним змінням складу частинок сплаву. Спочатку розвиток одержують процеси відновлення вищих оксидів марганцю марганцевого агломерату за участю моно оксиду вуглецю, а потім відновлюється MnO вуглецем до карбіду. В зоні високих температур помітний розвиток одержує реакція відновлення кремнезему, на яку впливає попередньо утворений високовуглецевий марганець.

В рудо відновлювальній електропечі при виплавці силікомарганцю не створюються сприятливі умови для утворення чистого кремнію. Більш вірогідним є підвищення концентрації кремнію в сплаві за рахунок відновлення кремнію на межі розділу фаз оксидний насичений кремнеземом шлаковий розплав – вуглецевий відновник [1].

Можна відзначити, в зоні плавлення утворюються локальні об'єми металу та шлаку, які взаємодіють між собою та з кусками твердої шихти. Збільшення їх об'ємів приводить до розтікання у вигляді плівок по твердій шихті, які можуть стікати нижче та утворюють каплі, що омиваються газовим потоком та проходять через шар шлаку. Взаємодія проходить також на межі розподілу шлак-метал. Інтенсивність масообміну залежить від гідродинамічних умов, що визначаються величиною числа Рейнольдса. Повнота завершення взаємодій описується відношенням різниці поточної і рівноважної концентрації до різниці початкової і рівноважної концентрації та визначається величиною дифузійного числа Фур'є. Проведені розрахунки дозволили зіставити ефективність різних форм масообміну між рідкими і твердими фазами в зонах плавлення, відновлення і на межі поділу шлак - метал в нижніх горизонтах шахтних печей (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння характеристик різних форм масообміну

Види взаємодій	Фази	Питома поверхня, м ² /кг	Час контакту, сек	Число Фур'є дифузійне	Повнота взаємодії
Плоска поверхня	шлак-метал	0,001-0,01	10000-15000	0,02-0,05	0,05-0,15
Каплі в розплаві	шлак в металі	0,3-0,4	3-10	0,002	0,01-0,03
	метал в шлаку	0,12-0,15	3-10	0,002	0,02-0,05
Плівки	шлак	1,3-1,5	1000-4000	30-600	1
	метал	2,5-3,5	100-1000	2000-100000	1

Ефективність масообміну при гетерогенних взаємодіях головним чином визначається питомою поверхнею взаємодіючих фаз і часом їх контакту. Питома поверхня розділу шлак-метал на 1-2 десяткових порядки нижче, ніж для крапель в розплаві, на 2-3 десяткових порядки нижче, ніж для рідких плівок. Разом з тим, час контакту поверхні розділу метал-шлак в ванні печі на 2-3 десяткових порядки більше, ніж для плівок і на 3 - 3,5 десяткових порядки вище, ніж для крапель в розплаві. При цьому повнота завершення процесів масообміну між шлаком і металом в ванні печі і краплями, що проходять через розплав, невелика і близька між собою. У той же час для плівок на твердій поверхні повнота завершення процесів масообміну практично дорівнює 1.

ФОРМЫ КОЛЕБАНИЯ УПРУГОГО КОЛОСНИКОВО - КАРТОЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ПРОСЕИВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ШИХТОВОГО ВИБРАЦИОННОГО ГРОХОТА

Пелых И. В., Кононов Д. А., к.т.н.
ЧАО «ЕВРАЗ ДМЗ», НМетАУ

Длительный период времени в качестве основного рабочего органа шихтовых вибрационных грохотов используются просеивающие поверхности, изготовленные из плоских металлических листов с квадратными, круглыми или щелевидными просеивающими отверстиями или комплекты эластичных резиновых карт-модулей.

В процессе активного абразивного износа листовых металлических сит, разрушаются перемычки между просеивающими отверстиями, которые постепенно объединяются. Для листовых резиновых карт-модулей, из-за крупных габаритов характерны низкие показатели ремонтпригодности, обусловленные невозможностью восстановления их работоспособности в случае локального износа, разрыва или растяжения и необходимости проведения их экстренной замены.

Для устранения вышеизложенного комплекса проблем традиционных сит листовидного типа, предложено использовать новую конструкцию упругой динамически активной просеивающей поверхности [1]

Цель исследования: предложить методику определения собственных частот и форм колебания резинового элемента, что позволит достигать наибольших амплитуд колебания при резонансном режиме работы.

Задача исследования: разработать модель карточного элемента сита для модального анализа с помощью системы моделирования ANSYS.

В качестве объекта исследования взят колосниковый элемент экспериментальной модели вибрационного грохота, разработанного авторами на кафедре МАМП Национальной металлургической академии Украины [2]. В качестве материала используется резина 2959 со следующими характеристиками: плотность модули упругости $E = 12 \text{ МПа}$, $G = 4,1 \text{ МПа}$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,48$.

В результате решения получены частоты колебаний и, соответствующие им, формы колебаний.

Из результатов расчета видно, что первая резонансная частота (59,4 Гц) значительно больше рабочей частоты возбуждения грохота (25 Гц). Исходя из этого, для достижения резонансного режима необходимо ее понизить. Это возможно изменением геометрических размеров и форм колосникового элемента, а также за счет варьирования механических характеристик резины, из которой изготавливается колосник.

Форма колебаний при низшей частоте (59,4 Гц), в основном, имеет горизонтальную составляющую. Это в реальных условиях приводит к периодическому изменению размера просеивающей ячейки, что должно способствовать качественному самоочищению сита (уменьшению забиваемости).

Колебания более высоких частот могут передавать сортируемому материалу многовекторную скорость, что значительно повышает «виброкипение» слоя, что также способствует повышению эффективности грохочения.

1. Патент № 103727 Україна, МПК В 07 В 1/46. Сито вібраційного грохота/ Білодіденко С.В., Пелых І.В., Кононов Д.О., Петренко В.О., Бородай В.І ; заявл. 29.10.2012; опубл. 11.11.2013.
2. Рациональная конструкция просеивающей поверхности/вибрационного грохота металлургического производства/ Белодеденко С.В., Петренко В.А., Пелых И.В. Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2009. –№4. – с. 79 - 82.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ РАСКАТА НА СОРТОВЫХ СТАНАХ

Перерва В.Я. к.т.н., Усенко А.Ю. к.т.н., Пульпинский В.Б.

Национальная металлургическая академия Украины

В работе исследуются потери тепла раската в процессе транспортировки его по рольгангу на сортовых станах. Для снижения потерь предлагается установка теплосберегающих экранов, устанавливаемых над раскатным полем [1].

Исследования эффективности экранов проводятся путем математического моделирования процесса охлаждения раската. В основу модели положен последовательный расчет охлаждения раската на рольганге и непосредственно в прокатных клетях в соответствии с технологической схемой [2].

При постановке задачи охлаждения раската использован метод регулярного мгновенного режима. Граничные условия предполагают радиационно-конвективный теплообмен. Кроме этого, учитывается тепловыделение при экзотермических реакциях окисления поверхности раската [3].

Вычисления теплообмена в клетях велось по известным эмпирическим зависимостям с учетом теплообмена к валкам, тепловыделения при деформации и тепла трения. Предполагалось, что при прокатке происходит усреднение температуры металла, то есть температура раската после клетки принималась равномерной и равной среднemasсовой температуре.

Адаптация модели проводилась по результатам экспериментальных исследований охлаждения уголка 90x80 мм; марка стали 15 КП в лабораторных условиях. Исследованный температурный диапазон соответствует окончанию процесса прокатки в производственных условиях [4].

В работе исследованы различные режимы охлаждения раската с учетом установки экранов. Показана возможность снижения температуры нагрева заготовок в печи без уменьшения температуры конца прокатки.

Разработанная математическая модель позволяет определить оптимальный технологический режим прокатки с использованием экранов.

1. Остапенко А.П. Разработка системы экранирования промежуточного рольганга ШПС / А.П. Остапенко, М.Д. Тесля, В.Е. Зеленский [и др.] // Сталь. – 1997. - №2. - С. 50 – 53.
2. Перерва В.Я. Повышение эффективности энергопотребления в сортопрокатном производстве / Перерва В.Я., Губинский М.В., Решетняк С.И. // Теория и практика металлургии. – 2004. – №2. – С. 45 – 49.
3. Перерва В.Я. Моделирование охлаждения заготовок на сортовом стане при установке теплоизолирующих экранов / В.Я. Перерва, С.И. Решетняк. – Металлургическая теплотехника. Сборник научных трудов Национальной Металлургической академии Украины. – Днепропетровск: Пороги, 2004. – С. 67-75.
4. Перерва В.Я. Экспериментальные исследования охлаждения сортового проката при экранировании раскатного поля / Перерва В.Я., Губинский М.В., Решетняк С.И. – Международная научно-техническая конференция, посвященная 70-летию ОАО "Запорожсталь". – Запорожье: Запорожсталь. – 4 – 5 декабря 2003г. – С. 71.

ДИНАМІКА ТОНКОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ У ПРУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІЗ ВІЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Пожуєв В.І. д.ф.-м.н., Фасоляк А.В. асп.

Запорізький національний технічний університет

На сьогодні досить добре досліджені динамічні задачі для циліндричних оболонок у необмеженому пружному інерційному середовищі (при глибині залягання оболонки понад 5 діаметрів). Для оболонок неглибокого залягання потрібно враховувати вплив вільної поверхні пружного інерційного середовища. Подібним задачам для рухомих навантажень присвячена робота [1].

В даній роботі розглядається динамічна задача для оболонки у пружному середовищі із вільною поверхнею, причому припускається, що вісь оболонки паралельна площині, якою моделюється вільна поверхня. Оскільки розглядається випадок невеликої глибини залягання оболонки, тому важливим питанням є дослідження впливу глибини залягання на напружено-деформований стан системи оболонка-середовище.

У роботі будемо припускати, що динамічне навантаження, яке залежить від часу як одинична функція Хевісайда, діє на ділянці внутрішньої поверхні оболонки, та направлене по нормалі до неї. Також будемо припускати, що навантаження діє рівномірно по всій довжині оболонки, тобто не залежить від осової координати. Тому дана задача зводиться до плоскої задачі теорії пружності. Віднесемо оболонку та середовище до нерухомої декартової системи координат $\{x, y\}$, центр якої співпадає з центром оболонки, а вісь Oy перпендикулярна площині, що обмежує середовище.

Задача була розв'язана чисельно за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ). Спочатку переходимо до безрозмірних величин, тобто всі лінійні величини відносимо до зовнішнього радіуса оболонки, напруження – до модуля зсуву середовища. Потім проводиться дискретизація тіла шляхом розбиття на трикутники, причому при наближенні до оболонки сітка є більш густою. З метою зменшення кількості розрахунків припускаємо, що навантаження діє симетрично відносно осі Oy , тому по цій осі можна зробити розріз області, в якій розташовано тіло, та розглядати лише одну частину отриманої області. Розріз враховується умовою $U_x|_{x=0} = 0$. Потім на основі отриманої дискретизації будемо безрозмірні матриці жорсткості та мас.

Диференціальне матричне рівняння, яке моделює динамічну задачу, розв'язується θ -методом Вілсона [2], який зводить початкову задачу до ітераційної послідовності квазістатичних задач. Система рівнянь, які виникають у статичній та квазістатичних задачах, розв'язується чисельно методом спряжених елементів [3].

Встановлено збіжність переміщень та напружень оболонки на границі контакту з середовищем до відповідного статичного розв'язку. Одержано аналогічну збіжність результатів на вільній поверхні середовища. З'ясовано, що при збільшенні глибини залягання оболонки з одного до п'яти радіусів переміщення вільної поверхні зменшуються приблизно у чотири рази.

Отримано розв'язок нестационарної задачі для циліндричної оболонки у пружному інерційному середовищі з вільною поверхнею. Для аналізу динамічного напружено-деформованого стану цієї системи застосовано метод скінченних елементів. Проаналізовано залежність величини переміщень вільної поверхні від глибини залягання оболонки.

1. Алексеева Л. А. Математическое моделирование динамики тоннелей и трубопроводов мелкого заложения / Алексеева Л. А. Украинец В. Н. – Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 4–5. – С. 1954–1956.
2. Бате К. Численные методы анализа и метод конечных элементов / Бате К., Вилсон Е. – М. : Стройиздат, 1982 – 448 с.
3. Баладин М. Ю. Методы решения СЛАУ большой размерности / Баладин М. Ю. Шурина Э. П. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2000. – 70 с.

ЧИСЛЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУКТУРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ СТРУИ С ПРЕГРАДОЙ

Полевой О. Б. к.ф.-м.н.¹, Тучина У. Н.², Мирный С. С.¹

¹Институт транспортных систем и технологий НАН Украины

²Конструкторское бюро «Южное»

При проектировании стартовых сооружений с целью обеспечения безопасного и надежного старта космических ракет-носителей (КРН) необходимо исследовать газодинамические и акустические процессы, возникающие при взаимодействии струй ракетных двигателей с поверхностью стартовой платформы и другими конструктивными элементами пусковых установок. Реализуется сложная пространственная нестационарная картина течения газа, характеризующаяся наличием скачков уплотнения, отрывных зон, турбулентности, многофазности истекающей сверхзвуковой струи, а так же остаточными химическими реакциями. Интенсивность взаимодействия определяется конфигурацией стартового комплекса, газодинамическими параметрами струи ракетного двигателя и траекторией движения КРН на начальном участке полета.

В настоящее время не существует программного обеспечения, позволяющего численно воспроизводить все физические явления, сопровождающие старт КРН. На практике проводятся исследования отдельных явлений, зачастую при наличии тех или иных упрощающих предположений.

В работе рассматривается взаимодействие сверхзвуковой струи с плоской пластиной, расположенной перпендикулярно оси основного потока. Математическое моделирование основано на численном решении нестационарных уравнений Навье-Стокса, записанных в произвольной криволинейной системе координат. В качестве модели турбулентности использовалась дифференциальная однопараметрическая модель Спаларта-Аллмараса с применением технологии отсоединенных вихрей (Detached Eddy Simulation – DES). Акустическая обработка данных вычислительного эксперимента выполнялась на основе быстрого преобразования Фурье. Дополнительные уравнения вычислительной аэроакустики (Computational Aero Acoustics – CAA) не привлекались.

Численный алгоритм решения уравнений Навье-Стокса основан на неявной схеме Рунге второго порядка точности по времени и пространству. Ранее такой подход успешно применялся для моделирования двумерных и пространственных транс- и сверхзвуковых турбулентных течений, включая нестационарные задачи.

В качестве дополнительного верификационного теста определения акустических нагрузок рассматривалось турбулентное обтекание кругового цилиндра в диапазоне скоростей набегающего потока $U_\infty=68\div 153$ м/с ($M_\infty=0.2\div 0.45$). Диаметр цилиндра составлял $D=38.1$ мм. Точка измерения акустических нагрузок располагалась на расстоянии $L=2.438$ м ($L/D=64$) от оси цилиндра перпендикулярно набегающему потоку. Показано, что основным источником шума является турбулентная вихревая дорожка Кармана, развивающаяся в следе за цилиндром. Выполнено сравнение расчетных и экспериментальных данных для интегральных аэродинамических характеристик, распределений уровней акустического давления (dB SPL) по спектру частот.

Численная реконструкция структуры взаимодействия сверхзвуковой струи с преградой проводилась для осесимметричной струи с числом Маха $M_t=2.2$ на срезе сопла. Диаметр выходного сечения сопла составлял $D=30$ мм; угол полураствора сопла $\theta=15^\circ$; число Рейнольдса $ReD=4.39\cdot 10^6$. Соотношение давления на срезе сопла к атмосферному было $P_t/P_{atm}=1.2$, что соответствовало недорасширенному режиму истечения струи. Расстояние от среза сопла до поверхности пластины варьировалось в диапазоне $H/D=0.5\div 12$.

Сопоставление экспериментальных и численных теневых фотографий позволяет выявить детали структуры рассматриваемого взаимодействия. Отчетливо видна бочкообразная форма истекающей неизобарической струи, образование системы ударных волн, включая диск Маха вблизи пластины. Анализируется механизм образования отрывных зон, экспериментальные и численные распределения давления на пластине.

MATHEMATICAL MODELING OF THIN PROFILE IN A FLOW OF AN INVISCID FLUID

Rusakova T. I. c.t.s.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University

There is a considered problem of the flow around thin infinite scope wing – the profile moving in perfect incompressible medium with gradual speed U_0 at the attack angle α . A coordinate system Oxy associated with the profile is introduced, the normal component of the perturbed velocity is determined according to the time and by arbitrary law $w_n = f_n(\bar{x}, \bar{y}, \tau)$, the flow of the profile is transient. Profile is modeled by the discrete vortices system and system of control points, where conditions of the flow inability through the body surface are used [1]. According to the hypothesis by Chaplygin-Zhukovsky speed on sharp edges should be final provided by sunrise in free vortex flow veil. For a system of vortex connected to a profile and free outside, there is a theorem on the constancy of circulation $\Gamma_L^r = C$, where C is constant, which is determined by the initial conditions of the problem, if $\tau < 0$ is suitable for the inert profile, $C = 0$. The fulfillment of these conditions gets the problem to solving a system of linear algebraic equations depended on unknown circulations of attached vortices, which is solved in each settlement moment r [2, 3].

To determine the position of free vortices coming down from the sharp edges the integration of the equations (1) is used, which is obtained from traffic conditions of free vortices outside the profile and trajectories of material particles.

$$\frac{d\bar{x}^s}{d\tau} = w_{x(\bar{x}^s, \bar{y}^s)}, \frac{d\bar{y}^s}{d\tau} = w_{y(\bar{x}^s, \bar{y}^s)}. \quad (1)$$

$w_{x(\bar{x}^s, \bar{y}^s)}$, $w_{y(\bar{x}^s, \bar{y}^s)}$ – relative speeds which are calculated at those points in space where the free vortices are at any given time.

Conducting computer calculations allowed getting vortex structure body for different attack angles α at different points in time $\tau = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$. For small $\tau < 1$ both veils represent a continuous spiral shape surface. These surfaces are not resistant to the extent of unsteady flow that occurs to buckling veil. When minimize veils as a spiral wiring form, the veilformed models are given, first in nasal shroud, than in the rear. Over time, the shroud is destroyed, and the free vortices form clusters of finite size. All these reasons formed stable and unstable vortexes a re formed. Increasing of attack angle causes alternating separation and formation of periodic nature of their movement.

1. Белоцерковский С. М. Математическое моделирование плоскопараллельного отрывного обтекания тел [Текст] / С. М. Белоцерковский, В. Н. Котовский, М. И. Ништ. – М. : Наука, 1988. – 232 с.
2. Белоцерковский С. М. Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью [Текст] / С. М. Белоцерковский, М. И. Ништ. – М. : Наука, 1978. – 352 с.
3. Численное моделирование осесимметричных отрывных течений несжимаемой жидкости [Текст] / О. Г. Гоман, В. И. Карплюк, М. И. Ништ, А. Г. Судаков. – М. : Машиностроение, 1993. – 287 с.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ІНЖЕНЕРІЇ МАТЕРІАЛІВ

Савуляк В.І. д.т.н.

Вінницький національний технічний університет

Якість машин визначається комплексом показників, основна суть яких зводиться до забезпечення тривалого виконання поверхніми деталей службового призначення. Слід також відзначити, що навіть на одній деталі вимоги до окремих поверхонь відрізняються не тільки за вимогами мікро- та макрогеометрії, але і за структурою, твердістю, здатністю до протидії різним видам зношування та втоми. Ці вимоги можна забезпечити тільки за умови їх врахування па протязі усього технологічного циклу виробництва: склад матеріалу – структура – отримання заготовки – попередня механічна обробка – нанесення покриттів, зміцнення — остаточна обробка. Додавши сюди проблеми деградації та спадковості отримуємо задачу, що не може бути розв’язана без потужної інформаційно- інтегрованої технології проектування технологічних процесів та їх реалізації у виробництві [1, 2].

На кафедрі технології підвищення зносостійкості Вінницького національного технічного університету започатковано та на протязі останніх 10 – 15 років розвивається підхід до навчально-наукового процесу з врахуванням сказаного вище. Навчальний процес побудовано так, що класичні дисципліни органічно поєднані з інформаційними комп’ютерними технологіями. Для цього на першому курсі у повному обсязі освоюються офісні програми, табличний процесор, основи програмування на мовах високого рівня, Mathcad, Autodesk (Inventor). Це дозволяє використовувати вже з другого курсу у багатьох дисциплінах комп’ютерно-інформаційні технології, переносючи наголос не на вивчення законів та відомих постулатів, а на техніці та технологіях прийняття рішень. Для цього додатково залучено сучасні пакети прикладних програм та сайтів: Festo, Ansys Наплавка, Abacus тощо.

Під час виконання проектних робіт в межах курсового проектування та кваліфікаційних робіт бакалавра і магістра активно використовуються світові інформаційні ресурси. Наприклад, для оснащення технологічного процесу відновлення та зміцнення для створення робочого місця на сайті Festo розраховуються і замовляються комплектуючі вузли, деталі та приводи механізмів. Після отримання креслень на ці вузли в пакеті Autodesk (Inventor) проектується 3-D модель повністю автоматизованого робочого місця з використання крокових лінійних та обертових двигунів та мікропроцесорних систем числового програмного керування. За цими моделями виконуються в автоматичному режимі звичні плоскі 2-D креслення для виготовлення оригінальних деталей та металоконструкцій.

Оскільки рутинні розрахунки у більшості автоматизовані, то з’являється можливість виконувати порівняльних аналіз систем, їх оптимізацію або визначення конфігурації теплових полів, напружень та деформацій в матеріалах заготовок та обладнання. Переважно такі розрахунки виконуються в середовищі кінцево-елементного аналізу. Залишкові деформації та напруження вкрай необхідні для раціональної побудови технологічних процесів і враховуються в розрахунках кількості і складу технологічних операцій.

Магістерська підготовка зосереджена переважно на синтезі нових технологій процесів зміцнення, автоматизації робочих місць на базі цифрових технологій, експериментальних дослідженнях фізико-механічних характеристик матеріалів, поверхонь відновлених та зміцнених деталей.

1. Савуляк В.І. Наплавлення високовуглецевих зносостійких покриттів/ В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд. Монографія. Вінниця; ВНТУ, 2016. – 124 с.
2. Савуляк В.І. Побудова та аналіз моделей металевих сплавів/ В. І. Савуляк, А. О. Жуков, Г. О. Чорна. Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ. 1999. – 200 с.

КОНТАКТНЕ ПЛАВЛЕННЯ ЗЛІЗА З ВУГЛЕЦЕВИМИ МАТЕРІАЛАМИ У КОНВЕКЦІЙНОМУ НЕСТАЦІОНАРНОМУ РЕЖИМІ

Савуляк В.І. д.т.н., Осадчук А.А.

Вінницький національний технічний університет

Під час контактної плавлення (КП) заліза з вуглецем (вуглецевими матеріалами) у дифузійному нестационарному режимі перенесення у зростаючому прошарку рідкої фази іде за другим законом Фіка, і середнє значення вмісту вуглецю у цьому випадку буде обов'язково нижчим евтектичного. Випадок, коли вуглецевий матеріал має розвинуту поверхню, не розглядався. При цьому конвекційному переносу додатково сприяє перемішування розплаву, наприклад, під дією електромагнітних полів або гравітаційного поля. Пересування фронту рідкої фази, що утворилася на першій стадії КП всередину контактуючих через розплав твердих фаз можна розглядати, як плавлення цих твердих фаз у контакті з рідкою при температурі нижче їхнього автономного плавлення. Процес взаємного розчинення вуглецю та заліза можна описати рівняннями (1) та схемою, показаною рис. 1.

Використовуючи закони Фіка запишемо:

$$\begin{cases} \frac{dC^{Fe}}{d\tau} = K_{pFe} \cdot (C_2^{Fe} - C^{Fe}) \cdot S_{Fe}; \\ \frac{dC^C}{d\tau} = K_{pC} \cdot (C_3^C - C^C) \cdot S_C; \end{cases} \quad (1)$$

де K_{pFe} - константа швидкості розчинення заліза; K_{pC} - константа швидкості розчинення вуглецю; S_{Fe} - площа контакту між залізом і розплавом; S_C - площа контакту між дисперсним вуглецем і розплавом; C_2^{Fe} - концентрація насиченого розчину компонентом Fe ; C_3^C - концентрація насиченого розчину компонентом C ; C^{Fe} - поточна концентрація Fe ; C^C - поточна концентрація C .

Після незначних математичних перетворень отримуємо:

$$C = \frac{m \cdot C_3 - n \cdot C_2}{m - n} \quad (2)$$

При збільшенні співвідношення площ контактування вуглецевого матеріалу та залізовуглецевого сплаву (m) концентрація вуглецю в розплаві буде наближатися до концентрації, що відповідає графітному ліквідусу (C_3) при заданій температурі контактної плавлення. А при наближенні цього співвідношення до нескінченності, значення концентрації вуглецю у розплаві буде:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} = \frac{m \cdot C_3 - n \cdot C_2}{m - n} = \frac{C_3 - \frac{n \cdot C_2}{m}}{1 - \frac{n}{m}} = C_3 \quad (3)$$

Таким чином при використанні дисперсних вуглецевих матеріалів, у яких поверхнева площа контакту буде в сотні або тисячі разів більша ніж залізовуглецевого сплаву дає можливість отримати поверхневий шар з заевтектичним вмістом вуглецю і мати у своїй структурі не тільки ледебурит, але і первинний цементит.

1. Savulyak Valery, Ossadcuk A. Yu., Savulyak Viktor Contact melting of unalloyed steel is with graphite in diffusive unstationary model // Buletinul Institutului Politehnic din Iași. secția știința și ingineria materialelor, Tomul LIV (LVIII), Fasc. 3-4, Iași: Universitatea Tehnică «Gh.Asachi», 2008 - Ac. 85-91.

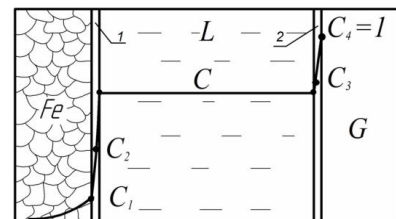


Рисунок 1 - Схема контактної плавлення в системі $Fe - C$ у конвекційному нестационарному режимі. G - вуглець; L - рідкий сплав; 1, 2 - приграничні шари

ПЕРСПЕКТИВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК И СЛИТКОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСПЛАВ В ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЕ

Селиверстова Т.В.

Национальная металлургическая академия Украины

Повысить качество металла и снизить его непроизводительные потери возможно при использовании внешних физических воздействий в процессе кристаллизации. Среди них давление занимает особое место по разнообразию форм приложения и степени эффективности. При воздействии на жидкую фазу в процессе затвердевания обеспечивается не только активное влияние на тепло- и массоперенос в жидкости, но и изменяется характер протекания процессов в двухфазной зоне, улучшается структура и свойства металла отливок и слитков.

На кафедре литейного производства НМетАУ разработана новая технология, предусматривающая воздействие давлением на расплав внутри отливки вплоть до полного ее затвердевания – газодинамическое воздействие (ГДВ), при этом, отливка предварительно самогерметизируется в литейной форме за счет формирования твердой и прочной поверхностной корки. Разработаны теоретические основы создания термовременных и силовых условий реализации изменяющегося во времени нарастающего газового давления на жидкую фазу в герметизированной системе отливка-устройство для ввода газа. Имеется также технологическое обеспечение вариантов реализации этого процесса соответствующими конструкциями устройств.

Определены термовременные параметры герметизации отливок из различных сплавов, кинетика их затвердевания на основе результатов экспериментальных термографических исследований в промышленных условиях и моделирования методом конечных элементов в системе компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «Полигон», а также инженерных методов расчета. Установлены наиболее значимые физико-механические, теплофизические, термовременные характеристики формы и отливки, необходимые для расчета технологических режимов газодинамического воздействия и учета напряжений, возникающих в затвердевшей поверхностной корке под влиянием гидростатического давления расплава. Разработана универсальная методика расчета режима реализации технологического процесса газодинамического воздействия на затвердевающий металл в литейной форме, исследованы особенности структурообразования и физико-механические свойства отливок, полученных с применением технологии газодинамического воздействия в промышленных условиях. Вместе с тем, необходимо дальнейшее развитие (а во многом - и создание) расчетных схем для определения напряжений и прочностных характеристик увеличивающегося затвердевшего слоя металла с изменяющейся температурой в процессе нарастания давления в системе отливка-устройство для ввода газа для различных вариантов реализации технологического процесса ГДВ. К актуальным и перспективным направлениям исследований можно отнести также проблему создания специализированной математической модели затвердевания отливки или слитка в условиях газодинамического воздействия, а на ее базе соответствующего программного продукта. В настоящее время все известные СКМ ЛП, использующие существующие конечно-разностные и конечно-элементные схемы, в основном ориентированы либо на литье под атмосферным давлением, либо на литье с приложением фиксированных значений давления на протяжении всего периода формирования отливки, либо на литье под высоким поршневым давлением и т.д. Они не учитывают физическую специфику данного процесса и не могут дать адекватных результатов, необходимых для разработки того или иного варианта технологии ГДВ для конкретной отливки или слитка. Кроме того, комплексное решение указанных задач при создании системы компьютерного моделирования может обеспечить значительную экономию трудозатрат за счет отсутствия необходимости реализации по отдельности всех расчетных алгоритмов и, соответственно, наиболее эффективное осуществление подготовки производства.

МОДЕЛЬ РАДІАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ШЛІФУВАННІ

Скібінський О.І. к.т.н, Гнатюк А.О. асп.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Одним із основних факторів, що впливає на точність обробки є сили, породжені процесом різання. При шліфуванні, пружні сили породжуються в результаті взаємодії абразивних зерен із шліфованою поверхнею. Похибка обробки при шліфуванні в значній мірі буде залежати від радіальної складової сили різання, яка породжує пружний відгин елементів системи ВПД і інструменту від оброблюваної поверхні.

Задача знаходження сил різання ускладнюється, коли процес шліфування супроводжується змінними умовами. Наприклад, при шліфуванні зубчатих коліс в умовах обкату, або неперервному шліфуванні фасонних поверхонь, відбувається постійна зміна параметрів в зоні контакту (довжина ділянки контакту, площа контакту, діаметр круга і як наслідок швидкість різання). Розглянемо схему неперервного шліфування фасонної поверхні дисковим шліфувальним кругом, яка супроводжується змінними умовами (Рис. 1).

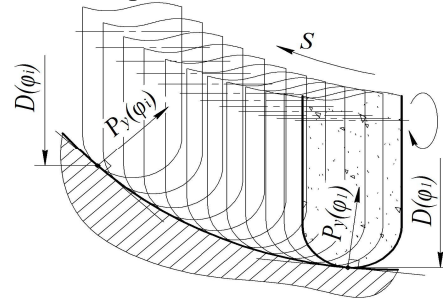


Рисунок 1 – Схема неперервного шліфування фасонної поверхні дисковим шліфувальним кругом

Точка контакту змінює своє значення вздовж профілю круга, що супроводжується зміною діаметру круга в цій точці. В подібних випадках, для визначення складової P_y , доцільно застосувати силову модель Корчака [1], доповнивши її додатковими умовами. Сутність моделі Корчака полягає у визначенні P_y для одиничного зерна, з послідуочим переходом до масового різання n -кількістю зерен:

$$P_y = \sum_{i=1}^n P_{y_i}^o = \sum_{i=1}^n P_{y_i}^s + P_{y_i}^f \quad (1)$$

Формули для визначення P_y^s і P_y^f матимуть вигляд:

$$P_y^s = \sqrt{3,25} \cdot a \cdot \tau_s \cdot (\sin \beta / \sin \beta_1) \quad P_y^f = 0,5 \cdot l_3 \cdot \tau_s \quad (2)$$

де a – товщина зрізу одиничним зерном;

τ_s – тангенціальне напруження зсуву;

β_1 – кут, між площиною зсуву і напрямком подачі;

β – кут між лінією зрізу і рівнодіючою сил P_z^s і P_y^s ;

l_3 – ширина ділянки тертя зерна.

Щоб модель (1) враховувала зміну площі контакту і швидкості різання, приймемо допущення, що товщина зрізу одиничним зерном a буде приблизно рівна подачі на зерно S_i (по аналогії з подачею на зуб при фрезеруванні), тобто . Формула для визначення подачі на зерно з урахуванням змінності діаметру $D(\varphi)$ буде мати вигляд:

$$S_i = S_{об} / n(D(\varphi)) \quad (3)$$

де – подача на один оберт круга (мм/об);

$n(D(\varphi))$ – кількість зерен, вздовж дуги кола змінного діаметру $D_k(\varphi)$.

Кількості зерен $n(\varphi)$ і $n(D(\varphi))$ визначатимуться наступним чином:

$$n(\varphi) = \Delta F(\varphi) \cdot K_F \quad n(D(\varphi)) = \pi \cdot D(\varphi) \cdot K_l \quad (4)$$

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУР ЛИКВИДУС МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ С ПОЗИЦИИ КОНЦЕПЦИИ НАПРАВЛЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Снигура И. Р. аспирант, Тогобицкая Д. Н. д.т.н., проф.

Институт черной металлургии НАНУ им. З. И. Некрасова, Днепр

На сегодняшнем этапе развития транспортной и машиностроительной отраслей промышленности Украины, как основных потребителей алюминиевых и магниевых сплавов является актуальной разработка подходов к повышению качества существующих сплавов и разработке новых материалов. Одним из путей повышения эксплуатационных характеристик сплава является правильный подбор температурных условий обработки металла, который возможен при наличии точных данных о температуре ликвидус системы.

С позиции концепции направленной химической связи [1] выполнена оценка целесообразности прогнозирования температур ликвидус алюминиевых и магниевых сплавов. На основе анализа экспериментальной информации о температурах ликвидус предложены модели $T_{\text{ликв}} = f(\rho_l)$, и проведен сопоставительный анализ прогнозных значений полученных по предлагаемой нами модели для температур ликвидус алюминиевых и магниевых сплавов с данными авторов [2] и с экспериментальными значениями, который показал, что экспериментальные и расчетные значения хорошо согласуются между собой и отличаются высокой точностью прогноза (рис. 1).

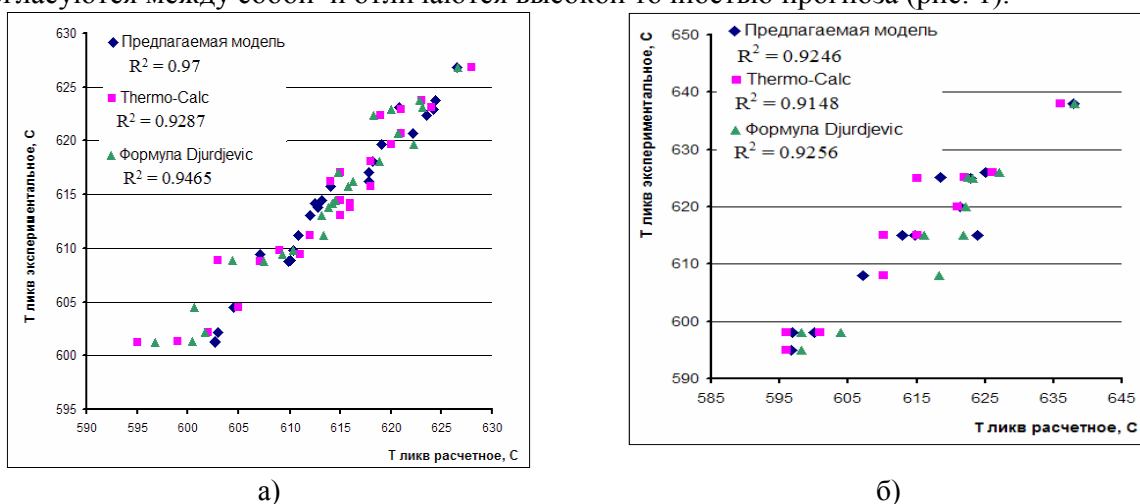


Рисунок 1 - Сравнение экспериментальных и расчетных значений температуры ликвидус алюминиевых (а) и магниевых (б) сплавов по данным [2]

Использование концепции направленной химической связи позволило разработать модели для прогнозирования температур ликвидус алюминиевых и магниевых сплавов, через учет индивидуальных особенностей расплавов, что обеспечило возможность оперативного управления процессами в системах АСУ ТП.

1. Приходько Э.В. Эффективность комплексного легирования сталей и сплавов. – К.: Наукова думка, 1995. – 292с.
2. М. В. Djurdjevic, S. Manasijevic, Z. Odanovic, and N. Doli «Calculation of Liquidus Temperature for Aluminum and Magnesium Alloys Applying Method of Equivalency» Journal of Advances in Materials Science and Engineering, Volume 2013, Article ID 170527, 8 pages, 2013.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОВШОВОГО ВАКУУМУВАННЯ З ПРОДУВКОЮ ІНЕРТНИМ ГАЗОМ

Солона А.В., аспірант, Піптюк В.П., к.т.н.

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Інститут чорної металургії НАН України, м. Дніпро

Вакуумна обробка широко використовується для різних марок сталі та дозволяє одночасно дегазувати значні кількості металу.

Динаміка газорідного середовища описується рівнянням Нав'є-Стокса для випадку несоленоїдального руху середовища газ-розплав:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = R(\vec{v}, \alpha) - \vec{\nabla} \tilde{p} \quad (1)$$

де \vec{v} - барицентрична швидкість газорідного середовища, α - коефіцієнт об'ємного газовміщення, \tilde{p} - тиск, який поділений на ρ_0 , $\vec{\nabla} \tilde{p}$ - сила, яка обумовлена тиском, t — час процесу.

Рівняння (1) повинно бути доповнено до повної системи рівнянням для знаходження тиску (умова несоленоїдальності):

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{v} = \Phi(\vec{v}, \alpha) \quad (2)$$

та рівнянням переносу газової фази в «вакуумному» наближенні відносно α :

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = \Phi(\vec{v}, \alpha) - \vec{\nabla} \cdot (\alpha \vec{v}) \quad (3)$$

В останньому рівнянні перший доданок враховує зміну відносно джерела, а другий – конвективний перенос. В задачі продування всі фактори несоленоїдальності є вагомими, адже в околі фурм діє джерело газової фази ψ , пов'язане з нагнітанням аргону. Крім того, внаслідок великої густини розплаву неможливо знехтувати стисливістю газової фази, а внаслідок відносно великої глибини ванни треба врахувати і дифузійну швидкість газової фази[1].

Розрахунки проводитимемо для ковша ємністю 60 т з наступними параметрами: висота металу в заповненому ковші 2,21 м; середній радіус металеві ванни 1,1 м. Час обробки 35-40 хв, при цьому час глибокого вакууму 30-35 хв. Початкова температура 1600°, зниження температури приймемо рівним 2°/хв.

Для спрощення розрахунків припускаємо, що фурма знаходиться в центрі і зводимо задачу до двомірної враховуючи циліндричну симетрію в циліндричних координатах. Граничні умови для швидкостей на усіх твердих поверхнях та вісі симетрії обрані умовами непротікання та вільного ковзання відповідно, а на вільній поверхні – умовами вільного потоку. Граничні умови для коефіцієнта газовмісту на усіх поверхнях обрані умовами непроходження газу через тверді поверхні та вільного конвективного його переносу через вільну поверхню розплаву. Втрати температури відбуваються за лінійним законом через поверхню розплаву, а на інших границях маємо теплоізоляцію.

При вакуумній обробці вміст водню необхідно знижувати до значень $< 0,0002\%$. Рівноважна концентрація кисню визначається перебігом реакції окислення вуглецю, рівновага якої залежить від тиску. Вже при тиску 10 кПа і вмісті вуглецю 0,5% рівноважна концентрація кисню знижується до дуже низьких значень - 0,0005%.

Визначатимемо оптимальні витрати аргону, за яких дегазація металу буде максимально ефективною, виходячи з можливих значень від 0 до 600 л/хв. За недостатньої інтенсивності продувки не відбувається необхідне для видалення газів та включень перемішування сталі, а при надмірній інтенсивності можливе потрапляння шлаку та газів назад в сталь, що призводить до погіршення її якості.

1. Огурцов А.П., Самохвалов С.Е. Математичне моделювання теплофізичних процесів у багатофазних середовищах. // Київ: Наукова думка, 2001.– 409 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСПЛАВОВ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ

Степаненко Д. А. к.т.н., Белькова А. И. к.т.н.

Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины, г. Днепр

Многими учеными-металлургами, в частности, А. Д. Готлибом, С. Л. Ярошевским, В. Г. Воскобойниковым, Н. М. Якубцинером и др. были выполнены исследования взаимосвязи между химическим составом чугуна и шлака и температурой их расплавов на выпуске из доменной печи. Большинство исследователей отмечают, что температура чугуна и шлака на выпуске является комплексным показателем нагрева горна доменной печи, отражающий тепловой режим печи за определенный промежуток времени. В вышеупомянутых работах ставилась задача оценки температуры жидких продуктов доменной плавки (чугуна и шлака) и ее влияния с учетом химического состава на массообменные процессы в системе «чугун - шлак». При этом температура расплавов чугуна и шлака рассматривается как показатель, характеризующий их тепловое состояние, и расценивается авторами как один из основных показателей характеризующих тепловое состояние горна доменной печи. Как известно, температура относится к интенсивным величинам и не зависит от массы системы, что не позволяет в полной мере судить о тепловых характеристиках чугуна и шлака на выпуске из доменной печи.

С целью выполнения сравнительного анализа экспериментальных данных различных авторов об энтальпии синтетических и реальных доменных шлаков близких по составу к доменным шлакам заводов Украины проведены собственные экспериментальные калориметрические измерения количества теплоты расплавов доменных шлаков.

При экспериментальных исследованиях теплофизических свойств доменных шлаков были взяты шлаки различного химического состава с основностью (CaO/SiO_2) 1,24 и 1,19. Нагрев шлаков в печи осуществлялся до температуры 1450°C с последующим их сбрасыванием в калориметр. В результате экспериментальных исследований установлена величина энтальпии для исследуемых шлаков соответственно 2053кДж/кг и 1949кДж/кг без учета теплоты на парообразование, что связано со сложностью учета потери воды со шлаком при их разделении.

Результаты экспериментальных исследований энтальпии расплавов доменных шлаков имели большую сходимость с данными полученными С. А. Гаврилко, поэтому для построения прогнозной модели энтальпии на основе накопленных экспериментальных данных в базе данных «Шлак» [1] предпочтение было отдано данным работы [2].

В результате корреляционно-регрессионного анализа установлена тесная связь химического состава доменных шлаков, обобщенного модельным параметром стехиометрии – ρ [1] и температуры и уточнена модель для прогнозирования энтальпии конечных доменных шлаков заводов Украины при изменении температуры их расплавов в диапазоне $1350\div 1550^\circ\text{C}$.

1. Приходько Э. В. Прогнозирование физико-химических свойств оксидных систем / Э. В. Приходько, Д. Н. Тогобицкая, А. Ф. Хамхотько, Д. А. Степаненко // Днепропетровск: Пороги, 2013. – 344с.

2. Исследование теплофизических свойств доменных шлаков и передельных чугунов / С.А. Гаврилко, Ю. В. Моисейко, С. А. Черепанов [и др.] / Металургія (Наукові праці ЗДІА). – Запоріжжя: ЗДІА, 2006. – Вип. 13. – С. 106-112.

ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ГАЛЬМУВАННЯ ШАХТНОГО ДИЗЕЛЕВОЗА З ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Таран І.О. д.т.н., Клименко І.Ю.

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

Розподіл кінематичних, силових та енергетичних параметрів гідрооб'ємно-механічної трансмісії (ГОМТ) в процесі гальмування суттєво залежить від:

- типу трансмісії (розглядається схема ГОМТ з диференціалом на вході – ГОМТ №1 та схема ГОМТ з диференціалом на виході – ГОМТ №2);
- початкової швидкості (гальмування розпочинається зі швидкості V_{max} та $0,5 \cdot V_{max}$);
- сили тяги на гаку (залежить від кількості вагонеток n);
- кута підйому та спуску (еквівалентні 50 ‰);
- способу реалізації процесу гальмування.

При моделюванні процесу гальмування використані наступні способи реалізації:

1. При кінематичному від'єднанні двигуна від коліс (спосіб реалізації №1) при максимально можливих гальмівних моментах на колесах та 2-х різноманітних законах зміни параметрів регулювання гідромашин $e_1(t)$, $e_2(t)$.
2. При збереженні кінематичного зв'язку двигуна з колесами:
 - зниження швидкості за рахунок ГОП та гальмівної системи при збереженні кінематичного зв'язку двигуна з колесами (спосіб реалізації №2);
 - зниження швидкості за рахунок ГОП при збереженні кінематичного зв'язку двигуна з колесами (спосіб реалізації №3), гальмівні механізми утворюють момент, рівний 0;
 - зниження швидкості за рахунок гальмівної системи при збереженні кінематичного зв'язку двигуна з колесами (спосіб реалізації №4).

Виконання кількісної оцінки впливу початкової швидкості гальмування та сили тяги на гаку шахтного дизелевоза на розподіл кінематичних, силових та енергетичних параметрів ГОМТ, виявлення та систематизація основних закономірностей розподілу потоків потужності в замкнутому контурі ГОМТ різних структур в процесі гальмування шахтного дизелевоза відбувається за рахунок використання розробленої в MatLab/Simulink програмної реалізації.

В процесі моделювання гальмування усіма чотирма способами реалізації досліджуються наступні параметри: максимальне значення перепаду робочого тиску в ГОП $|dP|_{max}$; максимальне значення кутової швидкості вала гідронасоса $|w_2|_{max}$ та гідромотора $|w_3|_{max}$; максимальне значення кутової швидкості ведучого валу зчеплення $|w_{20}|_{max}$; максимальне значення потужності, що виходить з гідравлічної гілки замкнутого контуру ГОМТ $|N_{gk}|_{max}$ та з механічної гілки – $|N_{mk}|_{max}$; гальмівний шлях – S ; час гальмування – t .

Результати моделювання гальмування дизелевоза з ГОМТ №1 та способом реалізації процесу гальмування №1 у вигляді графічних залежностей наведені на рис. 1.

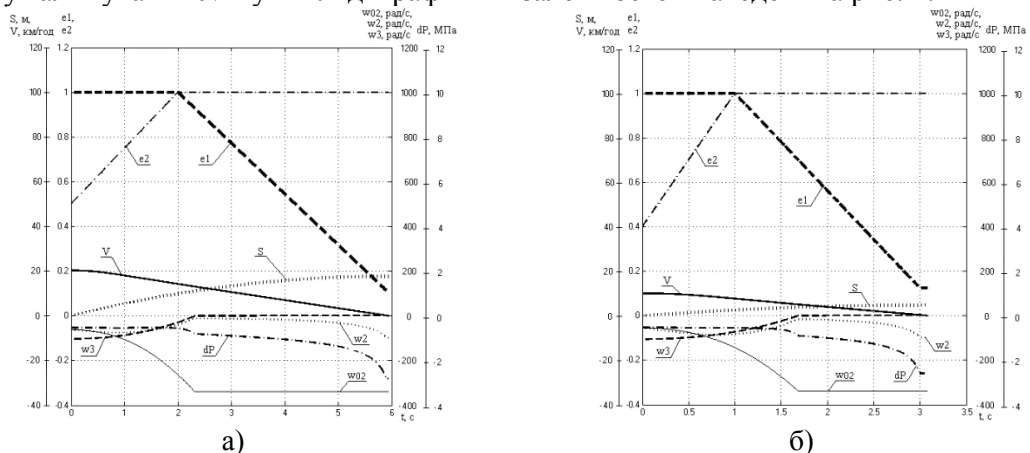


Рисунок 1 – Результати моделювання гальмування дизелевоза з ГОМТ №1 при способі реалізації процесу гальмування №1

а) – при русі на транспортному діапазоні; б) – при русі на тяговому діапазоні

КОЭФФИЦИЕНТ ДИНАМИЧНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ НДС БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ

Таран И.А. д.т.н., Трубицин М.Н. к.т.н.

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

Наиболее распространенные современные измельчительные аппараты – барабанные мельницы (БМ) испытывают сложное напряженно-деформированное состояние (НДС) как при установившихся, так и при пусковых режимах работы. Для учета действительных инерционных, динамических и ударных воздействий вводим традиционные коэффициенты динамичности, которые показывают кратность увеличения расчетных статических напряжений и деформаций, возникающих в обечайке барабана (как наиболее дорогостоящей детали БМ). От обосновано выбранных прочностных запасов БМ существенно зависят надежность, энерго- и материалоемкость самого процесса измельчения.

Известные величины коэффициентов динамичности (увеличения нагружения БМ) в зависимости от режима движения внутримельничной загрузки (ВМЗ) различных авторов лежат в интервале 1,5...10. Считаем, что наиболее напряженным вариантом нагружения БМ будет удар от вертикального падения слежавшегося сегмента загрузки с максимально возможной высотой $2H$, тогда коэффициент динамичности составит

$$k = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\Delta_{CT} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \frac{G_{БАР}}{G_{ВМЗ}}\right)}}$$

где $\alpha = \frac{\int \Delta_{ZCT}^2(z) dG_{БАР}}{\Delta_{CT}^2 G_{БАР}}$ - коэффициент приведения массы загрузки к точке удара.

Проведенный анализ показал, что максимум энергии удара ВМЗ, полностью переходящей в потенциальную энергию деформации барабана возможен в случае, когда сечение загрузки есть круговой сегмент – максимальный статический момент загрузки.

В качестве расчетной схемы был принят круговой шпангоут, соответствующий кольцу обечайки, нагруженный радиальной сосредоточенной силой тяжести ВМЗ, уравновешенной симметричным потоком тангенциальных внутренних усилий. Результаты проведенных расчетов даны в следующей таблице.

Мельницы	Толщина обечайки	Радиус барабана	Без учета массы мельницы, $\alpha=0$	С учетом массы мельницы $\alpha \neq 0$	
Относительное заполнение, %	мм		5%	50%	
самоизмельчения	56	4,58	9,272	7,338	3,72
	50	3,53	12,732	10,232	4,717
шаровые	20	3,5/2	13,141	10,81	4,836
	30	4,5/2	14,466	11,80	5,221
	40	5/2	17,744	14,36	6,187

Выводы по работе:

- коэффициенты динамичности современных БМ без учета жесткости и массы слоя футеровочных плит при реальном заполнении не превышают величин 8...10;
- для конкретных случаев проектирования или расчета НДС БМ необходимо брать в рассмотрение геометрические и прочностные параметры обечаек, учитывать возможность сводообразования футеровочных плит;
- разработанный подход можно использовать для уточненного расчета поперечных колебаний трубных мельниц при мгновенном начальном снятии нагрузки $k=2$ и последующим приложением ударного воздействия с высоте $2H$.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ J-ЛОПАСТИ РОТОРА ДАРЬЕ ВЕРТИКАЛЬНО-ОСЕВОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Тарасов С. В. к.т.н.¹, Редчиц Д. А. к.ф.-м.н.¹, Моисеенко С. В. к.т.н.², Тарасов А. С.¹

¹*Институт транспортных систем и технологий НАН Украины*

²*Херсонский национальный технический университет*

За последнее десятилетие большое распространение получили вертикально-осевые (ВО) ветроэнергетические установки (ВЭУ). В их конструкциях используются хорошо известные роторы Савониуса, Дарье и их комбинации. Ротор Савониуса работает за счет силы лобового сопротивления в отличие от ротора Дарье, использующего действие подъемной силы.

Дальнейший прогресс в совершенствовании ВО ВЭУ может быть связан с внедрением аэродинамических профилей нового типа. Новая форма профиля, так называемый J-профиль, получается, если у стандартного профиля вырезать часть несущей поверхности. Предполагается, что данная форма профиля позволяет работать лопасти ротора Дарье, как за счет подъемной силы, так и за счет силы лобового сопротивления. Применение J-профиля лопасти может повысить эффективность работы ВЭУ в целом, избежать возникновения «мертвых зон» и снизить минимальную скорость ветра необходимую ротору Дарье для самозапуска и работы.

В сравнении с классическими, сверхкритическими и многоэлементными профилями J-профиль представляет собой новое семейство профилей, аэродинамические свойства которого фактически не изучены.

В настоящее время отсутствуют результаты численного моделирования этого класса течений. Имеются отдельные разрозненные данные по применению J-профиля в качестве лопасти в экспериментальных ВО ВЭУ. Однако это скорее эвристический подход, чем продуманная техническая конструкция.

Целью настоящей работы является систематическое исследование аэродинамики J-профиля ротора Дарье на основе нестационарных уравнений Навье-Стокса несжимаемой жидкости. Рассматривается турбулентное обтекание данного профиля для произвольного угла атаки (круговая продувка).

Для моделирования турбулентности используется два подхода. Первый, основанный на моделировании на базе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (URANS), с использованием дифференциальной однопараметрической модели Spalart-Allmaras, адаптированной к тензору скоростей деформаций (SALSA), а второй – гибридный подход, основанный на моделировании отсоединенных вихрей с задержкой (DDES).

Результаты вычислительных экспериментов для нулевого угла атаки показали, что подход, основанный на моделировании крупных вихрей с задержкой (DDES), лучше воспроизводит нестационарные физические особенности, возникающие при обтекании J-профиля. Во внутренней полости J-профиля формируется каскад вихрей, которые взаимодействуют между собой и вихрями, сходящими с острой кромки. Образуется нестационарная отрывная область, из которой периодически выбрасываются вихревые структуры в область основного течения.

Существенные нестационарные явления наблюдаются при больших углах атаки профиля, хотя применяемые подходы дают несколько разную численную реконструкцию структуры потока. Так использование модели SALSA приводит к массивному отрыву с формированием в верхней части профиля одного крупного вихря, сопоставимого по размерам с хордой профиля. Наличие массивных вихрей в подветренной области профиля связано со слабым восстановлением давления в этой области, что дает завышенные значения коэффициента лобового сопротивления. В то же время применение DDES подхода приводит к формированию несколько меньшей зоны отрыва с серией мелких вихрей большей интенсивности. Такая картина обтекания представляется более реалистичной, обеспечивает лучшее согласование с экспериментальными данными.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ВОДНЮ МІЖ ФАЗАМИ ПРИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ АЛЮМІНІЮ І ЙОГО СПЛАВІВ

Трегубенко Г.М. д.т.н., Поляков Г.А., Підгорній С.М., Золототрубов О.Д.

Національна металургійна академія України

При плавці алюмінію і його сплавів вміст водню в розплаві ($[H]_0$) значно перевищує його розчинність при температурі солідус, тому для запобігання утворенню газової пористості необхідне проведення низки технологічних заходів. Проте в даний час недостатньо повно розроблені теоретичні основи процесу дегазації, що приводить до значного дорожчання виробництва за рахунок не оптимального використання дорогого устаткування.

Відомо, що при твердінні відливань з алюмінію і його сплавів розподіл водню в дифузійному шарі повинен описуватися рівнянням:

$$[H]_{(x)} = [H]_{об} \left[1 + \frac{1-\kappa}{\kappa} \exp\left(-\frac{v_{кр}}{D_H} x\right) \right], \quad (1)$$

де $[H]_{(x)}$ - локальна концентрація водню в розплаві в межах дифузійного шару на відстані x від фронту кристалізації %; $[H]_{об}$ - поточна концентрація водню в об'ємі розплаву %; κ - ефективний коефіцієнт розподілу водню; $v_{кр}$ - лінійна швидкість кристалізації, см/с; D_H - коефіцієнт дифузії водню в рідкій фазі, см²/с;

Рівняння (1) за умови перетворюється на вираз для визначення концентрації водню в розплаві на фронті кристалізації (2):

$$[H]_{ф.к.} = \frac{[H]_{об}}{\kappa}. \quad (2)$$

При кристалізації відливань з алюмінію концентрація водню в твердій фазі ($[H]_s$) практично відразу стає постійній і рівній його розчинності в твердому металі $[H]_{ме}$. У цих умовах ефективний коефіцієнт розподілу водню рівний:

$$\kappa = \frac{[H]_{ме}}{[H]_{об}}. \quad (3)$$

Якщо при кристалізації алюмінію і його сплавів не відбувається виділення газових міхурів тоді, нехтуючи надлишком водню в дифузійному шарі і його недоліком в зовнішній корке відливання, враховуючи, що ці величини практично компенсують один одного, можна записати балансове рівняння для перерозподілу водню:

$$\chi [H]_{ме} + (1-\chi) [H]_{об} = [H]_0. \quad (4)$$

Звідси

$$[H]_{об} = \frac{[H]_0 - \chi [H]_{ме}}{1-\chi} \quad (5)$$

На підставі рівнянь (3) і (5) можна отримати формулу для розрахунку ефективного коефіцієнта розподілу водню при кристалізації відливань з алюмінію:

$$\kappa = \frac{[H]_{ме}}{[H]_{об}} = \frac{[H]_{ме} (1-\chi)}{[H]_0 - \chi [H]_{ме}}. \quad (6)$$

Підставляючи в рівняння (2) вирази (5) і (6), отримаємо формулу для розрахунку поточної концентрації водню на міжфазній межі в процесі твердіння:

$$[H]_{ф.к.} = \frac{([H]_0 - \chi [H]_{ме})^2}{(1-\chi)^2 [H]_{ме}}. \quad (7)$$

На підставі виконаного математичного моделювання отримані вирази, що дозволяють оптимізувати технологічний процес і ефективніше використовувати устаткування для отримання якісних відливань з алюмінію і його сплавів.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АСИМІЛЯЦІЇ АЗОТУ СТАЛЛЮ ПРИ ЛЕГУВАННІ КАРБАМІДСОДЕРЖАЩИМИ ЛІГАТУРАМИ

Трегубенко Г.М. д.т.н., Поляков Г.А., Підгорній С.М., Ільєнко М.В.

Національна металургійна академія України

В даний час всі відомі теоретичні і технологічні закономірності асиміляції азоту рідким металом визначені для легування або газоподібним азотом або азотованими феросплавами, в яких азот існує у вигляді нітридної фази або твердого розчину. Що стосується нового класу азотвмісних лігатур (АЛ) з принципово іншою формою існування азоту (органічні сполуки), то як теоретичні, так і експериментальні дані по засвоєнню азоту з них рідким металом практично відсутні. Тому метою роботи було моделювання процесу засвоєння азоту рідкою сталлю із карбамідвмісних лігатур для розробки ефективної технології їх застосування.

Розкладання карбаміду при контакті АЛ із рідкою сталлю протікає дуже швидко і при цьому виділяється велика кількість атомарного азоту, який рекомбінує в молекули. Газові бульбашки, що утворюються, переміщуються до поверхні ванни і взаємодіють з менш насиченими верхніми шарами металу. При цьому, ступінь засвоєння азоту (η) можна визначити таким чином:

$$\eta = \frac{V_{зас}}{V_{вид}}, \quad (1)$$

де $V_{зас}$ і $V_{вид}$ – об'єми засвоєного азоту і що виділяється при введенні АЛ, м³.

У наших умовах азот з достатнім ступенем точності можна вважати за ідеальний газ і, відповідно, об'єм азоту, засвоєного сталлю із газових бульбашок, можна визначити з рівняння:

$$V_{зас} = \frac{\beta S_{нов} \rho_m RT_{лег}}{\mu_N P_{вн} \nu \cdot 100\%} (0,5K_N - [N]_r) ([N]_k - [N]_0), \quad (2)$$

де β – коефіцієнт масопереносу азоту, м/с; $S_{нов}$ – поверхня контакту газові бульбашки-сталь, м²; ρ_m – щільність металу, кг/м³; R – універсальна газова постійна, Дж/(мольК); $T_{лег}$ – температура сталеві ванни при легуванні АЛ, С^о; μ_N – молекулярна вага азоту, кг/моль; $P_{вн}$ – зовнішній тиск газової фази, Па; ν – швидкість насичення рідкої сталі азотом %/с; K_N – константа розчинності азоту в рідкій сталі, %/Па.

Об'єм азоту, що виділився з АЛ, можна виразити як:

$$V_{вид} = \frac{q}{\rho_N} m_{АН} = \frac{q}{\rho_N} x m_{АЛ}, \quad (3)$$

де q – масова частка азоту в азотоносії; ρ_N – щільність азоту, кг/м³; $m_{АН}$ – маса азотоносія, що вводиться при легуванні АЛ, кг; x – масова частка азотоносія в АЛ; $m_{АЛ}$ – маса АЛ, кг

Підставляючи рівняння (1) і (2) в (3), отримаємо:

$$\eta_{зас} = \frac{\beta S_{нов} \rho_m \rho_N RT_{лег}}{\mu_N P_{вн} \nu q x m_{АЛ} \cdot 100\%} (0,5K_N - [N]_r) ([N]_k - [N]_0). \quad (4)$$

На підставі рівняння (4) можна визначити, які чинники і як впливають на ступінь засвоєння азоту рідкою сталлю при легуванні АЛ.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИБЛИЖЕННОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА НАГРЕВА МЕТАЛЛА В МНОГОЗОННЫХ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ

Усенко А.Ю. к.т.н., Пульпинский В.Б., Перерва В.Я. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Расчет нагрева изделий в промышленных печах, как правило, сводится либо к определению продолжительности нагрева изделия, либо к определению его температурного поля при заданных значениях времени нагрева и температурном режиме печи. В первом случае расчет нагрева изделий используют для проектирования промышленных печей, а во втором – для поверочных расчетов существующих печей или для математического моделирования процессов, происходящих в них.

Для поверочного расчета существующих печей, целью которого является уточнение температурного поля изделия в процессе нагрева, наряду с методом тепловой диаграммы (МТД), используют численные, численно-аналитические методы (ЧАМы), а также аналитические решения задач нагрева материалов. Аналитическое решение является самым точным при определенных граничных условиях и постоянных теплофизических свойствах, что исключает их использование для расчета нагрева изделий в существующих нагревательных печах. Численные методы требуют большого объема подготовительной работы и вычислений, а также ЭВМ высокой производительности. ЧАМ, как и численный метод, требует применения ЭВМ, но объем подготовительной работы и вычислений при этом, как правило, меньше [2, 3].

В работе рассмотрено применение упрощенного, а точнее – приближенного аналитического метода (ПАМ) для расчета нагрева изделий сложной формы. ПАМ основан на использовании аналитического решения задачи нагрева тел простой формы (цилиндра бесконечной длины или бесконечной пластины) при граничных условиях II-го рода [1].

При моделировании процесса нагрева металла в любой топливной нагревательной печи должны быть рассчитаны 4 модуля (блока):

- расчет горения топлива;
- расчет теплообмена в рабочем пространстве печи;
- расчет нагрева металла, целью которого является определение температурного поля заготовки в любой момент времени;
- тепловой баланс и определение расходов топлива по зонам печи.

В результате проведения сравнительного анализа на основе аналитических исследований получено, что расхождение результатов расчета нагрева цилиндра бесконечной длины методом тепловой диаграммы и приближенным аналитическим методом от аналитического решения, не превышает 4,3 % (МТД без разбивки на интервалы). Минимальное отклонение расчета нагрева МТД составляет около 2 %, в то время как ПАМ – не более 1,35 %. Кроме того, известно, что определение температуры поверхности и центра в инерционном периоде МТД является некорректным, в то время как ПАМ можно использовать при любом числе Фурье, а при $Fo \geq 0,04$ для определения суммы достаточно двух членов ряда.

1. Тайц Н.Ю. Технология нагрева стали. – М.: Металлургиздат, 1962. – 568 с.
2. Пульпинский В.Б. Упрощенный численно-аналитический метод расчета нагрева тел правильной формы // Труды XVI международной конференции «Теплотехника и энергетика в металлургии». – Днепропетровск. – 2011. – С. 176-177.
3. Губинский В.И., Лу Чжун-У. Теория пламенных печей. – М.: Машиностроение, 1995. – 255 с.

НОВІ АПРОКСИМАЦІЇ НА ІЗОПАРАМЕТРИЧНИХ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТАХ

Хомченко А.Н. д.ф.-м.н.

Чорноморський національний університет ім. П. Могили (Миколаїв)

Астіоненко І.О. к.ф.-м.н., Литвиненко О.І. к.т.н.

Херсонський національний технічний університет

Метод скінченних елементів (МСЕ) використовують при розв'язанні найрізноманітніших задач математичної фізики. У МСЕ задача інтерполяції розв'язується у локальній області – скінченному елементі (СЕ), за допомогою яких виконують дискретизацію неперервної конструкції.

У 1968 році Ергатудіс, Айронс, Зенкевич та Ахмад запропонували сім'ю «ізопараметричних» елементів з криволінійними границями [1]. Вигадливим підбором поліномів за допомогою заданих граничних вузлів ці автори несподівано відкрили елементи, що апроксимують достатньо загальні границі. Зенкевич запропонував назву «serendipity» family і цей термін відразу став звичним у науково-технічній літературі. Наведені у літературних джерелах базисні функції серендипових скінченних елементів (ССЕ) називають стандартними. Усі стандартні базиси серендипових скінченних елементів, крім білінійного, мають недоліки. До них можна віднести наявність від'ємних навантажень у повузловому розподілі рівномірної масової сили, а також кратні нулі у вузлах. Інтерполяційні властивості функцій форми в МСЕ мають надзвичайно важливу роль, тому спроби їх удосконалення почалися ще в 70-х роках минулого століття.

Обернені задачі серендипових апроксимацій привели до створення комбінованого (алгебро-геометричного) методу конструювання базисів ССЕ. Об'єднання двох підходів в один ефективний метод є природним наслідком історичного розвитку алгебри і геометрії. У комбінованому методі отримали подальший розвиток з одного боку ідеї Уачспреса, а з іншого боку традиційна техніка матричного аналізу.

Автори створили і розвинули процедуру конструювання багатопараметричних інтерполяційних поліномів з кількістю ступенів волі, яка регулюється керуючим параметром [2]. Поява такого керуючого параметра дозволила авторам отримати нові багатопараметричні моделі на серендипових скінченних елементах на площині і у просторі (наприклад, на ССЕ-8, ССЕ-20 – вперше отримані альтернативні базиси), які не тільки задовольняють основним властивостям базисів МСЕ, а і реалізують додаткові умови:

- мають меншу кількість кратних нулів у інтерполяційному поліномі;
- реалізують експериментальний спектр навантажень;
- задовольняють інтегральним критеріям гармонічності Привалова і Кьобе;
- задовольняють критерію повноти.

Наявність параметра дозволяє не тільки досліджувати базиси ССЕ, а також керувати серендиповою поверхнею з метою оптимізації інтерполяційних властивостей і обчислювальних якостей нових моделей. Виконано тестування альтернативних базисів серендипового скінченного елемента при розв'язанні задач еліптичного типу. Доведено, що кращі обчислювальні властивості має базис, при якому матриця жорсткості має мінімальний слід. Запропоновані процедури універсальні і поширюються на просторові СЕ.

1. Ergatoudis I. Curved isoperimetric “quadrilateral” elements for finite element analysis / I. Ergatoudis, B. Irons, O. Zienkiewicz // Internat. J. Solids Struct., —№ 4. —1968. — P. 31-42.

2. Астіоненко И.А. Обратные задачи серендиповых аппроксимаций / И.А. Астіоненко, Е.И. Литвиненко, А.Н. Хомченко // Вестник Херсонского национального технического университета. Выпуск 2 (35). – Херсон: ХНТУ, 2009. – С. 36-42.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПУТ НА ПОКАЗАТЕЛИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Чайка А.Л., к.т.н., Сохацкий А.А., к.т.н., Москалина А.А., Корнилов Б.В., Цюпа К.С., Шостак В.Ю.
Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова, г. Днепр

Актуальным и малоизученным является вопрос выбора рационального марочного состава углей и их смеси для приготовления пылеугольного топлива (ПУТ), при решении которого должна учитываться не только конъюнктурно-экономическая ситуация, но и технологические условия в конкретном доменном цехе, техническое оснащение и состояние доменных печей (ДП), энерготехнологические связи доменного производства с другими переделами и требуемые технико-экономические показатели печи.

С использованием усовершенствованных теплоэнергетической и эксергетической моделей на примере работы ДП №4 ПАО «Запорожсталь» объемом 1513 м³ при переменной и постоянной температуре фурменной зоны выполнено исследование влияния химического состава ПУТ на тепловые, эксергетические и экологические показатели доменной плавки [1-4]. Температура фурменной зоны поддерживалась на постоянном уровне за счет изменения расхода ПУТ.

Анализ влияния химического состава ПУТ на теплоэнергетические параметры работы печи показал, что наиболее существенное влияние на развитие теплообменных и восстановительных процессов по высоте печи, изменение производства чугуна и расхода кокса, температуру в фурменной зоне ДП оказывает содержание углерода и водорода в ПУТ.

Остальные элементы (кислород, азот, зола и сера) являются «балластом» в его составе. Их увеличение в составе ПУТ приводит к уменьшению углерода и водорода и они, соответственно, оказывают отрицательное влияние на показатели тепловой работы печи.

В целом, подготовка малозольных смесей углей с высоким содержанием водорода и углерода позволит уменьшить расход кокса. При увеличении содержания водорода в ПУТ, как и при применении, совместно с ПУТ природного газа, уменьшаются тепловые нагрузки в зоне заплечиков и распара, увеличивается стабильность газодинамического режима ведения доменной плавки за счет уменьшения степени прямого восстановления оксидов железа и увеличения доли косвенного восстановления, уменьшения количества первичного шлака и содержания в нем монооксида железа.

Влияние расхода и химического состава ПУТ на ресурс работы футеровки позволила оценить система автоматизированного контроля тепловой работы и разгара футеровки (САК) «Шахта», разработанная Институтом черной металлургии им. З. И. Некрасова Национальной академии наук Украины (ИЧМ НАНУ). САК «Шахта», установленная на ДП №4 и №2 ПАО «Запорожсталь» показала, что с увеличением расхода ПУТ, увеличением содержания в нём серы и золы, уменьшением в нём содержания углерода увеличивается интенсивность разрушения футеровки, уменьшается защитный гарнисажный слой на нижних горизонтах шахты.

Увеличение содержания углерода в ПУТ улучшает технико-экономические показатели работы доменной печи, однако, на эксергетические и экологические показатели влияет неоднозначно. Увеличение содержания водорода или уменьшения содержания серы и золы в ПУТ способствует увеличению эксергетических КПД и улучшению экологических показателей при переменной и постоянной температуре фурменной зоны.

При выборе путей увеличения энергоэффективности целесообразно, наряду с материальными и тепловыми показателями, учитывать и эксергетические показатели доменной плавки. Анализ и поиск путей увеличения энергоэффективности доменной плавки и других участков производства металлопродукции с применением полного энергетического баланса (ПЭБ) является перспективным, так как ПЭБ позволяет одновременно анализировать материальные, тепловые и эксергетические потоки.

1. Домна в энергетическом измерении / Бородулин А. В., Горбунов А. Д., Романенко В. И., Суцев С. П. – Днепропетровск: ДГДУ, 2006. – 542 с.
2. Эксергетический анализ энергоэффективности применения пылеугольного топлива в доменном производстве / В. И. Большаков, А. Л. Чайка, А. А. Сохацкий, А. А. Москалина // Экология и промышленность. – 2014. – № 2. – с. 87-94.
3. Опыт и перспективы применения пылеугольного топлива на доменных печах Украины / В. И. Большаков, А. Л. Чайка, В. В. Лебедь, А. А. Сохацкий // Металл и литье Украины. – 2013. – № 10. – с. 5-10.
4. Влияние технологии применения пылеугольного топлива на показатели тепловой работы доменной печи, полезным объемом 3000 м³ / В. И. Большаков, А. Л. Чайка, В. В. Лебедь, А. А. Сохацкий, А. А. Жеребецкий, В. Н. Диментьев // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – 2014. – Вып. 29. – с. 31-40.

NUMERICAL SOLUTION OF THE PROBLEM OF ACTION MOBILE LOAD ON PLASTO-ELASTIC BEAM

Shtefan T.A., Zasovenko A.V. Ph.D.

Zaporizhzhya National Technical University

In recent years in connection with the intensification of loads on transport, with new technologies to strengthen materials, and for a variety of other technical problems, posed by the practice, it became necessary to construct a model that combines the plastic bending and moving load.

The paper analyzes the effect of live load on the hinged finite length plasto-elastic beam, which lies on a single-sided elastic foundation.

We present the system of four first-order differential equations, describing the deformation of elastoplastic beam, based on dynamic load and the base of the reaction [1], in a dimensionless form [3]. Numerical solution algorithm based on grid - characteristic method and iteration approach with the Newton-Kantorovich's linearization [3, 4].

Figure 1 shows the plastic deformation zone for plasto-elastic beam based on the action of the moving load.

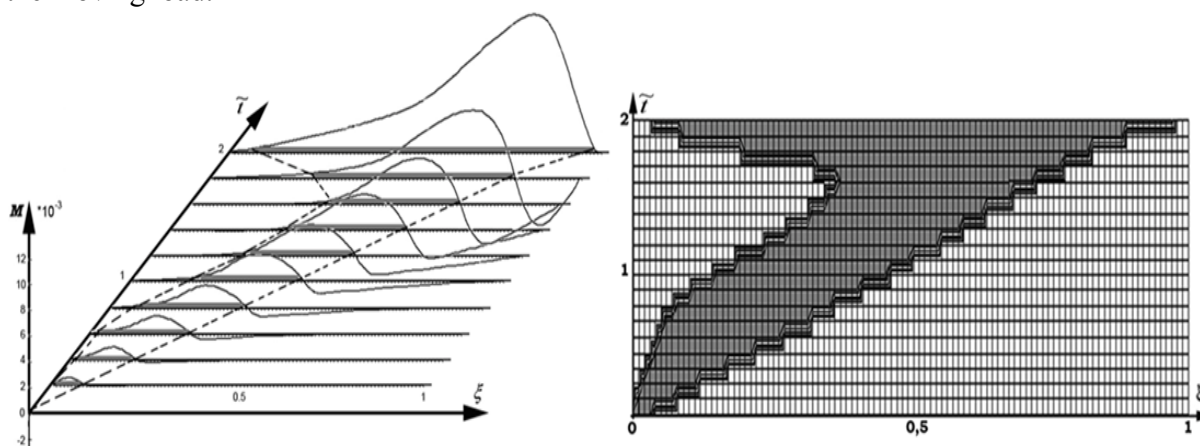


Figure 1.

As can be seen from the Figure 1, the deformation zone, located near the site of application of the load, also depend on the speed of movement and the reflection of the wave fronts beam ends. Upon reaching the end of the load of plastic deformation beam is exposed to virtually all beam except for the ends with articulated fastening.

Generalization of grid-characteristic method and iteration approach allows considering the problem of plasto-elastic materials with different boundary conditions, loads and calculation models without changing the calculation scheme, numerically investigating the wave processes caused by unsteady movement of load and identifying the plastic deformation zone [2].

Analysis of the results of calculations showed that for a given impact on the structural elements of the plasto-elastic material, keeping plastic components, not only quantitatively but also qualitatively changes the character of a dynamic process. For structures subjected to plastic deformation in the most part, sharply raises the question of the possibility of their further use.

[1] Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел / В. Гольдсмит – М., 1965. – 488 с.

[2] Мастиновский Ю.В. Нестационарное деформирование упруго-вязкопластической балки / Ю.В. Мастиновский, А.В. Засовенко // Вестник двигателестроения – Запоріжжя. – 2008. – №1. – С.147-150.

[3] Засовенко А.В. Про дію рухомого навантаження на пружно-пластичну балку / А.В. Засовенко// Вестник двигателестроения. – Запорожье. – 2014.– № 1 – С. 44-47.

[4] Корн Г. Справочник по математике [для научных работников и инженеров] /Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1973. – 831 с.

БЫСТРОЕ ДИСКРЕТНОЕ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СО СВОБОДНЫМ ФАЗОВЫМ СДВИГОМ

Шумейко А.А. д.т.н., Смородский В. магистр

Днепропетровский государственный технический университет

Среди методов сжатия изображений узловыми являются технологии, используемые семейством JPEG – JPEG2000. При этом, несмотря на большие усилия направленные на замену JPEG на JPEG2000. JPEG де факто является стандартом для представления изображений во всемирной сети. Данная работа посвящена модификации JPEG с целью увеличения степени сжатия изображений без ухудшения качества изображения.

Теорема. Пусть $\phi \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$, тогда для любых $\{h_m\}_{m=0}^{N-1}$ таких, что

$$-\infty < h_m < \infty, m = 0, 1, \dots, N-1 \text{ положим } H_k = \sum_{m=0}^{N-1} h_m \cos\left(\frac{2\pi mk}{N} - \phi\right);$$

$$\text{имеет место равенство } h_n = \frac{2}{N \sin(2\phi)} \sum_{k=0}^{N-1} H_k \sin\left(\frac{2\pi nk}{N} + \phi\right).$$

Заметим, что варьируя фазовым сдвигом ϕ , можно добиваться улучшения качества восстановления исходных данных в случае, если частотные коэффициенты подвергаются искажениям. Быстрый алгоритм дискретного тригонометрического преобразования можно записать в виде $H_0 = (a_6 + a_7) \cos \phi$, $H_1 = c_0 \cos \phi + c_2 \sin \phi$, $H_2 = a_4 \cos \phi + a_5 \sin \phi$,

$$H_3 = c_1 \cos \phi - c_3 \sin \phi, H_4 = (a_6 - a_7) \cos \phi, H_5 = c_1 \cos \phi + c_3 \sin \phi,$$

$$H_6 = a_4 \cos \phi - a_5 \sin \phi, H_7 = c_0 \cos \phi - c_2 \sin \phi.$$

Быстрый алгоритм использует 16 суммирований, 16 вычитаний, 14 умножений, два деления, одно вычисление квадратного корня и два вычисления тригонометрических функций (при этом следует заметить, что вместо вычисления квадратного корня из двух, можно использовать константу, равную этому значению).

Выпишем быстрое обратное преобразование.

$$A_0 = H_0 - H_4, A_1 = H_2 - H_6, A_2 = H_1 - H_3 - H_5 + H_7, A_3 = H_1 + H_3 - H_5 - H_7,$$

$$A_4 = H_0 - H_2 + H_4 - H_6, A_5 = H_1 - H_3 + H_5 - H_7,$$

$$A_6 = H_0 + H_2 + H_4 + H_6, A_7 = H_1 + H_3 + H_5 + H_7, B_2 = \frac{A_2}{\sqrt{2}}, B_3 = \frac{A_3}{\sqrt{2}},$$

$$C_0 = A_0 + B_2, C_1 = A_0 - B_2, C_2 = A_1 + B_3, C_3 = A_1 - B_3.$$

$$\text{Тогда } h_0 = K(A_6 + A_7) \sin \phi, h_1 = K(C_0 \sin \phi + C_2 \cos \phi), h_2 = K(A_4 \sin \phi + A_5 \cos \phi),$$

$$h_3 = K(C_1 \sin \phi - C_3 \cos \phi), h_4 = K(A_6 - A_7) \sin \phi, h_5 = K(C_1 \sin \phi + C_3 \cos \phi),$$

$$h_6 = K(A_4 \sin \phi - A_5 \cos \phi), h_7 = K(C_0 \sin \phi - C_2 \cos \phi), \text{ где } K = (8 \sin \phi \cos \phi)^{-1}.$$

Быстрый алгоритм использует 16 суммирований, 16 вычитаний, 24 умножения, три деления, одно вычисление квадратного корня и два вычисления тригонометрических функций.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОТНОСТИ ХРОМАТИНА ЯДРА КЛЕТКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ИНТЕРФАЗЫ

Шумейко А.А. (д.т.н.), Шевченко Г.Я. (к.т.н.), Герасименко С.М.

Днепропетровский государственный технический университет, научный центр Noosphere

Исследования (в том числе, с целью ранней диагностики рака) фрактальных свойств распределения хроматина в ядрах клеток человека, в последнее время, приобрело интерес у специалистов. Интерес к данной тематике обусловлен, прежде всего, возможностью автоматизации процесса диагностирования, который сводится к анализу цифровых изображений соответствующих клеток человека. Таким образом, одним из ключевых элементов данного подхода является выделение области цифрового изображения, содержащее ядро клетки, с целью последующего анализа выделенного фрагмента. Изучение распределения плотности хроматина в ядре клетки затруднено тем фактом, что эта величина является разной в разные периоды жизни клетки. Интерфаза в клетках растений и животных в среднем продолжается 10-20 ч. Затем наступает процесс деления клетки - митоз. Митоз представляет собой непрерывный процесс, но для удобства его на четыре стадии в зависимости от того, как выглядят в это время хроматин ядра. В митозе выделяют профазу, метафазу, анафазу и телофазу, которые характеризуются изменением плотности распределения хроматина в ядре клетки. Если во время интерфазы хроматин равномерно распределен в ядре клетки, то во время профазы он собирается в «глыбы», которые во время менафазы и анафазы разбиваются на части и прижимаются к противоположным сторонам границы клетки. Целью данного исследования является выявление состояния интерфазы. Эффективным методом исследований такого рода, является фрактальный анализ полутоновых изображений. Прежде всего это определение фрактальной размерности и ее интерпретация. Традиционно для такой цели используют такие методы как box counting, 2D Variation, броуновская размерность. Однако для такого рода задач эти методы не эффективны, так как они позволяют анализировать только объект в целом.

Используя значение цвета пикселя в качестве массы соответствующей материальной точки, найдем центр масс и через эту точку проведем пучок прямых. Для каждого фиксированного ϕ , массы точек множества K_k попавших на прямую $y = tg\phi(x - X_k)$ представляют собой одномерный массив $P(\phi) = \{P_0, P_1, \dots, P_{N(\phi)}\}$. Пусть

$$\Delta P(\phi) = \frac{1}{N(\phi)} \sqrt{\sum_{i=0}^{N(\phi)-1} |P_i - P_{i+1}|^2}. \text{ Если хроматин в ядре клетки расположен равномерно, то}$$

$\Delta P(\phi)$ изменение плотности в любом направлении ϕ примерно одинаково, то есть, если $P(\Delta P(\phi))$ перестановка Харди $\Delta P(\phi)$, то она содержит большой горизонтальный (или почти горизонтальный) участок.

Кроме того, для оценки плотности, можно использовать фрактальную размерность в данном направлении. Для этого используем следующую конструкцию.

Пусть $r \ll N(\phi)$ и $P_i = 0$ при $i > N(\phi)$, тогда для $i = 0, 1, \dots, [N(\phi)/r]$
 $m_i = \min\{P_{ir}, P_{ir+1}, \dots, P_{(i+1)r}\}$, $M_i = \max\{P_{ir}, P_{ir+1}, \dots, P_{(i+1)r}\}$ и $V_i(r) = (M_i - m_i)r$. Далее, пусть
$$V(r) = \sum_{i=0}^{[N(\phi)/r]} V_i(r).$$
 Подобная процедура повторяется для всех пикселей изображения,

достаточно удаленных от границы, затем r увеличивается, и процедура повторяется. Наклон s графика $V(r)$ в логарифмическом масштабе используется для определения фрактальной размерности. Использование этих характеристик позволяет эффективно исследовать состояние миноза клеток.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ИЗНОШЕННОЙ ФУТЕРОВКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Ясев А. Г., к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Разборка изношенной футеровки металлургических печей во время ремонтов в настоящее время самый трудоемкий и непроизводительный процесс, занимающий до 50% всего времени ремонта и связанный с большими затратами. Разрушение изношенной футеровки, как правило, производится после ее остывания с использованием различных механизмов и машин, а в ряде случаев - и ручного труда.

Известен способ разрушения изношенной футеровки металлургических печей с использованием импульсного магнитного поля [1]. Он заключается в том, что при замене футеровки между кожухом и кладкой устанавливаются магнитные индукторы в виде закладных частей. Индуктор подключается к передвижному генератору импульсов тока (ГИТ) с энергией разряда 10—100 кДж. Импульс тока в индукторе создает сильное магнитное поле, преобразующееся затем в механическое давление индуктора на участок кладки, в результате чего происходит разрушение.

Математическая модель, описывающая связь входных переменных (характеристики футеровки и магнитного индуктора) и выходной переменной (перемещение определенного объема разрушенной футеровки), основывается на ряде допущений:

1. Под действием давления магнитного поля от футеровки отделяется определенный объем, соответствующий контуру пластины-бойка.

2. Сила F , создается давлением импульсного магнитного поля.

3. Разрушению футеровки противодействуют сила сопротивления F_c и сила трения $F_{тр}$.

4. Отделение объема футеровки происходит в момент, когда сила F равна силам сопротивления.

Для описания поведения отделяемого элемента использовано уравнение одномерного движения, которое с учетом принятых допущений, будет иметь переменную правую часть, вид которой обуславливается временем процесса относительно момента отделения элемента.

При проверке установлено (для уровня значимости 5%), что соответствие модели и оригинала имеется для всех типов футеровки.

Кинематика движения (перемещение и скорость) отделяемого элемента (на длине пути равном толщине футеровки) в зависимости от изменения заданного импульса силы получена интегрированием соответствующих уравнений движения.

Полученная модель учитывает характеристики футеровки и оснастки (в частности, индуктора) и была использована для оптимизации параметров оснастки.

Применение модели позволяет решать практические вопросы использования импульсного магнитного поля для разрушения изношенной футеровки металлургических агрегатов.

1. Использование импульсного магнитного поля для разрушения футеровки металлургических печей / Б.И. Тимошенко, Д.И. Ермоленко, А.Г. Ясев, Н.С. Тумко // Электронная обработка материалов. - 1980. - №6. - С. 55-58.

СЕКЦІЯ 4

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ ТА ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Березюк О.В. к.т.н.

Вінницький національний технічний університет

Для вивчення роботи приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів (ТПВ) в найбільш важких режимах використано методику імітаційного моделювання на ЕОМ. До таких критичних режимів слід віднести: початок та кінець руху виконавчих органів. Моделювання виконувалось з використанням програмного забезпечення Delphi в операційному середовищі Windows.

Розроблено оригінальну комп'ютерну програму "MatModel", яка захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір [1] і дозволяє вводити значення параметрів приводів робочих органів, чисельно розв'язувати системи диференціальних рівнянь методом Рунге-Кутта-Фельберга й отримувати відповідні результати у вигляді графіків та таблиць.

На рис. 1 представлено загальний вигляд діалогового вікна програми "MatModel" для дослідження динаміки приводів робочих процесів машин для збирання та первинної переробки ТПВ на кожній технологічній операції: завантаження ТПВ у бункер сміттєвоза, ущільнення ТПВ, вивантаження ТПВ із сміттєвоза, а також робота навісного підмітального обладнання, що дозволяє розширити функціональні можливості сміттєвоза [2]. Програма містить також блоки введення вихідних даних, початкових умов, розрахункову схему для кожної із математичних моделей (рис. 1а), а також блок виведення результатів (рис. 1б).

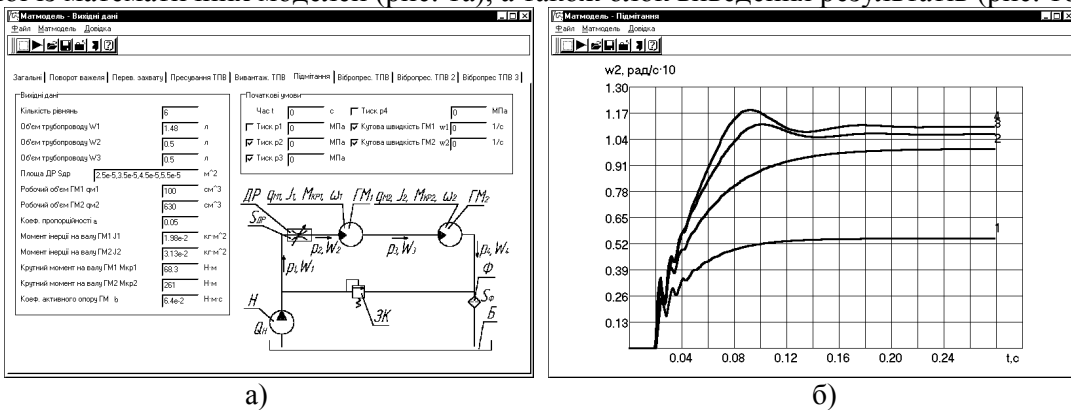


Рисунок 1 – Загальний вигляд діалогового вікна програми "MatModel" для дослідження динаміки приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки ТПВ

У процесі дослідження як параметри математичної моделі використовувались вихідні дані, які відповідають реальним параметрам базової моделі сміттєвоза КО-436, а отримані результати використовувались для розробки науково-обґрунтованих методик проектного розрахунку параметрів приводів [2].

Розрахунки проводились з кроком інтегрування $h=10^{-4}$ с і відносною похибкою $\epsilon=10^{-16}$. Стійкість розв'язку систем диференціальних рівнянь забезпечувалась перевіркою на ідентичність результатів, отриманих при значеннях кроків інтегрування h та $h/2$.

1. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Математичне моделювання динаміки приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів" ("MatModel") / Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 64349. – К. : Державна служба інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації : 03.03.2016.
2. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : монографія / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 217 с.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ФОТОГРАМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ

Гнатушенко В.В. д.т.н., Каштан В.Ю. к.т.н.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Фотограмметричні зображення, отримані видовими засобами дистанційного зондування забезпечують подання фізичного стану матеріальних об'єктів, інформативність якого тим більша, чим більша кількість спектральних інтервалів фіксації проміння [1]. Можливість аналізу на різних масштабах означає, що найбільш дрібні деталі будуть зникати в міру зменшення масштабу. Таким чином, проаналізувавши фотограмметричні зображення на різних масштабах, можна зробити висновок про значущість деталей, які містить кожен піксель зображення. Пікселі, що мають найбільшу кількість деталей та які зберігаються на всіх масштабах розкладання зображення, будуть являти собою детальні характеристики даного зображення та будуть особливими точками зображення.

В даній роботі пропонується використати методику виділення контурів з використанням особливих точок на основі вейвлет-перетворення [2]. У випадку рішення задачі виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях становлять інтерес тільки ті точки зображення, які не відносяться до фонових змін яскравості. Оскільки фон за визначенням є відносно однорідним (без яскраво виражених перепадів), детальні зміни яскравості фону виявляються тільки на невеликих масштабах розкладання.

Рівні вейвлет-розкладання зберігають лише найбільш важливу інформацію про зображення, причому важливість цієї інформації вимірюється абсолютною величиною коефіцієнта. Ідея полягає в знаходженні точок високого розрізнення, що дозволяє підвищити інформативність фотограмметричних зображень.

Процедура розпізнавання полягає в наступному:

1. В першу чергу здійснюється вейвлет-перетворення зображення до n -ого рівня деталізації. Кожен вейвлет-коефіцієнт цього рівня відповідає за область зображення, в якій міститься особлива точка. При виборі базису вейвлет-перетворення необхідно задовольнити два критерії: гарна якість отримання детальної інформації з цифрових зображень і висока швидкість обчислень [3].

2. Знаходження для кожного пікселя вихідного зображення власної ваги:

$$S_j(x_j, y_j) = \sqrt{W_\varphi^H(j, x_j, y_j)^2 + (W_\varphi^V(j, x_j, y_j))^2 + (W_\varphi^D(j, x_j, y_j))^2}, \quad (1)$$

де $S_j(x_j, y_j)$ – власна вага точки на j -ому рівні деталізації, $W_\varphi^H(j, x_j, y_j)$ – горизонтальний коефіцієнт j -ого рівня, $W_\varphi^V(j, x_j, y_j)$ – вертикальний коефіцієнт j -ого рівня, $W_\varphi^D(j, x_j, y_j)$ – діагональний коефіцієнт j -ого рівня.

3. Виділення контурів на зображенні з використанням особливих точок.

Запропонована методика була протестована на супутникових зображеннях Worldview - 2. Одержана інформація на основі виділення контурів, може використовуватися безпосередньо для визначення геометричної структури об'єкта, виділення лінійних об'єктів. Отримані результати свідчать, що запропонована методика на основі вейвлет-перетворення адаптована до завдань виявлення та розпізнавання об'єктів на зображеннях і дозволяє зменшити час відповідної обробки даних без втрати точності.

1. Hnatushenko V.V. Pansharpening technology of high resolution multispectral and panchromatic satellite images / Vik.V. Hnatushenko, O.O. Kavats, V.Yu. Shevchenko / Науковий вісник НГУ. – 2015. – № 4 (148). – С. 91-98.
2. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов : Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671с., ил.
3. Гнатушенко В.В. Інформаційна технологія підвищення інформативності багатоканальних даних на основі пакетних вейвлет-перетворень / В.В Гнатушенко, В.Ю. Каштан // Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво". – Луцьк, 2016. – с.77-83.

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕБ-СИСТЕМ

Дзюба В.В., Косолапов А.А. д.т.н.

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

В последнее время в Украине наблюдается тенденция создания информационных систем с дистанционным доступом к централизованным базам данных. Это такие системы как ЗНО (заочное независимое тестирование), ЕДБО (единая база данных образования), системы дистанционного обучения и тестирования (в ДНУЖТ это системы MOODLE и ПРОМЕТЕЙ) и на шумевшая своими проблемами система электронных деклараций (далее ЭД). Последняя система стала известна в силу общественного резонанса и, по мнению авторов, из-за своей сложности, что обострило наличие недостатков в системе. Как показывают последние сообщения в прессе и на ТВ её собираются в краткие сроки модернизировать, что, по нашему мнению, в поставленные сроки создать эффективную систему практически невозможно. По этой причине мы решили показать некоторые факторы, которые, на наш взгляд, определяют эффективность (и проблемы) эксплуатации компьютерных систем (КС), которые будем называть компьютерные системы с интерактивными приложениями (далее -КСИП).

КСИП являются ВЕБ-системами, в которых доступ к приложениям и базам данных осуществляется с помощью браузеров посредством технических и программных средств ИНТЕРНЕТ. Любую ВЕБ-систему можно представить как часть сетевой инфраструктуры с надстройкой из интерактивных ВЕБ-приложений.

Как любая КС, она включает ряд важных архитектурных компонентов или видов обеспеченности - технические обеспечение (ТО), программное (ПО), математическое (МО), информационное (ИО), лингвистическое (ЛО), организационное (ОО), методическое обеспечение (МетО). Поэтому, нельзя сводить разработку КСИП только к написанию программ! Они требуют определённых ресурсов других видов обеспечения (пропускной способности каналов, ресурсов процессоров и памяти и др.).

Отсюда следует, что разработка систем должна включать следующий минимальный набор стадий проектирования (в соответствии с [1]): техническое задание, техно-рабочий проект, ввод в действие. Техно-рабочий проект объединяет технический проект, в котором разрабатываются ТО, МО, ИО, ЛО, ОО, и рабочий проект, в котором выполняется разработка ПО. Для экономии времени и денег в последнее время разрабатывается минимальное ТЗ и пишутся программы.

Такой несистемный подход приводит к появлению закрытых разработок, которые используют ограниченные ресурсы и которые сложно совершенствовать.

Проблема усугубляется тем, что системы класса ЭД являются сложными мультиструктурными КС [2] и включают ВЕБ-сервера, сервера приложений, сервера баз данных, крипто-сервера. Поведение таких систем требует согласования их характеристик, что без моделирования сделать практически невозможно.

Для создания таких систем предлагается использовать методику системного проектирования КС, включающую набор программ автоматизации проектных процедур [2]. В докладе приведены результаты моделирования системы ЭД, которые показали наличие ряда проблем, связанных с работой системы и её планируемым развитием.

1. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих документов на автоматизированные системы (ГОСТ 34.201-89, ГОСТ 34.602-89, РД-50-682-89, РД-50-680-88, ГОСТ 34.601-90, ГОСТ 34.401-90, РД-50-698-90, ГОСТ 34.003-90, РД-50-34.119-90) [Текст] — М: Госстандарт СССР, 1991. — 143 с.
2. Косолапов А.А. Эпоха интеллектуальных транспортных систем [Текст] / А.А. Косолапов // Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету : [збірник] - Одеса : Фенікс. 2015. № 24. — С. 128-131.

ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ЗУБЧАТОЇ ПЕРЕДАЧІ ТА ПРОФІЛЬ ЗУБА

Дмитрієва І.С., к.т.н.

Національна металургійна академія України

Зубчасті механізми є найбільш поширеним видом механічних передач в машинобудуванні і приладобудуванні. Такі передачі застосовують для передачі обертального руху з одного вала на інший або для перетворення обертального руху в поступальний зі зміною швидкості обертання валів.

Для дослідження особливостей геометричних параметрів зубчатої передачі та профілю зуба складаємо рівняння кіл та рівняння сторін зуб'ів.

В роботі розглянуто три види профілю зуба: евольвентний, прямолінійний та трикутний.

Якісні показники дають можливість при проектуванні передачі оцінити плавність і безшумність зачеплення, міцність і можливий знос зубів коліс в порівнянні з іншими передачами. Така оцінка важлива для раціонального вибору коефіцієнтів зміщення інструменту при проектуванні передач.

До основних показників якості належать:

Коефіцієнт ковзання — характеристика, яка застосовується при виконанні технічних розрахунків, що характеризують фрикційні взаємодії двох тіл. У залежності від виду переміщення одного тіла по іншому розрізняють: коефіцієнт тертя при зсуві, ковзання і коефіцієнт тертя при коченні. У свою чергу, при ковзанні в залежності від величини тангенціальної сили розрізняють коефіцієнт неповного тертя ковзання, коефіцієнт тертя спокою і коефіцієнт тертя ковзання.

Коефіцієнт питомого тиску. Геометрично коефіцієнт питомого тиску характеризує контактну міцність. Сумарне позитивний зсув вихідних контурів призводить до зменшення коефіцієнта питомого тиску, тобто призводить до підвищення контактної міцності.

Коефіцієнт перекриття дозволяє оцінювати безперервність і плавність зачеплення в передачі. Ці якості передачі забезпечуються перекриттям за часом в роботі двох пар зубів: кожна наступна пара зубів повинна увійти в зачеплення до того, як попередня пара вийде з нього. Про величину перекриття в прямозубій передачі судять за коефіцієнтом торцевого перекриття, який є відношенням кута торцевого перекриття зубчастого колеса до його кутового кроку.

В результаті роботи розглянуто геометричні показники зубчатої передачі та профілів зуба. Проведено розрахунок основних показників якості.

1. І.С.Дмитрієва, Е.О. Сухойван Розрахунок параметрів зубчастого зачеплення та їх проектування // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 3 (104). - Дніпропетровськ: НМетАУ, ІВК "Системні технології", 2016. - С. 79 - 84.
2. Прудников В.В. - Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования: учебное пособие / В.В. Прудников – М.: Физматлит, 2009.-224 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ УНІВЕРСИТЕТУ

Жеваго О. О., Шинкаренко В.І. д.т.н.

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

Складання розкладу являє собою надзвичайно трудомісткий та складний процес. Як правило, розмірність задач складання оптимальних розкладів настільки велика, що розв'язати їх простим перебором варіантів не представляється можливим.

На сьогоднішній день існує багато методів та алгоритмів для вирішення задач складання розкладу в університеті. Проте ще до сьогодні немає досконалого рішення в цьому питанні. Для вирішення цієї проблеми були застосовані генетичні алгоритми.

Згідно з принципами генетичних алгоритмів на початку відбувається початкова ініціалізація, тобто генерація певної популяції хромосом, що складається з N особин.

Кожна хромосома є допустимим, але не оптимальним розв'язком задачі складання розкладу - тобто кожен варіант розкладу представляється хромосомою. Далі для кожної хромосоми популяції розраховується цільова, або фітнес-функція, яка є мірою оптимальності даної хромосоми. Особина вважається тим більш пристосованою, чим краще рішення задачі вона забезпечує (мінімальне значення цільової функції F). Потім до популяції застосовуються такі генетичні оператори, як схрещування (кросовер), мутація та вибір (селекція) хромосом.

В результаті формується нове покоління (популяція), з більш оптимальних представників, ніж попереднє. Генетичні оператори повторюються до виконання умови закінчення оптимізації, після чого з останнього покоління вибирається найкращий представник, конвертується у розклад і вважається розв'язком поставленої задачі. Цей розв'язок не є оптимальним, але близький до оптимального.

В процесі вирішення задачі складання розкладу занять університету, необхідно мати на увазі вимоги, які пред'являються до нього. Вимоги діляться на два типи: обов'язкові, порушення яких вважається недопустимим; та бажані, порушення яких веде до нарахування штрафу.

Обов'язковими вимогами до розкладу є: одночасно у групи та у викладача одне заняття; в аудиторії проводиться не більше одного заняття одночасно, при цьому розмір потоку не повинен бути більшим ніж кількість місць в аудиторії; обов'язкові вимоги викладача.

Штрафи нараховуються за: «вікна» у розкладі групи та викладача; у групи та викладача більше чотирьох занять на день; не збалансованість розкладу групи та викладача; порушення побажань викладача.

Під збалансованістю розуміється перевищення середньої кількості занять в день. Вага штрафу виставляється оператором.

Для оцінки хромосоми розраховується фітнес функція, яка задається зваженою сумою штрафів.

Умовою завершення роботи генетичного алгоритму є незмінність суми штрафів популяції протягом кількості ітерацій, яка задана оператором.

Дослідивши, як застосовується генетичний алгоритм для проблеми складання розкладу в університетах, можна сказати, що цей метод має ряд переваг у порівнянні із іншими: відсутність необхідності в специфічних знаннях про вирішувану задачу; концептуальна простота та прозорість реалізації; не висуваються додаткові вимоги до виду цільової функції; на кожній ітерації працює з множиною рішень, що дозволяє в багатьох випадках більш детально в порівнянні з градієнтними методами аналізувати простір пошуку.

Під час виконання роботи було адаптовано генетичні алгоритми для вирішення задач складання розкладу занять університету, та успішно реалізовано засобами мови програмування C#. Дана розробка дозволить пришвидшити процес формування розкладу, а головне підвищить його якість.

ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ВАЛА ГІДРАВЛІЧНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ ТЕПЛОВОЗА З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЛЕРА

Жуковицький І. В. д.т.н., Ключник І. А. аспірант, Коренюк Р. О. аспірант
*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна*

В Україні сьогодні для виконання заводських випробувань гідравлічних передач тепловозів використовується стенд, який не в повній мірі відповідає стандарту випробувань. Для отримання більшої інформації про стан гідравлічної передачі необхідно застосовувати нові методики, які можуть визначити механічні втрати в гідравлічній передачі, що дасть можливість визначити післяремонтний технічний стан передачі.

Інформація про частоту обертання приводного електродвигуна, генератора, турбінного валу вимірюється за допомогою тахометричних датчиків Д-2ММУ-2, які передають попередньо оброблений аналоговий сигнал на спеціальний перетворювач і далі на мікроконтролер фірми ATME1 для його подальшої обробки і передачі по інтерфейсу USB 2.0 до комп'ютера.

Датчик Д-2ММУ-2 являє собою не що інше, як генератор змінного струму, який має критичний недолік – при досить низьких оборотах (експериментально встановлено близько 80 хв^{-1}) амплітуда напруги, вироблена генератором, недостатня для нормального безпомилкового вимірювання (при оборотах близько 60 хв^{-1} амплітуда становить приблизно 1В, а при 2000 хв^{-1} - близько 40 В). Зрозуміло, що на дуже низьких обертах амплітуда буде складати близько декількох десятків мілівольт.

Як альтернативне рішення було запропоновано створити на базі корпусу датчика Д-2ММУ-2 власний датчик оптичного типу. Таке рішення має три важливих переваги: низька ціна, можливість вимірювання низьких обертів (від 0 до 80 хв^{-1}), можливість реалізації в корпусі датчика Д-2ММУ-2 (або інших тахогенераторів серії), що не вимагає механічної модернізації стенду. Також важливим є можливість застосування для розробленого пристрою незначній модифікації програми керуючого мікроконтролера, створеної для обробки сигналів від перетворювача датчика Д-2ММУ-2.

На початковому етапі розробки оптичний датчик складався з валу, на якому знаходився виконаний вручну пластиковий диск з зубцями, і інфрачервоної оптичної оптопари EE-SX1041. Випробування показали, що виконані вручну зубці не дозволяють здійснювати вимірювання з високою точністю. Тому для забезпечення більшої точності було виготовлено на промисловому обладнанні лазерним методом диск з акрилу на 10 зубців.

Далі були розроблені алгоритми роботи мікроконтролера, який займається обробкою сигнали від цього датчика. Проведено заводські випробування датчика. Статистика вимірювань, що отримана в результаті випробувань, свідчить про наявність завод, які потребують розробки механізмів фільтрації.

Було досліджено інструментальні та методичні похибки запропонованого засобу вимірювання. На основі проведених досліджень запропоновано модифікувати алгоритм розрахунку частоти обертання наступним чином: до 50 хв^{-1} (справедливо при середньому прискоренні $a = 1,15 \text{ хв}^{-1}/\text{с}^2$) виконувати розрахунки, враховуючи кожен другий період сигналу від датчика (для диска на 10 зубів), а, починаючи з частоти обертання більшої 50 хв^{-1} , враховувати при розрахунку тривалість десяти періодів сигналу від датчика як один період. Було встановлено, що використання диска на 10 зубів є раціональним.

З метою усунення спотворень при вимірах був виконаний розрахунок і випробування формувача імпульсів від датчика на базі операційного підсилювача LM124 замість використовуваного тригера Шміта CD40106ВМ, який мав нечіткі межі напруги спрацювання.

Розроблений датчик істотно здешевлює розробку стенда випробувань гідравлічних передач тепловозів, він має більшу точність у порівнянні з Д-2ММУ-2 і значно меншу, в порівнянні з сучасними тахометричними датчиками, ціну виготовлення.

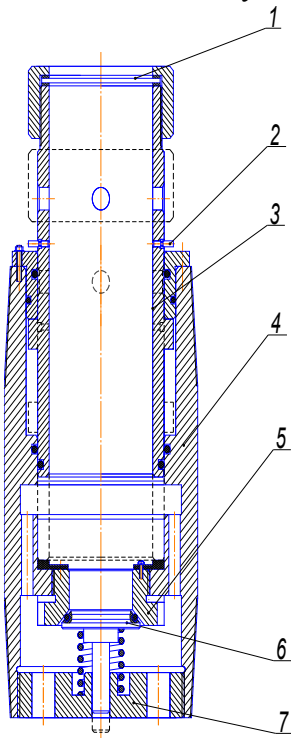
ЗВОРОТНИЙ КЛАПАН ДЛЯ ЦЕМЕНТУВАННЯ ОБСАДНИХ КОЛОНИ

Концур І.Ф. к.т.н., Лях М.М. к.т.н., Михайлюк В.В. к.т.н.,

Засядько І.А. студент, Гонтар В.А. студент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Цементування свердловин – дуже важливий етап їх будівництва. Від якості проведення кріплення свердловини залежать, як її подальше будівництво так і експлуатація. Одним із відповідальних елементів оснастки обсадної колони є зворотний клапан, який розміщується над її башмаком. Він призначений для полегшення обсадної колони під час її спуску у свердловину, недопущення можливих відкритих фонтанів та запобігання зворотному руху тампонажного розчину після завершення його циркуляції. Сьогодні застосовуються зворотні цементувальні клапани наступних типів: тарільчасті, диференційні, ЦКО та ЦКОД. Їхній загальний недолік полягає у тому, що вони не дозволяють проводити контрольну перевірку герметичності різьбових з'єднань колони до її цементування, що є особливо важливим під час кріплення газових свердловин.



- 1 – мембрана;
- 2 – штифти;
- 3 – плаваюча втулка;
- 4 – корпус;
- 5 – сідло; 6 – тарілька;
- 7 – напрямна.

Рисунок 1 –
Запропонований
зворотний клапан

Запропонований зворотний клапан (рис. 1) слугує одночасно стоп-кільцем, дозволяє автоматично заповнювати промивною рідиною обсадну колону у процесі її спуску в свердловину, пришвидшити спуск та проводити контрольну перевірку герметичності різьбових з'єднань колони перед її цементуванням.

Під час спуску обсадної колони у свердловину промивна рідина, проходячи крізь отвори у напрямній 7, коаксіальні отвори у корпусі 4 і радіальні у втулці 3 заповнює колону. Після спуску обсадної колони проводять контрольну перевірку герметичності різьбових з'єднань труб. Для цього підвищують подачу цементувального агрегату, що приводить до збільшення перепаду тиску в радіальних отворах втулки 3, при цьому зрізуються штифти 2 і плаваюча втулка 3 під дією тиску рідини переміщується вниз, за рахунок чого перекриваються коаксіальні отвори у корпусі та радіальні отвори втулки. Підвищення та витримування тиску, що фіксується манометром цементувальної головки буде свідчити про герметичність різьбових з'єднань колони. Подальше збільшення тиску (до заданого значення) призведе до розриву мембрани 1, а пристрій надалі працюватиме як звичайний зворотний клапан.

Визначені теоретично та експериментально перепади тиску у отворах зворотного клапана та розраховані необхідні геометричні параметри латунної мембрани 1. Запропоновано використовувати мембрану із двома фрезерованими під кутом канавками, що перетинаються у центрі мембрани та є концентраторами напружень. Дані концентратори під час проведення контрольної перевірки герметичності різьб обсадної колони дозволять мембрані пелюсткоподібно розкритися, звільняючи при цьому прохідний отвір та не засмічуючи своїми уламками клапанний вузол. Для підтвердження безвідмовного розриву діафрагми при заданому тиску проведено імітаційне моделювання у програмному середовищі, в якому реалізовано метод кінцевих елементів.

Застосування запропонованого зворотного клапана дозволить не тільки покращити технологію проведення тампонажних робіт, підвищити якість кріплення свердловин та культуру праці робітників, але також підвищить економічний ефект, про що свідчать проведені розрахунки і дослідження. Цей клапан може використовуватись у похилоскерованих та горизонтальних свердловинах.

- 1. Лівак І.Д., Концур І.Ф., Шостаківський І.І. Основи нафтогазової справи. Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 432 с.
- 2. Бабаян Э.В., Черненко А.В., Мойса М.Ю. Инженерные расчеты при креплении нефтяных и газовых скважин. – Краснодар: Совет. Кубань, 2012. – 384 с.
- 3. Коцкулич Я.С., Кочкодан Я.М. Буріння нафтових і газових свердловин. Підручник. – Коломия, Вік, 1999. – 504 с.
- 4. Концур І.Ф., Лях М.М., Маслій А.Я. Клапан для обсадних колон. Патент на корисну модель. UA №75505 МПК E21B 34100 Опубл. 10.12.2012. Бюлетень №23.

ВПРОВАДЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ТА ВИРОБНИЦТВО ОБ'ЄКТІВ ПРАВА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

Литвин О.В., к.т.н., Зуєв М.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Часто малі та середні підприємства не оцінюють належним чином вартість інтелектуальної власності і недооцінюють її потенціал в плані надання можливостей для отримання в майбутньому прибутку і підвищення конкурентоздатності. Але, коли інтелектуальна власність знаходиться під правовою охороною і є попит на продукцію або послуги, що охороняються на ринку правами інтелектуальної власності, то вона може стати цінним діловим активом.

Згідно ст.13 Закону України "Про господарські товариства" (1991 р.) передбачена можливість використання нематеріальних активів, в тому числі об'єктів інтелектуальної власності при формуванні статутних капіталів нових господарських товариств. Інтелектуальну власність можна вносити до статутного капіталу замість майна, грошей та інших матеріальних цінностей. .

Правильне розміщення капіталовкладень важливе для підвищення ринкової вартості МСП. Капіталовкладення в устаткування, власність, розробку продукції, маркетинг і дослідження можуть істотно укріпити фінансове положення вашої компанії, розширивши її базу активів і підвищивши майбутню продуктивність. Придбання інтелектуальної власності може мати такий же ефект. Вартість виробника на ринку оцінюється з урахуванням його активів, поточних ділових операцій і очікуваного прибутку. На прогнози відносно очікуваного прибутку істотне значення може надати придбання новаторських патентів.

Життєвий цикл нового рішення складається з таких трьох основних етапів: 1) виникнення ідеї і розробка рішення, маркетингові дослідження (допатентний період), 2) патентні дослідження (системний науковий аналіз властивостей нового рішення протягом його життєвого циклу, які впливають з правової охорони об'єкта промислової власності, патентний захист нового рішення, яке відповідає умові надання правової охорони, на основі права промислової власності (патентний період), 3) післяпатентна реалізація нового рішення, що може втілитися в впровадженні та випуск конкретної конструкції, речовини, промислового зразка, застосування нової технології (способу), введення в обіг торгівельної марки.

Особливий інтерес для підприємців та промисловців становить другий та третій етапи.

Патентний період передбачає створення інноваційного рішення, отримання на нього прав, використання (або захист) прав. Мета патентних досліджень – визначення патентної ситуації щодо нового об'єкта господарської діяльності. Післяпатентний період передбачає впровадження винаходу та виробництво продукції на його базі. Планування випуску продукції здійснюється у двох формах: перспективне планування розвитку підприємства та оперативне планування (на рік, квартал, місяць). Плани, залежно від їх виду, містять, зокрема: цілі у сфері якості та вимоги щодо продукції, потреби в розробленні процесів і документів та забезпечення ресурсами, необхідні перевірку, затвердження, моніторинг, інспектування та випробування, а також критерії приймання продукції, протоколи, необхідні для надання доказів того, що процес випуску і кінцева продукція задовольняють вимоги, підпадають під управління згідно з процедурою "Управління протоколами".

Вихідними даними процесу планування випуску продукції, наприклад, є: стратегічний план розвитку підприємства, план збуту та ін. Формуючи культуру управління і вдосконалення активів інтелектуальної власності і стратегічно їх використовуючи, підприємство, фірма, МСП може збільшити свої доходи, одержати перевагу над своїми конкурентами і зайняти міцні позиції на ринку. Такі заходи стратегічного характеру можуть привести до підвищення ринкової їх вартості.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕКСТА ПРОГРАММ

Лукин Е.В.

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

В наше время отрасль информационных технологий является самой масштабной и наиболее быстро развивающейся в мире. Процесс компьютеризации проникает во все отрасли жизнедеятельности человека, начиная от военной промышленности и космических исследований, заканчивая общением между людьми или вождением автомобиля.

Разумеется, процесс развития информационных технологий требует большого количества человеческих, финансовых и материальных ресурсов. Согласно официальной статистике американской компании «International Data Corporation» рынок информационных технологий растет примерно на 4-5 % процентов каждый год. В 2013 году мировые расходы на сферу ИТ составляли около 2,0 трлн. долларов, в 2016 году — 2,3 трлн. долларов, а в 2020 году по прогнозам расходы составят около 2,8 трлн. долларов.

Необходимо признать, что из приведенных выше расходов лишь 25-30 % тратится непосредственно на разработку программного обеспечения, но при этом данный процесс является наиболее трудоемким и затратным по времени. Соответственно именно автоматизация разработки ПО и в частности написания текста программы сможет значительно ускорить рост сферы информационных технологий и развитие науки в целом. И со временем актуальность решения данной задачи будет только расти.

Среди методов автоматизации разработки текста программы на данный момент наиболее распространенным является использование фреймворков, шаблонов и сторонних библиотек. Этот метод является удобным и продуктивным, так как программист вместо написания новых функций пользуется заготовленными заранее. Однако у этого метода есть некоторые минусы. Во-первых, разработанные функции не универсальны и могут не подходить для решения всех необходимых задач. Во-вторых, эти функции зачастую содержат ошибки, которые довольно сложно исправить. И в целом, такой подход является лишь упрощением процесса написания текста программы, а не автоматизацией, так как программисту все равно приходится вручную собирать конечный продукт из заготовленных функций, а также дописывать свои собственные.

Из этого следует, что для большей автоматизации написания текста программы необходимо разрабатывать другие более универсальные методы. Перспективным направлением является использование математико-алгоритмического конструктивизма с учетом знаний об элементах конструкции. В основе предлагаемого метода лежит база знаний и конструктивно-продукционные структуры.

База знаний содержит в себе информацию об элементах кода и их спецификации. Она может постоянно дополняться и совершенствоваться. А с помощью конструктивно-продукционных структур реализуется сам процесс генерации конечного текста программы из элементов кода. Этот процесс можно разбить на четыре шага:

- специализация — определение природы входных данных;
- интерпретация — проведение соответствий между входными данными и элементами алгоритма;
- конкретизация — определение правил и начальных условий для генерация текста программы;
- реализация — построение конечных конструкций, генерация текста программы.

Главным преимуществом такого подхода является то, что база знаний может постоянно дополняться новыми элементами кода, и таким образом данный метод позволит составлять программы любой сложности для решения задач различных классов.

ПРОГНОЗУВАННЯ ВТРАТИ СТІЙКОСТІ ЗОЛОТНИКА ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА

Рудик О.Ю. к.т.н., Павельчук Б.М. студент
Хмельницький національний університет

Основною тенденцією конструювання сучасних будівельних і дорожніх машин є повна заміна механічного приводу гідравлічним. Реалізація за допомогою гідравліки бортового повороту підвищує маневреність машини і спрощує конструкцію ходової частини. Але у мобільного навантажувача «Амкодор-208» низька якість гідроагрегатів у сукупності з особливостями реалізації бортового повороту дає низькі показники керованості. Зокрема, прямолінійний рух машини утруднений, прямолінійний рух з малими швидкостями (1-3 км/год.) неможливий. Тому проведена модернізація гідрооб'ємної трансмісії навантажувача з метою підвищення його керованості. При цьому розроблений золотниковий розподільник повороту, призначений для здійснення бортового повороту машини.

Для золотника розподілу повороту проведено статичний аналіз міцності [1], який підтвердив його працездатність. Однак золотник під дією прикладених навантажень (тиск управління – 2,5 МПа, сила від стиснутої пружини – 73,6 Н) може втратити стійкість. Тому методом скінченних елементів, який реалізовано у 3D-системі твердотілого параметричного моделювання SolidWorks (додаток SolidWorks Simulation [2, 3]), здійснили наступні розрахунки:

– з бібліотеки SolidWorks вибрано сталь AISI 1020 (аналог сталі 20, з якої рекомендовано виготовляти золотник) з границею міцності на розтяг 420,507 МПа; параметри сітки: щільність висока, розмір елемента 4.54058 мм, допуск 0.227029 мм, всього вузлів 14255, всього елементів 8397, максимальне співвідношення сторін 16.058.

Встановлено, що максимальна амплітуда коливань $a = 0.0178286$ (вузол 2671); запас міцності при можливій втраті стійкості складає 364.03 (рис. 1), тобто втрата стійкості золотника не відбувається.

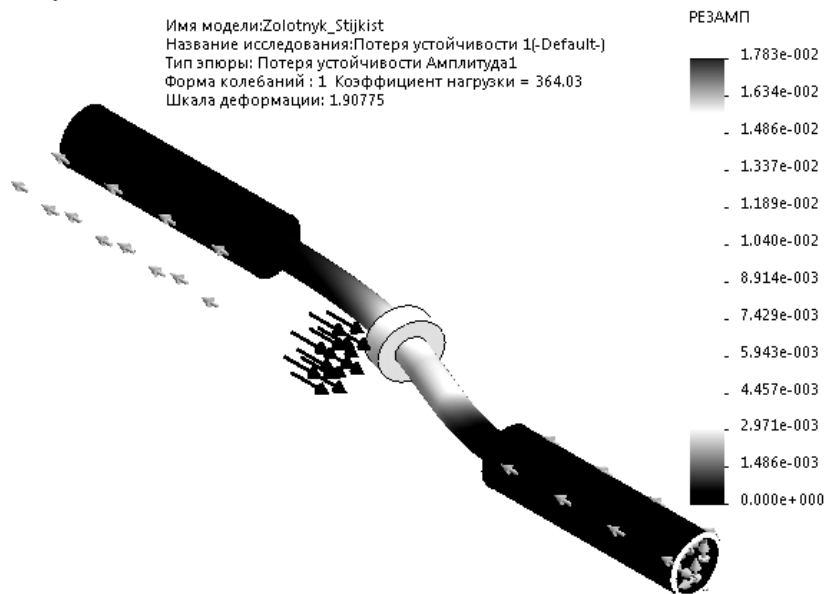


Рисунок 1 – Результирующая амплитуда

1. Рудик О.Ю. Використання інформаційних технологій для інженерних задач / О.Ю. Рудик, В.О. Гаврилюк // Інформатика, інформаційні системи та технології: дванадцята всеукраїнська конференція студентів і молодих науковців. Одеса, 3 квітня 2015. – Одеса, 2015. – С. 31-32.
2. Рудик О.Ю. Застосування SolidWorks у навчанні предметів технічного (інженерного) циклу. [Електронний ресурс] / О.Ю. Рудик, В.В. Герасімчук // Режим доступу: <http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/ITEA-2015/2 ITEA 2015 ua.pdf>
3. Рудик О.Ю. Застосування інформаційних технологій при дослідженні транспортних засобів. [Електронний ресурс] / О.Ю. Рудик, Д.Л. Першко // Режим доступу: <http://acup.poltava.ua/wp-content/uploads/2015/11/ЗБІРНИК.pdf>

ЗАСТОСУВАННЯ SOLIDWORKS ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОГО РЕДУКТОРА

Рудик О.Ю. к.т.н., Пендичук В.М. студент

Хмельницький національний університет

Редуктори з черв'ячним зачепленням – один з найпоширеніших типів редукторів, які застосовуються при передачі руху між осями, що схрещуються. Одна з істотних переваг черв'ячних редукторів – можливість одержати велике передавальне число в одному ступені (до 80 в редукторах загального призначення і до декількох сотень в спеціальних редукторах). Дані редуктори володіють високою плавністю ходу, безшумністю в роботі й самогальмуванням при певних передавальних числах, що дозволяє виключати з приводу гальмівні пристрої.

У технологічних цілях черв'ячне колесо, як правило, виготовляють складеним з двох матеріалів: вінець — з дорогого антифрикційного матеріалу, а осердя – з дешевших і міцніших сталей (у нашому випадку – сталі 10). При цьому використовують посадку з натягом (у спроектованому редукторі – Н7/s6 – рис. 1). Але внаслідок теплових та інших деформацій можливе прослаблення посадки. Як це вплине на надійність редуктора?

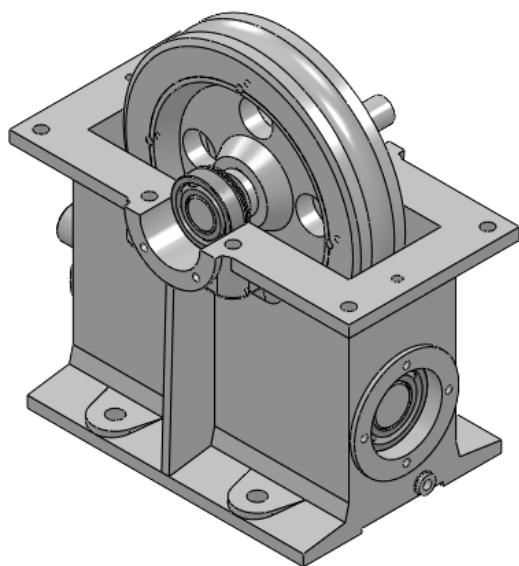


Рисунок 1 – Твердотільна модель редуктора

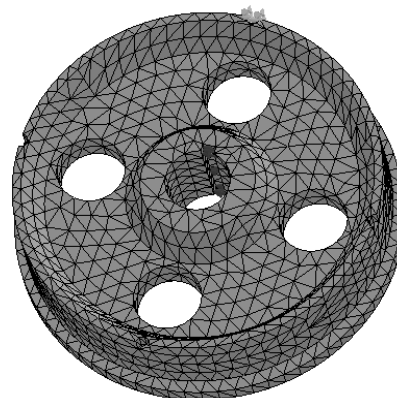


Рисунок 2 – Сітка на твердому тілі

Для вирішення поставленої задачі використали прикладний програмний комплекс SolidWorks і, зокрема, його модуль для розрахунків SolidWorks Simulation [1, 2]: вибрано сталь AISI 1010 (параметри сітки: розмір елемента 10.1341 мм, допуск 0.506707 мм, всього вузлів 14527, всього елементів 8342 – рис. 2). Максимальні вузлові напруження von Mises і переміщення URES для маточини складають 60.0383 МПа (вузол 5903) і 0.0919072 (вузол 663) мм відповідно; мінімальний коефіцієнт запасу міцності $k = 2.98$ (вузол 5903), тобто запас міцності достатній.

Таким чином, розрахунки гарантують міцність шпонкового паза й отвору для кріпильного (фіксуючого) гвинта у випадку прослаблення пресової посадки черв'ячного вінця на маточину.

1. Рудик О.Ю. Застосування SolidWorks у навчанні предметів технічного (інженерного) циклу. [Електронний ресурс] / О.Ю. Рудик, В.В. Герасімчук // Режим доступу: http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/ITEA-2015/2_ITEA_2015_ua.pdf
2. Рудик О.Ю. Викладання технічних дисциплін у військових навчальних закладах з використанням CAE/CAD систем. [Електронний ресурс] / О.Ю. Рудик, І.В. Янковський // Режим доступу: <http://acup.poltava.ua/wp-content/uploads/2015/11/ЗБІРНИК.pdf>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ЗАСОБАМИ COMSOL MULTIPHYSICS.

Соловей М.О., Селівьорстова Т.В., к.т.н.
Національна металургійна академія України

Як відомо, з числа різних видів сучасних електричних машин найпоширенішою в наші дні є асинхронна безколекторна машина, вживана зазвичай в якості двигуна. Причини виключно широкого поширення асинхронного двигуна - його простота і дешевизна, яка визначається його конструктивними особливостями. Загальний недолік асинхронних машин - це відносна складність і неекономічність регулювання їх режимів роботи, в зв'язку з цим побудова і реалізація математичних моделей асинхронного двигуна є актуальною практичною задачею.

Метою роботи є побудова імітаційної моделі асинхронного двигуна у COMSOL Multiphysics, з метою дослідження його фізичних властивостей. Описаний процес створення моделі асинхронного двигуна за допомогою пакету COMSOL Multiphysics. Показані розподіли магнітного поля для швидкості 1200 [rad/s] (рисунок 1), 330 [rad/s] (рисунок 2), та напруженості магнітного поля (рисунок 3), що надало можливість оцінити технічні характеристики асинхронного двигуна.

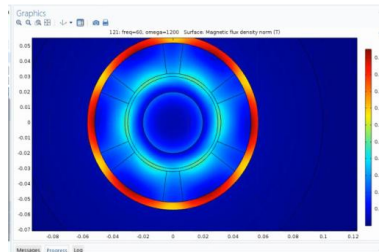


Рисунок 1

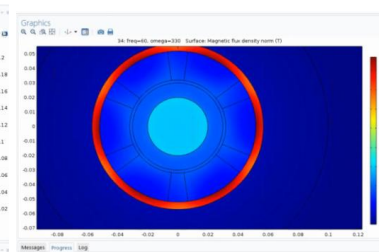


Рисунок 2

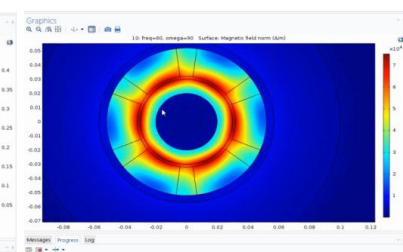


Рисунок 3

Інструментарій COMSOL Multiphysics надає можливість порівняння результатів отриманих шляхом чисельного розрахунку з аналітичним рішенням, які були імпортовані до робочої області та представлені на рисунку 4.

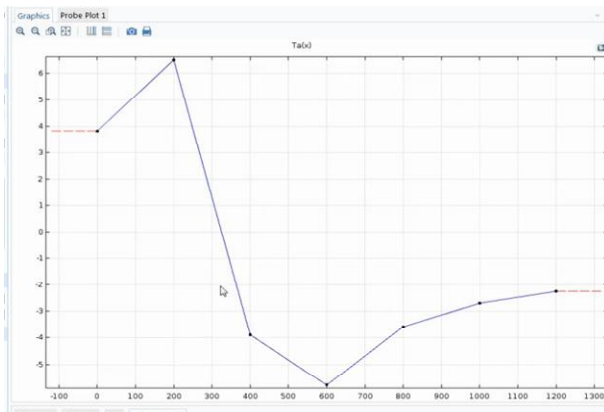


Рисунок 4

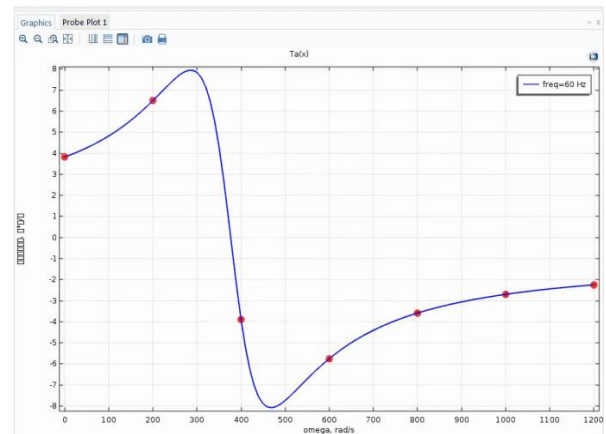


Рисунок 5

Для коректного порівняння результатів потрібно аналітичні значення накласти на модельні. Результат суміщення чисельного та аналітичного розрахунку наведений на рисунку 5, з якого випливає гарне співставлення числових значень.

В процесі створення моделі асинхронного двигуна за допомогою пакету COMSOL Multiphysics були отримані розподіли магнітного поля та напруженості магнітного поля, що надало можливість оцінити технічні характеристики асинхронного двигуна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТЕКТОРА НАСОСНИХ ШТАНГ

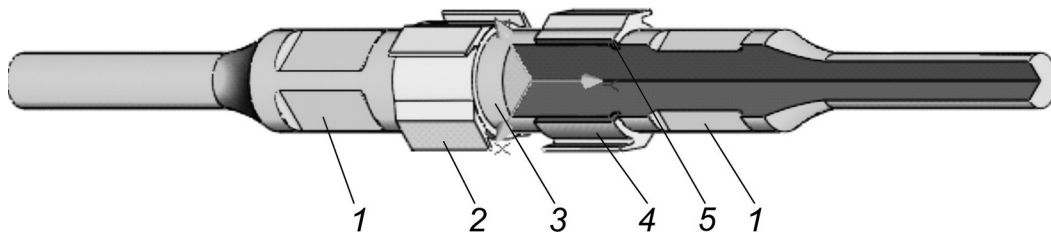
Федорович Я.Т. канд. техн. наук, Михайлюк В.В. канд. техн. наук, Дейнега Р.О.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Під час експлуатації свердловин штанговими насосними установками часто спостерігаються відмови свердловинного обладнання, особливо колон насосних штанг та колон насосно-компресорних труб (НКТ) [1]. Найчастіше відмови колони насосних штанг відбуваються на викривлених ділянках свердловин внаслідок їх тертя до колони НКТ. У результаті спрацювання матеріалу зменшується поперечний переріз насосної штанги, що призводить до її обриву.

Для підвищення терміну експлуатації як колон насосних штанг так і колон НКТ застосовуються спеціальні пристрої – протектори. Проаналізувавши існуючі конструкції протекторів виявлено, що окрім захисту від спрацювання необхідною їх функцією повинна бути здатність амортизувати удари колони насосних штанг до колони НКТ [2].

З метою вирішення цієї проблеми запропоновано конструкцію протектора (рис. 1), що має корпус 4 із поздовжніми ребрами 2 на зовнішній поверхні і внутрішнім кільцевим виступом 5 [3]. Протектор встановлюється на зовнішню поверхню штангової муфти, яка має проточку для розташування кільцевого виступу 5 корпусу 4, після чого проводиться згинчування штанги з муфтою. При зворотньо-поступальному русі колони насосних штанг протектор разом зі штангами рухається у колоні НКТ. При кожному ході штанг вгору і вниз у викривленій ділянці свердловини при згині колони насосних штанг протектор доторкається до стінок НКТ тільки двома поздовжніми ребрами 2. Це зменшує силу тертя до стінок НКТ і площу зношування протектора. Протилежний нахил поздовжніх ребер 2 забезпечує компенсацію зусиль протектором у момент удару його до стінки НКТ за рахунок пружності матеріалу з якого він виготовлений та витіснення рідини з-під цих же ребер 2 у протилежні сторони. Крім того, за рахунок витіснення рідини з-під консольних пружин відбувається зменшення вібрації колони насосних штанг.

Протектор виготовляється із зносостійких пластмас групи поліамідів, оскільки це зменшує сили тертя і збільшує термін роботи протектора.



1 – насосна штанга; 2 – поздовжні ребра протектора; 3 – насосна муфта;
4 – корпус протектора; 5 – внутрішній кільцевий виступ протектора
Рисунок 1 – Конструкція протектора встановленого на муфтовому з'єднанні насосної штанги

З використанням імітаційного моделювання визначено величину радіального зусилля, що може сприйматися пелюстками протектора. Встановлено, що зменшення площі контактування упорного торця муфти (за рахунок встановлення протектора) не впливає на розподіл еквівалентних напружень у різьбовому з'єднанні насосних штанг. Максимальні напруження виникають у першій впадині витків різьби ніпеля [4], зростає тільки значення контактної тиску у зоні контакту упорного торця муфти і бурта штанги, але не до критичного значення, тобто є меншим границі плинності матеріалу з якого виготовлено насосну муфту та штанги. Також визначено та проведено порівняння величин гідравлічних втрат під час руху флюїду у колоні НКТ без встановлення та з встановленим на муфті протектором. Встановлено, що протектор не створює великого гідравлічного опору, тобто не сприяє значному зростанню енергетичних затрат на видобування флюїду.

1. Пушкар П.В. Аналіз відмов колон насосних штанг в НГВУ “Надвірнанафтогаз”. Пушкар П.В., Павлюк Я.Ю., Матвійшин Т.Б., Артим В.І. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 1. – С. 116-120.
2. Копей Б.В. Насосні штанги свердловинних установок для видобування нафти: Монографія. Копей Б.В., Копей В.Б., Копей І.Б. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009. - 406 с.
3. А.с. 1448024 СССР, МКИ Е 21 В 17/10. Протектор для насосных штанг/ И.Я. Петранюк, Ю.С. Сычев, Б.С. Петровский, Я.Т. Федорович, В.А. Петрыняк. - Опубл. 30.12.88, Бюл. № 48.
4. Биргер И.А. Резьбовые и фланцевые соединения. Биргер И.А., Иосилевич Г.Б. – М.: Машиностроение, 1990. - 368 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ФРАКТАЛЬНИХ ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ ТА ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ L-ПОДІБНИХ КОНСТРУКТИВНО-ПРОДУКЦІЙНИХ СТРУКТУР

Шинкаренко В.І. д.т.н., Чигір Р.Р., Жадан А.А.

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

Конструктивно-продукційні структури (КПС) дозволяють моделювати конструкції та конструктивні процеси різної природи. Для цього використовується узагальнення КПС та її перетворення: спеціалізація, інтерпретація, конкретизація та реалізація. Зазвичай вони виконуються в саме такому порядку. Спеціалізація визначає природу елементів конструкцій, операції їх з'єднання, атрибути елементів та операції над ними. При інтерпретації кожній операції ставиться у відповідність алгоритм її виконання. Конкретизація потребує задання конкретних умов формування та правил продукцій. Реалізація призначена для формування відповідних моделей, а й в деяких випадках реальних конструкцій.

У даній роботі у якості основи КПС систем прийняті відомі L-системи (Ліндемайєра). Найбільше поширення цих систем набуло у комп'ютерній графіці для створення фрактальних зображень.

Можливості КПС дозволяють виконувати декілька різних інтерпретацій на одній основі та формувати пов'язані між собою конструкції та конструктивні процеси різної природи.

У нашому випадку одна інтерпретація конкретизованої КПС призводить до формування фрактальних часових рядів, а інша – зображення фракталів. Наприклад, відомі зображення сніжинки Коха, ковдра Серпинського, дракон Хартера-Хейтвея та інші.

Розроблено відповідне програмне забезпечення. Формування часових рядів та зображень виконується на основі однакових значень вхідних даних: аксіоми, правил підстановки, математичного очікування та дисперсії, які використовуються як параметри нормального закону розподілу для визначення значень та періоду часового ряду в одній інтерпретації, та довжини відрізка й кута повороту в іншій інтерпретації. Також задаються параметри для зміни математичного очікування та дисперсії у процесі виведення.

В результаті реалізації КПС за однаковими значеннями вхідних параметрів та правил підстановки виконується формування часового ряду та відповідного зображення (рис.1).

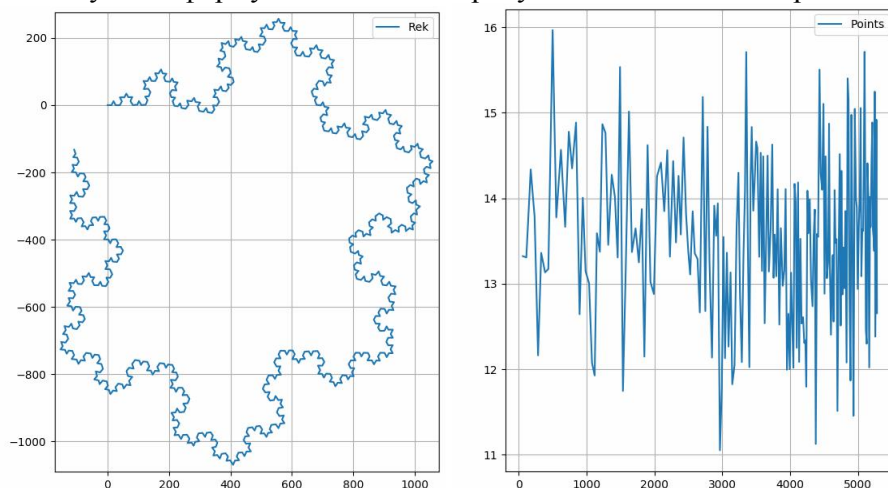


Рисунок 1 – Крива Коха та відповідний часовий ряд

В результаті роботи наочно показані фрактальні властивості стохастичних часових рядів та розкриті потенційні можливості КПС у формуванні взаємопов'язаних конструкцій та конструкційних процесів.

СЕКЦІЯ 5

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ КОНТРОЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БОРТОВИМИ СИСТЕМАМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Боднар Б.Є. д.т.н, проф., Очкасов О.Б. к.т.н., доц.

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

Найбільш ефективними з точки зору повноти контролю за технічним станом локомотива можна вважати бортові системи діагностування. Ці системи виконують періодичний контроль технічного стану вузлів, і забезпечують можливість контролю умов експлуатації локомотива в будь яких режимах його роботи.

Розробка і впровадження технічних засобів діагностування будь якого технічного об'єкта виконується з метою зменшення імовірності виникнення відмов в експлуатації та скорочення експлуатаційних витрат за рахунок впровадження «індивідуальних» систем утримання. Ці дві задачі безумовно пов'язані між собою, але для їх вирішення потрібно використовувати де що різні підходи.

Впровадження засобів діагностування локомотивів передбачає безперервний аналіз контрольних параметрів в умовах нормальної експлуатації. Будь яке порушення відповідає виходу діагностичного параметру за межі допуску, кожне порушення несе певну інформацію про рівень небезпеки. Аналіз накопичених даних з урахуванням досвіду експлуатації локомотивів однієї серії дозволить визначити прогнозований рейтинг відмов.

В для організації роботи системи діагностування в режимі моніторингу теоретично необхідно визначити такі періоди зняття контрольних параметрів які забезпечать максимальну достовірність інформації про технічний стан локомотива. Враховуючі те, що локомотив є складною технічною системою в якій протікають фізичні процеси різноманітної природи, то виникає завдання розподілу контрольних параметрів по певним групам. Такий розподіл може виконуватись за критеріями впливу на безпеку руху, складності усунення несправності та можливих збитків і т.д.

З точки зору зменшення рівня ентропії діагностичної системи локомотив можливим варіантом розподілу контрольних параметрів по групах може бути швидкість протікання фізичних процесів в контрольних точках. Наприклад групи вібраційні та температурні параметри очевидно мають меншу швидкість протікання фізичних процесів ніж електричні параметри (струм та напруга). При використанні такого підходу необхідно визначити максимальну частоту зміни значень контрольних параметрів, це, в свою чергу, дозволить за допомогою теореми Котельникова отримати значення періодичності опитування датчиків по групах. Для вирішення поставленої задачі пропонується наступний підхід до організації вимірювання контрольних параметрів: визначити періоди вимірювання контрольних параметрів для кожної з груп таким чином, щоб забезпечити максимальну інформативність контролю технічного стану локомотива по групам, і при цьому виконувались умови технічного запуску системи. Умовою технічного запуску системи є те, що мінімальний період між проведенням опитувань повинен бути не менше ніж сумарний час роботи системи діагностування з її елементами. Але необхідно враховувати, що для параметрів з високою частотою зміни (струм та напруга) отримані теоретичні значення можуть бути не досяжними з точки зору технічної реалізації, тобто технічно відсутня можливість вимірювання фізичних величин з заданою частотою або таке вимірювання вимагає значних коштів.

Вирішення задачі зменшення експлуатаційних витрат вимагає прогнозування зміни технічного стану об'єкту діагностування в майбутньому, що виконується на основі даних моніторингу. Враховуючи значні обсяги діагностичної інформації виникають задачі визначення періодичності аналізу даних моніторингу, розробки методики фільтрації інформації з метою зменшення потрібних об'ємів пам'яті та методик визначення періодичності виконання ремонтів на основі історії експлуатації локомотива.

ПРО СИСТЕМУ ПЕРЕВАГ ЛІНГВІСТИЧНОГО КЛАСИФІКАТОРА

Божуха Л.М., к.ф.-м.н.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Для аналізу роботи будь-якої системи можна використовувати математичний апарат на основі вибірки статистичних даних системи. На систему впливає цілий ряд взаємопов'язаних між собою причин, які можна об'єднати за групами. Зв'язок між цими групами може бути дуже суттєвим і тому завжди виникає складність у побудові комплексної математичної моделі системи.

Аналіз кількісних характеристик кожного параметра у причинних групах може бути показаний на побудованій інтерполяційній функції або при використанні математичного апарату планування експерименту. Отримані таким чином критерії є локальними для кожної з груп та не є корисними для систем з іншим набором кількісних характеристик. Багато причинних груп можуть не мати кількісних характеристик, або мати дуже велику їх кількість з невизначеними пороговими значеннями. При оцінюванні цих слабо вимірюваних факторів використовують штучні прийоми. Проблемою побудови критеріїв по якісним характеристикам з термінологією нечітких виражених степенів є існування набору показників невпорядкованих факторів одного рівня ієрархії.

На основі результатів роботи [1] побудови комплексної оцінки зроблений аналіз кількісних характеристик факторів, відношень між факторами у структурі ієрархії цих факторів.

При побудові класифікатора визначена лінгвістична змінна «рівень фактору». У якості функції належності виступає стандартний 01-класифікатор з п'ятьма рівнями, де функції належності – трапецієвидні трикутні числа. Побудова п'яти вузлових точок виконується за правилами статистики визначенням середнього значення гістограми та середньоквадратичного від середнього.

У роботі представлена модифікація схеми агрегування даних на одному рівні ієрархії при аналізі довільної системи з зафіксованим набором її показників. Проведений аналіз властивостей класифікатора з використанням метода нормованого розмаху (R/S-аналіз) та кількісних характеристик параметра Херста H . Для визначення рівнів класифікатора використовується розмірність $A = 1/H$ простору ймовірностей для оцінки товщини хвостів в функції щільності ймовірності (по Мандельброту). Якісні оцінки кожного фактору в ієрархії отримані на заданій множині значень показника Херста $H \in \{1, 2/3, 1/2, 2/5, 1/3\}$.

Побудована найпростіша комплексна оцінка на основі трапецієвидного числа лінгвістичного класифікатора з використанням показника Херста для виявлення трендовості показників. Проаналізований алгоритм побудови критерію з врахуванням кількісних характеристик системи для формування початкових умов на кожному з етапів постановки задачі. Алгоритм не дає відповіді на питання про коректність експертної оцінки факторів побудованої ієрархії, про зв'язки між рівнями. Використання кількісних характеристик ряду з маленькою вибіркою для побудови класифікатору може бути якісною заміною при переході від відношень рівноваги до відношень переваг. Показник Херста використовується при побудові лінгвістичного класифікатора для аналізу відношень факторів одного рівня ієрархії. Досліджено, що визначена в роботі вагова система Фішберна $P^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_i^*)$ не впливає на побудову функції належності критерія найвищого рівня.

Використання запропонованої модифікації методу може розширити область існування критеріїв комплексної оцінки з лінгвістичним класифікатором при використанні кількісних характеристик показників.

1. Недосекин А.О., Фролов С.Н. Лингвистический анализ гистограмм экономических факторов – На сайте: <http://sedok.narod.ru>

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

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

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Современная отрасль программной обработки текстов на естественном языке включает в себя обширное количество задач, каждая из которых связана с целым классом научных проблем. Сложности, возникающие перед разработчиками таких систем, зачастую связаны с тем, что естественный язык не является достаточно формализованной системой для которой можно выстроить четкий алгоритм, необходимый для программной реализации целевого приложения. Кроме того, разные языковые группы обладают разной сложностью – например, степенью флексии. И если в английском языке алгоритмическая сложность несколько смягчается из-за жесткой структуры расположения слов в предложении, то в языках славянской группы анализ усложняется за счет свободного порядка слов и богатой (относительно английского) флексией окончаний.

Независимо от типа создаваемой системы, существует некоторый общий функционал для всех систем автоматической обработки текстов. Речь идет об анализе структурных единиц текста, которыми могут являться и отдельные слова и предложения, и даже межфразовые и междокументные связи. Чем выше уровень связи, тем затруднительнее становится ее алгоритмическое представление и, как следствие, усложняется автоматический анализ в целом. Наиболее распространенными методами анализа подобных связей являются семантический подход и подход, основанный на правилах языка. К семантическим методам относятся системы на основе анализа корпусов обучающих данных, в которые обычно входят словари со снятой омонимией, частотные словари, разнообразные размеченные тексты и т.д. Такой подход позволяет существенно автоматизировать процесс обработки текстов. Его сложность заключается именно в словаре, составление которого для конкретного языка является весьма трудоемкой и массовой национальной задачей. Существующие словари славянской группы языков являются или закрытыми (как национальный корпус русского языка) или недостаточно полными – например, в корпусе украинского языка отсутствуют тексты с семантической разметкой. Ко второму же подходу относятся системы, основанные на максимально полном наборе правил (и исключений) конкретного языка, составление которого, во-первых требует привлечение большого объема лингвистических знаний, а во-вторых – вовсе не исключает необходимости составления и внедрение некоторых словарных баз знаний.

Исследования, проведенные в [1], позволили разработать подход к программной обработке текстов, совмещающий в себе как семантическую составляющую, так и анализ, основанный на некоторых правилах. Такая комбинация знаний позволяет с одной стороны избежать необходимости наличия большого количества семантических словарей, а с другой – значительно упрощает описание набора правил для естественного языка. В данной работе представлена система автоматизированного анализа структуры научно-технического текста на естественном языке, реализованная на основе этой модели. Система включает в себя взаимосвязанные программные блоки для работы с базой знаний, синтаксического анализа, блоки определения морфологических и семантических характеристик текста, что позволяет проводить автоматическую разметку текстов.

1. Волковский О.С., Ковылин Е.Р. Анализ современных подходов к задаче автоматической генерации текстов на естественном языке // Системные технологии. Региональный сборник межвузовских научных трудов. - 2016. №5(106) . -С. 3-12.

ІМОВІРНІСНИЙ АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ЕЛЕМЕНТАМИ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

Гнатушенко Вік. В., д.т.н.

Національна металургійна академія України

Бездротові мережі відіграють значну роль при забезпеченні ефективності управління і успішного функціонування різних організацій. При цьому спостерігається загальна тенденція збільшення числа користувачів, обсягів циркулюючої інформації, інтенсивності трафіку і пов'язаних з цими обставинами погіршення якості мережевих послуг. Багато проблем або досліджено недостатньо повно, або їх рішення орієнтовані для відносно вузьких прикладних задач. Існуючі аналітичні моделі зосереджені на середньому споживанні енергії програмним і апаратним забезпеченням [1-3]. Вони фокусуються на проблемі вибору протоколів та впливу стратегій маршрутизації, не враховуються стохастичні характеристики споживання енергії. Все це вимагає проведення експериментальних досліджень властивостей мережі не тільки в режимі оперативного моніторингу, а й з метою прогнозування її поведінки. З цим пов'язана проблема вдосконалення науково-прикладного ймовірнісного аналізу споживання енергії елементами бездротової сенсорної мережі з метою підвищення якості QoS [4].

Випадковість в споживанні енергії і пов'язаного з ним часу життя мережі залежить від двох основних компонентів: протокол з'єднання викликає випадковість через бездротові каналні помилки і роботи черг, а відмінність в топології мережі призводить до споживання різної кількості енергії в вузлах мережі. Для вузла в заданій точці споживання енергії протягом даного періоду часу виражається у вигляді суми трьох незалежних змінних: споживання енергії для виявлення; для комунікації і обробки, споживання енергії, яке залежить від топології. Перші два члена фіксують випадковість в результаті роботи протоколу з урахуванням гомогенної (однорідної) щільності мережі. Останній доданок є емпіричним з нульовим середнім, якій фіксує випадковість в споживанні енергії через топологію. Розроблена модель для аналізу споживання енергії при комунікації і обробці. Енергія, що витрачається в даному випадку в кожному вузлі мережі, моделюється в дискретному часі системи масового обслуговування, яка характеризує його розподіл між надходженнями трафіку і процесом обслуговування. Споживання енергії представлено дискретно часовим ланцюгом Маркова, якій містить статичні рівні і рівні зв'язку. Кожен стан представляє собою подію, яка відбувається у вузлі: очікування (сон), передача або прослуховування. Поведінка при комунікації і обробці даних кожного вузла представлена переходами між станами в дискретно часовому ланцюгу. Ґрунтуючись на вище викладене, визначено аналітичний вираз функції розподілу ймовірностей споживання енергії одиничним вузлом при комунікації і обробці даних для будь-якої тривалості інтервалу.

В рамках дослідження розроблена модель для аналізу розподілу споживання енергії в бездротових сенсорних мережах і отримані розподіли часу життя вузла і всієї мережі на основі ймовірнісного аналізу. Показано, що при достатньо великому періоді розгляду системи, споживання енергії сходиться до нормального розподілу, що значно знижує вартість обчислень при виконанні аналізу.

1. Muhammad Mahtab, A. A Hybrid Model for Accurate Energy Analysis of WSN Nodes / A.Muhammad Mahtab, B. Olivier, M. Daniel, A. Thomas, S. Olivier// EURASIP Journal on Embedded Systems.– 2011.– p.203-218.
2. Boughanmi, N. A new routing metric for satisfying both energy and delay constraints in wireless sensor networks/ N. Boughanmi, Y.Q. Song// Journal of Signal Processing Systems.– 2008.–vol.51(2).–p.137–143.
3. Dargie, W. Modelling the energy cost of a fully operational wireless sensor network/ W. Dargie, X. Chao, M.K. Denko// Telecommunication Systems.– 2010.–vol.44(1-2).–p.3–15.
4. Vikt. Hnatushenko The distribution of energy consumption in wireless networks to anycast protocol. Power Engineering and Information Technologies in Technical Objects Control – 2016. – P. 195-201.

СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВОГО РЯДУ В MS EXCEL

Дорош Н.Л. к.т.н., Петречук Л.М.

Національна металургійна академія України

Розповсюдженість та зручність табличного процесору Ms Excel давно зробили його одним з найпопулярніших програмних продуктів для виконання різноманітних обчислень. Можливість підключення до MS Excel різноманітних програмних модулів у вигляді надбудов – ще одна важлива його перевага [1]. Надбудова Excel (xla), яка дозволить виконувати графічне представлення даних і спектральної щільності сигналу, а також виведення результатів обробки даних методом цифрової фільтрації на робочий лист – компенсує відсутність функцій для проведення спектрального аналізу у табличному процесорі.

Метою даної роботи було створення надбудови, модулі якої дозволяють виконувати спектральний аналіз часового ряду.

Об'єктом дослідження є часовий ряд, який обробляється у спроектованій надбудові.

Предметом дослідження виступають методи згладжування даних, які використані у розробленій надбудові.

Розроблена надбудова забезпечує додаткові функціональні можливості обробки часових рядів у процесорі MS Excel [2] і використовує функції, які перебувають у бібліотечному dll-файлі. У функціях реалізовані такі можливості: перегляд даних часового ряду; експоненціальне згладжування часового ряду; нелінійне перетворення Бокса-Кокса (Box-Cox Transformation); згладжування цифровим фільтром з кінцевою імпульсною характеристикою (KIX) [3]. Функції реалізовані мовою C++ у середовищі C++Builder. Стандартні файли dll створюються за допомогою компіляторів C++Builder [3] і використовують в проєкті внутрішню мову програмування VBA (Visual Basic for Applications).

В роботі продемонстровано роботу функцій надбудови стосовно до часового ряду. Проведено дослідження часового ряду кількості пацієнтів з вадами органів травлення. Спектральний аналіз виявив наявність циклічності в досліджуваному ряді, про що кількісно свідчать такі показники:

- період=4Td вказує на наявність чотиримісячного циклу;
- період=6Td вказує на наявність шестимісячного циклу;
- період=12Td вказує на те, що характер кривої, яка відображає річну кількість громадян, що звернулися до медучастин, тотожний для всіх десяти інтервалів. Отримані результати підтверджуються експертними оцінками.

Підтвердження функціональності створеної надбудови в Excel було проведено шляхом порівняння результатів, отриманих при аналогічній обробці досліджуваного ряду в програмі ITSM 2000. Порівняння результатів показало їх ідентичність. Доведено, що модулі надбудови працюють якісно.

1. Гайдышев И.П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel, VBA и C/C++. –СПб.: БХВ – Петербург, 2004. – 512с.
2. Дорош Н. Л., Храпач Ю. О. Результаты разработки надбудовы MS Excel для обработки часовых рядов // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 2 (97). – Дніпропетровськ, 2015. – С. 8-12.
3. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы. Пер. с англ. /Под ред. В. И. Хохлова. – М. – Мир, 1982. – 428с.

ОБОСНОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Заец И.П. ассистент, Кулик В.А. аспирант

НМетАУ

Для принятия экономически обоснованных управленческих решений необходимо всестороннее исследование операционной, инвестиционной и финансовой деятельности предприятий, которое носит название «диагностика финансового состояния» [1]. Диагностика финансового состояния является аналитической процедурой, имеющей своей целью установление «слабых сторон» финансового механизма предприятия, основной задачей которой является постоянный мониторинг изменений состояния финансово-хозяйственной деятельности предприятия, анализ причинно-следственных связей, определение тенденций и закономерностей посредством реализации комплекса исследовательских процедур, выявление «узких мест». С помощью диагностики можно спрогнозировать дальнейшее развитие событий на основе наблюдаемых тенденций. Установление и изучение признаков, определение основных характеристик, которые полностью отражают состояние организации (техническое, экономическое, финансовое), с целью предсказания вероятных отклонений от нормативных значений и во избежание нарушения полноценного функционирования хозяйствующего субъекта есть сущность проведения диагностики финансового состояния предприятия.

В основу диагностического подхода положен ситуационный анализ [2]. На основании данных такого анализа можно определить негативные моменты в деятельности предприятия, которые необходимо ликвидировать или скорректировать так, чтобы уровень их отрицательного воздействия снизился. Технологии ситуационного анализа позволяют не ограничиваться принятием управленческого решения в конкретной ситуации, а, основываясь на более глубоком анализе ситуации, установлении тенденций, закономерностей и факторов, определяющих их развитие, более обоснованно принимать долговременные управленческие решения, вплоть до корректировки стратегических целей предприятия.

Диагностический подход дает возможность осуществлять предварительный анализ ситуации, прогнозировать ожидаемые изменения, определять качественные и количественные параметры финансового состояния предприятия, их динамику и, на этой основе, принимать решения по улучшению его финансовой устойчивости, что делает этот метод еще более действенным.

Для того чтобы принять эффективное решение, необходимо понимать, насколько важен подготовительный процесс, который, в свою очередь, состоит из семи значительных этапов:

- получение информации о сложившейся ситуации на конкретный момент времени;
- проведение анализа данной ситуации;
- выявление всех существующих проблем ситуации, их ранжировка, выбор основной проблемы;
- диагностика основной проблемы;
- прогнозная разработка вероятного развития ситуации;
- постановка проблемы;
- формирование идей по поиску решений относительно данной ситуационной проблемы.

От того, насколько эффективно проведены стадии подготовки, в большей степени зависит точность принятого решения.

1. Управление организацией: учеб./ Под ред. А.Г. Поршнева, З.П. Румянцевой, Н.А. Саломатиной. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 669 с.
2. Дерлоу Дес. Ключові управлінські рішення. Технологія прийняття рішень: посіб. / Дерлоу Дес. – К.: Всесвіт, Наукова думка, 2001. – 242 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЛАБОКОРРЕЛИРОВАННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Зинькевич И.Э. магистрант, Кириченко Л.О. д.т.н., Радивилова Т.А. к.т.н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Электронная коммерция находится в постоянном развитии, чему способствует веб-аналитика, которая подразумевает постоянный сбор, анализ и интерпретацию данных о посетителях. Качественная аналитика интернет магазина исследует путь посетителя, который он прошел перед совершением покупки, состоящий из нескольких этапов. На каждом из этапов пользователь может остановиться и закончить процесс, не совершив покупку. Процент конверсии высчитывается как отношение всех посетителей к количеству покупателей. Данное измерение является основным в веб-аналитике всех коммерческих сайтов.

Анализ и прогнозирование временных рядов (ВР) дневных значений процента конверсии играет важнейшее значение для оптимизация эффективности онлайн-бизнеса. Однако, надо отметить, что практически все из классических методов анализа ВР базируются на вычислении корреляции между значениями ВР [1]. В случае слабо коррелируемых ВР, а также в случае, когда ВР имеет разряженную нулевыми значениями структуру, что характерно для многих сайтов электронных продаж, эти методы не подходят или имеют большую погрешность.

Целью представленной работы является проведение сравнительного анализа прогнозирования ВР, на базе классических методов прогнозирования и методов машинного обучения на примере данных реального интернет-магазина

Входными данными в работе служили ежедневные данные сайта онлайн продаж, которые включали в себя количество кликов на сайт из социальных сетей, количество покупок и соответствующий коэффициент конверсии. Кроме этого имелась информация, какой язык использовал покупатель, из какой страны был сделан заказ и другие сведения. Поскольку электронная коммерция находится в постоянном развитии: регулярно изменяются поставщики, диапазон покупателей, спектр товаров, это приводит к быстрому устареванию информации. Поэтому методы прогнозирования, которые требуют достаточно больших массивов ВР, такие как, например, модели авторегрессии, работают плохо.

В работе проведен сравнительный анализ прогнозирования методами экспоненциального сглаживания, нейронной сети долго-краткосрочной памяти и дерева решений, на основе данных реального интернет-магазина [2, 3]. В результате анализа прогнозов было установлено, что метод экспоненциального сглаживания, не смотря на свою простоту и не требовательность в количестве данных, по которым будет построен прогноз, имеет в большинстве случаев наименьшие погрешности прогнозируемых значений, но в то же время, некоторые прогнозные значения значительно удалены от реальных. Метод дерева решений показал себя неудобным в выборе параметров и имеющим погрешности, сопоставимые с ошибками экспоненциального сглаживания, но без сильно удаленных прогнозных значений. Нейронная сеть, которая имеет более сложную структуру и её необходимо предварительно обучить на достаточно большом временном ряде, показала отличные результаты, как и в общей погрешности прогнозов, так и в удаленности прогнозов от реальных значений временного ряда.

1. Ханк Д. Бизнес-прогнозирование / Ханк Д. Изд. Дом «Вильямс», 2003. -656 с.
2. Guyon I. An Introduction to Variable and Feature Selection. J. Guyon Isabelle, Elisseeff Andre / Of Machine Learning Research 2003. –С.1157-1182.
3. Вьюгин В.В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. Вьюгин В.В. / –М., 2013. –С.387.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИТУАЦИОННОГО АНАЛИЗА К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Кадыльникова Т.М. д.т.н., проф., Сушко Л.Ф. ассистент
ИМемАУ

Для адекватного представления состояния машин и механизмов, как правило, используются не только количественные данные, но и данные качественного характера. Получаемая информация о ситуации должна быть достоверной и достаточно полной. Недостоверная либо недостаточно полная информация может приводить к принятию ошибочных и неэффективных решений, однако не меньшие трудности возникают и при наличии избыточной информации, поскольку появляется проблема альтернативного отбора. При получении и обработке информации о текущем состоянии машин и механизмов целесообразной является подготовка аналитического материала, отражающего основные особенности и тенденции развития ситуации.

Ситуационный анализ позволяет принимать решения, основываясь на анализе и понимании ситуации, динамике ее изменения, а не исходя из традиционного принципа проб и ошибок. Возможность осуществления предварительного анализа ситуации и предвидения ее ожидаемых изменений делает ситуационный подход эффективным и позволяет избежать значительных потерь ресурсов и времени, связанных с простоями, поломками и ремонтом машин и механизмов.

Чтобы иметь возможность установить динамику развития ситуации под воздействием тех или иных факторов, необходимо перейти к количественным методам, вводя в рассмотрение количественные представления факторов в виде переменных, значения которых могут изменяться в том или ином диапазоне в зависимости от внешних или внутренних воздействий, и называемых структурными параметрами.

Для выявления структурных параметров, определяющих развитие ситуации, могут быть использованы специально разработанные методы, такие как: факторный и корреляционный анализ, многомерное шкалирование и др. Эти же методы используются и для установления сравнительной важности, весомости признаков при формировании динамики развития ситуации, а также характера их влияния.

При наличии индексов важности либо весомости признаков целесообразно также определять пороговые значения, превышение или приближение к которым должно вызывать соответствующие управленческие решения и действия со стороны лица, принимающего решение. На основании проведенного анализа ситуации определяются наиболее чувствительные моменты, которые могут привести к нежелательному развитию событий и возникающей в связи с этим проблемы в функционировании машин и механизмов. Решение этой проблемы необходимо для предотвращения нежелательного развития ситуации, связанной с поломкой и простоем оборудования.

Анализ поступившей информации о ситуации принятия решения начинается с поиска возможных аналогов, предусмотренных технической документацией. Информация об аналогах представлена в виде некоторой эталонной информационной базы. Эта база характерна тем, что о ней достаточно много известно: какие решения принимались, каковы результаты принятых решений и какие решения приводят к цели. Информация об аналогичной эталонной ситуации передается экспертной комиссии для подготовки окончательного заключения. Если возникшая ситуация такова, что кажется близкой к одной из эталонных ситуаций, то необходимо оценить, насколько существенны имеющиеся различия. Иногда различия в ситуации, на первый взгляд не очень существенные, могут приводить при одних и тех же действиях к противоположным результатам. И в этом случае информация в соответствующей эталонной ситуации передается экспертной комиссии для выработки окончательного заключения.

ПОРІВНЯННЯ АЛГОРИТМІВ ОПТИМІЗАЦІЇ В ДЕЯКИХ ЗАДАЧАХ БУДІВЕЛЬНОЇ МЕХАНІКИ

Коструб Р. В. аспірант

Український державний хіміко-технологічний університет

Широке використання металевих конструкцій в промисловості є однією з причин інтересу науковців до проблем пов'язаних з їх надійністю. Непередбачений вихід з ладу лише одного агрегату може повністю зупинити виробництво в кращому випадку або забрати життя людей в гіршому. Однією з причин руйнування може бути функціонування таких конструкцій в агресивному середовищі, що приводить до руйнування поверхневого шару металу, а це в свою чергу до повного руйнування всієї конструкції. Таким чином збільшення надійності сталевих конструкцій при одночасному зменшенні матеріалоемності є важливою науковою задачею.

Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є моделювання процесу накопичення пошкоджень в елементах конструкцій, отримання її довговічності та ремонт та/або заміна пошкоджених частин до їх виходу з ладу.

Для моделювання процесу накопичення пошкоджень пропонується використати модель Долинського [1], яка враховує залежність швидкості корозії від напруження в елементах конструкції. Для обчислення глибини пошкодження елемента потрібно розв'язати задачу Коші для системи диференціальних рівнянь. Після чого за допомогою методу скінченних елементів перерахувати параметри елементів. Конструкція вважається зруйнованою коли перестають виконуватись обмеження по стійкості або по міцності. Ці обмеження можна використати для розв'язання задачі оптимізації.

Отримання значення функції цілі та функцій обмежень потребують значного комп'ютерного часу який зростає зі збільшенням кількості елементів в системі, тому вибір алгоритму оптимізації має велике значення для зменшення часу розв'язання задачі.

Простір розв'язку накладає обмеження на вибір алгоритму. В цій роботі простір розв'язку представляє собою куб кожен шар (в вигляді таблиці) якого задає основні розміри одного з 4 фасонних профілів: швеллер, двутавр, кутник рівнополичний та кутник нерівнополичний. В кожному шарі записано 10 типорозмірів кожного профілю. В якості параметрів для оптимізаційного алгоритму використовуються індекси в цих таблицях, а це значить що простір розв'язку не метричний, тому використання алгоритмів для яких необхідна відстань між елементами неможливе.

В цій роботі пропонується порівняння двох алгоритмів: сліпого пошуку (СП) та генетичного алгоритму (ГА) для декількох конструкцій. Результати наведені в таблиці 1. Можна зробити висновок що генетичний алгоритм краще підходить для цієї задачі.

Таблиця 1

Результати чисельних експериментів

Конструкція	Кількість елементів	t, обчислення ГА с.	t, обчислення СП с.	t*, років
1	5	0,37	2,07	2,47
2	10	0,43	2,22	2,56
3	25	0,6	3,56	2,62
4	50	1,37	4,23	2,67
5	125	2,02	8,39	2,82

1. Долинский В. М. Изгиб тонких пластин, подверженных коррозионному износу //Динамика и прочность машин, Харьков. – 1975. – №. 21. – С. 16-19.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ АЛЬТЕРНАТИВ МЕТОДОМ ЗГОРТАННЯ НЕЧІТКИХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ПОШУКУ ГРАВЦІВ ДО СПОРТИВНИХ КЛУБІВ

Морока Д.Ю., Корнієнко С.К., к.т.н.

Запорізький національний технічний університет

Останнім часом стрімко зростає рівень комерціалізації та професіоналізації спортивної галузі, постійно вдосконалюються та розробляються нові моделі керування спортом та його фінансування. В наслідок цих процесів стає очевидним, що спорт потребує професійних кадрів.

Запропоновано методику на основі багатокритеріального вибору альтернатив методом згортання нечітких чисел для пошуку гравців до спортивних клубів.

Опис запропонованої методики.

Маємо n альтернатив, які можуть оцінюватися за m критеріями, тоді у якості прикладу розглянемо задачу вибору гравців до команди з п'яти претендентів: u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 . Претенденти оцінюються за наступними критеріями: g_1 - вік, g_2 - зріст, g_3 - позиція, g_4 - ігровий досвід, g_5 - забитих голів в середньому за гру. Тоді

$$g_i = \sum_{j=1}^n \frac{u_{g_i}(u_j)}{u_j \quad (l = \overline{1, m})}$$

Визначається лінгвістична змінна «оцінка» (альтернатив за критеріями) на наступних нечітких змінних «пог.», «зад.», «доб.», «відм.». Сукупність оцінок представляється у вигляді матриці розміром $m \times n$ [1]. Рівні значимості (ваги) критеріїв представлені у вигляді сукупності трикутних нечітких чисел:

$$\tilde{W} = \sum_{i=1}^m \frac{u_{w_i}(g_i)}{g_i}$$

Визначаються назви відповідних нечітких змінних: «несуттєвий», «не дуже важливий», «доволі важливий», «важливий», «дуже важливий», «надзвичайно важливий» (НС, НДВ, ДоВ, В, ДВ, НВ) [2]. Будуємо матрицю оцінок важливості:

$$\tilde{W} = \begin{pmatrix} \text{ДоВ} & \text{В} & \text{НДВ} & \text{ДВ} & \text{НВ} & \text{ДоВ} \\ g_1 & g_2 & g_3 & g_4 & g_5 & g_6 \end{pmatrix}$$

Тоді композиція $\tilde{D} = \tilde{W} \circ \tilde{G}$ знайдеться так:

$$\tilde{D} = \sum_{j=1}^n \frac{u_{D_j}(u_j)}{u_j} = \begin{pmatrix} 3.0 & 4.3 & 3.7 & 3.2 & 3.9 \\ u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \end{pmatrix}$$

Отримали $n=5$ нечітких трикутних чисел, які характеризують пріоритет вибору кожної з альтернатив.

Висновки. Розглянуто проблему підбору гравців та розроблено методику на основі багатокритеріального вибору альтернатив методом згортання нечітких чисел для пошуку гравців до спортивних клубів.

1. Алтунин, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин; Тюменский государственный университет. – Тюмень: ТГУ, 2000. – 352 с.

2. Павлов, А. Н., Принятие решений в условиях нечеткой информации. / А.Н. Павлов, Б.В.Соколов, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. – СПб: ГУАП, 2006 – 72 с.

МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРУЙНЫМ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Музыка Л.В., Прядко Н.С., д.т.н.

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ, Днепр, Украина

В горнорудной, металлургической, химической и других отраслях промышленности для помола рудных и нерудных полезных ископаемых применяется струйное измельчение. На сегодняшний день струйное измельчение является наиболее энергоемким видом измельчения. Поэтому повышение энергоэффективности данного процесса является актуальной задачей.

Вопросы выбора оптимального режима измельчения и управления процессом рассматривались давно. Вопросам повышения эффективности работы измельчительных агрегатов посвящены труды многих советских и зарубежных авторов: С.Е.Андреева, Б.А.Арефьева, И.Г. Гривмава, Д.К. Крюкова, А.Н. Марюты, В.А. Олевского, В.А. Петрова, О.Н. Тихонова, А.Е. Тропа, Г.А. Хаца, С.Ф. Шинкоренко, Б.П. Яшина, Д. Ватсона, А. Линча и многих других. В частности, для струйного измельчения управление процессом проводилось на базе анализа расходно-напорных характеристик пневмотранспортной сети или давлению в камере измельчения. Однако в этих случаях время запаздывания было слишком большим и максимум загрузки не удавалось удерживать.

Целью данной работы является синтез системы автоматического управления (САУ) струйной мельницы на основе экспериментальной модели объекта управления и результатов акустического мониторинга процесса.

Эффективность работы струйной измельчительной установки зависит от степени загрузки измельчительной камеры и циркуляционной системы в целом. Исходя из этого, не обходимо поддерживать оптимальный уровень заполнения помольной камеры. Зависимость производительности от степени заполнения носит экстремальный характер. Основной задачей САУ является поддержание загрузки в точке максимума производительности. Для этого необходимо управлять потоком исходного материала из бункера. Однако САУ должна следить за тем, чтобы система не пресекла точку максимума, т.к. есть риск ухода мельницы в завал. Для реализации данной САУ используется одноконтурная система управления силовым электроприводом, который в свою очередь управляет потоком материала с бункера. Сигнал обратной связи формируется при анализе сигнала с акустического датчика в камере измельчения. Уровень сигнала задания на заполнение измельчительной камеры зависит от материала, типа мельницы и определяется экспериментальным путем. Это связано с тем, что при одинаковом заполнении измельчительной камеры характеристики акустических сигналов зоны измельчения зависят от свойств материала измельчения и технологических параметров процесса.

Для учета особенностей струйного измельчения была разработана модель измельчительной установки на основе полученных ранее экспериментальных данных на измельчительной установке «УСИ-20» (ИТМ НАНУ и ГКАУ). Для описания процесса разгрузки материала из бункера при изменении площади его выходного отверстия была составлена модель бункера, как объекта управления. Модель объекта управления использует зависимость средней амплитуды сигнала от степени загрузки и производительности помольной камеры. Предложен оптимальный метод обработки акустических сигналов зоны измельчения средствами микроконтроллера. Разработанные модели позволят качественно улучшить управление процессом измельчения и создать систему автоматического управления струйной измельчительной установкой на основе результатов акустического мониторинга.

ПОЛИНОМИАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА АГЛОМЕРАЦИИ МАРГАНЦЕВОЙ РУДЫ

Мяновская Я.В. к.т.н., Бабенко А.В. к.т.н., Филиппов И.Ю. к.т.н., Анкудинов Р.В. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Марганец содержится почти, во всех марках стали и как легирующий элемент является одним из дешевых. При производстве стали, марганец применяют в виде двух сплавов ферромарганца и силикомарганца. Производство ферромарганца и силикомарганца включает следующую технологическую схему: добыча, обогащение, окускование и выплавку в рудотермических печах. В связи с ограниченностью запасов высококачественных марганцевых руд все большее значение приобретает использование бедных руд при производстве марганцевых сплавов. Поэтому широко внедряется различные методы обогащения, удаление фосфора и обескремнивание руд. Современные металлургические агрегаты приспособлены к потреблению кусковых материалов, и чтобы вовлечь в производство ферросплавов мелочь марганцевого сырья необходимо окусковывать одним из трех способов: агломерацией, окомкованием или брикетированием.

Агломераты были получены методом спекания на агломерационной установке НЗФ. В качестве агломерационного топлива использовалась коксовая мелочь крупностью 0-3 мм. Процесс спекания проходил интенсивно. В качестве возврата использовали мелочь агломерата предыдущего спекания крупностью 0-8 мм. В результате экспериментальных исследований установлено, что качество опытного агломерата в значительной степени зависит от количества известняка, топлива и мелочи концентрата 2-го сорта.

Для полиномиального описания агломерационного процесса воспользовались трёхфакторным планом Бокса – Бенкина (центральное композиционное ортогональное планирование второго порядка для трёхфакторного эксперимента). Нумерацию факторов выбирали следующую: содержание известняка – X_1 ; содержание твёрдого топлива – X_2 ; содержание концентрата 2-го сорта – X_3 . После составления матрицы, выбора натуральных значений факторов и значения параметров оптимизации реализовали все тринадцать опытов, обеспечив рандомизацию. Опыты, в которых параметры оптимизации (прочность агломерата на удар) имели максимальное и минимальное значение повторяли дважды. Также повторяли дважды опыт для нулевой точки.

Для установления неслучайности значений параметров оптимизации, проверили однородность дисперсий по критерию Кохрена. Для этого подсчитали дисперсии результатов повторных опытов и сравнили их максимальную дисперсию с их суммой $0,7367 < 0,9065 =$. Значение полученного критерия Кохрена меньше критического, значит однородность дисперсий доказана. Используя расчётный коэффициент T_i вычислим коэффициенты регрессии полинома

Значение T_i для плана Бокса-Бенкина (В-В ₃)									
T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
-	0,5	0,125	0,25	0,1875	0,25	1	0,35355	0,6615	0,5

Таким образом, зависимость прочностных характеристик (индекс на удар) марганцевого агломерата от содержания в шихте известняка, топлива и концентрата II сорта описывается полиномом:

$$И_{нУ} = 94,07 - 0,133125 \cdot x_1 + 1,415 \cdot x_2 - 0,5544 \cdot x_3 + 1,5525 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,35125 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,9 \cdot x_2 \cdot x_3 - 1,6694 \cdot x_1^2 - 1,8181 \cdot x_2^2 + 1,6981 \cdot x_3^2$$

Проверили адекватность полинома экспериментальным данным, для чего определяли значения дисперсии адекватности и опытной дисперсии. Рассчитали критерий Фишера. Модель адекватна, так как значение его меньше табличного

ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР СИСТЕМ КОГНИТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Поляков М.А., к.т.н.

Запорожский национальный технический университет

Под когнитивным управлением понимают использование в процессе управления высших форм знаний. В технические системы оно пришло из социальных систем, систем управления организациями как технология решения слабоструктурированных задач. Значимость для общества использования когнитивного управления в искусственных системах сравнивается со значимостью использования компьютера, что свидетельствует об актуальности исследований в этой области.

Различные формы знаний, которые используются в когнитивных системах управления, представлены моделью пирамиды: Сигнал-Данные-Информация-Знания-Понимание-Мудрость. Знания, этих типов (кроме сигналов), хранятся в системе управления (СУ) в соответствующих базах знаний и используются блоками СУ. В известной автору литературе не исследована трансформация знаний в когнитивных системах с иерархией управлений и функциональные структуры, обеспечивающие эту трансформацию. А также отсутствуют модели связывающие формы знаний и деятельности с элементами функциональной структуры. Отсутствие таких моделей усложняет проектирование СУ на основе использования высших форм знаний и деятельности и является нерешенной научно-технической задачей.

Целью настоящей работы является упрощение процесса проектирования когнитивных СУ на основе выделения и описания на теоретико-множественном уровне типовых элементов и структур.

Предложены системы когнитивного управления, которые имеют иерархическую структуру, основанную на пирамидах форм знаний и деятельности. Каждому слою в этих пирамидах соответствует форма управления: непосредственное, сигнальное, вычислительное, информационное, когнитивное, концептуальное и целевое. Множества форм знаний деятельности и управлений описывают систему управления на теоретико-множественном уровне.

Деятельности в системе когнитивного управления направлены на объект управления, элементы устройства управления (операционные и управляющие автоматы) и базы знаний различных форм. В основе функционирования когнитивных систем управления лежит принцип однородности знаний хранящихся в системе – знаний об объекте управления и управляющем устройстве. Следствием из этого принципа является возможность управления формами деятельности нижестоящих управляющих устройств. На уровне вычислительного управления принцип однородности знаний известен как принцип фон Неймана об однородности памяти компьютера.

Предложенные структуры систем когнитивного управления использованы при разработке структуры удаленной лаборатории по обучению проектированию систем управления разработанной в рамках международного проекта “Tempus” “ICo-op – Industrial Cooperation and Creative Engineering Education based on Remote Engineering and Virtual Instrumentation”, Grant No. 530278-TEMPUS-1-2012-1-DE-TEMPUS-JPHES [1,2].

1. M. Poliakov, T. Larionova, G. Tabunshchyk, A. Parkhomenko, K. Henke. Remote laboratory for teaching of control systems design as an integrated system// International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV2016, Madrid, Spain, February 24-26, 2016, pp. 333-340.
2. M. Poliakov, T. Larionova, G. Tabunshchyk, A. Parkhomenko and Karsten Henke. «Hybrid Models of Studied Objects Using Remote Laboratories for Teaching Design of Control Systems» in: International Journal of Online Engineering (iJOE), Vol.9(2016), Vienna, IAOE, pp. 7-13. <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v12i09.6128>

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ ОГРАНИЧЕННЫХ МАШИН БОЛЬЦМАНА

Пришляк М. Ю. аспирант, Субботин С. А. д.т.н., Олейник А. А. к.т.н.

Запорожский национальный технический университет, кафедра программных средств

В настоящее время существует множество систем распознавания. В большинстве из них применяются глубокие нейронные сети (НС). Они позволяют решать задачи классификации, извлечения и генерации данных.

Большинство современных моделей глубоких НС используют в своей основе ограниченную машину Больцмана (ОМБ) – неориентированную нейронную сеть, состоящую из двух слоев – видимого и скрытого, полностью соединенных между собой, причем соединения между узлами внутри слоев отсутствуют. ОМБ можно классифицировать по таким критериям:

– по типу переменных существуют обычные ОМБ, в которых используются бинарные переменные в видимых и скрытых узлах, и ОМБ Гаусса-Бернулли, в которых видимые узлы представлены действительными переменными, а скрытые — бинарными;

– по наличию или отсутствию дополнительных ограничений бывают условные ОМБ (в которых некоторые параметры функции энергии заменены на параметрические функции), машины Больцмана (разрешены связи внутри слоя) и другие.

Существуют следующие глубокие модели на базе ОМБ:

– глубокие сети доверия (ГСД). Это вероятностные генеративные модели, содержащие слои скрытых переменных, в которых каждый слой фиксирует зависимости в активности скрытых признаков уровнем ниже. Два верхних слоя ГСД формируют модель ОМБ, а нижние формируют ориентированную сигмоидальную сеть доверия. Сети этого типа могут использоваться в качестве дискриминативных либо генеративных моделей [1];

– глубокие машины Больцмана (ГМБ). Эти сети являются разновидностью Марковских случайных полей, в которых все связи между слоями являются неориентированными. Среди них существуют такие разновидности, как многомодальные ГМБ, представляющие собой объединенную модель из нескольких ГМБ [2] и ГМБ Гаусса-Бернулли, использующие за основу ОМБ Гаусса-Бернулли и применяемые в качестве генеративных моделей [3].

Результаты проведенного анализа показали, что:

– обучение моделей на базе ОМБ с Гауссовыми узлами может быть медленным в случае достаточно большой размерности входных данных;

– ГСД могут быть эффективно обучены с помощью большого количества непомеченных данных и подстроены используя обычный алгоритм обратного распространения;

– ГМБ не способны успешно решать задачу классификации без предварительного выполнения послойного жадного обучения, но могут работать с зашумленными данными;

– многомодальные ГМБ способны работать с одномодальными и неполными данными, но в некоторых случаях у них наблюдаются проблемы с решением задач классификации;

– ГМБ Гаусса-Бернулли применимы в качестве генеративной модели и не способны выполнять задачу классификации с достаточной точностью.

Обнаруженные проблемы существующих моделей глубоких НС на базе ОМБ обуславливают необходимость улучшения этих моделей и методов их обучения для повышения качества результатов при решении различных задач классификации.

1. Mo D. A survey on deep learning: one small step toward AI [Electronic resource] / D. Mo. – Access mode: <http://www.cs.unm.edu/~pdevineni/papers/Mo.pdf>

2. Salakhutdinov R. Learning Deep Generative Models / R. Salakhutdinov // Annual Review of Statistics and Its Application. – 2015. – Vol. 2. – P. 361–385.

3. Cho K. H. Gaussian-Bernoulli deep boltzmann machine / K. H. Cho, T. Raiko, A. Ilin // Neural Networks (IJCNN), The 2013 International Joint Conference : 4–9 August 2013 : proceedings. – Dallas : IEEE, 2013. P. 1–7.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Рожко В.С., Стовпченко И.В. ст.пр.

Национальная металлургическая академия Украины

В настоящее время нас окружает огромное количество различных музыкальных произведений, и часто услышав какую-либо мелодию довольно сложно отыскать ее в интернете. Таким образом, ставится задача распознавания музыкальных сигналов.

Алгоритм распознавания выглядит следующим образом: пользователь слышит музыку в окружающей обстановке [1]. Он связывается с нашим сервисом с помощью своего мобильного телефона и передает образцы до 15 секунд звука. Идентификация по образцу осуществляется на нашем сервере, затем название композиции и исполнитель отправляются обратно пользователю с помощью текстового SMS сообщения. Информация также доступна на веб-сайте, где пользователь может зарегистрироваться и войти в неё с помощью номера мобильного телефона и пароля. На веб-сайте или на смартфоне пользователь может посмотреть свой список отмеченных треков и купить компакт-диск. Пользователь может также скачать рингтон, соответствующий помеченному треку, если это возможно. Пользователь также может отправить 30-секундный кусочек песни другу. В ближайшем будущем могут стать доступными другие услуги, такие как приобретение загрузки MP3.

Записать семплированный звуковой сигнал – задача довольно простая. Современные звуковые карты содержат встроенные аналого-цифровые преобразователи. Поэтому достаточно выбрать язык программирования, найти подходящую библиотеку для работы со звуком, указать частоту дискретизации, выполнить дискретное преобразование Фурье, указать количество каналов (обычно – один или два, для монофонического и стереофонического звучания, соответственно), выбрать количество битов в одном семпле (например, часто используется 16 бит). Затем нужно открыть строку данных со звуковой карты, так же, как открывается любой входной поток, и записать его содержимое в байтовый массив [2].

В основе этого алгоритма лежит принцип «разделяй и властвуй». В основе этого алгоритма лежит принцип «разделяй и властвуй». В ходе вычислений используется рекурсивное разложение спомощью метода анализа Фурье для дискретных сигналов. С его помощью можно преобразовать конечный набор образцов сигнала, взятых с равными промежутками времени, в список коэффициентов конечной комбинации комплексных синусоид, упорядоченных по частоте, принимая во внимание, что эти синусоиды были дискретизированы с одной и той же частотой [3].

Основной принцип работы алгоритма, у каждого аудио-файла берётся "отпечаток", процесс, в котором извлекаются воспроизводимые маркеры хэша. Оба звуковых файла "в базе данных" и "образец" подвергаются одинаковому анализу. Отпечатки от неизвестного образца сравниваются с большим набором отпечатков, полученных из музыкальной базы данных. Кандидаты на соответствие впоследствии оцениваются на точное совпадение. Руководящими принципами для атрибутов для использования в качестве отпечатков являются такие, которые должны быть локализованы во времени. Основной подход к определению участка во времени предполагает, что каждый хэш отпечатка рассчитывается с использованием семплов звука вблизи соответствующей точки во времени и происходит само обнаружение хэша. Благодаря этому алгоритму можно использовать его во многих приложениях, а не только распознавания музыки с помощью мобильного телефона. Он также подходит для разметки на основе содержания и индексирования для библиотечных и архивных целей. [4].

1. Мясникова Е.Н. Объективное распознавание звуков речи
2. Михалёв А.И. Цифровая обработка данных: от Фурье к Wavelet. – Днепропетровск: "Системные технологии", 2007. – 200 с.
3. <https://habrahabr.ru/post/162657/>
4. http://dmilvdv.narod.ru/Translate/ISASA/isasa_introduction.html

ПРОЦЕДУРЫ КЛАССИФИКАЦИИ НЕДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ

Скалозуб В.В., д.т.н., Клименко И.В.

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

Многочисленные природные, технолого-экономические, финансовые и другие процессы в сложных системах являются недетерминированными, не имеют математических моделей, представляются временными последовательностями, рядами наблюдений различной природы, уровнями временных рядов (ВР). Моделям и методам реализации таких категорий задач посвящено большое количество исследований. Среди них выделим методы хаотической динамики, которые, в частности, используют расчеты константы Х. Херста (Harold Hurst) и др. При этом определяются глубинные свойства таких процессов – их случайность (С), трендостийкость (персистентность (П)), возвращение к среднему (антиперсистентность (А)). Эти свойства также позволяют обосновать адекватные математические методы оценки характеристик ВР и применения соответствующих процедур по реализации и интерпретации данных.

В докладе исследуются некоторые возможности усовершенствования процедур хаотической динамики, основанные на использовании оценок показателя Херста (Н-Н). Сущность и отличие постановок задач исследования заключается в следующем. В подавляющем числе работ анализ базовых свойств ВР заключается в оценке значений показателя Н-Н (<0.5 , $= 0.5$, > 0.5 и т.д.) и установлении класса (С / П / А), в выборе параметров модели Х. Херста ($a = 0.5$, $a = 3,1416 / 2$ др.). Вместе с этим для практики интерпретации и планирования процессов, представленных ВР, желательно установить их некоторые дополнительные характеристики, которые дают возможность также дифференцировать ВР, устанавливать обобщенные количественные показатели выделенных классов. В работе предлагается процедура обобщения уровней (ПОУВР) и преобразования исходного антиперсистентного ВР (АВР), предназначенная для анализа, классификации и планирования процессов для АВР, на основе константы Х. Херста..

Показано, что на основе процедуры ПОУАВР решаются ключевые вопросы.

1. Классификация антиперсистентных ВР.

2. Количественная интерпретация результатов классификации для оценки возможности прогнозирования параметров, анализа и планирования процес сов.

Для построения классификации АВР выполняется преобразование АВР путем обобщения (выравнивание) их рядом расположенных уровней. Согласно процедуры ПОУВР на основе исходного АВР формируется серия новых, $k = 2, 3, 4, 5 \dots$. В серии $ВР_i(k)$ параметр «к» указывает количество последовательно расположенных уровней ряда используемых для построения одного очередного уровня преобразованного ряда (как среднего значения уровней «к») на этапе анализа «i». На следующем «i + 1» этапе та же процедура применяется к новым образованным на предыдущих этапах $ВР_i(k)$. Построение серий $ВР_i(k)$ прекращается, если для некоторого «к» соответствующий $ВР_i(k)$ станет персистентным. Другой формой окончания процедуры ПОУВР является выполнение требования на этапе "i" $H(ВР_i(k)) > H^*$. Если условие остановки серии выполняется для нескольких обобщенных уровней «к», тогда считается АВР относится к классу с меньшим «к» (при близких значениях $H(ВР_i(k))$).

Показано что временные ряды серии $ВР_i(k)$ по-разному переходят в категорию персистентных, то есть обобщение их по «к» уровням позволяет выделить «классы АВР». Предложена формулировка «принципа неопределенности» хаотического ряда, который устанавливает возможность достоверного анализа и прогнозирования значения показателей только для определенного интервала «к», величина которого обусловлена свойствами АВР. При «к»=0 АВР остается антиперсистентным. В качестве иллюстрации представлены классы АВР ($k = 0, 1, 2, 5, 7$), полученные в сфере реализации грузовых железнодорожных перевозок.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА СЛУЖБЫ ИНТЕРНЕТ-ТЕЛЕФОНИИ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Снежко И.Е.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Системы связи на современном предприятии играют ключевую роль для повышения эффективности управления. Среди таких систем ведущая роль сегодня принадлежит телефонии, которая значительно изменилась за последнее время. Основным направлением развития стало внедрение IP-телефонии, что позволило значительно снизить затраты, повысить качество и расширить перечень предоставляемых услуг. Однако при этом существенно меняется характер трафика в компьютерной сети, что требует оценки возможности сети предприятия для получения заданного качества обслуживания. Учитывая сложность системы и разнообразие оборудования и программного обеспечения, для получения реальных результатов следует применять методы имитационного моделирования. Существующие модели компьютерных сетей не включают службу IP-телефонии, которая является системой реального времени и накладывает ограничения на максимальную задержку пакетов. Существует несколько пакетов программ для моделирования трафика и качества обслуживания в компьютерных сетях. В работе использована академическая версия пакета OPNET Modeler, которая отличается большим набором моделей реальных сетевых устройств, широкими возможностями по настройке параметров аппаратного и программного обеспечения.

Рассмотрена модель локальной сети небольшого предприятия, которая включает 3 площадки (рис. 1а). Сеть содержит рабочие станции, объединенные коммутаторами, а также серверы (файл-сервер, сервер базы данных), маршрутизатор, шлюз для подключения к телефонной проводной или мобильной сети. Следует учесть, что задержка пакетов по стандарту ITU G.714 не должна превышать 150 мс. Для настройки параметров модели проведена оценка отдельных характеристик на реальной сети. Пакет OPNET позволяет собирать детальную статистическую информацию о различных параметрах сети.

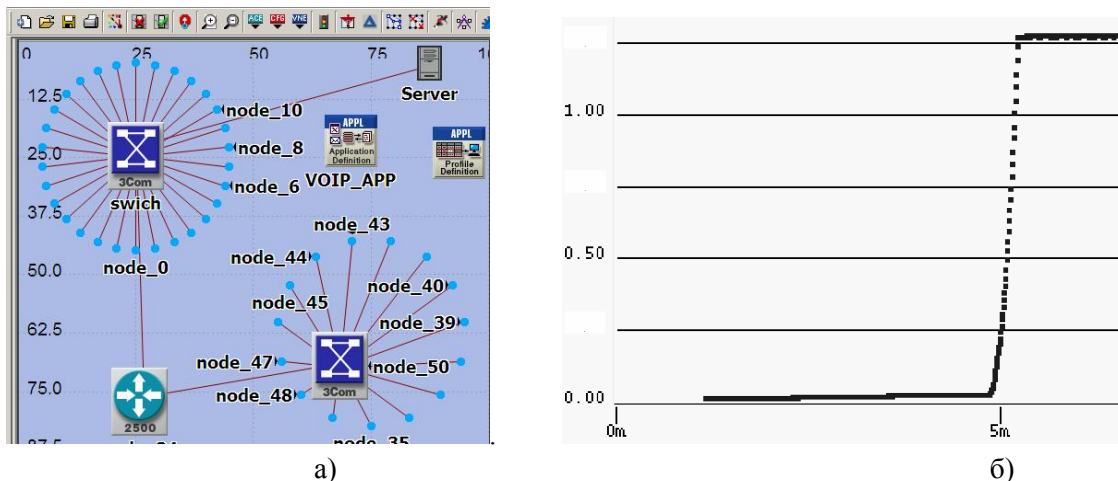


Рисунок 1 – Фрагмент локальной сети (а); график зависимости задержки пакетов от загрузки (б)

В результате имитационного моделирования установлены режимы работы оборудования, при котором сохраняется заданное качество обслуживания абонентов, а также пути развития системы. Модель позволяет также подобрать необходимые параметры сетевых устройств для обеспечения требуемой интенсивности абонентских вызовов. В дальнейшем предполагается добавить в модель более сложные виды Интернет-коммуникаций, такие как конференции с несколькими участниками или рассылки коротких сообщений. В рассмотренной модели максимальное количество одновременных разговоров определяется характеристиками системы в большей степени, чем задержками. В больших локальных или глобальных сетях влияние задержек пакетов может стать определяющим фактором.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖУ НА ОСНОВІ ОС CONTIKI

Сніжко Є.М. к.т.н., Тихомиров О.Є.

Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара

Бездротові сенсорні мережі (БСМ) широко використовуються для моніторингу розподілених систем в різних галузях наука і техніки (геофізика, екологія, гірнична справа, управління виробництвом тощо). Для ефективної роботи вузла БСМ на мікроконтролері (МК) застосовується, як правило, операційна система реального часу (ОС РЧ). Оптимальний вибір ОС РЧ з багатьох відомих, мікроконтролера та способу зв'язку дозволяє помітно підвищити час автономної роботи вузла за рахунок скорочення енерговитрат на саму передачу та на організацію мережі.

У роботі розглянуто використання економічного 16-розрядного мікроконтролера MSP430 зі модулем радіозв'язку CC2500, що працює в неліцензійному діапазоні 2400МГц. Радіомодуль має регульовану потужність передавача до +1дБм, чутливість приймача до -104дБм, забезпечує швидкість передачі від 2,5 до 500 кБод, підтримує декілька типів модуляції та може використовуватись у багатоканальних системах. Для побудови енергоефективних мереж використана ОС РЧ Contiki, в якій закладено набір функцій для забезпечення мультіпрограмної роботи. Для системи вже реалізовано повний стек Інтернет-протоколів та стек для роботи з радіо модулями, що дозволяє ефективно передавати повідомлення через найближчі вузли до отримувача. Шлях від передавача до отримувача формується спеціальним протоколом, що використовує нециклічний граф від поточної базової станції, а послідовність передач визначається спеціальним протоколом маршрутизацій для малопотужних вузлів, зв'язок з якими може зникати.

У роботі використовується лише стек протоколів для роботи радіо модулів, RIME. Це дозволило використати МК із дуже малим розміром постійної та оперативної пам'яті (2кБ та 0,5 кБ відповідно). Для аналізу поведінки системи застосовано пакет моделювання COOJA.

Протоколи радіозв'язку дозволяють організувати всі базові типи передач (точка-точка, масова). Надійність передачі забезпечується модулем визначеної передачі, який періодично перевіряє стан сусідніх вузлів та за потребою активує побудову нового шляху доставки. Протокол реалізований як набір маленьких програмних модулів, які додаються за потребою. Модулі, які реалізують багатокрокову передачу, не містять алгоритмів маршрутизації пакетів, тобто визначення напряму подальшої передачі до базової станції. Такі алгоритми реалізують більш високі рівні. Багатокрокові механізми передачі інформації дозволяють підвищити енергоефективність вузлів у зв'язку зі зменшенням потужності передавачів.

Модулі стека протоколів радіозв'язку

Одноточковий	Багатоточковий	Багатокроковий	Тип передачі
rusb	ribcb	nfb	Масовий
ruc	ribc	nf	Надійний
suc	sibc		Наполегливий
uc	ibc		Визначений передавач
	abc		Анонімний передавач

В результаті проведених досліджень встановлені режими роботи БСМ на основі МК MSP430G2553 з найвищою енергоефективністю, що дозволить продовжити час автономної роботи мережі. Оскільки цей МК має дуже обмежений розмір оперативної пам'яті, не всі варіанти роботи доступні. Але цей МК реалізує мікровоатний режим роботи (робочий струм 2мА на частоті 16 МГц, 0,1 мкА у сплячому режимі). Тому такий пристрій може стати основою БСМ з дуже тривалим часом автономної роботи.

1. Dunkels A., Rime - a lightweight layered communication stack for sensor networks. In Proceedings of the European Conference on Wireless Sensor Networks (EWSN), Delft, 2007
2. Dunkels A., Gronvall B., Voigt T. Contiki - A Lightweight and Flexible Operating System for Tiny Networked Sensors Proc. 29th Ann. IEEE Intern. Conf. on Local Computer Networks. 2004. P.455-462

СКОРОЧЕННЯ РОЗМІРНОСТІ ДАНИХ НА ОСНОВІ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ

Субботін С.О., д.т.н., професор

Запорізький національний технічний університет

При побудові моделей за прецедентами актуальною проблемою є скорочення розмірності навчальної вибірки. Цього можна досягти шляхом відбору найбільш інформативних ознак та виділення підвибірки меншого обсягу, що зберігає властивості вихідної вибірки. Отже, актуальним завданням є визначення показників, що характеризують властивості вибірок. У даній роботі пропонується використати для цього фрактальний аналіз даних. Відомі методи [1–3] не пов'язують фрактальну розмірність даних і моделей, синтезованих на їхній основі, що обмежує їхню ефективність. Тому пропонується об'єднати оцінювання фрактальної розмірності даних з навченою моделлю.

Етап ініціалізації. Задати навчальну вибірку прецедентів $\langle x, y \rangle$, метод синтезу моделі, критерій якості навчання моделі як функцію помилки E , а також максимально прийнятне значення помилки ε . Задати кількість параметрів моделі $w = NS$, де N – кількість ознак, а S – кількість екземплярів у вибірці.

Етап нормування вибірки. Якщо значення ознак ненормовані, то їх потрібно пронормувати, відобразивши на інтервал $[0, 1]$.

Етап формування й аналізу розбиття даних. Послідовно змінюючи значення кількості прямокутних гіперблоків $L = 2, \dots, S$: визначити довжину інтервалу ознак $l=1/L$; квантувати ознаки вибірки, розбивши діапазони їхніх значень на L інтервалів; визначити $n(l)$ – кількість гіперблоків зі стороною розміром l , що покривають вибірку в просторі N ознак; побудувати діагностичну модель $net(w)$ за допомогою заданого методу, мінімізуючи функцію помилки E до досягнення прийнятного рівня ε ; оцінити помилку E побудованої моделі net .

Етап мінімізації складності моделі. Знайти мінімальне l при якому точність побудованої моделі $net(w)$ є прийнятною. Послідовно змінюючи значення $w = 1, \dots, NS$ побудувати модель $net(w)$ за допомогою заданого методу, мінімізуючи функцію помилки E до досягнення прийнятного рівня ε ;

Для всіх w , для яких помилка моделі є прийнятною, визначити фрактальну розмірність даних щодо точності (помилки) синтезованої моделі при поточному w :

$D_{net(w)} = \left\{ \log(n(l)) / \log(l^{-1}) \mid E(net(w)) \leq \varepsilon \right\}$. Для $D_{net(w)} > 0$ визначити таке мінімальне w , при якому при мінімальному L помилка моделі E буде прийнятною:
 $D_{net^*} = \left\{ D_{net(w)} / \log(w^{-1}) \mid E(net(w)) \leq \varepsilon \right\}$.

Запропонований метод визначення фрактальної розмірності вибірки оперує прямокутними блоками однакового розміру, покриваючи ними простір ознак: і враховує характеристики (помилку і складність синтезованої моделі).

Розроблений метод реалізовано програмно і досліджено при вирішенні задач класифікації. Проведені експерименти підтвердили працездатність запропонованого математичного забезпечення і дозволяють рекомендувати його для використання на практиці при вирішенні задач діагностування й автоматичної класифікації за ознаками.

Перспективи подальших досліджень можуть полягати в створенні послідовних методів розрахунку комплексу запропонованих показників, оптимізації їхніх програмних реалізацій, а також експериментальному дослідженні запропонованих показників на більшому комплексі практичних задач різної природи і розмірності.

1. Roberts A. Unbiased estimation of multi-fractal dimensions of finite data sets / A. Roberts, A. Cronin // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 1996. – Vol. 233, № 3-4. — P. 867-878.
2. Signal attenuation and box-counting fractal analysis of optical coherence tomography images of arterial tissue / [D. P. Popescu, C. Flueraru, Y. Mao, S. Chang, M. G. Sowa // Biomedical Optics Express. – 2010. – Vol. 1, № 1. – P. 268–277.
3. Crişan D. A. Fractal dimension spectrum as an indicator for training neural networks / D. A. Crişan, R. Dobrescu // Universitatea Politehnica Bucuresti Sci. Bull. Series C. – 2007. – Vol. 69, а 1. – P. 23–32.

СТРУКТУРНЫЙ ПОДХОД В АНАЛИЗЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Царик В.Ю., Михалёв А.И. д.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Как известно, под временным рядом понимается ряд наблюдаемых значений изучаемого показателя, расположенных в хронологическом порядке или в порядке возрастания времени. Вместе с тем, отдельно взятый временной ряд можно представить как выборочную совокупность из бесконечного ряда значений показателей во времени [1]. При этом важно отметить, что временными рядами описывается чрезвычайно широкий круг явлений: изменение курса акций, солнечной активности, различных характеристик технологических процессов, звуковые либо любого другого вида сигналы и т.д.

Существуют две основные цели анализа временных рядов: определение природы ряда и прогнозирование (предсказание будущих значений временного ряда по настоящим и прошлым значениям). Обе эти цели требуют, чтобы модель ряда была идентифицирована и, более или менее, формально описана. Как только модель определена, то с ее помощью можно интерпретировать или прогнозировать рассматриваемые данные.

Для формализации временного ряда предлагается использовать функциональный подход. Основной идеей этого подхода является представление временного ряда одной функцией от времени. Время может быть непрерывным или дискретным, в физическом его смысле или в смысле шага моделирования, значением функции могут быть звучащие в данный момент ноты или любая другая многомерная или одномерная величина[2].

Покажем применение функционального подхода на примере звукового сигнала (музыкальной функции) мелодического ряда. При этом зададим музыкальную функцию в виде таблично-заданной дискретной функции времени, возвращающей вектор, каждый элемент которого соответствует ноте, звучащей в заданный момент времени. Для улучшения структурированности описания сигнала введем несколько показателей: высота звука (p), временной интервал звучания (m) и голос (v). Здесь $p(n) \in N$, где $n \in \{0, n_{max}\}$ – значение высоты тона, n_{max} – количество тонов различной высоты, которые способен воспроизвести музыкальный инструмент; $m(t, start, len)$ – функция временной маски, принимающая значение 1 в случае $start \leq t < start+len$ и 0 – в остальных случаях; $v(n)$ – функция полифонии, определяющая номер голоса. Введя такие обозначения, становится возможным функционально записать мелодию. В то же время, чтобы структурировать такую запись можно ввести следующие функции: функция тональности, музыкальные интервалы, аккорды и другие. Функциональная запись способна отобразить структуру произведения с любым уровнем детализации в терминах, используемых в музыковедении. Результатом такого подхода будет соответствующая функциональная схема, фактически реализующая декомпозицию произведения в функциональном базисе.

Предлагаемый функциональный подход возможно использовать не только для анализа музыкальных произведений, а и для любых других временных рядов. Это позволяет выявить структурные составляющие исследуемых сигналов, закономерности в их изменении и спрогнозировать их дальнейшее поведение [3].

В настоящее время на основе функционального подхода разработан алгоритм обработки звукового сигнала мелодического ряда. Алгоритм позволяет переводить сигнал в таблично-заданную дискретную функцию времени, что делает возможным дальнейший анализ музыкального произведения и его возможные вариации в заданном функциональном базисе.

1. Бриллинджер Д. Временные ряды. Обработка данных и теория. – М.: Мир, 1980.
2. Кузнецов А.Н., Пышкин Е.В. Функциональное представление музыки и подходы к структурному синтезу. – СПб: Изд.-во политехнического университета, 2012.
3. Михалёв А.И. Цифровая обработка данных: от Фурье к Wavelet. – Днепропетровск: "Системные технологии", 2007. – 200 с.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В КОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Шинковская И.Л. ст. преп., Лазарева Е.Д. аспирант
НМемАУ

Процессы принятия решений в организации, согласно [1], базируются на балансе трех элементов: логики, интуиции и опыта. Реализация функций управления (планирование, организация, мотивация, контроль) на практике осуществляется с помощью разработки управленческого решения, что составляет основное содержание деятельности менеджеров любых уровней в организации.

Суть понятия «принятие решений» состоит в компромиссе при выборе альтернатив. Принимая решение, необходимо оценивать значимость каждой альтернативы, включая экономические, технологические составляющие, научную и техническую целесообразность, а также социально-человеческие факторы.

Для принятия современных эффективных управленческих решений необходимо располагать информацией о характере происходящих процессов и параметрах соответствующих объектов управления. Управляющие решения должны основываться на достоверной текущей и прогнозируемой информации, анализе всех факторов, оказывающих влияние на решение, с учетом предвидения их возможных последствий.

Выполнение управленческих функций, взаимодействие между индивидами и социальными группами осуществляется посредством коммуникаций и обмена информацией.

Концептуальная модель состоит из следующих взаимосвязанных блоков:

- сбор и фильтрация информации;
- диагностика проблемы;
- выбор методов;
- оценка альтернатив;
- принятие решений;
- реализация управленческого решения;
- контроль за выполнением решения.

Для корректировки блоков в концептуальной модели представлены адаптеры, обеспечивающие обратную связь между блоками. Обеспечение обратной связи в модели для корректировки управленческого решения осуществляется с помощью процесса внутренней и внешней коммуникации, эффективных информационных потоков, координации, что позволяет своевременно реагировать на изменения внешней и внутренней среды.

В рамках рассматриваемой модели оцениваются возможности организации (как экономические, так и технологические), продукты, рынки, состояние конкурентоспособности потребителей, стратегические направления деятельности и определяются целевые показатели эффективной деятельности при рациональном использовании ресурсов. Контроль дает возможности сравнивать фактические результаты с целевыми и, в случае несоответствия, выполнять корректирующие мероприятия.

Во время разработки управленческих решений в рамках концептуальной модели используются апробированные практикой методы, основанные на математическом моделировании и психологических приемах работы [2].

Разработанная концептуальная модель позволяет системно подходить к проблеме принятия решений и повышать эффективность работы персонала организации.

1. Дерлоу Дес. Ключові управлінські рішення. Технологія прийняття рішень: посіб. /Дерлоу Дес. – К.: Всесвіт, Наукова думка, 2001.- 242 с.

2. Завалкевич Л. Принятие решений: Психологические аспекты оптимизации / Л.Завалкевич// Антикризисный менеджмент.- 2003.- №9.-С.14-18.

СЕКЦІЯ 6

**ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА
ОРГАНІЗАЦІЯ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА**

ЙМОВІРНІСНЕ ПРОГРАМУВАННЯ ЯК НОВІТНЯ ПАРАДИГМА ПРОГРАМУВАННЯ

Баклан І.В. к.т.н., Василенко В.Г., Ширій В.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сьогоднішній день стає поширеним застосування ймовірнісних моделей, які використовуються для створення сучасного штучного інтелекту, у прикладній статистиці чи в когнітивній науці. Це пояснюється тим, що вони пов'язані з роботою над ймовірностями та їх ймовірнісними висновками [1]. Однак, ймовірнісні моделі мають тенденцію до збільшення їхньої складності. Тому потрібно створювати нові інструменти для забезпечення нового комплексного підходу до ймовірнісного представлення моделей. І саме ймовірнісні мови програмування це забезпечують. Мови дозволяють створювати засоби для опису складних ймовірнісних розподілів та реалізують виконання ефективного ймовірнісного висновку для довільної комп'ютерної програми.

Ймовірнісні мови програмування, в їх простій формі, розширюють добре відомі детерміновані мови програмування з примітивними конструкціями для випадкового вибору (random choice) [2]. Проте з часом, відбулося створення нових інструментів для ймовірнісного виводу та зародження нових складніших ймовірнісних моделюючих програм. Наявність великої кількості ймовірнісних мов програмування змусило прийти до думки, що існує певна парадигма програмування, так зване, ймовірнісне програмування.

На Рис.1 зображено «Систематику парадигм програмування», яка дає змогу виділити всі основні програмні парадигми [3]. Оскільки, програмна парадигма являє собою підхід до програмування на основі математичної теорії або послідовного набору принципів. Кожна з парадигм підтримує ряд понять, яка робить її кращою для вирішення певного виду проблем. Наприклад, об'єктно-орієнтоване програмування (ООП) є найкращим для вирішення проблем з великою кількістю пов'язаних з абстракцією даних, що організовані в ієрархії, а логічне програмування – для перетворення або управління над складними символічними структурами відповідно до логічних правил.

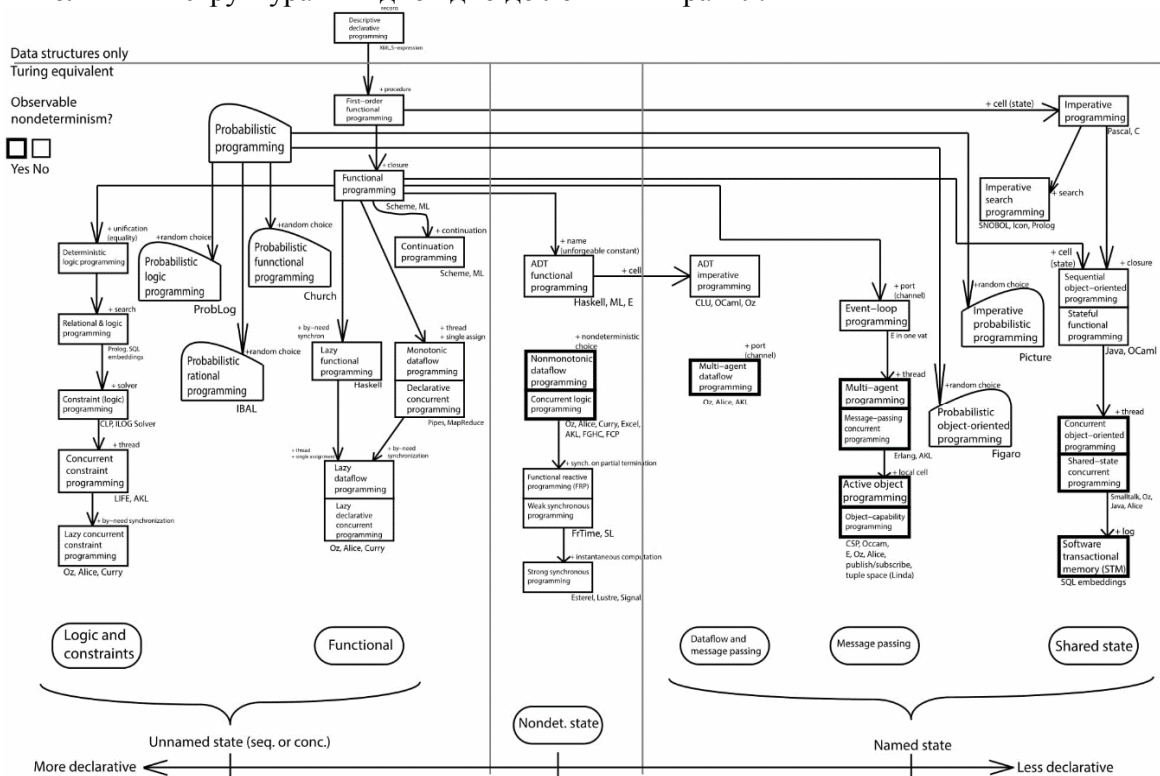


Рисунок 1 – Класифікація парадигм програмування

В порівнянні з Рисунком, що наведений в [3], ми виділили ймовірнісне програмування як новітню парадигму програмування. Цю парадигму програмування

можливо розділити на п'ять інших парадигм, які розширюють основне ймовірнісне програмування. А саме: ймовірнісне логічне, функціональне ймовірнісне, раціональне ймовірнісне, імперативне ймовірнісне та об'єктно-орієнтоване ймовірнісне. Особливості кожної з цих парадигм відображаються у відповідній програмній мові.

Звісно, з плином часу та впровадженням ймовірнісного програмування, потрібно буде розвивати та розширювати область поширення даної парадигми програмування. Автори планують реалізувати самостійну ймовірнісну мову – ProPL, модель інтерпретатора якого буде реалізована в сучасній версії ANSI Common Lisp [4].

1. Баклан І.В., Василенко В.Г., Ширій В.В., Сучасні засоби ймовірнісного програмування // Матеріали III Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами», 23 листопада 2016 р. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2016 р. – 286 с. – Режим доступу: <http://nuft.edu.ua/page/view/konferentsii>
2. Goodman N. D. The principles and practice of probabilistic programming //ACM SIGPLAN Notices. – 2013. – Т. 48. – №. 1. – С. 399-402.
3. Van Roy P. et al. Programming paradigms for dummies: What every programmer should know //New computational paradigms for computer music. – 2009. – Т. 104.
4. Грэм П. ANSI Common Lisp. – СПб.: Символ-Плюс, 2012. – 448 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОГО ПОШУКУ ЗВУКОВОГО ФРАГМЕНТА В АУДІО-ФАЙЛІ

Баклан І.В. к.т.н., Шемседінов Т.Г., Бланк О.І., Дзюба В.В., Нечай Д.О.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

У доповіді наведені підходи до моделювання процесу пошуку звукового фрагменту в аудіо-файлі. Приведена математична постановка задачі та шляхи її вирішення із застосуванням ШПФ (швидкого перетворення Фур'є) для отримання частотної матриці. Показано, як реалізувати інформаційний пошук звукового файлу з використанням функціональної мови програмування Hasquell [1].

Класичні підходи до цієї проблеми за звичай використовують достатньо громіздкі та ресурсозатратні алгоритми. Перед розробниками стояло завдання створити комплекс обчислювальних засобів для організації швидкого пошуку звукового фрагменту в достатньо об'ємному аудіо-файлі.

В останні роки особливий інтерес в сфері телебачення і медіа набувають так звані second-screen рішення, які покликані забезпечити новий рівень інтерактивного зв'язку телеглядача з телевізійним контентом. Однак, реалізація цих рішень представляє значну складність з огляду на те, що включає кілька технологічних компонентів, що представляють своєрідний технологічний бар'єр для широкої реалізації second-screen рішень в сфері ТБ і медіа.

Одним з таких бар'єрів є синхронізація користувацьких пристроїв з аудіо- та відеопотоком, який транслюється на телебачення і радіо. Оскільки трансляція контенту відбувається по декількох каналах, синхронизований в часі, а реалізація інтерактивної взаємодії за допомогою мобільних пристроїв (second screen) вимагає, щоб події в мобільному пристрої збігалися з трансляцією конкретної передачі або шоу, то вирішення проблеми синхронізації представляло значну проблему до недавнього часу.

Вирішенням цієї проблеми і було обумовлено дане дослідження і пошук рішення в області синхронізації, яке мало б компактністю (можливість економити ресурси мобільних пристроїв), точністю і швидкістю розпізнавання аудіоконтенту.

Мета розробки даного рішення - розпізнавання аудіоконтента для синхронізації мобільних пристроїв користувачів під час трансляції.

Існує багато реалізацій цієї задачі: ACRCLOUD[2], echoprint[3], panako[4]. Всі вони базуються на принципі будівництва відбитків - "fingerprint". Найбільш поширений підхід до цієї задачі - це перехід від амплітудного представлення до частотного, за допомогою перетворення Фур'є, потім фільтрування зайвої інформації, після цього по отриманим даним будують відбитки, що потім порівнюються.

Найбільшими недоліками існуючих реалізацій - є закритий код, складна архітектура, недостатня швидкість та точність розпізнавання. Разом ці недоліки роблять продукт непридатним до використання, адже кінцевий споживач не має можливості додати або покращити функціонал.

В основу роботи алгоритма покладене лінгвістичне моделювання аудіо інформації за музичними інтервалами[5].

В результаті будемо отримувати наступну матрицю частот

$$\begin{pmatrix} t_1 f_1^1 f_2^1 \dots f_i^1 \dots f_n^1 \\ t_2 f_1^2 f_2^2 \dots f_i^2 \dots f_n^2 \\ \vdots \\ t_j f_1^j f_2^j \dots f_i^j \dots f_n^j \\ \vdots \\ t_m f_1^m f_2^m \dots f_i^m \dots f_n^m \end{pmatrix}$$

де t_1 - це момент часу під час дискретизації аудіо-файлу. Враховуючи те, що відстань між моментами часу буде постійною, то цим стовчиком даних можна знехтувати; $f_i^j = 1$, якщо

в момент часу t_i була присутня частота f_i . В противному випадку елемент матриці буде дорівнювати 0.

Легко бачити, що матриця частот є багатомірним часовим рядом.

Вибір функціональної мови програмування був зумовлений особливостями Haskell, які використовуються при роботі зі звуком: 1) абстрагування різних частин алгоритму таким чином, щоб кожна частина могла бути з мінімальними змінами в коді; 2) використання синтаксису Haskell у файлах конфігурації для динамічної зміни стратегій алгоритму без додаткової компіляції; 3) наявність бібліотеки conduit; 4) do-нотація для зручної роботи з монадами.

Отримані під час моделювання результати будуть використані при розробці широкого спектру мобільних рішень, як для синхронізації користувацьких пристроїв, за допомогою яких глядач реалізує інтерактивну взаємодію з телевізійним шоу або медіа-контентом, так і при створенні рішень, які застосовуються при пошуку і виявленні «піратського» контенту, або рішеннях, які допомагають користувачеві за звуковим фрагментом отримувати різноманітну додаткову інформацію як про контент, так і про джерело звуку.

1. Alejandro Serrano Mena. Beginning Haskell: A Project-Base Approach. – APRESS, 2014. – 402 p.
2. "Automated Content Recognition creating content aware ecosystems" (PDF). Csimagazine. Civolution. Retrieved 24 June 2015. - <http://www.csimagazine.com/csi/whitepapers/ACR%20Creating%20%20content-aware%20ecosystems%20-Civolution%20White%20Paper%20-%20Sept%202012.pdf>
3. Daniel P.W. Ellis, Brian Whitman, Alastair Porter. ECHOPRINT - AN OPEN MUSIC IDENTIFICATION SERVICE. - International Society for Music Information Retrieval, 2011.
4. Six Joren, Marc Leman. "Panako – A Scalable Acoustic Fingerprinting System Handling Time-Scale and Pitch Modification", 15th International Society for Music Information Retrieval Conference, 2014.
5. Гончаров О.А., Баклан І.В. СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ МЕЛОДІЇ ЗА ЗАПИСОМ НА МОБІЛЬНОМУ ТЕЛЕФОНІ // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики / Під ред. В.В. Марасанова та ін. – Херсон: ХНТУ, 2016. – С.43-46.

MODELS OF PARALLEL COMPUTATION OF DYNAMIC SYSTEMS

¹Ivaschenko V.P. d. of t.s., ¹Shvachykh G.G. d. of t.s., ²Semenov S.G. d. of t.s.

¹ *National Metallurgical Academy of Ukraine,*

² *National technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

Creation of parallel computing systems has required elaboration of the mathematical concept for parallel algorithm development, i.e., algorithms adapted for implementation on such systems. The work is dedicated to the construction of numerical-analytical method of designing efficient algorithms for solution of problems in economics and engineering. Using a priori information about the smoothness of the solution, great attention is paid to the construction of high-accuracy solutions. At the same time, an important feature for the solution of given class problems is their high computational complexity. Therefore, the effective research of these tasks can be carried out only on the basis of multiprocessor systems.

We note that the determined class of tasks, as a rule, is described by differential equations and is solved through the application of difference schemes apparatus, which entity is in implemented replacement of derivatives by difference by relations. Thus from standpoint of numerical algorithms the solving of differential equations is distributed on explicit and implicit schemes. In the explicit scheme the value of the unknown function is determined successively layer by layer. In this connection, this approach cannot be used for parallel computing. The implicit schemes allow to conduct calculations with a big step without a significant loss in accuracy, but such an approach requires larger computation. Given analysis shows that the methods of solving tasks of this class should be not only diverse but also to combine quantitative estimates with analysis capabilities. At present, were outlined certain trends in the development of numerical and analytical methods with a complex logical structure, but in comparison with piecewise-difference methods they have higher order of accuracy and the possibility of constructing algorithms with adaptation for orders of approximation. In terms of calculating this approach is a cumbersome, but it shows a kind of standard for comparison with other practices. At the same time despite the fact that the computer experiment is carried out on a multiprocessor system, it could be argued that the fact that hindered the development of numerical and analytical approach, is now losing its relevance.

In this paper, for computational experiments were used so-called "blade" server solutions for multiprocessor systems. On the basis of IB network technologies implemented "blade" server solution multiprocessor system has been realized at which several similar modules are installed in the same housing. Thus, it can be argued that to date fundamental problems of potentially infinite peak increase performance for computers disappeared. But the really serious problem is how to use this enormous potential. In this paper, the possibility of constructing the maximum parallel computing algorithms for the problems of techniques and economics is shown.

The developed procedure of numerical-analytical digitization is quite simple generalized to other types of differential equations of mathematical physics. In particular, in stationary tasks it is easier to localize the features and to use the high-order schemes at smooth areas.

In this work efficiency for parallelization of dynamical systems, for solving the problem in terms of economics and technique is shown. Particular attention is paid to the numerically-analytical methods of solving tasks. Higher acceleration of computations compared with the finite-difference approach is explained through the use of analytical solutions that allow to perform calculations simultaneously and in parallel on all temporary layers without the using combined memory. This approach excludes the recurrent structure for unknown vectors' calculating which, as a rule, leads to the accumulation of rounding errors. Thus constructed parallel form of the algorithm is maximal and, hence, has the lowest possible time implementation of the algorithm on parallel computing systems.

339.137.24

ОЦІНЮВАННЯ ЗАДОВОЛЕНOSTІ СПОЖИВАЧІВ ПРОДУКЦІЇ

Коваленко І.В., Кійко В.В.

Державний вищий навчальний заклад «НГУ», Дніпро

На сьогодні на багатьох підприємствах вже впроваджено систему менеджменту якості, яка відповідає вимогам ISO 9001:2015, який фокусується на зниженні ризиків та застосуванні процесного підходу до задоволення вимог споживача [1]. Розуміння сподівань споживача виходить на перший план.

Існують різні підходи до оцінювання задоволення вимог споживача. Підприємству необхідно визначити найбільш придатні саме для його потреб методи збору інформації від споживачів та розробити методики обробки і аналізу отриманих даних для поліпшення процесів своєї діяльності. Підприємства-виробники використовують анкетування споживачів. Важливим тут є правильне розставлення пріоритетів та підбір питань. Великі підприємства-споживачі розробляють власні анкети для виявлення задоволеності/незадоволеності свого персоналу тією чи іншою продукцією (послугою). Надалі потрібно запити споживачів трансформувати в нормативні характеристики продукції.

Підприємство оцінює характеристики продукції шляхом проведення відповідного анкетування за характеристики продукції, вказаними в [2]. Далі визначаємо ранги важливості цих характеристик методом аналізу ієрархій (МАІ) на основі попарного порівняння факторів [3]. Для попарного порівняння факторів запропонована спеціальна оціночна шкала, що складається з чотирьох основних і двох проміжних суджень. Результатом є матриця парних порівнянь, власний вектор матриці і вектор пріоритетів, на який накладається критерій якості роботи експерта - індекс узгодженості (IU), що в цілому формує ранги важливості характеристик продукції і визначає бажання споживачів, що їх найбільше цікавлять.

За отриманими даними можна сказати, на що споживачі звертають найбільшу увагу і які характеристики або менше цікавлять споживачів, або вони їх задовольняють, тому при заповнюванні анкети на них не звертається увага.

Так як продукція повинна відповідати нормативним характеристикам, оцінюємо їхній вплив на бажані характеристики споживачів.

Знаходимо абсолютну і відносну важливість нормативних характеристик продукції. Ці показники є одними з головних показників для визначення пріоритету діяльності інженерно-технічного персоналу підприємства.

Отримані дані мають вплив на процеси системи менеджменту якості: орієнтація на споживача, планування, процеси, пов'язані зі споживачем, проектування і розробка, покращення і є підґрунтям для прийняття управляючих рішень керівництвом підприємства.

1. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT) [Текст]. – Введ. 2016. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016, 22 с.
2. ДСТУ EN 149:2003. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Фільтрувальні півмаски для захисту від аерозолів. Вимоги, випробування, маркування (EN 149:2001, IDT) [Текст]. – Введ. 2004. – К.: Держспоживстандарт України, 2004, 26 с.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст]// Т.Саати. М.:Радио и связь, 1993. 278 с.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДУВКИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КОНСТРУКЦИИ ФУРМЫ

Лю Джи Чанг, Лю Тяньи, Величко А.Г.

Национальная металлургическая академия Украины

В условиях работы кислородных конвертеров завода Chengde Steel (КНР) проблемы с наведением шлака ограничивали возможности получения качественной стали. Для решения задачи предложено заменить штатную 5 сопловую кислородно-конвертерную фурму с центральным подводом кислорода на сопловую с центральным подводом воды (рис. 1).

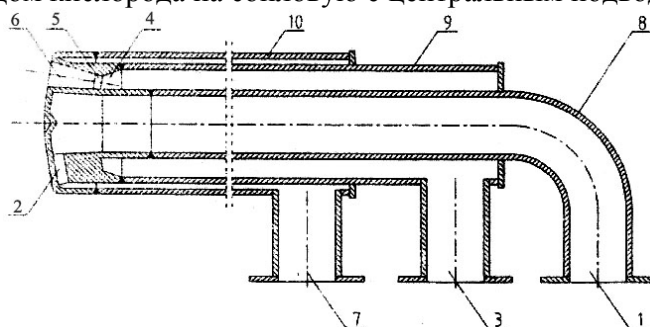


Рисунок 1 – Конструкция кислородно-конвертерной фурмы с центральным подводом воды
(1 - подвод воды, 2 – канал охлаждения наконечника фурмы, 3- подвод кислорода, 4 - сужающаяся часть сопла Лавалья, 5 – критическое сечение сопла Лавалья, 6 - расширяющаяся часть сопла Лавалья, 7 - отвод воды, 8 - центральная труба, 9 - промежуточная (разделительная) труба, 10 - наружная труба)

В этом случае охлаждающая вода по центральной трубе 8 подается в наконечник кислородной фурмы, омывает поверхность наконечника и по каналам между соплами 2 отводится в кольцевую щель, образованную промежуточной и наружной трубами и далее 7. Кислород подается по кольцу, образованному центральной 8 и промежуточной 9 трубами. В наконечнике фурмы по кислородному кольцу можно расположить 6 сопел (или даже 7 или 8). Для 6-ти соплового наконечника предложено три сопла расположить под углом 15° к вертикали и три сопла под углом 12° . Увеличение числа сопел в наконечнике фурмы, как правило, сопровождается повышением окисленности шлака. При применении 6 сопловой фурмы содержание железа в шлаке уменьшается. Последнее достигается тем, что центральный подвод воды улучшал охлаждение наконечника и позволил в основной период продувки снижать положение фурмы над уровнем ванны.

Подача охлаждающей воды по центральной трубе улучшила условия охлаждения наконечника фурмы, что позволило существенно повысить его стойкость, в среднем, до 677 плавов против 392 плавов на 5 - сопловой фурме с центральным подводом кислорода.

Повышению стойкости конвертерной фурмы способствовала конусность нижней части фурмы, которая выполнялась на участке длиной до 6 м от наконечника фурмы. Наличие конусности приводило к самоочищению поверхности наружной трубы фурмы от налипших капель металла и шлака.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НЕДОСТУПНЫХ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Малайчук В.П., Клименко С.В., Кудреватых А.Т.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Рассматривается задача обработки цифровых изображений поверхностей технических объектов, недоступных для визуального наблюдения операторами неразрушающего контроля. Под цифровыми изображениями далее понимаются матрицы измеренных показателей яркости поверхности технического объекта. Измерения матриц – это случайные величины с неизвестными статистически закономерностями, при условии отсутствия эталонных цифровых изображений.

Предложено решение задачи исследования цифровых изображений недоступных для наблюдения поверхностей технических объектов неразрушающего контроля путем сжатия матрицы измерений цифрового изображения и разделение ее на три матрицы: первая – медленно изменяющиеся измерения, и вторая и третья характеризующиеся высокочастотными измерениями (флуктуациями). Их статистические обработки позволяют выделить текстуру путем визуально-аналитического анализа гистограммных показателей средних значений дисперсий и ковариаций. Для сжатия используется метод сканирования скачкообразным подвижным окном или метод суммарно-разностного преобразования. Полученные матрицы обрабатываются путем сравнительного анализа гистограммных выборок их строк и столбцов, и оценки их однородности с использованием критерия хи-квадрат. Проверяется гипотеза об идентичности статистических закономерностях измерений строк и столбцов матриц, а также определение тех, которые не удовлетворяют этим требованиям. Таким образом, в условиях отсутствия эталонных цифровых изображений технических объектов неразрушающего контроля, путем сканирования и сжатия матриц скачкообразным подвижным окном и последующей сравнительной обработки гистограмм строк и столбцов выделяются текстуры цифровых изображений, используя критерий хи-квадрат.

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ВИЗУАЛЬНО НЕДОСТУПНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Манько Т.А. д.т.н., профессор, Гусарова И.А. к.т.н., Козис К.В.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» имени М.К. Янгеля»

Измерения цифровых изображений технических объектов, содержащие информацию об их состоянии и качестве, представляют собой матрицы цифровых показателей яркости. Цифровое изображение состоит из конечного числа элементов. Каждый из них расположен в конкретном месте исследования поверхности теплозащитного покрытия. В прямоугольной системе координат центру каждого такого элемента присваивается номер - два числа i и j . Если в этой точке (центре) яркость равна S , то $S(i, j)$, $i=1,2,3 \dots n_1$, $j=1,2,3 \dots n_2$ - это матрица измерений яркостей изображений (серости поверхности от белого до черного), или интенсивность отражения электромагнитного сигнала от поверхности в точке координат (i, j) .

Исследование цифровых изображений начинается с понимания их как зрительных образов. Эти образы хотя и носят субъективный характер, но позволяет различать малую, среднюю и большую интенсивность яркости, очертить их границы и линии контуров. Таким образом, можно выделять из множества цифровых изображений похожие друг на друга, то есть их классифицировать, например, выделять «нормальные» и «аномальные» по тем или иным признакам.

Рассматриваемые изображения создаются электромагнитным излучением в видимом спектре. Видимые цифровые изображения технических объектов содержат свою информацию об их состоянии и качестве. Располагая цифровыми изображениями множества участков поверхности контролируемого изделия, их можно сравнивать и оценивать не только путем визуального рассмотрения и описания, но и путем обработки серых и цветных цифровых изображений, так как это матрицы экспериментальных измерений не только интенсивности «серости», но и интенсивности цветов (синего, зеленого и красного).

Результаты и выводы визуального анализа должны подтверждаться путем статистической обработки матриц измерений цифровых изображений. Это оценки математических ожиданий, дисперсии и статистические закономерности измерений яркости. Это средние значения измерений, их разброс (корень квадратный из выборочной дисперсии) и гистограмма. Это сжатая информация о цифровом изображении в виде оценок их двух параметров и графика в виде гистограммы. В данной работе они были получены с помощью специальной компьютерной программы.

В условиях недостатка априорных данных об информативности и статистических закономерностях экспериментальных матриц измерений яркости цифровых изображений разрабатываемых и недоступных для наблюдения технических объектов, контроль их состояния и качества проводился комплексно и поэтапно. На первом этапе путем визуального анализа цифровых изображений проводилась их классификация с выделением класса «аномальных» цифровых изображений и класса изображений, контролируемые поверхности которых считаются в норме. На втором этапе путем статистической обработки матриц измерений формировались данные для визуально-аналитического анализа и проверки гипотез о состоянии контролируемых поверхностей технических объектов и подтверждения результатов их классификации путем визуального исследования цифровых изображений. По этим данным сравнивали также состояние и качество поверхностей технических объектов, технологии их разработки.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ В ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ

Матвеева М.О. д.т.н., Гнатушенко В.В. д.т.н., Кавац О.О. к.т.н., Климович Б.В.
Національна металургійна академія України

Будь-який метод ідентифікації структури металів і сплавів в системі оптичного мікроскопічного аналізу ґрунтується на деякому поданні зображень. Існують методи зіставлення, які використовують пікселі з відповідними їм значеннями інтенсивності, методи, які здійснюють пошук відповідності між точками контурів або крайовими точками, різними структурними або геометричними елементами, а також між мітками, які позначають конкретні фізичні об'єкти. Але всі існуючі системи автоматичного аналізу не вирішують задачу в комплексі. Їх головним недоліком є вузька спрямованість і мала гнучкість. Такі системи реалізують лише базові методики, і лише деякі з них повністю автоматизовані. Оптичний мікроаналіз досліджує структуру сплаву в окремих ділянках за допомогою мікроскопа з метою визначення структури та фазового складу сталей і сплавів, оцінки кількості, розмірів, форми і розподілу різних фаз [1]. Основним об'єктом дослідження металографічного аналізу є зображення шліфа металу.

У роботі запропонована інформаційна технологія автоматизованої ідентифікації цифрових зображень залізовуглецевих сплавів. Інформаційна технологія складається з низки кроків, що включають в себе бінаризацію зображення з оптимальним порогом, морфологічні операції та визначення площі складових мікроструктури за фазами із залученням методу зв'язаних векторів. Результати роботи інформаційної технології наведені на рисунку 1.

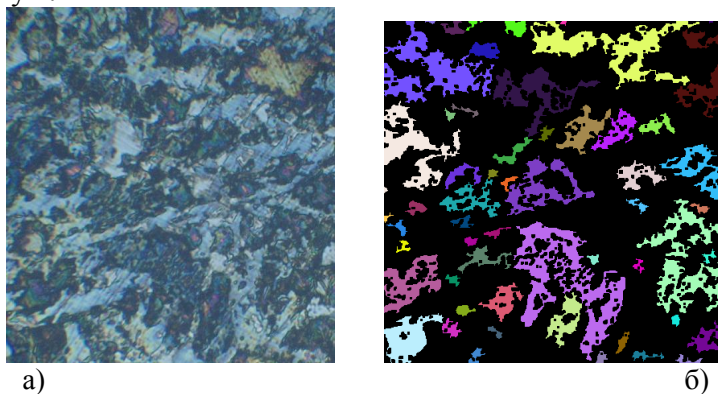


Рисунок 1 – Цифрові зображення залізовуглецевих сплавів:
а) первинне зображення, б) результат роботи інформаційної технології

У роботі проводилися дослідження зразків залізовуглецевих сплавів із різним хімічним складом. Застосування інформаційної технології та металографічний аналіз отриманих результатів показав, що додаткове легування манганом та кремнієм призводить до отримання дрібнозернистої структури, де загальна площа структурних утворень складала 9,6% (чавун легований), що значно менше ніж у плавці без легування (29,8%).

Інформаційна технологія дозволяє визначити дрібнозернистість мікроструктури із залученням цифрових зображень залізовуглецевих сплавів. Для програмної реалізації запропонованої інформаційної технології було прийнято рішення про використання бібліотеки OpenCV версії 2.4.8, написану на C++.

1. Перфильев Д. А. Описание структуры и алгоритм анализа микроструктурных металлографических изображений деформируемых алюминиевых сплавов: Дис. канд. техн. наук: 05.13.17; - Защищена 09.12.2005; Утв.09.03.2006. - Красноярск, 2007. – 124 с.: ил. - Библиогр.: с.5-48.
2. Матвеева М. О. Влияние качества шихты и параметров плавки на структуру и свойства чугуна / М. О. Матвеева, О. М. Шаповалова // Сучасні проблеми металургії. – 2007. – Том X. – С. 83–93.

РАЗРАБОТКА ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА BLENDER

Островская Е.Ю., к.т.н., доцент, Кривonos М.А., магистр
Национальная металлургическая академия Украины

Трёхмерная графика — раздел компьютерной графики, охватывающий алгоритмы и программное обеспечение для оперирования объектами в трёхмерном пространстве, а также результат работы таких программ. Чаще всего применяется для создания изображений в архитектурной визуализации, кинематографе, телевидении, компьютерных играх, печатной продукции, а также в науке [1].

Создания трёхмерных моделей используют на большинстве крупных предприятий. Благодаря представлению, какого либо объекта в виде трёхмерной модели можно, избавиться от лишних этапов при создании реального объекта.

Одной из главных задач трёхмерного моделирования является анимирование модели, или же имитация движения среди других объектов. Наглядное представление поведения мельчайших деталей модели облегчает создание непосредственно реального объекта.

Помимо представления трёхмерных объектов, производится моделирование сцен (виртуального пространства моделирования), включающего несколько категорий объектов:

1. Геометрия (построенная с помощью различных методов (например, создание сетки многоугольников), например, здание);
2. Материалы (информация о визуальных свойствах модели, например, цвет стен и отражающая / отражательная способность окон);
3. Источники света (настройка направления, мощности, диапазона освещенности);
4. Виртуальные камеры (выбор точки и угла создания проекции);
5. Силы и влияния (настройки динамических искажений объектов, оно обычно применяется в анимации);
6. Дополнительные эффекты (объекты, имитирующие атмосферные явления: свет в тумане, облака, пламя) [2].

Графическое изображение трёхмерных объектов отличается тем, что оно включает в себя построение геометрической проекции на плоскость с помощью специализированных программ.

Одной из таких программ является пакет Blender. Данный пакет является свободной, профессиональной программой для создания графических объектов с неограниченными возможностями. Она является универсальной и имеет совместимость с большинством популярных операционных систем [2].

Характерной особенностью пакета Blender является его небольшой размер по сравнению с другими популярными пакетами для 3D-моделирования.

На сегодняшний день Blender представляет собой готовое решение для полного цикла работы с трёхмерной графикой. Включает не только средства моделирования, анимации, визуализации и постобработки, но и инструменты монтажа, композинга и работы со звуком. Для расширения функциональности используются аддоны. Для работы не требуется никаких дополнительных программ, модель или целая сцена может быть полностью создана в Blender.

1. Дж. Ли, Б. Уэр. Трёхмерная графика и анимация — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2002.
2. Джеймс Кронистер Основы Blender учебное пособие 4-е издание / Blender Basics 2.6 - 2012.- С.416.

ФАЗЗИ-МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ НА ВЛАСТИВОСТІ САМОВІДНОВЛЕНИХ ОКАТИШІВ

Островська К.Ю., к.т.н., доцент
Національна металургійна академія України

Металургійне виробництво є важливою частиною індустріального комплексу будь-якого промислово розвиненої держави.

Технологічне оформлення металургійних процесів надзвичайно різноманітне і вимагає впровадження автоматизованих систем управління.

Процеси металургійного виробництва є, як правило, складними, що безпосередньо впливає на якість побудови моделей даних процесів.

Технологічні процеси металургійного виробництва характеризуються великим числом входів-виходів і елементів, зв'язку між елементами носять різнотипний, нелінійний характер. Частина інформації про систему представлена в якісному вигляді. Функціонування системи відбувається в умовах нечіткості і невизначеності, яку вносить людський фактор. У цьому випадку, як правило, отримання закону розподілу параметрів, які впливають на систему, стає важкою, часто нерозв'язною за обмежений час завданням. Застосування точних кількісних методів і підходів не дозволяють будувати моделі таких систем в умовах обмеженості тимчасових, матеріальних і трудових ресурсів. Спектр таких завдань постійно розширяється: це управління виробничими системами, розпізнавання сигналів і образів, класифікація та багато інших.

Тому в останні роки спостерігається підвищення наукового і практичного інтересу до методів інтелектуальної обробки інформації. До них відносяться: штучні нейронні мережі, гібридні нейронні мережі, моделі на основі нечіткої логіки.

Останнім часом для моделювання технологічних процесів металургійного виробництва (сталеплавильне, агломераційне, феросплавну виробництво), які є складними для вивчення, широко поширений нечіткий підхід [1].

Нечітке моделювання не є альтернативою різним підходам до моделювання складних систем і процесів, а перш за все являє ефективні методи і засоби для їх вивчення в наступних основних сферах застосування.

Вперше виробництво вуглецевмісних самовідновлених окатишів було здійснено на дослідній фабриці огрудкування Центрального гірничо-збагачувального комбінату.

Самовідновлені окатиші характеризуються наступними показниками якості: основність 0.26-0.32; зміст $Fe_{об}$ 62.5-63.3%; FeO – 28.8-31.3%; $Fe_{мет}$ – 2.3%; зміст дрібниці – 3.0%; індекс на удар 73.1 – 80.04%; на стирання 10.8%; вміст залишкового вуглецю – 1.1% [2].

Для вироблених в даний час окислених окатишів характерний цілий ряд недоліків, які роблять їх неконкурентно здатними з агломератом: низька основність, сегрегація при завантаженні в доменну піч, порівняно низькі властивості при відновленні в нижній частині доменної печі, пов'язані з усадкою і низьку газопроникність шару.

Всі розроблені до теперішнього часу технології отримання вуглець матеріалів включали випал рудовугільних брикетів або окатишів в нейтральній або відновлювальній атмосфері. Стосовно до типових конвеєрним випалювальних машин це пов'язано з втратою продуктивності. Жодна з них не набула поширення. Пошук шляхів поліпшення якості залізородних окатишів привів до технічного рішення виробництва в промислових умовах самовідновлюються матеріалів, використання яких в доменній плавці знижує витрату коксу і підвищує продуктивність доменної печі [2].

Метою роботи є розробка фаззи-моделі для оцінки впливу факторів процесу на властивості самовідновлених окатишів.

1. Новікова К.Ю. Математичне моделювання процесів металургійного виробництва з використанням методів нечіткого виводу: Дис. канд. технол. наук. Дніпропетровськ. 2008. - 142 с.
2. Ковалев Д.А., Ванюкова Н.Д. Разработка новой технологии получения самовосстанавливающихся окатышей. - Тезисы докладов. - ЛИТЬЕ-2011.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПО КРИТЕРИЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ

Поливода В.В. к.т.н., Рудакова А.В. д.т.н.

Херсонский национальный технический университет

Сыпучий материал представляет собой в общем случае механическую смесь твердых частиц различной формы и крупности. Форма частиц может быть правильной (в виде сфер или цилиндров) и неправильной. Чаще всего частицы сыпучего материала имеют различную крупность [1]. С того времени, как товар предъявлен к перевозке, он переходит в новую стадию – становится грузом. При превращении товара в категорию груза, для морского транспорта возникает ряд новых задач, среди которых выделяется одна из наиболее важных – задача обеспечения сохранности потребительских характеристик груза с учетом его транспортных свойств.

Транспортные свойства груза – это совокупность характеристик груза, которые определяют способ и условия его перевозки, обработки и хранения. Транспортные свойства груза тесно связаны с технологией перевозки. Любому грузу придается транспортабельное состояние. Для этого его упаковывают в тару, которая должна быть довольно прочной для условий морской перевозки и выдерживать перегрузку в местах обработки грузов, легкой, недорогой и минимальной по объему. Для всех типов транспорта была установлена общая классификация грузов, которая служит для установления тарифного класса груза и определения транспортной оплаты.

Понятие транспортировки груза можно трактовать как перемещение его в пространстве (перевозка) или во времени (хранение). Проблему управления процессами транспортировки сыпучих материалов по критерию обеспечения потребительских свойств можно рассматривать как задачу поддержания количественно-качественных характеристик (ККХ) в заданных пределах, т.е.

$$\Delta Q_i(\bar{x}, t) \leq \Delta_i,$$

где ΔQ_i – изменение ККХ; Δ_i – допустимые пределы изменения ККХ в процессе доставки, $i = \overline{1, N}$, N – число количественно-качественных характеристик.

Обеспечение потребительских свойств сыпучих материалов при транспортировке является сложной задачей, так как ККХ зависят от условий транспортировки и начального состояния перевозимых сыпучих грузов, которые в большинстве случаев обусловлены температурно-влажностными показателями. Формализованная зависимость изменения ККХ, как правило, имеет нелинейный характер, а для некоторых типов грузов эти зависимости возможно определить только эмпирически. Для максимального сохранения потребительских свойств необходимо контролировать параметры состояния груза и своевременно управлять температурно-влажностными параметрами мест хранения груза. Какой бы ни был режим транспортировки, форма или сырье, можно выработать общую стратегию на основе критерия обеспечения потребительских свойств. Так, несоблюдение температурно-влажностных режимов при транспортировке биологических режимных сыпучих материалов, например, зерна может привести к его порче и даже аварийным ситуациям [2], при транспортировке цемента – к гидратации [3].

1. Снопков В.И. Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. - С.Петербург: АНО НПО "Мир и Семья", 2001, – 560с.
2. Поливода В.В. Повышение эффективности контроля состояния зерновой массы при хранении / В.В. Поливода, А.М. Бражник // Проблемы информационных технологий. – 2010. – №1 (007). – С. 126–130.
3. Райхель В., Конрад Д. Бетон: В 2-х ч. Ч. 1. Свойства. Проектирование. Испытание / Пер. с нем./Под ред. В. Б. Ратинова. — Москва: Стройиздат, 1979. — 111 с.

МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ НАГРІВАННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

С'янов О.М., д.т.н., Косухіна О.С., к.т.н.

Дніпровський державний технічний університет

При проектуванні й дослідженні асинхронних двигунів застосовуються різні методи розрахунків нагрівання.

Метод температурних полів, при якому стаціонарне температурне поле описується диференціальними рівняннями теплопровідності й граничними умовами. Вважається, що такий метод є основним при розрахунках нагрівання. Однак розв'язок диференціальних рівнянь призводить до складних і громіздких формул. Якщо врахувати деяку невизначеність вихідних даних, то використання таких формул не завжди доцільне.

Тому цей метод застосовується для розв'язання окремих або спеціальних задач розрахунків нагрівання окремих елементів електричних машин, для визначення характерних змін температури в різних напрямках, для визначення найбільш нагрітих точок елементів машини й т. п.

Метод еквівалентних теплових схем заснований на аналогії теплових потоків і електричних струмів. Основним допущенням цього методу є заміна розподілених джерел теплоти й теплових провідностей (або опорів) зосередженими. Крім того, теплові провідності приймають постійними, тобто не залежними від теплового потоку. Це дає змогу проводити розрахунки нагрівання за допомогою звичайних систем алгебраїчних рівнянь.

У загальному випадку електричну машину можна розділити на n однорідних елементів із внутрішніми джерелами теплоти потужністю P_1, P_2, \dots, P_n (рівних втратам у цих елементах) і з температурами $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n$ відповідно. Окремі елементи зв'язані між собою тепловими провідностями $\Lambda_{12}, \Lambda_{13}, \dots, \Lambda_{1n}, \Lambda_{n1}, \Lambda_{n2}, \dots, \Lambda_{n(n-1)}$ або тепловими опорами $R_{12}, \dots, R_{n(n-1)}$. Прийнято, що відведення теплоти в охолоджуване (навколишнє) середовище відбувається за допомогою провідності Λ_{no} (опору R_{no}). Недоліком методу є трудність задання точних значень теплових провідностей (опорів).

Спільне застосування методів температурних полів і еквівалентних теплових схем дає змогу проводити аналіз температурного поля в окремих елементах електричної машини. У цьому випадку теплопровідності й граничні умови теплових зв'язків у диференціальних рівняннях устанавлюються методом еквівалентних теплових схем.

Метод еквівалентних втрат, що гріють, заснований на принципі накладення. У цьому методі перевищення температури одного з активних елементів двигуна є сумою перевищень температури цього елемента, обумовленою власними втратами й втратами, що виділяються в інших елементах. Метод застосовується для двигунів, що працюють у стаціонарних і повторно-короткочасних режимах. При цьому теплові параметри визначаються експериментально або за допомогою методу теплових схем, які приймаються постійними тільки для даного типорозміру двигуна. Тому метод не застосовується при проектуванні й має обмежене застосування при попередніх розрахунках і доведенні машин.

АНАЛІЗ МАМОГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ

Спирінцев В.В. к.т.н., Гоголюк А.Ю. студент

Дніпропетровський національний університет ім. Олесья Гончара

Одним із найсерйозніших захворювань у світі є онкологічні захворювання, які з кожним роком вбивають все більше людей. Ця проблема давно стала однією із найголовніших у ВООЗ (Всесвітній організації охорони здоров'я) та розглядається досвідченими експертами не тільки в медицині, а й у інших областях.

Для діагностики онкологічних захворювань застосовують мамографію [1] – незвазивний рентгенологічний метод дослідження молочних залоз. Існує багато видів мамографії, кожен з яких має свої переваги та недоліки, та орієнтований на конкретну область. Аналіз знімків при цьому не дає однозначного діагнозу, оскільки залежить від кваліфікації лікаря та його суб'єктивної думки. Використання алгоритмів кластеризації при аналізі мамографічних зображень дозволить знизити ризики встановлення хибного діагнозу пацієнтам та усунути суб'єктивну складову людського фактору.

Кластеризація даних є важливим методом Data Mining. Кластеризація розбиває множину об'єктів на групи, які визначаються тільки її результатом. В даній роботі були розглянуті та протестовані алгоритми кластеризації (k-means, HCM, алгоритмів нечіткої кластеризації Густафсона-Кесселя (GK) та FCM-SOM) для виявлення новоутворень у молочній залозі на мамографічних знімках. Зокрема, були визначені оптимальні параметри для роботи алгоритмів: порогове значення, кількість кластерів та процентне співвідношення між мінімальною та максимальною відстанню в матриці відстаней. Результати підтвержені порівнянням візуалізацій кластеризованих знімків. Крім того була проаналізована швидкодія розглянутих алгоритмів.

В результаті проведених досліджень були зроблені наступні висновки: алгоритм k-means є малоприматним для дешифрування мамографічних зображень, хоча є найшвидшим серед розглянутих алгоритмів; алгоритми HCM, Густафсона-Кесселя, FCM-SOM в цілому довели свою придатність для виявлення новоутворень молочної залози; самим точним у виявленні границь аномалій є алгоритм FCM-SOM, при цьому спостерігається його низька швидкодія та складнощі реалізації (оскільки складові працюють із нечіткою логікою та нейронними мережами). На рисунку 1 наведено результат роботи алгоритму FCM-SOM з динамічним стисненням [3]. Аналіз показав: рисунок 1 а) - не дає однозначної відповіді стосовно існування онкологічного новоутворення; рисунок 1.б) - алгоритм кластеризації виділяє області новоутворення, що дає можливість відразу лікарю-мамологу ставити діагноз.



Рисунок 1- Мамографічне зображення: а) - «до», б) - «після» кластеризації

Використання алгоритмів кластеризації дає можливість ще недосвідченим лікарям ставити діагноз, а також допомагає у навчанні студентам медичних навчальних закладів.

1. Садыков С. С. Автоматизированная обработка и анализ маммографических снимков: монография / С. С. Садыков, Ю. А. Буланова, Е. А. Захарова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2014. – 208 с.

2.Егоров А.А. Динамическое сжатие и преобразование функции принадлежности в алгоритмах нечеткой кластеризации / А.А. Егоров // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2007. – № 28. – С.104 – 110.

РОЗРОБКА ВЕБ-САЙТУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИ СЛУЖБИ ПІДТРИМКИ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Спирінцев В.В. к.т.н., Шмутьський В.І. студент

Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара

Сучасне виробництво являє собою складну структуру компонентів, злагодженість роботи яких визначає якість та ефективність роботи підприємства. Програмне забезпечення у значній мірі сприяло оптимізації та автоматизації процесів роботи виробництва. Результатом бурхливого розвитку та зростання можливостей подібного класу програмного забезпечення стало різке підвищення вимог щодо інформаційної освіти операторів виробництва. Крім того, конкуренція серед виробників програмного забезпечення для виробництв сприяє переходу розробників до концепції CI (continuous integration), що дозволяє миттєво впроваджувати новий функціонал до свого продукту (рисунок 1). Результатом подібного кроку може стати відсутність розуміння стосовно роботи нових функцій у операторів виробництва.

Зважаючи на описані вище проблеми виникає необхідність у розробці програмного забезпечення, метою якого буде налагодження постійного каналу зв'язку між операторами виробництва та розробниками програмного забезпечення, що дозволить мінімізувати втрати часу на освоєння нових версій продукту.

При розробці програмного забезпечення для реалізації служби підтримки у реальному часі слід дотримуватися наступних вимог: веб орієнтовність продукту, підтримка різних технологій транспорту повідомлень (comet, ajax, long-polling, web sockets), стійкість до втрат зв'язку, безпека ліній передачі повідомлень, зручність використання та простота впровадження служби підтримки [1,2].

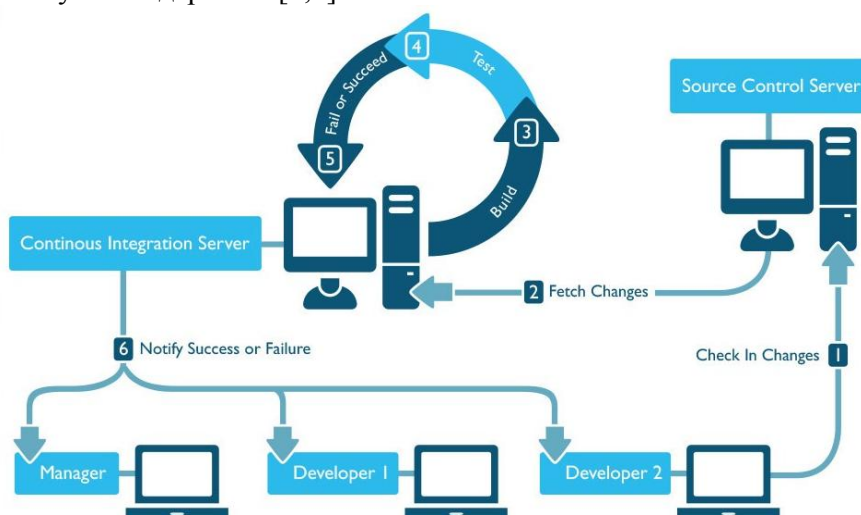


Рисунок 1 – Принцип роботи безперервної інтеграції (CI)

Програмне забезпечення, що реалізовано відповідно до вищезазначених вимог, можна використовувати для підвищення ефективності роботи із складним програмним забезпеченням на виробництвах, розробники якого використовують принцип безперервної інтеграції.

1.Павич Н.Я. Особливості застосування технології веб-сокетів для асинхронної клієнт-серверної взаємодії веб-програм /Н.Я.Павич, І.П.Костирко// Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Комп'ютерні системи та мережі. – Львів, 2012. - № 745 - С. 139-147.

2.Григорович В. Г. Семантичний веб: інформаційно-комунікаційна складова соціальної адаптації /В.Г.Григорович// Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Інформаційні системи та мережі. – 2014р. – №805, С. 87– 95.

ПОПУТНИЙ НАФТОВИЙ ГАЗ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РОБОТУ ТИПОВИХ ГАЗОЗБІРНИХ СИСТЕМ

¹Тимків Д.Ф. д.т.н., проф., ²Горін П. В. аспірант
¹ІФНТУНГ, Долинський газопереробний завод

Видобуток нафтового газу в Україні залишається одним з основних джерел надходження природного газу в енергетичний резерв держави [4]. Попри високий ступінь виснаження існуючих великих виробничих областей, в Україні планується наростити видобуток нафтового газу.

Компонентний склад попутного нафтового газу багатий на важкі фракції вуглеводнів, вміст яких у газоконденсатних та нафтових родовищах у сотні разів переважає показники для типових газових родовищ. Вирішення питання, яким чином формуються забруднення конденсатного типу на певному кілометрі траси газозбірної мережі є важливим аспектом в забезпеченні якості роботи транспортної системи.

Вплив основних видів забруднень можна умовно розділити на дві групи - енергетичні та ризики [1]. Енергетичний вплив проявляється у збільшенні гідроопору системи, що у свою чергу призводить до зменшення обсягів вилучення вуглеводнів [2]. Якщо перша група відноситься до ефективності експлуатації газозбірних систем, то оцінка ризиків на пряму пов'язана із надійністю експлуатації і безперерійністю як видобутку вуглеводнів, так і поставок газу споживачам. Тому для підтримання коректної роботи газозбірної системи потрібно періодично проводити очистку внутрішньої порожнини газопроводів [3]. Отже, актуальним залишиться питання підтримання пропускної здатності системи і надійності на високому рівні.

Аналіз компонентного складу нафтового газу і якісний склад забруднень дозволить показати їх вплив на режими роботи газозбірних систем та обладнання для підготовки нафтового газу. Вибір правильного методу очистки газопроводів системи видобутку і збору газу є найважливішим завданням, оскільки це зумовлює необхідні капіталовкладення в його впровадження і позитивний ефект у збільшенні обсягів товарного газу, або зниження рівня ризику технологічних умов. Застосування результатів досліджень має підвищити енергонезалежність держави шляхом нарощування видобутку вуглеводнів, оскільки нафтові та газоконденсатні родовища із значним вологовмістом є основними суб'єктами ринку природного газу України.

1. Братах М.І., Топоров В.Г., Рузіна І.М., Соболева А.В. Математична модель залпового викиду рідини з порожнини газопроводу // XVIII (ежегодная) Международная научно-техническая конференция "Экологическая и техногенная безопасность, охрана водного и воздушного бассейнов, утилизация отходов", 07-11 июня 2010 г., г.Бердянск, сб. научн. трудов, С. 444-452.
2. Братах М.І., Малітовський Р.В., Шеїна З.В. Щодо питання запобігання залпових викидів рідини з порожнини газопроводів // Питання розвитку газової промисловості України: Зб. наук. праць, - вип. XXXV.- Харків, УкрНДІгаз. 2007. – С. 120-124.
3. Девичев В.В., Ионин Д.А. Анализ эффективности и периодичности очистки полости магистральных газопроводов // Транспорт природного газа. – Москва, ВНИИГАЗ. 1986. – С.64-70.
4. Офіційний сайт British Petroleum. Статистичний звіт ВР щодо споживання енергії в світі станом на червень 2015 році [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://www.bp.com>

ПРО РАНЖИРУВАННЯ ДОКУМЕНТІВ ЗА ІНФОРМАЦІЙНИМ ЗАПИТОМ

Шумейко О.О. д.т.н., Шевченко Г.Я. к.т.н.

Дніпровський державний технічний університет, науковий центр Noosphere

Під терміном ранжирування, як правило, розуміють процес вибірки пошуковою машиною документів з бази даних і впорядкування їх за ступенем відповідності з інформаційним (пошуковим) запитом. Існує поняття текстового ранжирування і ранжирування за гіпертекстовими посиланнями. У першому випадку пошуковою машиною враховуються такі чинники як, наприклад, щільність ключових фраз в текстах статей (документів), оформлення заголовків. При ранжируванні за гіпертекстовими посиланнями беруться до уваги посилання на сайт з інших ресурсів. У даній роботі розглянуто першу задачу. Запропоновано метод побудови текстового ранжирування наявного корпусу документів у відповідності з інформаційним внеском в них складових інформаційного запиту.

Нехай наявний корпус документів, кожен з яких визначений частотним словником словоформ, які входять до нього $D_k = \{w_i^k: n_i^k\}$ ($k=1, \dots, N$), а через $S = \{s_i\}$ позначимо інформаційний запит. Потрібно провести ранжирування корпусу документів $\{D_k\}_{k=1}^N$ у відповідності із інформаційним запитом S . В основі запропонованого методу ранжирування лежить ідея використання зміни значення ентропії при об'єднанні документів. Зазначимо, що величина ентропії документу D_k відносно слова s_i з інформаційного запиту S буде дорівнювати

$$H(D_k, s_i) = - \frac{\text{num}(s_i)}{N_k} \log_2 \frac{\text{num}(s_i)}{N_k} - \frac{N_k - \text{num}(s_i)}{N_k} \log_2 \frac{N_k - \text{num}(s_i)}{N_k}$$

де N_k – загальне число словоформ у документі D_k , а $n_i^k = \text{num}(w_i^k)$ – число входжень словоформи w_i^k у даний поточний документ ($\text{num}(s)$ – число входжень слова s).

Величина приросту ентропії буде дорівнювати

$$H(D_k, S) = H(D_k) - \sum \left\{ \frac{\text{num}(s_i)}{N_k} H(D_k, s_i) \mid s_i \in S \right\}.$$

Чим більше буде значення приросту ентропії, тим більше наш документ буде відрізнятися від інформаційного запиту. З іншої сторони, значення ентропії залежить від кількості станів системи (у нашому випадку від кількості словоформ, які описують документ), тому для ранжирування нам треба визначення не абсолютного значення зміни значення ентропії, а відносного, тобто

$$\bar{H}(D_k, S) = \frac{H(D_k) - \sum \left\{ \frac{\text{num}(s_i)}{N_k} H(D_k, s_i) \mid s_i \in S \right\}}{H(D_k)},$$

яке дозволяє оцінити зменшення рівня ентропії документу, якщо відома інформація щодо ключових слів (складових інформаційного пошуку). Значення $\bar{H}(D_k, S) = 1$ вказує на той факт, що даний документ D_k ніякого відношення до даного інформаційного пошуку не має, тобто інформація про $s_i \in S$ не змінює загальний обсяг інформації що до D_k . І чим менше значення $\bar{H}(D_k, S)$, тим менша ступінь невизначеності D_k відносно S . Значення 0 показує, що дане слово в описі документу відсутнє, тому ніяким чином не впливає на співвідношення поточного документу з даним словом з інформаційного пошуку. Далі знайдемо загальний обсяг інформації, необхідної для визначення елемента з поточного документу, по всій множині складових інформаційного пошуку, потім, обчислимо абсолютне значення зміни ентропії за умовою наявності інформації що до складових інформаційного пошуку, і, нарешті, значення відносної зміни рівня ентропії і за отриманими значеннями маємо рейтинг документів відносно даного інформаційного пошуку.

СЕКЦІЯ 7

**ІНФОРМАЦІЙНО-РЕСУРСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ НА
ЗАСАДАХ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ**

DISTANCE LEARNING AND COMPETENCY-BASED EDUCATION: KEY QUESTIONS

Stupak Yuriy PhD (Ing.)

National Metallurgical Academy of Ukraine, Institute of Integrated Education

Thanks to rapid development of IT Technologies and the Internet, distance learning (DL) in Ukraine gains modern forms and is charged with the contents. DL "trailblazers" (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", National Academy for Public Administration under the President of Ukraine, etc.) it was possible not only to create technical and methodical baseline for this education technology, but also to achieve it legitimating in "The Rule about distance learning" (The Ministry of Education and Science of Ukraine Order from 4/25/2013 №466) and the Law of Ukraine "About higher education" (prov. 49). However till today any of Ukraine high schools yet does not train of specialists, on 100 % trained remotely. Including "trailblazers", noting among deficiencies DL such as [1]:

- Psychological and computer unpreparedness of teachers;
- Considerable material inputs for the DL organisation and functioning;
- Absence of reliable instruments for authentication of students.

Here it is important to add that first from listed "deficiencies" - rather simplified (primitive) interpretation. For designing of a training course for DL which, except conformity to the educational standard and the discipline program, will have sufficient training potential (the reliable tool for its measuring is not present!), from teachers it is required much bigger. First of all - take into account of didactic, psychoeducational and other important aspects (for example [2]) both at a design stage, and at a stage of use of a course for DL. Creation of development engineers commands partly solves the given problem, but here originates new problem (the second deficiency see above).

Not less important question. The competency-based education (CBE) which "de facto" becomes the international standard at curriculums development [3], should find the embodiment in DL too. An essence of CBE and its missions are clear. However! Till now there is no definition in a terminology. Numerous interpretations of "competence" and "competences" classes, as shown in [4], do not allow to generate univocal the demand (specifications) for structure and the contents of a DL-course for achievement traditional "subject competence". If to speak about so-called "metasubject competence» the problem of its realization at distant mode of study is even more difficult about what specialists [5] fairly note. In the same article it is underlined that at CBE there is a risk of increase in gapping between knowledge and skills that at a scanty fraction of a practical component of education quite probably and contradicts essence (aims) of CBE.

Question closing - than and how to "measure" of education result (generated competence)? Especially if to consider that at CBE it is necessary to consider as result of education including growth of personal qualities of the students.

Without definite answers on the put questions high-grade implementation of CBE in DL raises the big doubts.

1. Малюкова І.Г. Дистанційне навчання: плюси й мінуси / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" [Electronic resource]. – URL://kpi.ua/805-9. Publishing date 2008/02/05. Updating date 2016/01/27. Review date 2017/02/22.
2. Носенко Е.Л. Формування когнітивних структур особистості засобами комп'ютерних технологій: моногр. / Е.Л.Носенко, М.А.Салюк. – Д.: Вид-во ДНУ, 2007. – 140 с.
3. Charles Fadel, Bialik Maya, Trilling Bernie. Four-dimensional education: The competencies learners need to succeed [Text] – URL: <http://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/Four-Dimensional-Education-Excerpt-Chapter-1-and-2-partial-CCR.pdf>. Review date 2017/02/22.
4. Антонюк Л.Л. Компетентнісний підхід у вищій освіті: Світовий досвід: колектив. моногр. / Укл.: Л.Л.Антонюк, Н.В.Василькова, Д.О.Льницький, І.В.Кулага, В.Є.Турчанінова. – К.: Інститут вищої освіти КНЕУ імені Вадима Гетьмана, 2016. – 62 с.
5. Брызгалина Е.В. Компетентностный подход в системе образования [Текст] – URL: <https://postnauka.ru/video/40278>. Publishing date 2015/02/01. Review date 2017/02/23.

ПРО ПЕДАГОГІЧНІ ВИМІРИ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ (В КОНТЕКСТІ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ)

Ступак Ю.О., PhD, к.т.н.

Національна металургійна академія України, Інститут інтегрованих форм навчання

Світова практика свідчить про те, що найбільш ефективною і коректною формою педагогічних вимірів є завдання в тестовій формі та сформовані з них за відповідною методикою педагогічні тести. Як показано в посібнику [1], використання сучасних комп'ютерних засобів та відповідного програмного забезпечення дозволяють за допомогою методик тестування суттєво скоротити витрати часу та коштів на організацію і проведення контрольних заходів.

Тестові методики і власне тестова форма контролю широко використовуються і в дистанційному навчанні. Вивчення матеріалів дистанційного курсу і розв'язання практичних завдань зазвичай завершується тестуванням, яке призначене для оцінювання рівня опанування учбовим матеріалом особою, що навчається. Залишаючи осторонь питання надійності та валідності отриманих результатів, зазначимо, що такий підхід в педагогіці т.з. «індустріального» періоду є достатньо виправданим (з певними зауваженнями). Але компетентнісний підхід в навчанні, застосування якого є нагальною потребою часу, радикально змінює ситуацію. На відміну від традиційної освітньої парадигми, орієнтованої на формування певного набору знань та навичок, компетентнісний підхід передбачає формування у осіб, що навчаються певних компетенцій, які окрім традиційного предметного компоненту містять особистісні характеристики, рівень сформованості яких потрібно оцінити. До таких особистісних характеристик відносять, наприклад, такі, як «мотивація», «ініціатива», «ефективна поведінка» або «здатність досягати значущих цілей» [2]. Ці характеристики органічно пов'язані з когнітивними, емоційними (афективними) та вольовими компонентами діяльності, які можна аналізувати кожен окремо, але оцінити кожен окремо – неможливо, не кажучи вже про їхню інтегральну оцінку, якщо до них додати наступні характеристики особистості [2]:

- впевненість в собі;
- вміння приймати рішення;
- здатність та вміння керувати;
- здатність та вміння працювати заради спільної мети;
- здатність знаходити зворотні зв'язки, вміння їх розпізнавати та використовувати.

Не менш важливу роль відіграють і ціннісні орієнтири особистості, вимір та оцінка яких також є доволі проблематичними...

Слід також врахувати, що українським експертним середовищем (наприклад, [3]) до цього часу не сформовано усталеної термінології та однозначного трактування таких категорій як «компетенція» і «компетентність», що вносить елемент невизначеності (що саме треба оцінювати?). Ситуацію дещо згладжує введення такого поняття як «ключові компетенції», але в цілому проблеми це не вирішує.

Наведене вище дозволяє стверджувати, що якісна інплементация компетентнісного підходу в дистанційній формі навчання є проблемою, можливість вирішення якої ще треба з'ясувати.

1. Педагогические тесты. Вопросы разработки и применения: Пособие для преподавателей / Аванесов В.С., Хохлова Т.С., Ступак Ю.А., Потап О.Е., Чернявский В.Г., Плискановский С.А. – Днепропетровск: Пороги, 2005. - 64 с.
2. Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация / Пер. с англ. – М.: Когито-центр, 2002. – 396 с.
3. Антонюк Л.Л. Компетентнісний підхід у вищій освіті: Світовий досвід: колектив. моногр. / Укл.: Л.Л.Антонюк, Н.В.Василькова, Д.О.Льницький, І.В.Кулага, В.Є.Турчанінова. – К.: Інститут вищої освіти КНЕУ імені Вадима Гетьмана, 2016. – 62 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЯЗЫКОВОГО ОБМЕНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

Чалая Л.Э. к.т.н., Кузнецов А.В., Кислая А.Г.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Комплексный подход к изучению иностранных языков предполагает необходимость одновременного освоения обучающимися фонетики, грамматики, лексики, с параллельным совершенствованием навыков диалога, чтения и написания текстов. Для повышения эффективности обучения, приобретения разговорной практики и развития приобретаемых знаний в последнее время широко используются рекомендательные информационные системы языкового обмена [1, 2].

Применение таких систем подразумевает возможность реализации каждым участником учебного процесса как функций ученика, так и функций учителя. Такой способ обучения приобретает популярность благодаря развитию возможностей сети Интернет и может использоваться в образовательных учреждениях всех уровней, а также в рамках самообразования.

Существующие в настоящее время системы обучения иностранным языкам, как правило, предоставляют пользователям возможность обмена знаниями без воздействия на языковую платформу. В данном докладе предлагается дополнить базовую языковую платформу рекомендательной информационной системой для выявления скрытых закономерностей, проявляющихся при выборе пользователями собеседников. Такая система анализирует пользовательские отзывы собеседников и использует их для разработки рекомендаций новым пользователям.

Каждому пользователю ставится в соответствие определенный набор количественных характеристик, значение каждой из которых находится в числовом диапазоне [1; 10]. Характеристики могут представлять собой наиболее распространенные увлечения (к примеру, музыка или наука). При регистрации пользователь определяет некоторую совокупность своих увлечений, а затем выбирает себе собеседника, и, после диалога с ним, ставит ему оценку, находящуюся в диапазоне от 1 до 10. Если оценка выше среднего значения, то между характеристиками оценивающего и оцениваемого образуется взвешенная связь. Характеристики хранятся в базе данных в виде двух матриц, составленных из всех возможных комбинаций свойств и их весовых значений. Пример связей между характеристиками приведен на рисунке 1 (здесь i – порядковый номер характеристики, j – номер свойства).

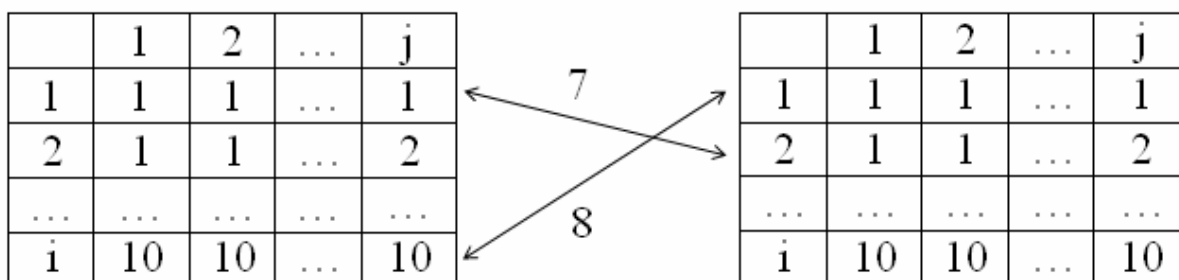


Рисунок 1 – Пример связей между характеристиками

Новый пользователь получает рекомендации на основе указанной им характеристики и уже существующих в базе данных связей для этой характеристики. Рекомендации сортируются в зависимости от весов связей. В случае отсутствия прямых связей пользователю рекомендуются собеседники с наиболее близкими увлечениями.

1. Acar A. Whys and How's of Language Exchange Meetings [Text] / A. Acar, H. Kobayashi // CALL-EJ. – 2011. – № 12 (2). – P. 1-10.
2. Ahn T. Learner agency and the use of affordances in language-exchange interactions [Text] / T. Ahn // Language and Intercultural Communication. – 2016. – №16 (2). – P. 164-181.

METHODOLOGICAL CONTENT OF DISTANCE LEARNING SITE FOR THE DISCIPLINE OF "HIGHER MATHEMATICS"

Shtefan T.A., Slyusarova T.I.

Zaporizhzhya National Technical University

Modern trends in reducing the number of classroom hours devoted to study the course "Higher Mathematics" students of technical specialties of higher educational institutions of Ukraine, leads to the need to introduce elements of distance (i.e., self) education [1]. In the Ukrainian universities distance learning is not common, but many institutions prefer to rely on remote technology in education (electronic libraries, video conferencing, on-line testing) to support its students and provide them with permanent access to the lectures and other information.

It should be noted that today there is a shortage of teaching materials for preparation and conduct of distance learning [2,3], and therefore the development of appropriate specifics of distance education teaching materials is an actual problem.

The paper considers the actual problem of the introduction of distance learning elements in the study of the course "Higher Mathematics" for students of technical specialties. The article presents the methodological development for individual work of students while studying the course "Higher Mathematics", introduced by the authors at the Department of High Mathematics ZNTU. The main objectives of the study subjects "Higher Mathematics" is to provide students with knowledge of the relevant sections of higher mathematics and the formation of ability to independently handle the mathematical literature, corresponding to the direction of their professional training.

The selection of topics submitted for the self-study, it is necessary to take into account the general level of mathematical preparation of students [3]. We offer for the distance learning the following sections:

1) "Vector algebra" and "Straight on a plane" (based on material studied topics "Determinants" and a school course of geometry);

2) "Derivative. Investigate a function" (based on school course of algebra);

3) "Methods of Integrating: Integration by parts" (based on material studied topics "Indefinite integral");

4) "Elements of field theory" (as an application of line integrals and surface integrals);

5) "Elements of mathematical statistics." Following our proposed scheme of independent work leads to high-quality mastering student the necessary theoretical knowledge and the acquisition of relevant skills (in our example, the processing of empirical data and testing hypotheses with the selected criteria) [4].

The first stage of individual work is a familiarization with theoretical material. To optimize this stage, students are invited to the study developed by researchers of the department of higher mathematics methodical manuals [5], in which the necessary theoretical material is presented clearly; it is available, to the extent necessary. In this approach, students do not have to spend time searching for material on the Internet, where it is known, contains a lot of incorrect, and even at all wrong, educational material. The final stage of distance learning material - development of computational and graphics performance (PGR) on topics self-studied.

1. <http://abiturients.info/ru/vuzy/distancionnoe-obrazovanie-v-vuzah-ukrainy>

2. Зайченко Т. П. Основы дистанционного обучения: теоретико-практический базис: учебное пособие. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2004. — 167 с.

3. Полат Е. С. Педагогические технологии дистанционного обучения / Е. С. Полат, М. В. Моисеева, А. Е. Петров; под ред. Е. С. Полат. — М.: Академия, 2006., 276с.

4. Штефан Т.А. Внедрение элементов дистанционного обучения при изучении курса "Высшая математика" студентами инженерных специальностей / Татьяна А. Штефан // Математика в сучасному технічному університеті. - КНТУУ "КПІ" – 2016. – №1. – С. 71-79.

5. <http://www.zntu.edu.ua/kafedra-vishchoyi-matematiki>

СЕКЦІЯ 8

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА ПИТАННЯ АНТИПЛАГІАТУ

ГІБРИДНЕ НАВЧАННЯ З ДИСТАНЦІЙНИМ КУРСОМ «МЕХАНІКА. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА.»

Денисенко О.І. к.т.н.

Національна металургійна академія України

Багаторівнева ресурсна пороговість є діючим фактором сучасного стану і обсягів впровадження інформаційних технологій в учбовий процес. Певні оптимістичні сподівання [1] на позараціональний результат практично безресурсного “тунелювання” освітян до рівня створення і використання в практичній роботі дистанційних курсів породжують напрацювання, сформульовані в дослідженні [2], а саме – “відмова від традиційного уявлення про освітні процеси як лінійні траєкторії” і про те, що “в нелінійній техніці мислення затверджується мінливість, динамізм як адекватна межа світу, відбувається відмова від опозицій, що структурують світ в його усталених характеристиках”.

Змішане (гібридне) навчання це навчальна методологія викладання і підхід, який поєднує в собі традиційні методи в аудиторії з інформаційно-комунікативною комп'ютеризованою діяльністю для навчання. Сильними сторонами цього навчання є комбінація різних технологій в один інтегрований навчальний підхід. Змішане навчання дуже часто називають гібридним навчанням. Це пов'язано із тим, що змішане навчання акцентує увагу на механічному змішуванні. Гібрид являє собою поєднання нової, передової технології зі старою технологією і створення інновації по відношенню до старої технології.

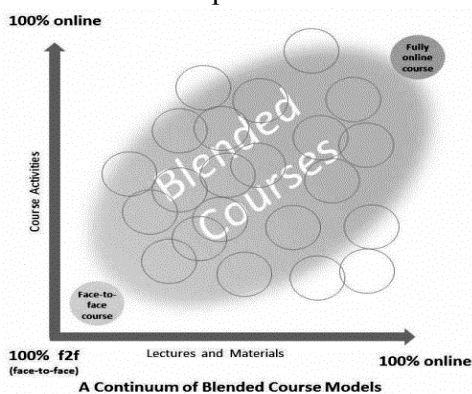


Рисунок 1 – Гібридне навчання [3]

Рисунок 2 – Фрагмент дистанційного курсу [4]

Дистанційний курс «Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка.» був створений автором наприкінці 2016 року в процесі навчання за власною ініціативою на онлайн курсі «Технологія розробки дистанційного курсу-2016-2» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Гібридне навчання не може з'явитися само по собі. Необхідні додаткові зусилля, як з боку викладачів, так і студентів. Гібридне навчання потенційно дозволяє зробити більше з меншими витратами і відноситься до будь-якого поєднання традиційного і дистанційного навчання, де студент краще контролюється, виконує більше кроків і реалізує індивідуальний шлях навчання.

1. Денисенко О.І. Адаптивність інноваційних технологій до ресурсозабезпечення при викладанні фізики / О.І. Денисенко, В.І.Цоцко // Хмарні технології в освіті: матеріали Всеукраїнського науково-методичного Інтернет-семінару (Кривий Ріг – Київ – Черкаси – Харків, 21 грудня 2012 р.). – Кривий Ріг: Видавничий відділ КМІ, 2012. – С. 136-137.
2. Дольська О.О. Трансформації раціональності в полі освіти: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософ. наук : спец. 09.00.10 „Філософія освіти” / О.О. Дольська. – Х., 2010. – 31 с.
3. Режим доступу: <https://uwaterloo.ca/centre-for-teaching-excellence/resources/blended-learning>
4. Денисенко О.І. Презентація дистанційного курсу. – Режим доступу: www.URL : http://www.slideshare.net/AleksandrDenysenko1/denysenko-73ppt .

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАУКОВО-ОСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Денисенко О.І. к.т.н.1, Цоцко В.І. ст. викл.2

І Національна металургійна академія України

2 Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Проблематика становлення освітньо-інформаційної політики України в умовах модернізації і інформатизації освіти як чинника формування інноваційно-інформаційного суспільства, трансформації раціональності в полі освіти, репрезентації знань в освітньому просторі, інноваційної освіти в парадигмі інформаційних технологій привертає значну увагу сучасних вітчизняних фахівців з філософії освіти [1-2].

Наукове знання, представлене в першоджерелах, на етапі використання перетворюється з результатів дослідницької діяльності у розряд засобів наукових комунікацій, створюючи інформаційно-ресурсну і комунікаційну основу для подальшого розвитку науки [3].

В площині функціонування освіти розв'язування проблеми раціональності (свого роду «керівництво до дій») пов'язане [2], перш за все, із розробкою і впровадженням нових педагогічних технологій. Інноваційна освіта орієнтована не стільки на передачу знань, скільки на оволодіння базовими поняттями, які дозволяють надалі здобувати знання самостійно, а центром освіти виступає сам освітній потенціал окремої особистості, стосовно якого відбувається її розвиток.

Навчання майбутніх спеціалістів і їх практична дослідницька діяльність реалізуються в більшості випадків традиційним шляхом із частковим використанням інформаційно-комп'ютерних технологій (очагова компютеризація). Вважається, що ця діяльність включає підтримку роботи із науковими літературними джерелами, підготовку тез і доповідей (за результатами дослідів) до участі у наукових семінарах, конференціях, конкурсах, тощо. Але стрімкий розвиток інформаційних комунікаційних технологій та перехід до інформаційного суспільства призводять до швидкої зміни традиційних моделей освіти, роботи та самого життя.

Законом України "Про вищу освіту" від 01.07.2014, № 1556-VII визначені вимоги до наукового, освітньо-наукового і навіть магістерського рівнів вищої освіти відносно набуття відповідних спектрів науково-дослідницьких компетентностей.

Аналіз сучасного стану науково-освітнього простору України призводить до висновку про гостру необхідність у створенні середовища (інтерактивного, науково-освітнього, телекомунікаційного) для дистанційної освіти, яке спромоглося б виконувати ряд функцій, пов'язаних з підтримкою самостійної і спільної освітньої і науково-освітньої діяльності, а також процесу прийняття рішень, оптимізуючих цю діяльність [3,4].

1. Клепко С.Ф. Репрезентація знань в освітньому просторі (філософський аспект): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософ. наук : спец. 09.00.10 „Філософія освіти” / С.Ф. Клепко. – Х., 2009. – 32 с.
2. Дольська О.О. Трансформації раціональності в полі освіти: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра філософ. наук : спец. 09.00.10 „Філософія освіти” / О.О. Дольська. – Х., 2010. – 31 с.
3. Денисенко А.И. К организации научной деятельности будущего специалиста / А.И. Денисенко, А.П. Громак // Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця (НПК-2013) : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції 5-6 грудня 2013 р., м. Суми. – Суми : ВВП «Мрія», 2013. – Т.1. – С. 26-27.
4. Денисенко О.І. Адаптивність інноваційних технологій до ресурсозабезпечення при викладанні фізики / О.І. Денисенко, В.І.Цоцко // Хмарні технології в освіті: матеріали Всеукраїнського науково-методичного Інтернет-семінару (Кривий Ріг – Київ – Черкаси – Харків, 21 грудня 2012 р.). – Кривий Ріг: Видавничий відділ КМІ, 2012. – С. 136-137.

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ ТВОРЧИХ І ВИНАХІДНИЦЬКИХ НАВИЧОК ПРИ ПІДГОТОВЦІ ІНЖЕНЕРНИХ КАДРІВ

Пасічник І.В. к.т.н., Бас Т.П.

Національна металургійна академія України

Необхідність вдосконалення системи освіти у вищих навчальних закладах зумовлена сучасними потребами суспільства у фахівцях, здатних конкурувати на ринку праці. Наша країна потребує професіоналів, які здатні швидко адаптуватись до сьогоденних соціально-економічних потреб, що дуже швидко змінюються. Вузи мають бути націлені на випуск спеціалістів з раціональною, ретельно продуманою та професійно орієнтованою фундаментальною підготовкою, яка давала б змогу оперативно опановувати нові технології управління виробництвом. Сучасний менеджер повинен володіти не тільки спеціальними, професійними знаннями, а і навичками творчого мислення при розв'язуванні технічних задач, умінням використовувати нове в науці та техніці. На підставі викладеного, формування творчих і винахідницьких навичок при підготовці сучасних інженерів набуває важливе значення.

Створюючи на лекції проблемні ситуації, викладач залучає слухачів до творчого розмірковування, що викликає інтерес до предмета, який вивчається, сприяє формуванню знань і вмінь з цього предмета. Загальновідоме велике значення самостійної роботи студентів з матеріалом, який опановується. Саме самостійна робота студентів сприяє розвитку у них логічного мислення, творчого підходу при розв'язуванні різноманітних задач. При організації самостійної роботи студентів треба залучати якомога ширше комп'ютерні технології. Адже сучасні комп'ютерні технології навчання здатні забезпечити передачу знань від викладача до студента багато ефективніше ніж традиційні методи, підвищують інтерес до предмета, полегшуючи його засвоєння.

Важливе місце у розвитку творчого мислення, формуванні дослідницьких навичок у студентів займає їх участь у різних формах науково-дослідницької роботи, а саме: участь студентів у виконанні розділів наукових тем на кафедрі; виконання науково-дослідницької роботи під керівництвом викладача; підготовка докладів і виступ з ними на семінарах і на студентських науково-технічних конференціях; підготовка студентами разом з викладачами до друку наукових статей; участь в студентських олімпіадах і конкурсах.

Досвід показує, що залучати студентів до науково-дослідницької роботи треба вже з перших курсів. Теми студентських науково-дослідницьких робіт повинні носити прикладний характер, щоб студенти мали можливість бачити застосування предметів природничо-наукового циклу до вирішення практичних технічних задач. Студенти навчатимуться складати математичну модель реальної динамічної системи у вигляді диференціальних рівнянь і розв'язувати її аналітичним або чисельним методом, розробивши програму чи використовуючи відомі комп'ютерні математичні системи (MathCad, Mathematika, MathLab та інші). Проаналізувавши отримані розв'язки, студент буде здатен зробити висновки про працездатність реальної системи. Таке дослідження дозволяє студенту отримати певні навички науково-дослідницької діяльності та викличе у нього моральне задоволення і впевненість у змозі самостійно вирішувати практичні задачі.

Таким чином, сучасна технічна освіта має прищепити молодій людині здатність самостійно засвоювати знання, оволодівати потрібною інформацією та творчо осмислювати її. Освіта покликана навчити майбутніх керівників мислити критично і креативно, бо це є одним із головних факторів підвищення їх професіоналізму, ефективності виробництва та використання інноваційних технологій в ньому.

1. Грабовська Т.І., Талапканич М.І., Химинець В.В. Інноваційний розвиток освіти: особливості, тенденції, перспективи. – Ужгород, 2006. – 232 с.
2. Аузіна М.О., Возна А.М. Інноваційні процеси в освіті : навч. посібник / М.О.Аузіна, А.М.Возна. – Львів : ЛБІ НБУ, 2003 – 130 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Родионов Н.А. к.т.н., Карабут В.Н.

Национальная металлургическая академия Украины

При выполнении технологического процесса участвует большое количество факторов, которые непрерывно изменяются и оказывают влияние на конечные результаты технологического процесса, вызывая погрешности следующего вида: систематические и случайные [1].

Случайные погрешности возникают в результате действия большого количества несвязанных между собою факторов, и определить заранее момент появления и точную величину этой погрешности для каждой конкретной детали в партии не представляется возможным [2].

Для выявления и анализа закономерностей распределения размеров при их рассеивании от действия случайных погрешностей применяются методы математической статистики, которые базируются на теории вероятности. Распределение случайных погрешностей соответствует закону нормального распределения [3].

Все это связано со сложными математическими расчетами определенной точности и построениями различного вида графиков, что в свою очередь увеличивает затраты времени в учебном процессе.

Цель работы: разработать программу на языке Object Pascal в среде разработки Delphi позволяющую автоматизировать процессы расчетов и построения графиков, повысить точность расчетов, а также поднять уровень и качество учебного процесса.

В ознакомительной версии среды разработки Delphi [4] на языке Object Pascal разработана программа, которая позволяет: получить расчетные данные для построения – гистограммы и полигона распределения размеров; получить расчетные данные для построения – кривой нормального распределения размеров; построить график, на котором строятся выше указанные кривые распределения размеров; получить расчетные данные характеризующих точность операции – допуск; верхний и нижний предельные размеры деталей согласно допуску, вероятное количество годных деталей согласно допуску, а также количество бракованных деталей.

Выводы: применение программы, разработанной в среде разработки Delphi, позволит автоматизировать и оптимизировать процессы расчетов и построений графиков, и как следствие - уменьшаться затраты времени и увеличится точность расчетов. Применение рассмотренных информационных технологий в учебном процессе обеспечивает специалисту машиностроительного профиля возможность быстрой и эффективной работы.

1. Методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Технология машиностроения», раздел «Теоретические основы технологии машиностроения» /Сост. И.С. Цехмистро, И.В. Добров.– Днепропетровск: ДМетИ, 1987.-52с.
2. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, 1985. – 496с.
3. Ясев А.Г. Основы математического моделирования: Конспект лекций. -Днепропетровск: НМетАУ, -2004. -94с.
4. Delphi - Embarcadero Website [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.embarcadero.com>

МЕТОД ПОИСКА ДУБЛИКАТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ФОРМАТЕ PDF

Удовенко С.Г.¹ д.т.н., Кучанский А.Ю.² к.т.н.

¹Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеця,

²Киевский национальный университет строительства и архитектуры

В современных поисковых и информационно-аналитических системах используются методы анализа научных текстовых документов с целью выявления возможного совпадения их содержания (полного или частичного) с текстами документов из электронных библиотек или сети Интернет [1]. В то же время существуют определенные трудности, связанные с проблемой автоматического сравнения изображений, содержащихся в сравниваемых документах (статьях, докладах, диссертационных работах и т.п.). Анализ документов, в которых присутствуют математические формулы в формате PDF, является сложной и недостаточно исследованной задачей. Распознавание таких объектов в PDF-изображениях возможно лишь со значительными неточностями передачи смысла формулы. Рассмотрим подход к автоматическому поиску дубликатов изображений в текстовых документах, представленных в формате PDF. Разработанный модуль анализа таких изображений (CompareP) основан на применении метода анализа графических объектов, приведенного в [2], с учетом особенностей формата PDF. Для создания приложения была использована концепция MVC (model-view-controller), в соответствии с которой модель данных приложения, пользовательский интерфейс и управляющая логика разделены на три отдельных блока таким образом, что модификация одного из блоков оказывает минимальное воздействие на весь программный модуль в целом. Модуль предназначен прежде всего для сравнительного анализа научных текстов, содержащих формулы и представленных в формате PDF в виде изображений. При распознавании математических формул в модуле выделяются следующие стадии: предварительная обработка данных; разделение формулы на символьные фрагменты (сегментация); распознавание отдельных символов; распознавание структуры математического выражения. Пользователь загружает в блок «Controller» два сравниваемых документа в формате PDF, после чего из них извлекаются все изображения, параметры которых преобразуются к модифицированному виду для подачи в блок «Model». Идея работы этого блока состоит в выполнении следующих операций: поиск изображений в документах формата PDF; поиск дубликатов изображений; распознавание математической нотации на изображениях; преобразование формул в древовидную структуру; сравнение формул как лексических единиц. Таким образом, блок «Model» реализует основную логику работы модуля CompareP: проводится циклическое попарное сравнение изображений, и если на изображении удается распознать формулу, она сохраняется в специальном файле, соответствующем номеру документа. Алгоритм обрабатывает формулы в буквенном виде, формируя для каждой из них дерево операций и операндов, после чего выполняет сравнение деревьев. При высокой степени совпадения структур деревьев выполняется проверка переменных и определяется значение интегрального коэффициента подобия формул. Блок «View» визуализирует результаты работы программы. Результатом реализации предложенной схемы может быть формирование электронной формы «Индикация возможности формульно-текстового плагиата в PDF-документе», создаваемой для каждого рассматриваемого объекта (с определением коэффициентов подобия анализируемых формульных документов), и построение сравнительной гистограммы.

1. Лупаренко Л. А. Інструментарій виявлення плагіату в наукових роботах: аналіз програмних рішень / Л.А. Лупаренко // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2014. – Т. 40. – №2. – С. 151 – 169.

2. Лізунов, П. П. Автоматичний аналіз подібностей схем та діаграм в електронних текстових документах [Текст] / П. П. Лізунов, А. О. Білощицький, Л. Е. Чала, С.В. Білощицька, О. Ю. Кучанський, С.Г. Удовенко // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 28. – С. 147 – 156.