

СЕКЦІЯ 1

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І СИНТЕЗ ПРОЦЕСІВ У МЕТАЛУРГІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

IMPROVEMENT OF METHODS OF DETERMINATION AND COMPARISON OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF DIFFERENT MATERIALS

Borodii Y. P. Cand. Sci. (Eng.), Docent

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv)

An important technical task is the development of methods for determining tribological properties of materials of different nature in laboratory conditions. So, for the laboratory evaluation of these properties for metals and alloys, studies are carried out on the friction machines, one of which is the M-22M machine. It allows us to investigate the performance characteristics of materials in the conditions of dry and extreme friction of slip and lubrication. The principle of the operation of such machines is as follows. A fixed sample, which can be made of different materials, is pressed against a rotating cylindrical specimen, a load that is given. In this case, the samples are worn out. As a result, the following parameters can be determined: linear and massive wear of samples, friction coefficient. The friction machine M-22M allows testing of friction pairs for different types of contact. The methods proposed in the work, use the shaft contact plane of the plane (Fig. 1). The assessment of wear resistance of materials can also be carried out in the width of the groove formed on a flat sample (Fig. 2). Test parameters are variables. You can change the linear velocity V , the load on the flat sample P and the test time, which can reach several hours.

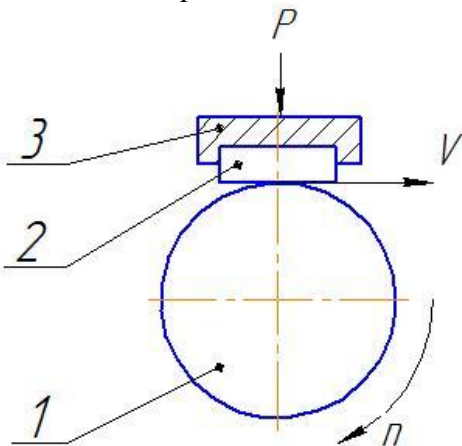


Fig. 1. Scheme of tests: 1 - sample shaft; 2 - flat sample; 3 - device for installing a flat sample.

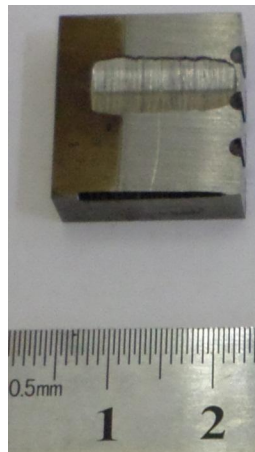


Fig. 2. General view of a metal flat sample after the test with wear traces (groove).



Fig. 3. General view of a plastic flat sample after tests with wear traces (groove).

However, when testing samples from soft materials (plastics, etc.), such test conditions are unacceptable. By setting the minimum values of linear velocity V and load P , it is difficult to pick up the test time, which is very small. In addition, the problem of assessing the wear of soft samples remained. Initially it was planned to measure the mass of samples before and after the tests on the analytical scales. By weight difference (mass loss or mass wear), it was planned to assess the wear resistance of the samples. However, the mass of samples was in the range of 2-3 grams and the mass wear was small (Fig. 3). Consequently, the proposed method for estimating tribological properties and wear resistance of soft materials has the following features:

1. The shaft-plane test scheme is used (Fig. 1).
2. During the test of a flat surface of soft samples, the time during which intensive wear (heating of samples, active allocation of chips, etc.) is measured. At this time and the wear resistance of soft samples is evaluated.
3. As a specimen 1 (shaft) a cylindrical specimen is used, made of steel with the possible strengthening of the working surface.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕКСТУРОВАННЯ ПОВЕРХОНЬ КОЛЕКТОРНИХ ПЛАСТИН

Гришин В.С. к.т.н., Абрамов С.О.

Національна металургійна академія України, кафедра технології машинобудування

Технологічні можливості струминної обробки зумовлюють підвищену увагу до вивчення закономірностей процесу. Головний інтерес для практики представляє встановлення виду залежностей між технологічними параметрами (розмір абразивних часток, швидкості руху часток, концентрація, тиск стислого повітря, кут атаки, фізико-механічні властивості часток і оброблюваної поверхні) та вихідними параметрами процесу (шорсткість обробленої поверхні, величин знімання металу та наклепу). Що в свою чергу зумовлює необхідність оптимального вибору величин технологічних параметрів в умовах конкретної виробничої ситуації. Основні закономірності можуть бути встановлені в результаті регресійного аналізу експериментальних даних. Проте використання отриманих закономірностей обмежується трудомісткістю процесу та порівняно вузькими областями зміни параметрів проведення експерименту.

Метою роботи є визначення факторів, які визначають процес утворення мікрорельєфу в зоні дії абразивно-повітряного струменя, взаємозв'язок між ними та ступінь їх впливу на інтенсивність формування мікрорельєфу; формування моделі фінішної обробки колекторних пластин, створення теоретичних основ і методології проектування високоефективних ресурсозберігаючих технологічних процесів виробництва моторних колекторів електричних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у розвиток теорії моделювання струменево-абразивної обробки поверхні зробили такі науковці, як, зокрема, Проволоцький О.Є. [1], Денисюк В.Ю., Харчик М.М., Буць Б.П. [2], Андилахай А.А., Новиков Ф.В. [3], Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. та інші.

Найбільш універсальним підходом, заснованим на визначенні пошукових залежностей і рішенні задачі оптимізації технологічних параметрів процесу обробки в результаті статистичного імітаційного моделювання, а саме можливість керування вхідними параметрами до початку роботи моделі чи у процесі роботи – одна із ключових переваг використання імітаційного моделювання для аналізу систем та процесів. Це дає можливість визначити оптимальні параметри, за яких досягається максимальна ефективність роботи процесів, визначити залежність між вхідними та вихідними параметрами.

У роботі розглянуто: створення теоретичних основ і методології проектування високоефективних ресурсозберігаючих технологічних процесів виробництва моторних колекторів електричних машин; процес утворення мікрорельєфу колекторних пластин в зоні дії абразивно-повітряного струменя, взаємозв'язок між факторами та ступінь їх впливу на інтенсивність формування. Визначено формування моделі фінішної обробки колекторних пластин, оброблених карбідом кремнію (чорний).

Перспективами подальших досліджень є вдосконалення технологічного процесу отримання колекторних вузлів про можливість впровадження

Література

1. Проволоцкий А. Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин / А. Е. Проволоцкий. – К. : Техника, 1989. – 177 с.
2. Денисюк В. Ю. Аналіз існуючих технологій очищення поверхонь в сучасному машино- та приладобудуванні / В. Ю. Денисюк, М. М. Харчик, Б. П. Буць // Перспективні технології та прилади. - 2015. - Вип. 6. - С. 9-13. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ptp_2015_6_4
3. Андилахай А. А. Теоретические и экспериментальные исследования динамики струйно-абразивной обработки / А. А. Андилахай, Ф. В. Новиков // Вісн. Приазов. держ. техн. ун-ту. Сер. Техн. науки. - 2010. - Вип. 20. - С. 206-212.

ДО ДОСЛІДЖЕННЯ СИНТЕЗУ КЕРУВАННЯ СИСТЕМИ ГЕНЕСИО-ТЕСІ

Дмитрієв Д.Т., Зайцев В.Г. к.ф.-м.н.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Інтерес до хаотичних систем не вщухає протягом останніх двох-трьох десятиліть. І якщо спочатку цей інтерес зводився переважно до виявлення й аналізу хаотичних систем, то в даний час хаотичні системи знаходять широке інженерне застосування, що базується на використанні керованих хаотичних систем. Є безліч публікацій щодо використанню сучасних методів теорії керування для вирішення різних завдань керування хаотичними системами з різноманітними дивними атракторами [1-4]. У даній роботі розглянемо застосування запропонованого підходу до вирішення проблеми керування системою з хаотичним атрактором Генесіо-Тесі [5].

Система Генесіо-Тесі має вигляд

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = x_2(t), \\ \dot{x}_2(t) = x_3(t), \\ \dot{x}_3(t) = -cx_1(t) - bx_2 - ax_3 + mx_1^2, \end{cases} \quad (1)$$

де $X(t) = [x_1(t), x_2(t), x_3(t)]^T$ – вектор стану; a, b, c, m – позитивні константи, при цьому $ab < c$. Система (1), при значеннях констант $a = 1.2, b = 2.92, c = 6$ і $m = 1$, являє собою некеровану хаотичну систему. Із системи (1) формуємо відкриту керовану збурену систему виду:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = x_2(t), \\ \dot{x}_2(t) = x_3(t), \\ \dot{x}_3(t) = -cx_1(t) - bx_2 - ax_3 + mx_1^2 + \Delta f + d(t) + u, \end{cases} \quad (2)$$

де Δf – параметрична невизначеність хаотичної системи (1); $d(t)$ – не вимірюване зовнішнє збурення; u – керування. У загальному випадку збурення системи (2) будемо вважати обмеженими: $|\Delta f| \leq \alpha, |d(t)| \leq \beta$, де α, β – позитивні константи. Завдання керування системою (2) полягає в забезпеченні нульового значення вектора помилки: $\lim_{t \rightarrow \infty} \|E(t)\| = \lim_{t \rightarrow \infty} \|X(t) - X_d(t)\| = 0$, де $X_d(t) = [x_d(t), \dot{x}_d(t), \ddot{x}_d(t)]^T$ – бажаний вектор стану.

Використовуємо далі підхід побудови системи керування, що спирається на принцип інтегральної адаптації [6]. Він не вимагає синтезу спостерігачів стану і збурень і, відповідно, оперативної оцінки цих збурень.

Надано результати побудови синтезованого керування, наведено ілюстративний матеріал, що підтверджує використання вказаного підходу.

Література

1. Ott E., Grebogi C., Yorke J.A. Controlling chaos // Phys. Lett. A. – 1990. – Vol. 64. – P. 1196-1199.
2. Fradkov A.L., Evans R.J. Control of chaos: methods and applications in engineering // Ann. Rev. Control. – 2005. – Vol. 29. – P. 33-56.
2. Fradkov A.L., Pogromsky A.Yu. Introduction to control of oscillations and chaos. – Singapore: World Scientific, 1998.
4. Dadras S., Momeni H.R. Control uncertain Genesio–Tesi chaotic system: Adaptive sliding mode approach // Chaos, Solitons and Fractals. – 2009. – Vol. 42. – P. 3140-3146.
5. Dadras S., Momeni H.R. Control uncertain Genesio–Tesi chaotic system: Adaptive sliding mode approach // Chaos, Solitons and Fractals. – 2009. – Vol. 42. – P. 3140-3146.
6. Колесников А.А., Колесников Ал.А., Кузьменко А.А. Метод АКАР и теория адаптивного управления в задачах синтеза нелинейных систем управления // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – Т. 18, №9. – С. 579-589.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АЗОТУВАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

¹Долгов М.А. д.т.н., ²Заїчко К.В.

¹Інститут проблем міцності імені Г.С.Писаренка НАН України

²Державний науково-дослідний інститут МВС України

Вирішення питань підвищення надійності, економічності та ресурсу зубчатих коліс потребує застосування матеріалів, здатних працювати в умовах перепаду тиску, підвищених вібрацій, при змінних контактних, ударних та статичних навантаженнях. Стан поверхневого шару визначає роботоздатність усіх коліс. Використання матеріалів з високою собівартістю для їх виготовлення недоцільно. Існує велика кількість технологічних процесів (ТП) хіміко-термічної обробки зубчастих коліс, які мають свої особливості, переваги та недоліки. В роботі проведено порівняльний аналіз існуючих ТП їх азотування, а саме: газового азотування, азотування у сольових ваннах, іонного азотування та термоциклічного вакуум-плазмового азотування.

Кількісне оцінювання виконано переведенням якісних значень параметрів ТП у кількісні. Процедура вибору ТП здійснено за допомогою методів прийняття рішення. Під час вибору технології використано метод вагових характеристик. Проведено перетворення лінгвістичних характеристик до числової форми, що дозволило провести ранжування на основі показників ефективності. Найкращий ТП характеризується найбільшим значенням індексу ефективності γ . У зв'язку з використанням лінгвістичних характеристик не проводили їх процедуру нормування. Виконано ранжування характеристик від 1 (найменше важлива) до 8 (найбільше важлива). Отримані значення індексів ефективності γ наведені в таблиці. Індекс ефективності γ визначали за формулою:

$$\gamma = \sum_{i=1}^n Y_i \alpha_i,$$

де Y – характеристика ТП, α – ваговий коефіцієнт, n – загальна кількість характеристик.

Таблиця – Значення характеристик ТП та їх індекси ефективності

Види ТП азотування	Особливості ТП (вагові коефіцієнти α)								Індекс ефективності γ
	Час нагріву деталі (2)	Азотування нержавіючих	Складність процесу (4)	Керування температурою (5)	Азотування без нітридної зони (7)	Складність обладнання (3)	Забруднення середовища (8)	Тривалість процесу (6)	
Газове	6	4	12	15	7	12	16	6	65
У сольових ваннах	8	4	16	15	7	9	8	24	81
Іонне	2	4	4	5	28	3	32	12	105
Термоциклічне вакуум-плазмове	6	4	8	20	28	3	32	18	119

З проведених досліджень можна зробити висновок, що ТП термоциклічного вакуум-плазмового азотування є найкращим, тому що він отримав індекс ефективності $\gamma = 119$. Із розглянутих ТП найбільш економічно вигідним та продуктивним є термоциклічна вакуум-плазмова обробка.

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ РЕАЛІЗАЦІЇ В ЗАДАЧАХ СИНТЕЗУ З ІНТЕГРАЛЬНОЮ АДАПТАЦІЄЮ

Зайцев В.Г. к.ф.-м.н., Сірик С.Ф., Науменко Д.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Чисельна реалізація побудови синергетичного керування для багатьох об'єктів потребує адаптивності нелінійної системи до різноманітних зовнішніх та параметричних збурень. Принцип інтегральної адаптації полягає в побудові регуляторів, які забезпечують компенсацію найгірших збурень. Як зазначено в [1] «... збурень, які за найменший час відхиляють об'єкт керування на максимально можливу відстань від бажаного стану в його фазовому просторі». Тоді для компенсації кусково-постійних збурень регулятор повинен включати в себе інтегратор [1], або іншими словами реалізовувати астатичний закон керування.

Як відомо, в класичній теорії керування інтегральні складові, з одного боку, компенсують постійні збурення і підвищують точність керування, а з іншого, - погіршують стійкість замкнутої системи. Використання методу аналітичного конструювання агрегованих регуляторів (АКАР) в синергетичній теорії керування (СТК) дозволяє вирішити цю проблему. Застосування принципу інтегральної адаптації СТК дозволяє повністю компенсувати вплив поліноміального збурення ступеня n : для чого особливим чином вводиться $n+1$ інтегратор. Разом з тим, відповідно до ідеології методу АКАР, кожен вид збурень повинен бути представлений у вигляді динамічної моделі, вихід якої апроксимує збурення відповідного класу.

У даній роботі, дотримуючись ідеї [2], чисельно розглядається реалізація цього підходу, коли будується одна поліноміальна модель для збурень, але з максимальним ступенем.

Використання даного підходу розглянуто для вирішення завдання керування електроприводом (ЕП) складального робота, що моделюється ангулярними (кутовими) кінематичними схемами. Подібного класу задачі керування розглянуті в роботі [3].

Основні результати роботи будуть надані в доповіді конференції та можливо представлені у збірнику її робіт.

Висновки. Використання інтегральної адаптації в синергетичній теорії керування дозволяє в деякій мірі спростити використання методу АКАР. У цьому випадку простіше реалізувати збурення, які притаманні в будь-якому об'єкті керування, як ті що не мають вимірюваних, так і параметричні, у вигляді поліноміальної залежності з максимальною ступеню. Деякі проблеми потім з'являться при виборі невідомих коефіцієнтів методами модального керування чи іншими підходами. Проте, чисельна реалізація зазначеного підходу працездатна і показує задовільні результати.

Література

1. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. – Изд. 2-е. – М.: Либроком, 2012.
2. Кузьменко А.А. Нелинейный синтез закона адаптивного управления частотой вращения гидротурбины: интегральная адаптация // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2015. – № 1-2. – С. 85-94.
3. Колесников А.А., Топчиев Б.В. Синергетический подход к проблеме формирования искусственной самоорганизации управляемых систем. Часть 2 // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2005. – №2. – С. 2-11.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШЛАКУ НА ПРОЦЕСИ ПРИ ВИПЛАВЦІ ЕЛЕКТРОСТАЛІ

Камкін В.Ю. аспірант, Безшкуренко О.Г. к.т.н.

Національна металургійна академія України

Рациональний енерготехнологічний режиму роботи дугової сталеплавильної печі в період нагріву металошихти залежить від різних факторів зовнішнього впливу. Швидкість нагріву рідкого металу, витрата електроенергії і електродів істотно залежать від ефективності використання тепла електричних дуг [1].

При виплавці сталі в сучасній дуговій електропечі, слід особливо виділити роль шлаку в передачі тепла від дуг до ванни. Неодмінною умовою є повне «затоплення» електричних дуг в шлаковому шарі. В іншому випадку спостерігається перегрів склепіння і бічних стін печі за рахунок випромінювання тепла «відкритими» дугами. Це змушує зменшити довжини дуг, працюючи на нижчих ступенях вторинної напруги пічного трансформатора, тобто знижувати електричну потужність печі. В результаті подовжується тривалість плавки. При значній витраті матеріалів відбувається зниження температури ванни. Так, згідно з [2], можна прийняти, що 1 т вапняку охолоджує 100 т металу на 38⁰С, вапна - на 22⁰С, окатишів - на 42⁰С. При 1600⁰С і вмісті 5 і 8% недопалу охолоджуюча здатність вапна становить відповідно 1610 і 1680 кДж/кг.Є відомості, що частка тепла, яка йде на нагрів металу, зростає зі збільшенням товщини шлаку [15]. Дуги, занурені в шлак, горять стабільніше. Питома витрата енергії при плавці під спініним шлаком нижче, ніж при наявності погано спіненого шлаку. Це пояснюється кращою передачею енергії внаслідок екранування дуг, можливістю роботи на довгих дугах, і передачі тепла конвекцією через шар шлаку, введенням додаткового тепла окислення вуглецю. Спінюванню шлаку і стійкості піни сприяють підвищена в'язкість шлаку, низький міжфазний натяг, малий розмір і велика кількість бульбашок монооксиду вуглецю, що виділяються в початковий період плавки. Спінювання шлаку і стійкість піни найкраще забезпечуються інтенсифікацією введення кисню в піч при підвищенні його витрати до 50 м³/т і вдуванням вугільного порошку при питомій витраті до 10 кг/т [3]. Перспективним також є введення комплексних шлакоутворюючих, що містять вуглець, оксиди заліза і в певному співвідношенні вапно і вапняк. При регламентованому введенні присадок, в залежності від умов плавки, цей технологічний прийом є ефективним для забезпечення рівномірного розподілу спіненого шлаку по поверхні ванни.

Гарне спінення призводить до зниження концентрації водню на 10 - 20 ppm до рівня близько 30 ppm при «промиванні» ванни в процесі більш інтенсивного зневуглицювання і в результаті кращого захисту металу від атмосфери печі шаром спіненого шлаку.

Найбільш доцільним з технологічного боку і економічно обгрунтованим є використання регламентованої, в залежності від розв'язуваних завдань, присадки комплексних шлакоутворюючих матеріалів з регульованими складом (СаО: СаСО₃: С) і властивостями. Режими попередньої відновлювально-теплової обробки вихідних матеріалів, повинні забезпечувати в одержуваному матеріалі задані, в залежності від періодів плавки і вирішуваних завдань, кількості оксидів заліза, вуглецю, вапна. В якості зазначених матеріалів доцільно використовувати вуглецьвмісні відходи рослинного виробництва, пилоподібні відходи виробництва вапна та / або вапняки місцевих родовищ, залізовмісні матеріали (концентрати первинного і вторинного збагачення, і обмежено шлами і пилом). Їх використання в електросталеплавильному виробництві буде направлено на підвищення ефективності виробництва сталі в ДСП.

Література

1. Лякишев Н.П., Снитко Ю.П., Оржех И.М. Передача тепла от электрических дуг ванне расплавленного металла в сверхмощной дуговой сталеплавильной печи. // Изв. ВУЗов. Черная металлургия. – 1991. - №3. – С. 29-31.
2. Кочо В.С., Ерошенко В.А. Физико – химические и теплофизические особенности современного мартеновского процесса. – М.: Металлургия. 1974. – 224 с.
3. Применение кислорода в дуговых сталеплавильных печах. Г.А.Лопухов // Электрометаллургия. -2005. - № 3. - С. 2 – 26.

THE COMPUTER SYSTEM FOR COULOSTATIC EXPERIMENTS. THE ADSORPTION MEASUREMENTS UNIT.

Kapitonov O.G.

*Department of specialized computer systems,
Ukrainian State University of Chemical Engineering.*

Kinetic effects caused by adsorption phenomena at the electrode/electrolyte interface make it possible to control the rate of the electrochemical processes as well as properties and structure of metal deposits. That is why studies on kinetics of electrochemical reactions taking place under adsorption of electrochemically inactive organic surfactants attract continuing interest despite the results already achieved. One of the most important tasks in this research direction is determination of quantitative relations between the inhibition coefficient and the surface coverage with organic substance (θ). Conventional technique is based on measurement of the double layer capacitance within the framework of the two parallel capacitors model. The coulostatic relaxation technique seems to be very promising for application in this area. It is based on injection of electric charge of controlled value into electrode system following with potential registration while charging circuit is open.

However, in the case of solid crystalline electrodes the interface reacts rather like so called constant phase element (CPE) [1] than like a capacitor. Kinetic and adsorption parameters of the electrode reactions under investigation were determined with use of an automated measuring system [2]. If the impedance of the electrode corresponds to the Ersler – Randles model then the relaxation potential is described by an exponential decay. The fact that interface of solid electrodes with electrolytes does not behave like a capacitor in the most of cases changes the measurement routine radically. In general case the dissipation of the electric energy takes place even for very short injection pulses and goes on at relaxation stage. As it has been shown earlier [3], the potential decreases slower in comparison with corresponding exponent. Obviously, recording of relaxing potential must occur in wider time range and choice of its width set another problem for experimenter.

Mathematical model and corresponding computer application for determination of adsorption characteristics in coulostatic experiments on solid electrodes were developed. The model simulates coulostatic relaxation of the electrodes' potential while adsorption is considered as slow stage. Model's adequacy was checked by comparison of real experimental data with output of computer simulation. Routines described above were developed as procedures of specialized unit within computer system for coulostatic measurements. Use of uniform data during the whole cycle of experiment series makes the simulation process more convenient for researcher and more effective with regard to time of calculation as well as reliability of results.

References

1. Kapitonov A.G. Mathematical model of electrical charge relaxation on solid phase electrodes. Adequacy issues. //System technologies. –2 (67). – Dnepropetrovsk, 2010. – p. 96-99.
2. Obraztsov V., Kapitonov A., Parfyonov Yu., Danilov F. Automated system for coulostatic measurements. // Elektrokimiya. - V.27. -№10.- 1991. - p. 1378-1380.
3. Kapitonov A.G. Specificity of computer processing of electrical charge relaxation curves at solid electrodes. //System technologies. –2 (73). – Dnepropetrovsk, 2011. – p. 32-35.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ РУЙНУВАННЯ ДРОБИМОГО МАТЕРІАЛУ ПЕКОВОГО КОКСУ

Кобрін Ю.Г.¹, Кононов Д.О. к.т.н.¹, Васильченко Т.О. к.т.н.², Горобець І.В.²

¹Національна металургійна академія України, ²Запорізький національний університет,

Вступ. Молоткові дробарки відносяться до дробарок ударної дії та призначені для крупного, середнього та дрібного подрібнення крихких матеріалів [2]. Дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів дроблення є основою для обґрунтування технологічної схеми дроблення, вибору дробильного обладнання, а також режиму його роботи.

Аналіз досягнень. В дробарках ударної дії матеріал руйнується ударом за рахунок кінетичної енергії рухомих тіл, таких як молоток та дробимий шматок. Величину кінетичної енергії молотка можна регулювати шляхом зміни його маси і зміни швидкості обертання ротора. Але при цьому дія дроблення молотка малої маси, що обертається з великою швидкістю, і молотка великої маси, що обертається з меншою швидкістю, не буде однаковою при рівній за величиною кінетичної енергії [1]. По теорії Герца – сила дроблення залежить від маси молотка і маси дробленого матеріалу. Дроблення шматків матеріалу тієї чи іншої міцності обумовлюється силою удару, що залежить від відносної його швидкості. Чим вище швидкість удару, тим міцніші матеріали можуть бути піддані дроблення [1].

Постановка завдання. Завдання – з'ясувати закономірності енерговитрат процесу дроблення. моделювати фізико-механічних властивостей матеріалів що подрібнюються в умовах динамічного навантаження – для вивчення ударних процесів які виникають при експлуатації дробарок роторно молоткового типу [2].

Головна частина досліджень. Експеримент проводився на установці близькою за конструкцією поданої у [3], випробовування на копрі за методикою падаючого вантажу DWT подібною розробленою фірмою Lokomo.

Для проведення експерименту вибиралися шматки пекового коксу форми найбільш близької до кулі з відносними діаметрами: $d_v=25$ мм та $d_v=50$ мм, кількістю по 10 штук відповідно. Шматок розміщується в циліндрі копра де потім піддається удару молотка, при чому висота падіння молотка з кожним ударом збільшується на 10 мм, доки не відбувається розкол на три шматка. Середнє значення з десяти випробувань вважається результатом.

Енергія руйнування визначається як:

$$E = mgh, \quad (1)$$

де m – маса молотка, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с^{-2} ; h – висота скидання молотка, м.

Результати розрахунків наведено в таблиці (Таблиця 1).

Таблиця 1 – Енергія руйнування шматків пекового коксу

Відносний діаметр d_v , мм	Маса шматка m , кг	Енергія E , Дж
50	0,041	10
25	0,0048	1,25

З формули (Формула 1) можна визначити швидкість яка б забезпечувала необхідну енергію руйнування.

Література

- Брусова О. М. Влияние физико-механических свойств горной породы на конструктивные элементы молотка в дробилках ударного действия / О. М. Брусова. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – №1(107). – С. 38–41.
- Кобрін Ю. Г. Дослідження дробимих матеріалів ударним навантаженням / Ю. Г. Кобрін. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2018. – №7. – С. 61–66.
- Вайсберг Л. А. Современные методы исследования прочностных характеристик строительных горных пород при производстве щебня / Л. А. Вайсберг, Е. Е. Каменева, А. В. Сеницын. // Строительные материалы. – 2015. – №12. – С. 69–72.

РЕМОНТ НАСОСНИХ ШТАНГ ПІСЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Копей Б.В. д.т.н., Стефанишин А.Б.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Івано-Франківськ, Україна

Для зміцнення та відновлення поверхні насосної штанги (НШ) використовуються різні методи. Пропонується ремонт відпрацьованих НШ, який включає наступні операції:

1. Вхідний контроль відпрацьованих НШ, які надійшли на ремонт, по твердості, який включає в себе - заміри твердості за Бринелем НВ і сортування відпрацьованих НШ з $HV \leq 240$ і з $HV \geq 240$.

2. Сортування НШ за овальністю (механічному стиранню) в одному перерізі.

3. Відрізання висаджених головок, без залишку галтелі, на заготовці до номінального діаметра. Косина різку не більше 0,5 мм.

4. Механічна очистка відпрацьованих НШ на лінії дробоструминного очищення гарячекатаного прокату в 3-5 проходів до повного очищення поверхні прутків.

5. Зняття фасок $3 \times 30^\circ$ з обох кінців заготовки на фаскознімальній машині;

6. Виправлення заготовок на 2-х валковій косовалковій правильній машині. Кривизна прутків після правки не більше 1 мм / 1 м.

7. Обточування на безцентровому токарному верстаті відпрацьованих НШ діаметром 25 мм до 22,06 - 22,03 мм, відповідно до ГОСТ 13877-96, відпрацьованих НШ діаметром 22 мм до 19,05 - 19,02 мм, відповідно до ГОСТ 13877-96. На обточеній поверхні не допускаються дефекти - тріщини, закати, підрізи і інші дефекти механічного характеру, які виводять прутки за мінімальний діаметр. У разі виявлення вищезазначених дефектів на поверхні обточених прутків діаметром 22,06-22,03 мм, то проводиться обточування таких прутків в діаметр 19,02-19,05 мм, у разі виявлення вищевказаних дефектів на поверхні обточених прутків діаметром 19,02-19,05 мм, то проводиться обточування таких прутків в діаметр 16,02-16,05 мм. Чистота поверхні після проточування складає Ra 0,63.

8. Сортування готової продукції за діаметрами і поверхнею на відповідність ГОСТ 13877-96.

9. Промаслення заготовки НШ інгібітором атмосферної корозії.

10. Видача сертифіката якості на вироблену заготовку НШ.

Зона приповерхневого шару ремонтної штанги представляє собою пластично деформований матеріал товщиною $\sim 40 - 50$ мкм, мікротвердість якого вища за мікротвердість основного матеріалу на 12-20%. Ця зона практично не травиться кислотою і представляє собою білий шар. Серцевина - це основний матеріал, який складається із зерен сорбіту гартування, що отриманий у результаті нормалізації та прошарків фериту. Розміри зерен сорбіту знаходяться у діапазоні від 10 до 40 мкм. У структурі основного матеріалу міститься значна кількість дефектів ($\sim 5\%$ площі шліфа) вони мають форму хаотично орієнтованих каверн та тріщин, які утворилися ще в процесі експлуатації, але такі дефекти типу коротких тріщин згідно діаграми Кітагани практично не понижують втомні характеристики матеріалу.

Після відновлення штанг за запропонованою технологією було випробувано зразки для дослідження втомної міцності при різному навантаженні та напруженнях згину з обертанням частотою 950 хв^{-1} на установці ЗКШ-25

Результати експериментів свідчать, що запропонований метод відновлення штанг забезпечує зростання обмеженої границі витривалості зразків згідно запропонованої технології відновлення штанг в 3-4 рази. За допомогою розробленої технології та отриманих результатів досліджень можна раціонально використовувати штанги і значно скоротити аварійність при видобуванні нафти зі свердловин.

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНІХ КИСНЕВИХ ФУРМ НА СОБІВАРТІСТЬ КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОЇ СТАЛІ

Молчанов Л.С.¹, Чернятевич А.Г.¹, Вакульчук В.В.¹, Чубіна О.А.²

¹ Інститут чорної металургії імені З.І. Некрасова НАН України

² Дніпровський державний технічний університет

Процес допалення СО до СО₂ в порожнині конвертера з використанням двоярусної фурми є одним з найкращих способів поліпшення теплового балансу конвертерної плавки. Так при її використанні вдалося збільшити витрату брухту на 7% і скоротити тривалість продувки на 22%, знизити витрату вапна, вапняку та плавикового шпату. Разом з тим через збільшену концентрацію СО₂ в відпрацьованих газах знижується теплотворна здатність останнього, що необхідно враховувати при роботі конвертерів зі збором газу в газгольдер та подальшою підготовкою до утилізації.

Оцінка ефективності застосування багатоярусних кисневих фурм, що дозволяють підвищити технологічні і техніко-економічні показники конвертерної плавки в умовах зниження теплотворної здатності димових газів проводилася для умов виплавки сталі в конвертерах комбінованої продувки з подачею кисню зверху та нейтрального газу через днище у 160-т конвертерах. В якості базової була прийнята класична технологія виплавки сталі із застосуванням верхньої богатосоплової кисневої фурми звичайної конструкції. Проведення економічної оцінки базувалося на підсумовуванні відхилення відносних витрат виробництва, пов'язаних із забезпеченням виплавки залізовуглецевого напівпродукту (вартість основних шихтових матеріалів), без урахування вартості модернізації основного технологічного обладнання при компенсації зниження нищої теплоти згоряння димових газів перевитратою природного газу.

Узагальнені відомості про технологічні та техніко-економічні показники використання верхніх кисневих фурм для умов виплавки залізовуглецевого напівпродукту в 160-т конвертерах комбінованого дуття представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Технологічні показники виплавки сталі в 160-т конвертерах комбінованого дуття (кисень зверху, нейтральний газ знизу) із застосуванням кисневих фурм різної конструкції

№	Показник	Конструкція фурми			
		двоконтурна	двоярусна	класична	триярусна*
1.	Витрата чавуну, кг/т	763,6	752,2	788,3	727,6
2.	Витрата брухту, кг/т	363,7	369,2	331,2	388,4
3.	Витрата вапна, кг/т	61,2	61,7	65,1	57,1
4.	Витрата СаF ₂ , кг/т	2,3	1,7	2,45	1,5
5.	Витрата антрациту, кг/т	7,5	4,2	7,25	3,5
6.	Витрата кисню, м ³ /т	49	49,5	57,15	49,8
7.	Вихід придатного, %	88,7	89,5	89,3	89,6
9.	Витрата футерівки, кг/т	2,443	2,359	2,177	2,294
8.	Кількість конвертерних газів, м ³ /т	2,185	2,179	2,176	2,917
9.	Вміст у конвертерних газах СО, % за об'ємом	50,99	44,90	57,25	38,57
10.	Собівартість 1 т сталі за витратами на забезпечення виробництва, \$ США	403,81	400,21	407,07	395,35

* - прогнозні дані, що базуються на результатах лабораторних досліджень

Відповідно до даних приведених в таблиці 1 встановлено, що зі збільшенням ступеня допалення СО до СО₂ в порожнині конвертера витрати на забезпечення виробництва знижуються. Тому в вітчизняних кон'юнктурних умовах (вартість металобрухту є нижчою у порівнянні з рідким чавуном) впровадження конструкцій фурм, що дозволяють збільшити ефективність допалення СО до СО₂ є економічно доцільною.

СИНТЕЗ ПРОЦЕСІВ СПІКАННЯ МАРГАНЦЕВИХ КОНЦЕНТРАТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ ТА СТРУКТУРИ АГЛОМЕРАТУ

Мяновська Я.В. к.т.н., Камкіна Л.В. д.т.н., Мішалкін А.П. к.т.н., Анкудінов Р.В. к.т.н.

Національна металургійна академія України

Спікання тонко дисперсних концентратів є одним з видів підготовки до використання у процесах одержання феросплавів. Важливою вимогою до якості є забезпечення міцності та раціонального хімічного складу, які визначають високі показники застосування феросплавів. Крім міцності агломерат повинен мати вибрану основність яка гарантує вилучення основного компоненту у сплав та контролює перехід інших компонентів у феросплав. Однією з переваг процесу агломерації є розвиток рідко фазного спікання, що забезпечує одержання міцного агломерату. Інтенсифікація рідкофазного спікання може бути досягнута удосконаленням теплових умов ведення процесу, поліпшенням підготовки шихти, а також послідовністю протікання фізико-хімічних процесів та формуванням певних структурних складових агломерату.

Одним з негативних факторів є утворення в структурі агломерату склоподібних речовин, які мають підвищену хрупкість та знижують міцність агломерату. Як показали дослідження в першу чергу склоподібні фази утворюються у верхньому шарі агломерату, що робить його менш міцним. Поліпшує температурно-теплові умови спікання модернізація запалювання, застосування попереднього підігріву і додаткового обігріву [1]. Звичайно температура запалювання шихти складає 1200-1300°C, а тривалість запалювання 1-1,5 хвилини. Правильне запалювання шихти не забезпечує постійної міцності агломерату по висоті шару оскільки є неоднакові теплові умови обробки верхніх і нижніх горизонтів шару. Нижній шар одержує більше теплоти з верхніх шарів. У верхньому шарі відбувається більш різке закалювання спеку із-за охолодження холодним повітрям. Оригінальне рішення було запропоновано авторами [2,3], які використовували сонячну теплову енергію для попереднього нагріву марганцевих руд, для чого дзеркала направляли на верхній шар аглошихти.

Для вирівнювання температурно-теплових умов і підвищення міцності агломерату моделювали вплив додаткового обігріву верхнього шару. Температура повітря 1200°C, а тривалість обігріву становила 10%, 20%, 30 %, 50% від загальної тривалості процесу спікання. Змінювали також кількість вуглецю у вихідній шихті та її основність. Крім того моделювали вплив створення додаткового тепло ізолюючого шару з звороту агломерату та вуглецю, шляхом укладки на верхній шар аглошихти, який буде охороняти верхній шар аглошихти від швидкого охолодження потоком повітря та зменшить утворення склоподібних речовин і підвищить міцність верхнього шару агломерату. Для цього були проведені два спікання. Перше стандартна шихтовка для отримання офлюсованого агломерату. Друге спікання аналогічно першому, але перед запалюванням шихти на неї укладається шар, що складається з звороту фракції 3-5 мм і твердого палива фракції 0-1 мм. За результатами спікання встановлено, що використання додаткового тепло ізолюючого шару дозволяє поліпшити міцність верхнього шару агломерату, і всього агломерату в цілому.

Література

1. Вегман Е.Ф., Панишев Н.В., Борисов В.М. Эффективность прогрева компонентов агломерационной шихты в зоне интенсивного подогрева – Изв.ВУЗов. Черная металлургия, 1979, вып.5, с.16-19.
2. Solar Thermal Treatment of Manganese Ores. Susanna A.C., Hockaday L., Quinn G. Reynolds, Frank Dinter, Thomas Harms. <https://www.solarpaces.org/wp-content/uploads/Solar-Thermal-Treatment-of-Manganese-Ores-Lina-Hockaday-Paper.pdf>
3. Lina Hockaday, Frank Dinter, Thomas Harms. Opportunities for concentrated solar process heat in the minerals processing industry. In SASEC 2016 Programme and Proceedings. <http://www.sasec.org.za/Accessed July 2017>.

ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА HYPERLOOP – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Полевой О. Б. к.ф.-м.н., Редчиц Д. А. к.ф.-м.н., Скосарь В.Ю. к.ф.-м.н.,
Тарасов С.В. к.т.н., Бурылов С.В. к.ф.-м.н., Хачапуридзе Н.М. к.т.н.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины

В докладе проводится анализ развития существующих и перспективных видов высокоскоростного наземного транспорта (ВСНТ), включая скоростные железнодорожные поезда, MAGLEV и HYPERLOOP. Основное внимание уделяется концептуальным и проблемным вопросам создания транспорта нового поколения в Украине.

Одним из преимуществ проекта HYPERLOOP является высокая скорость передвижения – до 1200 км/час, которая достигается за счет движения в герметичной трубной путевой структуре. Создание разреженной атмосферы с целью существенного уменьшения потерь энергии – одна из ключевых идей проекта HYPERLOOP, который должен сочетать в себе качества низколетящего самолета и железнодорожного поезда.

В качестве основного концептуального направления разработки ВСНТ типа HYPERLOOP рекомендуется использование технологий магнитолевитирующего транспорта (MAGLEV). На сегодняшний день в рамках технологий MAGLEV имеются разработки тягово-левитационных систем (ТЛС), систем магнитного подвеса, энергообеспечения, управления и бортового электроснабжения. Они могут быть доработаны до условий эксплуатации при более высоких скоростях, декларируемых в технологиях HYPERLOOP. Кроме того, в Украине существует значительный научно-технический задел по ключевым аспектам технологий MAGLEV.

При проектно-конструкторских работах по созданию ВСНТ типа HYPERLOOP рекомендуется использование ТЛС с линейными синхронными двигателями в сочетании с магнитным подвесом на основе технологии Inductrack на постоянных магнитах. В качестве альтернативы возможно рассмотрение линейных асинхронных двигателей и/или использование электродинамического подвеса на базе криомодулей (сверхпроводящих магнитов). Рекомендуется комплексная система энергообеспечения как от внешней энергосети, так и за счет автономных источников энергии (фотоэлектрических панелей и ветроэнергетических установок).

При разработке вакуумированной транспортной системы предлагается рассмотреть диапазон давления в путепроводе от 0,01 до 0,1 атмосферного. Данный диапазон позволяет уменьшить аэродинамическое сопротивление капсулы на 90÷99%. Дальнейшее снижение давления в путепроводе вплоть до 0,001 атмосферного приводит к уменьшению лишь долей процентов затрат на преодоление аэродинамического сопротивления, в то время как затраты на поддержание форвакуума будут расти в геометрической прогрессии.

Некоторую проблему при проектировании ВСНТ типа HYPERLOOP будет составлять аэродинамический нагрев корпуса капсулы. При движении со скоростью 1080 км/ч внешняя оболочка капсулы прогревается до температуры 60÷90° С, что может оказать отрицательное влияние на работоспособность бортовых систем электроснабжения и управления, а также на обеспечение комфорта пассажиров в пути. Дополнительной проблемой могут стать системы охлаждения мощного электрооборудования, расположенного как в капсуле HYPERLOOP, так и внутри путепровода, поскольку традиционные системы охлаждения воздушно-радиаторного типа в условиях сильно разреженного воздуха будут малоэффективны.

Создание транспорта HYPERLOOP влечет за собой решение широкого спектра проблем, связанных с его инфраструктурой, в том числе проектирование плана и профиля трасс; разработка инженерных сооружений (эстакады, мосты, путевые развязки, туннели и пр.); проблемы загрузки и выгрузки грузов и пассажиров; обеспечение безопасности перевозок и комфорта пассажиров.

Настоящая работа была выполнена в рамках проекта «Перспективы розвитку транспорту п'ятого покоління в Україні» (№ держреєстрації 0118U007616).

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ НИЗКОВОЛЬТНОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПОВЕДЕНИЕ ШЛАКО-МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ВАННЫ ПРИ ПРОДУВКЕ СВЕРХУ

Семыкин С. И. к.т.н., Голуб Т. С. к.т.н., Дудченко С. А., Вакульчук В. В.

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

Несмотря на длительный период своего существования и всестороннего исследования кислородно-конвертерный процесс обладает высоким потенциалом для повышения технико-экономических показателей, что придает актуальность исследованиям, направленным на решение задач повышения эффективности производства и ресурсосбережение.

Многочисленные промышленные опыты в конвертерах 60-т, 160-т и 250-т в периоды освоения метода подвода низковольтных потенциалов к фурме и металлическому расплаву показали возможность улучшения ряда важных технологических показателей выплавки стали [1].

В работе рассмотрены результаты лабораторных высокотемпературных [2] исследований на меедди кислородного конвертера с верхней продувкой эффектов, возникающих, при прохождении электрического тока по электрической цепи: фурма-сталеплавильная ванна при подведении низковольтного потенциала отрицательной или положительной полярностей к фурме и противоположной полярности к донному контактному электроду при сопоставлении их с плавками, проведенными без воздействий.

Были подтверждены тенденции, выявленные на промышленных конвертерах: по силе влияния положительной полярности на фурме на теплосодержание ванны и по ведущей роли характера и интенсивности процесса шлакообразования на величину силы тока в цепи фурма- ванна. Отмечено также различие в яркости свечения зоны взаимодействия кислородной струи со шлако-металлическим расплавом по исследованным вариантам, коррелирующееся с теплосодержанием ванны: самое яркое свечение подфурменной зоны наблюдалось в варианте применения положительной полярности на фурме, а самое слабое свечение – на сравнительных продувках.

Анализом видеоматериалов установлен переменный по ходу продувки плавки характер подъема и оседания шлаковой фазы, отличающийся противоположным направлением для двух полярностей подводимого потенциала. Также отмечено, что продувки, проведенные с положительной полярностью потенциала на фурме, отличались невысоким уровнем формируемых брызг металла и шлака, несмотря на наименьшее из числа изученных вариантов визуальное количество шлаковой фазы. А наименьший уровень брызг металла визуально был отмечен в варианте подвода отрицательной полярности к фурме. Также выявлено, что продувки с подводом отрицательной полярности к фурме отличались более ранним наведением жидкоподвижного шлака с наибольшим уровнем его подъема.

Выявлен специфический эффект по влиянию полярности потенциала на поверхность шлаковой фазы по сравнению с вариантом без воздействий: образование локальных высоких всплесков в виде «столбиков» при отрицательной полярности и «вязкого» кипения с интенсивным выходом факелов СО на поверхности при положительной полярности потенциала на фурме.

Установлено влияние подводимого низковольтного потенциала на снижение уровня потерь металла со шлаком: при отрицательной полярности на фурме в большей мере с корольками (на 5,9 кг/т стали), а при положительной – с окислами железа в шлаке (на 4,2 кг/т стали).

Література

1. Семыкин С.И. Применение электрического воздействия малой удельной мощности при кислородно-конвертерной плавке стали /С.И. Семыкин, В.Ф. Поляков// Сталь.-2014.- №9.- С.12-16.
2. Чернятевич А.Г. Высокотемпературное моделирование кислородно-конвертерного процесса // Известия ВУЗов. Черная металлургия.- 1991.- № 12.- С.16-18.

СТЕНДОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ГАЗОВОГО КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩЕГО ПОТОКА

Семыкин С.И. к.т.н., Голуб Т.С. к.т.н., Прокопенко П.Г.

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

Известно, что для осуществления протекания окислительно-восстановительных реакций в процессе кислородного рафинирования необходимо наличие подвижных заряженных частиц – ионов, как компонентов металлического расплава, так и, в первую очередь, кислорода [1]. Следовательно, новым актуальным направлением в модернизации существующих конвертерных процессов может стать применение в конвертерном производстве электрически активизированных газовых струй, содержащих кислород.

Основой предлагаемого способа является предварительная активизация кислородного потока за счет высоковольтного разряда мощностью на два – три порядка ниже, чем применяемые в плазменной металлургии, что приведет к образованию молекул озона и определенной доли ионов кислорода до момента его взаимодействия с расплавом.

Исследования по оценке количества формируемых ионов (по величине силы ионного тока) проведены на разработанном и созданном на лабораторном участке ИЧМ НАНУ стенде по изучению возможности и степени активизации кислородсодержащего газового потока за счет создания высоковольтного электрического разряда внутри и на выходе из продувочной кислородной фурмы при подаче через нее кислорода и воздуха (в качестве кислородсодержащего газа). Установлено, что в процессе активизации на срезе сопла фурмы образуется кистевой разряд, а внутри фурмы на электроде – тлеющий разряд, способствующие формированию в потоке продувочного газа заряженных частиц кислорода –ионов положительного и отрицательного знака, с последующим образованием озона.

Установлена ярко выраженная экспоненциальная зависимость количества ионов от расстояния до источника их образования (электрода) не зависимо от давления продувочного газа или уровня содержания в нем кислорода.

Также установлено, что количество положительных ионов было больше, чем отрицательных, особенно на начальном участке струи возле среза сопла на 15-30 %.

Выявлено, что заглубление электрода на величину 10 мм способствовало увеличению значений регистрируемого тока на близких расстояниях к срезу сопла до максимальных величин. По-видимому, такое расположение электрода оптимально для создания как кистевого разряда между концом электрода и кромкой сопла, так и тлеющего разряда внутри фурмы на электроде, комплексно создающих ионный ток.

Сопоставление результатов, полученных при продувке кислородом и воздухом при одинаковом продувочном давлении газа, свидетельствуют о том, что при продувке кислородом количество ионов было выше, чем при продувке воздухом и зависело от величины удаления от среза сопла. А именно на начальном участке при продувке кислородом формируется в 4-5 раз больше ионов, чем при продувке воздухом, а далее по длине струи их количество сближается на расстоянии порядка 50 мм и далее по длине струи остается на подобном уровне. Зарегистрированная разница в величине силы ионного тока, вероятно, связана с количеством кислорода в продувочном газе, который, по-видимому, и превращается в ионы, а затем формирует озон и далее снова рекомбинирует в кислород.

Література

1. Савельев И. В. Курс общей физики: Учеб. пособие. В 3-х т./ И. В. Савельев .- т. 2. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.- 1988. - 496 с.

ОРГАНІЗАЦІЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ПРОЦЕСІВ ПОЗАПІЧНОЇ ОБРОБКИ ШЛЯХОМ ЗАЛУЧЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ

Синицин Я.С. аспірант, Колбін М.О. к.т.н., Бабенко О.В. к.т.н.

Національна металургійна академія України

Значний інтерес металургів до використання в основних металургійних процесах вторинних відходів власного і інших виробництв викликаний тим, що ці матеріали пройшли попередню стадію теплової та хімічної обробки. Це дозволяє при їх індивідуальному або спільному використанні, завдяки більш низьким енергетичним бар'єрам, домагатися необхідних результатів за короткий проміжок часу. На відміну від природних ресурсів, запаси яких при їх використанні об'єктивно зменшуються, кількість техногенних відходів накопичується. Їх залучення вимагає подальшого розвитку нових процесів і обладнання з їх використанням. Сучасні металургійні процеси потребують використання вапна в якості десульфуратора, дефосфатора, компонента, який забезпечує оптимальні фізико-хімічні та технологічні властивості шлаку, добавки в шихту для виробництва офлюсованої сировини. Споживання вапна в різних металургійних процесах при виробництві однієї тонни сталі складає: для конвертерної сталі - 80-100кг, для мартенівської сталі - 15-50кг, для електросталі - 40-60кг. Найбільш раціональним напрямом рециклінгу металургійних відходів є використання напівпродуктів, одержаних шляхом комплексної теплової або відновлювально - теплової обробки виробничих відходів, що визначає їх властивості, призначення і технологічні можливості. Найбільш доцільним є використання в якості вихідних - трьох груп відходів: залізовмісні відходи - шлами і пил газоочистки конвертерних й електросталеплавильних цехів; відсів збагачення, концентрати вторинного збагачення й ін.; пилоподібні відходи виробництва вапна; вуглецьмістячі відходи рослинного походження. Застосування вуглецьвмісного компонента визначається можливістю використання в процесі високотемпературної обробки теплоти згоряння горючих складових відходу (CH_4 , H_2 , CO) і при необхідності частини вуглецю, що має також високі відновлювальні по відношенню до оксидів властивості. Результати експериментальних досліджень відновлення оксидів заліза, що містяться в металургійних шламах, різними відновлювачами (газовугільний концентрат марки Г; деревне вугілля марки А, І сорту, нафтококс і піролізовані відходи рослинного походження) свідчать про те, що піролізований вторинний матеріал є високоактивним відновником, порівняним з деревним вугіллем.

При відновлювально-тепловій обробці залізовмісних пилу і шламів газоочисток конвертерних й електросталеплавильних цехів з $\text{Fe}_{\text{заг.}} \sim 55,97\%$ й $\text{Zn}_{\text{заг.}} \sim 2,5\%$ при використанні піролізованого вуглецевого відходу рослинного походження в якості відновника й, частково, енергоносія, за 30 хвилин обробки при температурі 1100–1150⁰С досягається 94-96% ступінь металізації залізовмісних відходів. Найбільш прийнятним агрегатом для реалізації процесу ВТО шламів газоочисток, очевидно, може бути обертова піч. Спільний випал вапняку й вуглецевого відходу дозволяє підвищити вміст вільного CaO на 10-15%, збільшити ступінь випалу вапна на 15-20% у порівнянні із традиційними способами одержання вапна. При цьому зменшується утворення пилу і його винос, поліпшується екологічний стан навколишнього середовища, зменшується витрата дорогого палива.

Схема практичної реалізації результатів дослідження включає:

- вибір вихідних матеріалів, властивості і склад яких забезпечують отримання напівпродуктів з широким діапазоном можливого використання в якості шлакоутворюючих матеріалів, розкислювачей сталі, матеріалів для підвищення вмісту вуглецю в сталі і заміни частки металобрухту в процесах отримання сталі;
- розробка енергоефективних технологічних схем отримання напівпродуктів, що базуються на використанні теплової енергії згоряння пірогазів вуглецьмістячих матеріалів рослинного походження і частки вуглецю;
- розробка найбільш корисних варіантів функціонального призначення напівпродуктів, отриманих за схемою сумісної ВТО, і експериментальна перевірка ефективності їх використання в киснево – конвертерному процесі виробництва сталі.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДИАМЕТРА РАСПАДА ЭЛЕКТРОДОВ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Тимошенко С.Н. к.т.н., Губинский М.В. д.т.н.

Донецкий национальный технический университет, Покровск,

Национальная металлургическая академия Украины, Днепр

Целью работы является повышение энергоэффективности дуговых сталеплавильных печей (ДСП) путем оптимизации диаметра распада электродов D_p относительно внутреннего диаметра каркаса печи D_k . Традиционно в ДСП принято минимизировать D_p , и в базовом варианте $D_p \approx 0,2D_k$. Современные математические модели процесса плавления скрапа в ДСП [1,2] не отражают вопрос оптимизации D_p .

Численное моделирование нагрева и плавления скрапа энергией электрических дуг на основе математической модели теплообмена излучением в рабочем пространстве ДСП [3] показало, что частный коэффициент энергоэффективности дуг, горящих в индивидуальных колодцах, проплаиваемых в шихте, составляет 0,94, снижается до 0,70 при формировании общего колодца и до 0,55 и ниже при открытом горении дуг. Для 120-т ДСП, работающей по интенсивной технологии с загрузкой скрапа бадьями, увеличение D_p до $0,46D_k$, в сравнении с базовым, ведет к росту относительного времени горения дуг в колодцах на 16% и снижению продолжительности периода плавления на 4% (рис. 1а). Увеличение D_p в пределах от $0,42D_k$ до $0,49D_k$ с повышением вместимости печи от 15 до 250 т, позволяет снизить удельный расход электроэнергии в крупных ДСП на 5–6%, а в печах малой вместимости на 2–3% (рис. 1б) за счет изменения режима плавления шихты.

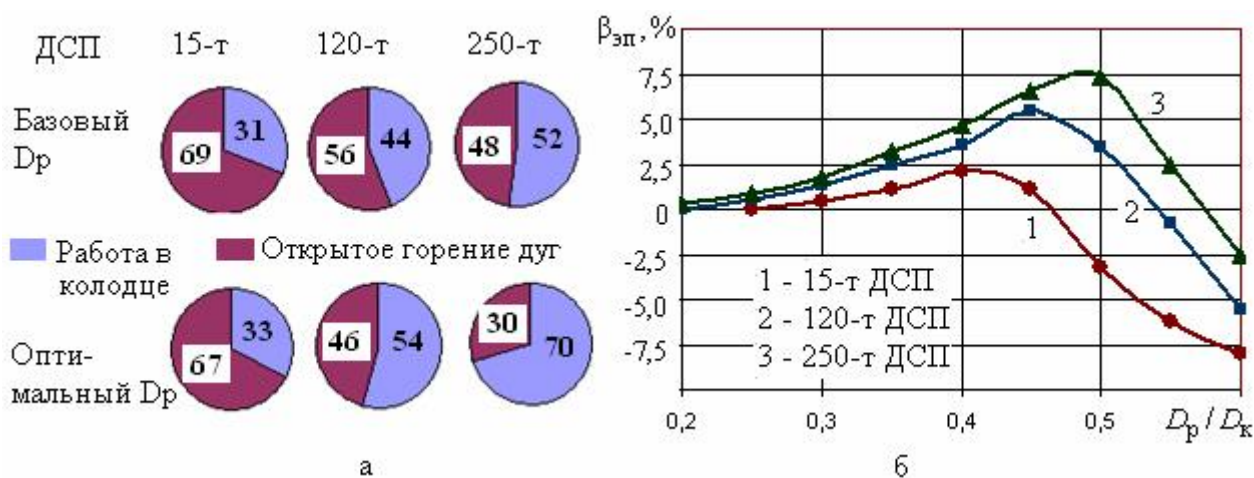


Рисунок 1 – Режимы плавления шихты (а) и относительная экономия электроэнергии $\beta_{эл}$ в зависимости от D_p / D_k (б) в ДСП различной вместимости.

Література

1. Logar V., Dovžan D., Škrjanc I. Modeling and Validation of an Electric Arc Furnace. *ISIJ International*. 2012, vol. 52, no. 3, p. 402–423.
2. Opitz, F., Treffinger, P. Physics-Based Modeling of Electric Operation, Heat Transfer, and Scrap Melting in an AC Electric Arc Furnace. *Metallurgical and Material Transactions*. 2016, vol. 47, pp 1489–1503.
3. Timoshenko S.N. Computer modeling bath geometry to improve energy efficiency of electric arc furnace// *System technologies*, no. 3 (104) – Dnepropetrovsk, 2016, pp.33–39.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕТАЛУРГІЇ УКРАЇНИ З ПОЗИЦІЙ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Тубольцев Л.Г. к.т.н., Заслужений працівник промисловості України

Інститут чорної металургії НАН України

Перспективи розвитку такої складної промислової системи як гірничо-металургійний комплекс України (ГМК) неможливо визначити без застосування системного аналізу. У той же час системний аналіз потребує визначення багатьох параметрів, від яких залежить визначення системи. Для кількісної оцінки перспектив розвитку ГМК використовуємо поняття математичної ймовірності $W_{(A)}$ події A , що визначає параметри роботи галузі. При проведенні даного аналізу до інформаційних параметрів роботи ГМК як промислової системи віднесено наступні.

Вплив держави на роботу ГМК (ймовірність здійснення державного впливу на роботу галузі ($W_{\text{державного впливу}} = W_1$). При будь-якій рівні приватизації металургійної галузі держава повинна зберігати функції управління, здійснювати моніторинг роботи галузі та з використанням законодавчих форм управління. Починаючи з 2011 року держава припинила будь які заходи впливу на роботу ГМК, що призвело до падіння виробництва сталі майже на 50%. У той же час ймовірність здійснення державного законодавчого впливу на роботу ГМК в перспективі досить висока і може бути оцінена на рівні $W_1 = 0,95-0,99$.

Попит на металопродукцію. Розвиток ГМК найближчим часом буде визначатися попитом на металопродукцію (ймовірність W_2). Для України, як постачальник металургійних напівфабрикатів, ймовірність збереження такого становища є досить високою ($W_2 = 1,0$), а в напрямку виробництва прогресивного сортаменту металопродукції W_2 поки не перевищує 60 -70%, тобто ($W_2 = 0,6 - 0,7$) і істотно залежить від промислової політики держави.

Вплив світових цін на металопродукцію Ймовірність зміни світових цін на металопродукцію W_3 можна оцінити на рівні $W_3 = 0,95 - 0,98$.

Інфраструктурний показник роботи ГМК W_4 (наявність трудових ресурсів високої кваліфікації, розвинена транспортна інфраструктура, значні запасів залізорудної сировини сировини) свідчить про перспективу галузі і дозволяє оцінити його ймовірність на рівні $W_4 = 1,0$.

Виробництво металопродукції. Ймовірність збереження виробництва металопродукції W_5 на рівні 23 млн.т досить висока $W_5 = 0,95-0,99$, проте величина цієї ймовірності значно зменшується при збільшенні планованих обсягів виробництва металопродукції, а при обсягах виплавки стали понад 40 млн.т в рік - не перевищує величини $W_5 = 0,5$.

Модернізація ГМК. Низькі показники модернізації галузі W_6 не дають підстави оцінити ймовірність модернізації галузі вище ніж $W_6 = 0,6-0,7$.

Науково-технічне супроводження ГМК. Для перспективного розвитку металургійного виробництва використання наукових досягнень є обов'язковим, тобто їхня ймовірність W_7 повинна дорівнювати $W_7 = 1,0$. Однак для України на даний час цю ймовірність можна оцінити на рівні $W_7 = 0,5 - 0,7$.

З урахуванням мінімальних і максимальних значень вищенаведених критеріїв можна визначити, що ймовірність досягнення запланованих показників перспективного розвитку ГМК становить:

$$W_{\text{ГМК}} = W_1 \cdot W_2 \cdot W_3 \cdot \dots \cdot W_7 = 0,15 - 0,68.$$

Експертне оцінювання проблем металургійного виробництва показує, що кількість підприємств, що визначають пріоритетні завдання розвитку виробництва, складає: технології енергозбереження (50%); альтернативна енергетика (20%); електронний документообіг (65%); роботизація бізнес-процесів (10%); автоматизація бізнес-процесів (15%); інформаційні бази даних (10-20%).

Таким чином ймовірність розвитку ГМК України визначається завданнями на державному рівні. Якщо держава не вважає розвиток ГМК пріоритетним, то ймовірність його розвитку визначається тільки позицією його власників.

UKRAINE'S GRAPHITE PERSPECTIVES IN LI-ION BATTERY SUPPLY CHAINS

Fedorov S. Ph.D., Hubynskiy M. D.Sc., Sybir A. Ph.D., Hubynskiy S. M.Sc., Foris S. Ph.D.

National Metallurgical Academy of Ukraine

As an inherent part of Li-ion battery (LBI) anodes, natural flake graphite has become a strategic mineral resource in developed world economies like EU, US and China. In five years, it is expected an increase in the demand for this product 7-fold compared to actual consumption nearly 150,000 tons. Satiation is aggravated, because only China has relevant reserves which are quite sufficient not only for state's own purposes, but for the export too. As a result, two simultaneous processes, crucial for battery industry, are taking place now worldwide. The first one is acquisition and exploration of new mines (in Brazil, India, Tanzania, Mozambique, Madagascar, Australia, Sweden, etc.) by engaged companies aiming to get exclusive access to graphite ores and, in this way, secure future profits. The second is development of downstream processing technologies intended to purify graphite to battery grade > 99.95%.

According to Zavalivskiy Graphite Ltd official data [1], a local Ukrainian graphite producer, the annual company's production capacity is up to 30,000 tons of graphite with the carbon content of 85% to 99% and particle size of up to 200 microns. Mentioned physical features correspond with common requirements to precursor materials by batteries manufactures. In this connection, Ukraine with its unique graphite deposit and geographic position, close to one of the expanding major market, is capable to take over as a key player in emerging battery supply chains of EU.

Since 2008 the Department of Industrial Heat Engineering at the National Metallurgical Academy of Ukraine (NMAU) along with Thermal and Material Engineering Center (Dnipro, Ukraine) have been working on a proprietary graphite purification technology based on fluidized bed concept (TMEC-ETFBP) [2-3]. The process involves direct resistive heating of graphite powder up to 2800-3000°C, the range of disposal most of the volatile impurities and upgrading the material to battery level. The key advantages of the TMEC-ETFBP are that the treatment occurs at continuous mode without chlorine, acids and any other chemicals.

The ongoing research 'Development the Technology of Graphite Manufacture for LBIs' funded by Ministry of Education and Science of Ukraine is related to a feasibility study of Ukrainian natural graphite applicability for battery purpose. In the framework of the project, the research team has already developed and successfully tested a laboratory scale reactor of 5 kW power equipped with non-inertia heating system. The first test results show that Ukrainian natural graphite can be thermally purified to 99.99% grade.

References

1. Zavalivskiy Graphite LTD. Production of natural flake graphite in Ukraine since 1934. (n.d.). Retrieved February 22, 2019, from <https://zvgraphit.com.ua/en/about-company/>
2. Fedorov, S. S., Rohatgi, U. S., Barsukov, I. V., Gubynskiy, M. V., Barsukov, M. G., Wells, B. S., Livitan, M. V., Gogotsi, O. G. (2015). Ultrahigh-Temperature Continuous Reactors Based on Electrothermal Fluidized Bed Concept. *Journal of Fluids Engineering*, 138(4), 044502. doi:10.1115/1.4031689.
3. Fedorov, S. S. (Au.), Hubynskiy, S. M. (Ed.) (2018, October 20). Thermal Purification of Carbon Materials. Retrieved February 22, 2019, from https://tmec.com.ua/en/menu/thermal-purification-of-carbon-materials?_url=/menu/thermal-purification-of-carbon-materials

УНІФІКОВАНЕ ОБЧИСЛЕННЯ ЕНТРОПІЇ СУМІШІ КЛАСІВ ХАОТИЗОВАНИХ ЧАСТОК

Безуб В.М. аспірант

НМетАУ, Дніпро

До числа безструктурних характеристик, що дозволяють виявити спільність і особливості трьох основних станів речовини, можна віднести і ентропію змішення трьох класів хаотизованих часток, властивих кожному з цих станів. Формула [1] для обчислення фізичної ентропії суміші станів відрізняється від математичної ентропії Больцмана [4] введенням в якості множника універсальної газової константи $kN_A=R$ для віднесення до моля газу і виглядає як

$$S = -R \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i \quad (1)$$

Вона дозволяє врахувати вклад кристалорухливих, рідиннорухливих і парорухливих часток в загальну ентропію змішення хаотизованих часток в різних агрегатних станах. Слід підкреслити, що оскільки мається на увазі суміш віртуальних часток, що знаходяться у межах енергетичних бар'єрів плавлення і кипіння, то і ентропія суміші цих часток, відповідальна за співіснування віртуальних твердих, рідких і газоподібних фаз в кожному стійкому агрегатному стані речовини, також є віртуальною. Проте вона піддається розрахунку і такий розрахунок за методикою [2] було виконано.

При цьому виявилось, що температура максимуму ентропії дуже близька до температури кипіння (максимум температури досягається в кожному випадку при приблизній рівності внесків трьох класів хаотизованих часток), тобто при їх найбільшій неупорядкованості. Подібний збіг відноситься до атмосферного тиску і характеризує [3] унікальність земних умов щодо взаємозв'язку твердого, рідкого і газоподібного станів речовини з точки зору їх рівноцінного значення для реалізації фізико-хімічних процесів.

Обчислення здійснювались засобами пакету Octave з використанням модулів, розроблених на мові C++.

Література

1. Малышев В.П., Нурмагамбетова А.М. Концепция хаотизированных частиц, как основа единого отображения твердого, жидкого и газообразного состояний вещества // Вестник КазНУ, сер. хим. - 2004. - № 3(35). - с. 53-67.
2. Малышев В.П., Абдрахманов Б.Т., Нурмагамбетова А.М. Плавокость и пластичность металлов. - М.: Научный мир, 2004.
3. Сороко Э.М. Структурная гармония систем. - Минск: Наука и техника, 1984.
4. Больцман Л. Избранные труды. Молекулярно-кинетическая теория газов. Термодинамика. Статистическая механика. Теория излучения. Общие вопросы физики. - М.: Наука, 1984.

СЕКЦІЯ 2

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

СТАТИСТИЧНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ КОРОТКИХ ВИБІРОК ВИМІРІВ У ЗАДАЧАХ МОНІТОРИНГУ Й ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Астахов Д.С. ст. викл.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

У практиці моніторингу вирішується задача про сталість властивостей об'єкта з метою прогнозування його залишкового ресурсу. У практиці технічної діагностики вирішується задача класифікації об'єктів. В обох випадках мають справу з вибірками корельованих випадкових величин. До того ж, дуже часто доводиться мати справу з короткими вибірками вимірів ($n < 50$). При цьому відомі критерії порівняння вибірок не дають достовірний результат розпізнавання з високою ймовірністю як при дослідженні довгих вибірок. Тому для дослідження статистичних закономірностей коротких вибірок необхідні нові критерії й нові методи статистичного аналізу.

Зазвичай статистичні характеристики експериментальних вибірок порівнюються з характеристиками теоретичних вибірок, тобто дослідник має деяку апіорну інформацію про статистичні властивості параметрів досліджуваного об'єкта. Але на практиці незалежні величини зустрічаються дуже рідко. Найчастіше доводиться мати справу із залежними, тобто корельованими випадковими величинами із заздалегідь невідомими статистичними властивостями. Далі розглянемо метод їх порівняння.

Наприклад, є вибірка вимірів $X(k)$, яка характеризує нормальний стан об'єкта. Визначимо її мінімальне значення $X^*(1) = X_{min}$ і максимальне $X^*(n) = X_{max}$. Сформуємо еталонну вибірку як послідовність $\Delta x_i, i = 1, 2, \dots, n$, де $\Delta x = n^{-1}(X_{max} - X_{min})$.

Якщо потім вибірку $X(k)$ перетворити по формулі

$$F^*(\Delta x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \text{sgn}(X_{min} + \Delta x_i - X(k)), i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

те одержимо емпіричну цифрову функцію розподілу ймовірності в інтервалі $[X_{min}, X_{max}]$. У неї два параметри X_{min} і Δx . Якщо досліджується множина вибірок вимірів, то визначаються мінімальний мінімум, максимальний максимум і по них оцінюється загальний для всіх інтервал дискретизації Δx .

Закон розподілу $W^*(\Delta x_i)$ оцінюється по формулі з умови $df(x) = W(x)dx$

$$W^*(\Delta x_i) = F^*(\Delta x_i) - F^*(\Delta x(i-1)). \quad (2)$$

$$\text{де, } F^*(\Delta x_i) = \sum_{k=1}^n \text{sgn}(X_{min} + \Delta x_i - X(k)) = N(i) -$$

кількість вимірів $X(k)$, значення яких менше $X_{min} + \Delta x_i$.

Тоді формулу (2) запишемо у вигляді

$$W^*(\Delta x_i) = \frac{N(\Delta x_i) - N(\Delta x(i-1))}{n} = \frac{n(\Delta x_i)}{n}, \quad (3)$$

де $n(\Delta x_i)$ – цифрові гистограмні числа, так що статистичні закономірності вибірки $X(k)$ описуються цифровою емпіричною функцією розподілу ймовірності $F(\Delta x_i) = \frac{N(i)}{n}$ й емпіричним законом розподілу ймовірності $W(\Delta x_i)$ – цифровою гистограмою $\Gamma\left(\frac{n(i)}{n}\right)$.

Таким способом можна порівнювати емпіричні функції розподілу ймовірностей, які характеризують стан об'єкта в різні періоди часу. Або вибірки, які характеризують різні об'єкти. Провівши обчислювальні експерименти, можна переконатися в справедливості запропонованого методу порівняння статистичних характеристик корельованих вибірок випадкових величин.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ АУСТЕНИТА В ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЯХ 20ХН4ФА И 25Х2М1Ф

Бобырь С.В. д.т.н., Левченко Г.В. д.т.н., Борисенко А.Ю. к.т.н., Лошкарев Д.В. инж.
Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины

Для моделирования структуры сталей 20ХН4ФА и 25Х2М1Ф была применена методика, предложенная в работе [1]. В данной работе дополнительно выполняли расчет количества феррита в сталях по разработанной аналитической модели.

В качестве общего уравнения кинетики фазового превращения аустенита было использовано уравнение М. Аврами, записанное в виде:

$$K\alpha = 1 - \exp(-(V\tau)^n), \quad (1)$$

где $K\alpha$ – количество образованной в результате превращения фазы (феррита, перлита или бейнита); V – относительная скорость превращения; n – степень уравнения; τ – время превращения (ниже критической точки A_{c3} для феррита, A_{c1} для перлита и A_{c0} – для бейнита). Температуру A_{c0} для валковых сталей принимали равной 400°C .

Относительную скорость превращения находили по формуле:

$$V = K\Delta T \exp(-Q/2RT) \quad (2)$$

где $\Delta T = T_s - T$, T – текущая температура; T_s – температура критической точки превращения A_{c1} или A_{c0} ; Q – энергия активации диффузии; K – коэффициент; R – универсальная газовая постоянная ($1,986 \text{ кал}/(\text{моль} \cdot \text{град})$).

Количество образующегося в стали мартенсита рассчитано по предложенной формуле [1]:

$$K\alpha = A_m (1 - \exp(-K\alpha(M_n - T)/(T - M_k))), \quad (3)$$

где A_m – количество аустенита, сохранившегося до температуры M_n ; M_n – температура начала образования мартенсита; M_k – температура конца образования мартенсита.

Результаты расчетов приведены на рисунке. Получены близкие к экспериментальным изотермические диаграммы и более точные термокинетические диаграммы.

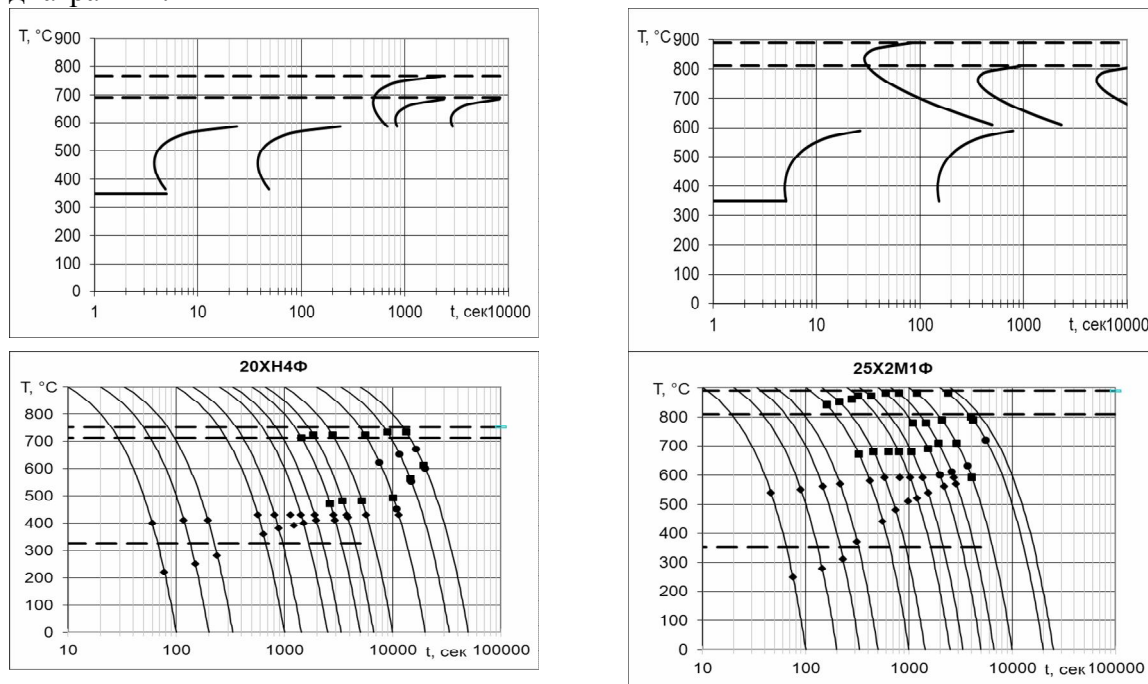


Рисунок – Изотермические и термокинетические диаграммы превращения аустенита в сталях 20ХН4ФА и 25Х2М1Ф

Литература

1. P.V. Krot, S.V. Bobyr, M.O. Dedik. Simulation of backup rolls quenching with experimental study of deep cryogenic treatment // Int. J. of Microstructure and Materials Properties, 2017, Vol.12, No.3/4, pp. 259– 275.

РАДИАЦИОННАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПЛАНАРНЫХ NPN СТРУКТУР, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ИЗОВАЛЕНТНО ЛЕГИРОВАННОМ ГЕРМАНИЕМ КРЕМНИИ (NSIGE)

Быткин С.В. к.т.н., Критская Т.В. д.т.н.

ПАО «Запорожсталь», Запорожская государственная инженерная академия

Создание полупроводниковых материалов для изготовления радиационно-стойких ИЭТ является частью глобальной проблемы разработки, изготовления и применения материалов, сохраняющих свои физические свойства в условиях действия ионизирующих излучений [1]. Целью настоящей работы является сравнительная оценка деградации h_{21E} тестовых npn структур ИС, изготовленных на nSiGe с различной концентрацией Ge и шириной базы, к действию α -излучения для подтверждения технологической применимости изовалентно легированного Ge кремния для формирования работоспособных в полях ионизирующих излучений приборных структур ИС с диэлектрической изоляцией, радиационная деградация которого полностью определяется свойствами однородно легированной Ge исходной монокристаллической пластины SiGe n-типа [2].

Используя экспериментальные значения h_{21E} до и после облучения и применяя стандартные статистические методы, получены эмпирические уравнения, описывающие деградацию npn-структур в зависимости от уровня изовалентного легирования и геометрии вертикальной структуры. Наблюдается существенное различие скорости деградации усилительных свойств тестовых транзисторных структур, изготовленных на кремнии, с различным содержанием Ge. Использование SiGe с $N_{Ge} = 7,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ позволяет обеспечить существенное снижение радиационной чувствительности npn структуры $K_{h_{21E}}$ во всём диапазоне исследуемых доз α -частиц.

Полученные результаты объясняют экспериментально наблюдаемую высокую радиационную стойкость дискретных маломощных тиристоров, изготовленных по планарной технологии на изовалентно легированном германием кремнии [3,4]. Используются, видимо, оба механизма замедления деградации свойств npn структуры, изготовленной на nSiGe: как снижение $K_{h_{21E}}$ npn транзистора эквивалентной схемы прибора, так и уменьшения рекомбинационного тока базы сочетания npn слоёв за счёт уменьшения вероятности радиационного дефектообразования. Исследование взаимодействия этих механизмов будет являться предметом дальнейших исследований.

Литература

1. Efstratia N. Sgourou, Yerasimos Panayiotatos, Ruslan V. Vovk, Alexander Chroneos. Toward Defect Engineering Strategies to Optimize Energy and Electronic Materials. Review. Appl. Sci. 2017, 7, 674; doi: 10.3390/app7070674
2. Быткин С.В., Критская Т.В. Моделирование S-образного процесса накопления А- и Е-центров в изовалентно легированном германием кремнии в среде Statistica и MathCAD. «Сучасні проблеми металургії», № 21, випуск 1- 2018. С. 29-35
3. Быткин С.В., Критская Т.В., Радин Е.Г., Гончаров В.И., Куницкий Ю.И., Кобелева С.П. Экспериментальное исследование характеристик тиристоров, изготовленных на Si<Ge>, при действии гамма-облучения. Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. №3, 2012, стр. 45-48.
4. Быткин С.В., Критская Т.В., Кобелева С.П. Статистический анализ влияния Ge на радиационную и термическую стабильность электрофизических характеристик приборных n-p-n-структур на основе CZ-Si <P, Ge>. Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. № 4, 2013, стр. 42-48.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СТОИМОСТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАРГАНЦЕВОГО АГЛОМЕРАТА

Гладких В.А. д.т.н, Пройдак Ю.С. д.т.н, Михалев А.И. д.т.н,

Рубан А.В. к.т.н, Дедов Ю.Б. Коновал Н.В.

Национальная металлургическая академия Украины

Отечественные марганцевые руды подвергаются обогащению. Полученные при этом концентраты представлены мелкой фракцией, которую перед рудовосстановительной плавкой подвергают окускованию методом агломерации[1].

В настоящей работе приведены результаты исследований с использованием симплекс метода по разработке математических моделей стоимостной оптимизации состава шихты при спекании марганцевых агломератов (АМНВ-1 и АМНВ-2) с заданным содержанием марганца из марганцевого сырья различного качества и при условии переработки собственных марганецсодержащих отходов. Сравнительная оценка качества исходного марганцевого сырья, применяемого при производстве агломерата, проводимая по модульному параметру $\mathcal{R}x_i/Mn$, [2,3] т.е. отношению содержания элемента x_i (P, Mn, Fe, SiO₂) к содержанию марганца, показывает, что концентраты никопольского бассейна характеризуется меньшим модулем железа в сравнении с импортными рудами (ЮАР, Бразилии Австралии).

Добавка низкосортного концентрата при спекании агломерата первого сорта АМНВ-1 вызовет повышенный расход высокосортного марганцевого концентрата, а добавка высокосортного марганцевого концентрата при спекании АМНВ-2 (естественно при соблюдении пределов по марганцу) приведет к необходимости его разбавления марганцевым концентратом более низкого качества или оксидными отходами собственного производства. Количество присаживаемых отходов ограничено их наличием и технологической целесообразностью[4].

При решении указанной задачи должно быть выполнено следующее условие $E_{н.п} \leq E \leq E_{в.п}$, где E – элемент - марганец и его нижний ($E_{н.п}$) и верхний ($E_{в.п}$) пределы содержания в агломерате различных марок, % масс.

Важными критериальными параметрами в расчете массы получаемого агломерата из исходных шихтовых материалов являются коэффициент выхода твердого спека из каждого i -го компонента шихты и доля данного твердого спека в массе спеченного агломерата.

Разработанный алгоритм позволяет находить компромиссные решения при варьировании долевым соотношением шихтовых компонентов в аглошихте их химическим составом, выходом твердого остатка из каждого компонента шихты. Математическая модель позволяет разработать программную систему, с помощью которой становится возможным проводить комплекс оперативных расчетов, включающих стоимостную оптимизацию состава шихты при широком аспекте компромиссных корректировочных решений по количественному и химическому составам в конкретных производственных ситуациях.

Полученные в работе результаты могут быть использованы при разработке программной системы поддержки принятия решения по оперативному управлению процессом агломерации в производственных условиях ПАО «Никопольский завод ферросплавов».

Литература

1. Гасик М.И. Марганец. - М.: Металлургия, 1994.- 608 с.
2. Оптимизация параметров процессов ферросплавного производства с использованием методов нечетного вывода / А.И. Михалев, Н.В. Лысая, Д.А. Лысый, В.А. Гладких, В.Ф. Лысенко. – Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии», 2008. – 130 с.
3. Хазан Г.Л. Поиск компромиссов при расчете оптимальной многокомпонентной шихты для металлургического расплава.//Расплавы,1994,№1.-С67-72.
4. Рубан А.В., Гладких В.А. Исследование процесса выплавки ферросиликомарганца с применением отсевов фракционирования высокоуглеродистого ферромарганца / Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2015. - №6. – С. 24-28.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАНОУТВОРЕНЬ ZnO ТА ЇХ ОПТИЧНОГО ПОГЛИНАННЯ

Горбенко В.І. к.ф.-м.н.

Запорізький національний університет, м. Запоріжжя

Останнє десятиліття сформувався та інтенсивно розвивається науково-технічний напрямок, пов'язаний з вивченням властивостей речовин у нанорозмірному стані та їх практичному використанні. Актуальною проблемою сучасного матеріалознавства є розробка і вдосконалення методик отримання нанокристалічних плівок та покриттів з контрольованими та наперед заданими властивостями. Завдяки унікальним п'єзо- та фотоелектричним властивостям, а також здатністю до електро- та фотолюмінісценції оксид цинку має як індустріально-технологічне, так і фундаментальне значення. Для одержання плівок ZnO використовують різні методи, однак важливими залишаються задачі отримання нанокристалічних плівок із заданими властивостями. Важливу роль у вирішенні цієї задачі займають дослідження, що пов'язують певні фізичні параметри зі структурою наноутворень. У роботі методами квантово-хімічного моделювання досліджується зв'язок оптичних спектрів поглинання та структури наноплівок ZnO.

Квантово-хімічні розрахунки було виконано з використанням пакету PC GAMESS [1] на обчислювальному кластері Запорізького національного університету. Обчислення виконано у наближенні МО ЛКАО із використанням ab-initio методу Хартри-Фока (базисні набори STO-3G та 3-21G) та DFT. У проведених дослідженнях тонкі плівки представлялись моделями як монокристалічних структур, так і сукупностей дискретних наноутворень. Для обмеження групи атомів, на якій моделюється коливальні взаємодії використовувалась методика фіксування положення частини атомів в кластері. Було виконано обчислення електронної щільності та її залежність від типу та розміру моделі структури. Розрахунки спектрів поглинання виконувались у наближенні однократно збуджених конфігурацій (CIS) та поступовій зміні кластерних моделей.

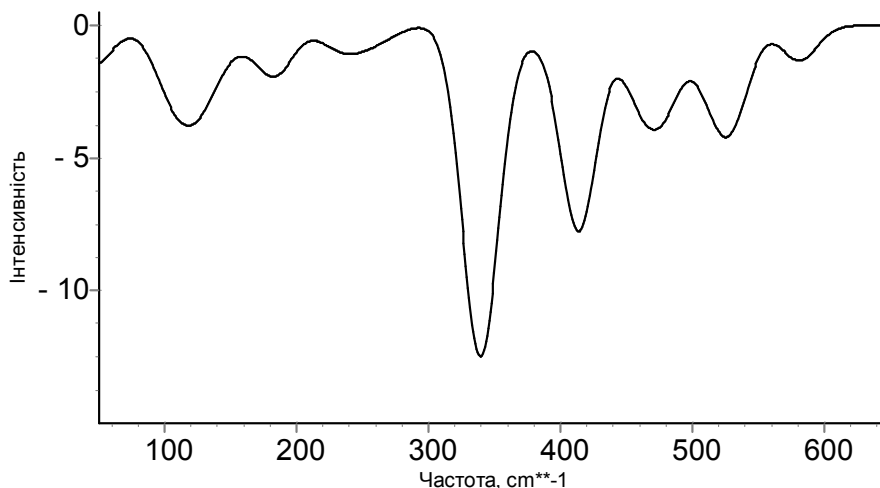


Рисунок 1 – Коливальний спектр ІЧ діапазону, що отримано з розрахунків за базисом 3-21G для кластеру $Zn_{28}O_{16}$.

Показано вплив типу побудови структури плівки ZnO на оптичний спектр поглинання в ІЧ-діапазоні, що дозволяє прогнозувати та контролювати утворення плівки під час її напилування за допомогою не руйнівних методів аналізу.

Литература

1. Granovsky A.A. PC GAMESS // <http://classic.chem.msu.su/gran/gamess/index.html>.

ФИЗИЧЕСКИЕ АНАЛОГИИ В ОБЛАСТИ ИНЖЕКЦИОННОГО СИНТЕЗА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Денисенко А.И. к.т.н.¹, Цоцко В.И.²

¹Национальная металлургическая академия Украины

²Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

Известно, что основным результатом научной деятельности является новое научное знание. Оно фиксируется прежде всего в новых публикациях. Научное знание, представленное в первоисточниках, на этапе использования создает информационно-ресурсную и коммуникационную основу для дальнейшего развития науки.

В условиях отсутствия ощутимых инвестиций в науку и образование определенные надежды на получение внерациональных результатов практически безресурсного "туннелирования" ученых и педагогов к желаемой успешности научно-образовательного процесса в Украине порождают наработки, сформулированные в исследовании [1], а именно – "отказ от традиционного представления об образовательных процессах как "линейных траекториях" и о том, что "в нелинейной технике мышления утверждается изменчивость, динамизм как адекватный предел мира, происходит отказ от оппозиций, которые структурируют мир в его устоявшихся характеристиках".

Целью исследования является апробация метода физических аналогий в качестве примера "нелинейной техники мышления" для почти безресурсного "туннелирования" к новому научному знанию в научно-техническом информационном пространстве на примере инжекционного синтеза композитных материалов. Для достижения этой цели с применением информационно-коммуникационных технологий разыскивались, выделялись и анализировались аналогии экспериментально наблюдаемым при инжекционном синтезе композитных материалов процессам и явлениям.

В качестве наиболее удачных выделены: аналогия между энергетическими воздействиями на алюминий оксидных микрочастиц при инжекционном методе их применения и воздействием на алюминий лазерных импульсов [2]; аналогия между долговечностью удержания при циклической нагрузке металлическими связями алмазных зерен в металлокомпозитах, применяемых при обработке природного камня, и оксидных включений в инжекционно сформированном электродном металлокомпозите в процессе его эксплуатации; аналогия между явлением галопирования проводов воздушных линий электропередачи и совокупностью факторов дефектообразования на тонком ленточном электроде в процессе инжекционного синтеза на его поверхности композитного слоя [3]. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности метода физических аналогий [4] в области исследования инжекционного синтеза катодов вторичных литиевых источников.

Литература

1. 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.
2. Денисенко О. І. Фізичне моделювання інжекції оксидних мікрочастинок в металокомпозитні структури / О. І. Денисенко, В. І. Цоцко. – Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск ІХ. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2011. – С. 261-266.
3. Денисенко А. И. Анализ проявления эффекта галопирования при инжекционном синтезе тонких ленточных электродов / А. И. Денисенко. – Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 4(69). – Днепропетровск, 2010. – С. 3-10.
4. Жаворонкова Г. О. Метод фізичних аналогій в якості технології науково-освітнього процесу / Г. О. Жаворонкова // Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів і молодих учених “Молода академія – 2015”. Збірка тез доповідей. – Дніпро, НМетАУ. – 2015. – Т. 2. – С. 102.

МОДЕЛЮВАННЯ І КЕРУВАННЯ ПРОСТОРОВИМИ СИСТЕМАМИ ПРИВОДІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ У МАШИНОБУДУВАННІ

Дмитрієв Д.О. д.т.н., Рудакова Г.В. д.т.н., Русанов С.А. к.т.н., Федорчук Д.Д.
Херсонський національний технічний університет

Просторові системи приводів з паралельними кінематичними структурами є основою для сучасного технологічного обладнання. Метою дослідження є визначення розрахункових процедур і засобів забезпечення законів переміщення ланок та їх керування для відтворення складних рухів багатокоординатних механізмів з приводами просторової компоновки.

Основою на розв'язанні прямої задачі кінематики, можна дати оцінку граничним можливостям переміщення площини з робочим органом. Для аналізу динаміки (можливих швидкостей переміщення елементів каркасної установки), доцільно застосовувати графоаналітичний метод. Розглядається спрощена схема каркасної установки. Надаються приклади побудови планів швидкостей ланок МПС і визначення вектору швидкості вихідної ланки для різних випадків співвідношення та напрямку (рис. 1).

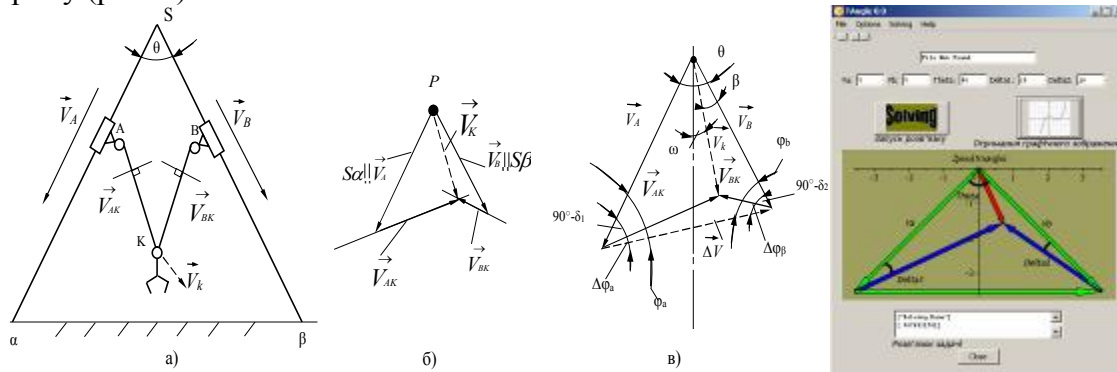


Рисунок 1 – Інтерфейс програми TAngle та приклад застосування графоаналітичного методу планів для визначення швидкостей: а) кінематична схема механізму; б) план швидкостей; в) розрахункова схема для визначення швидкості V_K

Швидкість \vec{V}_K вихідної ланки плоского двокоординатного МПС і кут ω вектора швидкості з вертикальною віссю з напрямними з нахилом під кутом θ при вершині визначається як

$$V_K = \sqrt{V_A^2 + V_{AK}^2 - 2V_A \cdot V_{AK} \cdot \cos(90 - \delta_1)},$$
$$\omega = \frac{\theta}{2} - \beta, \beta = \arcsin\left(\frac{V_B}{V_K} \sin(90 - \delta_2)\right) + \delta_2 - 90 \quad (1)$$

Такі МПС з двома координатами стали традиційними у виробництві маніпуляторів та 3d-принтерів з паралельними напрямними, замкненим кінематичним ланцюгом і приводними каретками A і B [1, 2]. У роботі удосконалено розв'язок прямої задачі кінематики для швидкостей ланок та управління складним рухом шарнірно-стрижневих механізмів. Створено моделі і алгоритми, які в поєднанні з апаратно-технічним забезпеченням керування просторовою шарнірно-стрижневою механічною системою, дозволяють виконувати проектування компоновочних схем просторової системи приводів та швидко перебудувати елементи системи.

Література

- Кузнецов Ю.М. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури: Монографія / Ю.М. Кузнецов, Д.О. Дмитрієв, Г.Ю. Діневич; під ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456 с.
- Рудакова Г.В. Розробка спеціалізованого програмного забезпечення для проектування каркасних установок з механізмами паралельної структури / Г.В. Рудакова, С.А. Русанов, С.В. Ревенко // Вісник Херсонського національного технічного університету. Вип. 4(63). – Херсон: ХНТУ, 2017. – С. 38-43.

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСУ НАСОСУ З ВИСОКОХРОМИСТОГО ЧАВУНУ

Іванова Л.Х. д.т.н., Калашнікова А.Ю., Білий О.П.

Національна металургійна академія України

Корпус насосу є швидко зношуваною деталлю насосу багера для перекачування високо абразивної пульпи, який застосовується на гірничо-збагачувальних і гірничо-металургійних підприємствах, теплоелектростанціях, технологічних лініях збагачення корисних копалин. В процесі експлуатації насос схильний до інтенсивного гідроабразивного зносу. Умови експлуатації таких насосів ускладнюються тим, що в процесі перекачування рідкої пульпи вони схильні до ударного навантаження кавітації, коли локалізовані мікрооб'єми робочої поверхні насосу піддаються багатократним гідравлічним ударами, в результаті яких відбувається руйнування деталі. Важливим чинником дії є і корозійний вплив абразивної маси. Таким чином, враховуючи комплексний вплив перерахованих чинників, деталь «Корпус насосу» в процесі експлуатації схильна до практично усіх видів зносу, що представляє великий інтерес отримання сплаву з оптимальними техніко-економічними показниками.

Для виробництва вилівка «Корпус насосу НКУ-5» застосовували зносостійкий чавун з високим вмістом хрому, який має значну усадку. Проведені лабораторні дослідження виплавки модифікованих високохромистих чавунів з застосуванням різних комплексних модифікаторів за результатами визначення структурних змін та фізико-механічних і службових властивостей показали доцільність застосування для модифікування виливків комплексного модифікатора на основі рідкісноземельних металів. З серії дослідних промислових плавок, виконаних методом переплавлення, по розплавленню повернення виробництва і продукції, що відпрацювала корисний термін експлуатації та отримана з гірничо-збагачувальних комбінатів, було встановлено, що хімічний склад чавуну, усереднено, відповідав марці ІЧХ290Х16Н(РЗМ), яка є близькою до багатьох існуючих промислових марок високохромистих зносостійких чавунів, проте повністю не співпадає ні з однією з них. У порівнянні з серійним сплавом ІЧХ28Н2 міцнісні властивості були більшими: міцність при розтягу на 48, а міцність при вигині на 98%. Фрактограми поверхонь зруйнованого зразка з немодифікованого сплаву свідчили про транскристалічний злам по межах великих зерен і по поверхні дендриту, що було викликано грубою будовою структури сплаву, злам зразків свідчив про крихке руйнування, в'язке руйнування спостерігалось лише на окремих невеликих ділянках. У зламі модифікованого зразка, разом з крихким руйнуванням було присутнє й в'язке, тобто, тип руйнування був змішаний, спостерігався інтеркристалітний злам по тілу зерна. Також виразно було видно, що в модифікованому зразку була компактніша структура, що викликано більшою кількістю центрів кристалізації.

Розробку основних параметрів технологічного процесу лиття корпусу насосу: швидкості заливання, температурного режиму піщаної форми, тривалості витримки вилівка до вибивання з форми, маси надливів і деталі з технологічними припусками, розмірів литниково-живильної системи здійснювали за допомогою комп'ютерних програм SolidWorks і LVMFlow. Проконтролювавши усі параметри, визначувані програмою LVMFlow, отримали дані про те, що модельована технологія задовольняла усім вимогам отримання якісного виливка. Остаточне моделювання заливання і аналіз розрахункових полів, дозволив зробити висновок, що розміри спроектованих живильників, шлаковловлювача, стояка були розраховані правильно. При заливанні не створювався підвищений тиск на стінки форми з боку живильників, що виключало розмив форми. Також порожнина форми повністю заповнювалася, при цьому живильники не перемерзали, що свідчило про те, що переріз живильників і їх кількість були обрані правильно. Результати моделювання заливання дослідного виливка показали, що надлив, розрахований методом визначення теплового модуля, дозволяв уникнути у виливку дефектів усадкового походження. Виробничі випробування розробленого технологічного процесу виробництва виливків показали підвищення службових властивостей матеріалу. Напрацювання насосу НКУ-5 збільшилося на 37%.

ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА МОЛОЛЬНИХ КУЛЬ І ЗАЛІЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТУ

Мацуй А.М. к.т.н., Кондратець В.О. д.т.н., Абашина А.А. студ.

Центральноукраїнський національний технічний університет

В економіці України одне з ведучих місць займає чорна металургія. Її сировинною основою є залізорудний концентрат, собівартість якого вища порівняно з зарубіжними аналогами, що зменшує конкурентоспроможність продукції чорної металургії на світовому ринку. Однією з вагомих причин цього є низька якість молільних куль. Тому підвищення якості молільного середовища для кульових млинів є актуальною задачею, що не можливо без використання сучасних інформаційних технологій.

Частка витрат на кулі у собівартості отримання однієї тони залізорудного концентрату досягає 10% і більше, інколи доходить до 35%. Тому підвищення довговічності куль впродовж останніх десятиліть не втрачає своєї актуальності у світовій практиці. Кулі звичайно виготовляють з сталі або чавуну. На підвищення стійкості молільних куль сильно впливає технологія їх виготовлення. Кулі повинні мати високу об'ємну точність, мілкий розмір структурних складових, низьку шорсткість поверхні, велику твердість як поверхневу, так і об'ємну. Чавунні молільні кулі в зв'язку з вмістом в структурі значної кількості карбідів володіють більш високою експлуатаційною стійкістю порівняно зі сталевими кулями. Чавунні кулі вітчизняного виробництва володіють високою якістю, коли їх розмір порівняно невеликий. В цей же час ряд фірм Західної Європи випускають якісні молільні чавунні кулі діаметром до 100...125 мм. Це не дозволяє в сучасних умовах використовувати чавунні кулі в перших стадіях подрібнення руди на збагачувальних фабриках.

Не дивлячись на сказане, в збагачувальній галузі набуває розширення тенденція переходу на більш стійке молільне середовище, оскільки більш висока якість куль суттєво знижує витрати на електроенергію до 20% і підвищує якість розмелу сировини. Мета зниження собівартості концентрату досягається різними шляхами. За рахунок підвищення експлуатаційної довговічності молільних куль забезпечується зменшення їх питомої витрати на тону готового продукту, що автоматично зменшує витрати, які пов'язані як з придбанням нових куль, так і з їх транспортуванням, складуванням і завантаженням у млини. Непрямі вигоди для споживачів від використання більш якісних куль полягають у зростанні продуктивності млинів, зменшенні питомого споживання електроенергії. Зрозуміло, що використання куль підвищеної твердості не потребує додаткових поточних витрат і капітальних вкладень, а собівартість концентрату змінюється лише за рахунок зміни витрат на кулі.

Нині в Україні проводиться робота, спрямована на покращення якості молільних тіл. Компанія «Енергостіл» пропонує своїм покупцям продукцію Європейської якості, яка не має аналогів на території України і СНД. Це сталеві молільні кулі підвищеної об'ємної і 5^{-ї} групи твердості, виробництво яких було розпочато в 2013р. В результаті використання даних куль було досягнуто зниження витрати мінімум на 20...30% порівняно з кулями 4^{-ї} групи твердості. Ці молільні кулі виготовляються з сталі з унікальним хімічним складом – підвищеним вмістом вуглецю і ряду інших легуючих елементів, що не дозволяє гарантувати їх якість без застосування прогресивних інформаційних технологій як в дозуванні компонентів, так і у самому веденні технологічних процесів. Важливим тут є і використання прогресивних інформаційних технологій у питаннях контролю за якістю виготовленої продукції. Нині, мабуть, мало вибірково контролювати якість виготовлених куль, необхідно переводити це на потік, де автоматично будуть здійснюватися контрольні операції з документуванням продукції. Такий же автоматичний контроль необхідно здійснювати і у споживача. Це буде економічно доцільно. Лише так в одній галузі промисловості можливо підняти випуск продукції на новий, більш високий якісний рівень і суттєво знизити собівартість кінцевої продукції чорної металургії.

MATHEMATICAL MODELS FOR FORECASTING OF ACTIVITY OF COMPONENTS OF THE OXIDIC SYSTEMS EQUIVALENT TO PHOSPHATIC ORES

Nadtochij A.A. Ph.D., Velikonskaya N.M. senior teacher, Karyagin E. student
National Metallurgical Academy of Ukraine

The phosphorite ore is of great importance and is widely used in the production of yellow phosphorus by electrowelding of ore with the sublimation of elemental phosphorus, in the production of phosphoric acid, in the production of phosphorus fertilizers, and also in the smelting of phosphoric ferroalloys in electric arc furnaces. Ferrophosphorus is not produced in Ukraine, and the demand for it is realized through imports. Explored and developed phosphate deposits of Ukraine can be considered as the main phosphorus-containing raw materials.

We have carried out a theoretical analysis of the possibility of using phosphorites from domestic deposits as a raw material for the production of ferrophosphorus. We carried out a thermodynamic simulation of the existence of phases in a complex oxide system based on phosphorus oxide. Mathematical models make it possible to predict the activity values of components in complex systems equivalent to phosphate ores of Ukraine.

The most promising resource for electrothermal production of phosphorus was considered phosphorites of the Malokamyshevsky deposit of the Kharkov region.

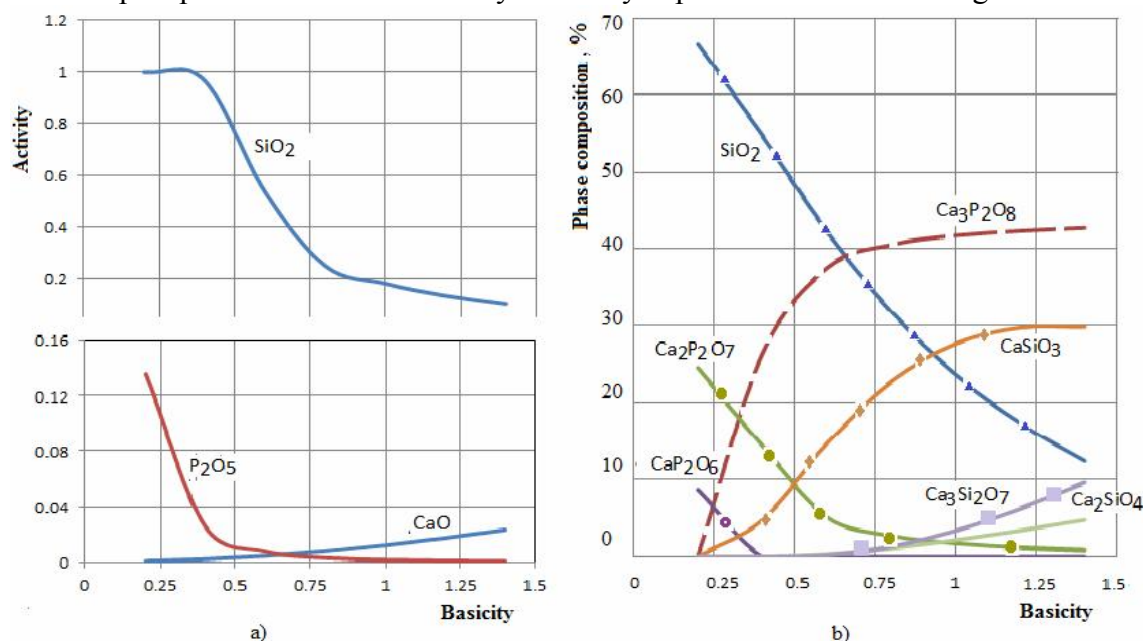


Figure 1 - The effect of basicity on the activity of components (a) and on the equilibrium distribution of phases (b) in the P_2O_5 – CaO – SiO_2 system with a content of 20% P_2O_5 , $T = 1400^\circ C$

The activity of calcium oxide becomes greater than the activity of phosphorus oxide when the value of basicity is above 0.7, (Fig. 1, a). Phase distribution with basicity growth (Fig. 1, b). The content of free SiO_2 decreases with the formation of calcium silicates, and the content of a strong compound, tricalcium phosphate $Ca_3P_2O_8$ also increases. Moreover, with an increase in basicity above 0.7, the SiO_2 content becomes lower than the tricalcium phosphate content, which should adversely affect the recovery of phosphorus. Thus, from the point of view of thermodynamics, for the restoration of phosphorus in this system, a basicity of no higher than 0.7 is required, which was accepted for further theoretical studies.

To study the effect of the amount of P_2O_5 in the system, calculations of the activities and equilibrium distribution of phases in the range of P_2O_5 content from 5 to 40% were carried out.

Mathematical models were obtained that allow predicting the activity of oxides of silicon, phosphorus and calcium in the range of slag compositions (%): P_2O_5 10 – 50, Al_2O_3 0 – 18, MgO 0 – 15, MnO 0-9, basicity 0.2 – 1.4 and temperatures 1000 – 1600 ° C.

СПОСІБ ОПЕРАТИВНОГО ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ АБО ТОВЩИНИ ШАРУ ОКАЛИНИ НА ПОВЕРХНІ БУНТОВОГО ПРОКАТУ

Парусов Е. В. к.т.н., Парусов О. В. к.т.н., Чуйко І. М. к.т.н.

Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України

Властивості окалини (фазовий і кількісний склад) на поверхні бунтового прокату є одним з важливих показників його якості, який характеризує можливість механічного або хімічного способів видалення окалини при підготовці поверхні металу до волочіння.

При виробництві бунтового прокату, після формування остаточного профілерозміру на дрібносортно-дротяних станах, зазвичай його піддають двостадійному водоповітряному охолодженню на лінії Стелмор. Відомо [1, 2], що при безперервному охолодженні прокату для збереження на його поверхні вюститної складової окалини (FeO) та попередження її розпаду на магнетит (Fe_3O_4) і залізо необхідно застосовувати прискорене охолодження металу в певному інтервалі температур. В останній час перевага віддається механічному методу видалення окалини внаслідок дешевизни і екологічної чистоти процесу. Вюстит має мінімальну адгезію до поверхні металу і найкращим чином видаляється механічним способом, тому окалина, яка складається переважно з вюститу, є найбільш сприятливою при виробництві бунтового прокату.

Для отримання на поверхні прокату окалини, яка складається переважно з вюститу, швидкість охолодження металу в інтервалі температур $570\ldots 400^\circ\text{C}$ повинна бути не меншою за $100^\circ\text{C}/\text{с}$. При більш повільному охолодженні у складі окалини з'являється магнетит, залізо й сліди гематиту (Fe_2O_3). В умовах реального виробничого процесу досягти швидкості охолодження прокату на транспортері лінії Стелмор $100^\circ\text{C}/\text{с}$ в інтервалі температур $570\ldots 400^\circ\text{C}$ неможливо, тому окалина має наступний фазовий склад: вюстит ($63\ldots 84\%$), магнетит ($15\ldots 35\%$) і гематиту ($1\ldots 2\%$). Кількість магнетиту визначається швидкістю охолодження прокату на транспортері лінії Стелмор в інтервалі температур $570\ldots 400^\circ\text{C}$. В залежності від фактичного співвідношення вюститу і магнетиту окалина має різну щільність, а отже і різну масу на поверхні прокату при однаковій товщині шару. Знаючи фазовий склад окалини, яка утворилася на поверхні прокату, стає можливим визначити її щільність, що дає змогу знаючи середню товщину шару поверхневої окалини визначити її масу на поверхні 1 т прокату, і навпаки: знаючи масу поверхневої окалини на поверхні 1 т прокату визначити середню товщину її шару.

З огляду на викладене відділом термічної обробки металу для машинобудування ІЧМ НАНУ з урахуванням відомих закономірностей утворення оксидів заліза, а також за результатами багаторічних власних досліджень, розроблена програма **CalcScale**[®], яка дозволяє визначати загальну масу окалини або середню товщину шару окалини на поверхні бунтового прокату будь-якого діаметру з урахуванням її фактичного хімічного складу.

Програмна оболонка **CalcScale**[®] може бути використана в умовах центральних заводських лабораторій металургійних підприємств при визначенні показників якості бунтового прокату, а саме – при атестації металопродукції за властивостями поверхневої окалини. Розроблена програмна оболонка дозволяє значно спростити атестацію бунтового прокату за рахунок зменшення кількості контрольних вимірювань.

Література

1. Перспективы использования экологически чистого способа подготовки поверхности бунтового проката к волочению / Э. В. Парусов, А. Б. Сычков, С. И. Губенко, И. Н. Чуйко // Проблемы трибологии. – 2016. – № 2. – С. 74–82.
2. Взаимосвязь толщины и удельной массы окалины на поверхности высокоуглеродистой катанки / В. В. Парусов, Э. В. Парусов, И. Н. Чуйко [и др.] // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. тр. – Днепропетровск : ПГАСА, 2004. – Вып. 27. – Ч. 2. – С. 26–29.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФЕРРОСПЛАВОВ СТАНДАРТНЫХ МАРОК СИСТЕМЫ Fe-Al

Петров А.Ф. н.с., Головки Л.А. н.с., Греков С. В., н.с., Ходотова Н.Е., мл.н.с.

Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины

Алюминий широко применяется в черной металлургии для раскисления и микролегирования большинства спокойных и низколегированных сталей. Степень усвоения алюминия составляет от 15 до 23% и характеризуется высоким показателем нестабильности (20-25%) [1]. Одним из путей повышения степени усвоения алюминия (до 80%) является применение его сплавов с железом и различных видов ферроалюминия.

Для рационального использования ферросплавов необходимо иметь сведения о физических и теплофизических характеристиках, влияющих на поведение и степень усвоения полезных элементов при обработке стали.

Имеющаяся практика экспериментального определения свойств ферросплавов в настоящий момент проблематична по причинам сложного аппаратного и организационного оформления, а также ввиду требуемых значительных финансовых затрат.

Для прогнозной оценки физических и теплофизических свойств ферросплавов системы Fe-Al используются возможности разработанной методики, основанной на описании строения и свойств многокомпонентных расплавов и твердых растворов [2]. Информация о составе сплавов закодирована в виде параметра Z^y , являющегося его электронным химическим эквивалентом, структурного параметра d , характеризующего среднестатистическое расстояние между атомами и избыточных параметров ΔZ^y и Δd , учитывающих микронеоднородность структуры соответствующих расплавов.

Предложенная методика (с использованием физико-химических критериев) была использована для моделирования следующих характеристик: температура плавления ($T_{пл}$, °C), плотность ($D \cdot 10^3$, кг/м³), теплопроводность (λ , Вт/м·К), теплоемкость ($C_{ж}$, Дж/кг·К), теплота плавления ($Q_{пл}$, кДж/кг).

Получены аналитические зависимости, позволяющие предварительно оценивать соответствующие свойства ферроалюминия стандартных марок ФА30, ФА40, ФА50 в виде ($T_{пл}$, D , $C_{ж}$, $Q_{пл}$, $\lambda = f(Z^y, \Delta Z^y)$, табл.1, $r=0,99$)

В таблице приведены рассчитанные физические и теплофизические свойства ферроалюминия марок ФА30, ФА40, ФА50. Имеющиеся в научной литературе экспериментальные значения свойств рассматриваемых ферросплавов [3], находятся внутри интервала их расчетных значений.

Таблица 1 – Прогнозные значения свойств ферроалюминия стандартных марок

№ п/п	Марка ферросплава	$D \cdot 10^3$, кг/м ³	$T_{пл}$, °C)	$C_{ж}$, Дж/кг·К)	$Q_{пл}$, кДж/кг)	λ , Вт/м·К
1	ФА30	5450	1370	197,7	305,6	28,5
2	ФА40	4837	1293	210,4	317,4	32,4
3	ФА50	4172	1211	221,6	329,7	36,1

Литература

1. Вихлевщук В.А., Харахулаг В.С., Бродский С.С. Ковшевая доводка стали. – Днепропетровск //Системные технологии. – 2000. –190с.
2. Приходько Э.В., Петров А.Ф. Физико-химические критерии для оценки степени микронеоднородности металлических расплавов. //Металлофизика и новейшие технологии. – 1998. – т.20. - №7. –С.64-74.
3. Павлюченков И.А., Болотова Ю.А. Особенности математического моделирования плавления слитков алюмосодержащих сплавов на основе железа в сталеразливочном ковше. //Сборник научных трудов НМетАУ «Металлургическая теплотехника». – 2006. – С. 261-271.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ НА РОЗПЛАВ В ЛИВАРНІЙ ФОРМІ

Селівьорстова Т.В., Селівьорстов В.Ю.

Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Найбільш поширені діючі технології виготовлення виливків відрізняються значною трудомісткістю, тривалістю, великими втратами металу, що обумовлено, зокрема, розвитком фізичної і хімічної неоднорідності під час переходу сплавів з рідкого в твердий стан. Вироблюване в даний час литво має цілий ряд дефектів: крупний розмір зерен макроструктури; різні структурні зони з направленим і дезорієнтованим розташуванням кристалів; хімічний склад, що змінюється, по перетину і висоті злитка або виливка; наявність різних видів хімічної неоднорідності; наявність фізичної неоднорідності у вигляді усадкових раковин, шпаристості та інших дефектів.

Одним з шляхів підвищення якості литого металу є розробка нових принципів управління процесами затвердіння та кристалізації сплавів. Значні можливості в цьому відношенні надають методи зовнішніх впливів на рідкий метал та метал, що кристалізується. Відомо, що газодинамічний вплив на розплав в ливарній формі в процесі кристалізації, що використовує регульований тиск в системі виливок-пристрій для введення газу в якості активного чинника, є одним із напрямків позитивного впливу на структуру виливків і злитків. Тому є актуальним розроблення нових високоефективних технологічних процесів газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі, що дозволяють не тільки поліпшити якість литва, але і знизити собівартість його виробництва при забезпеченні екологічності запропонованих технологій.

Для досягнення вищевказаних цілей вважається за доцільне вирішення певних задач. Окрім теоретичного обґрунтування можливості здійснення регульованого газодинамічного впливу на процес кристалізації металу в ливарній формі, визначення та оптимізації термочасових параметрів процесу герметизації системи виливок – пристрій для введення газу, дослідження впливу регульованого газового тиску на фізико – механічні властивості литого металу, необхідно оперативно адаптовувати технології газодинамічного впливу при литті різних сплавів в ливарні форми різних типів. Треба відзначити, що наявні системи комп'ютерного моделювання ливарних процесів в достатній мірі не забезпечують можливості відтворення специфічних умов затвердіння розплаву при реалізації газодинамічного впливу, та, відповідно, не дозволяють отримати достатньо адекватні вихідні дані для розрахунку режиму (як термочасового, так і зміни тиску) здійснення конкретного технологічного процесу.

Отже, необхідний розвиток (а багато в чому і створення) теоретичних основ газодинамічного впливу на процеси твердіння та структуроутворення і достовірного механізму для реалізації ефективних принципів такого впливу, де значні резерви зосереджені в створенні відповідних математичних моделей та спеціалізованого програмного забезпечення для отримання науково обґрунтованих результатів, що, в свою чергу, забезпечує розробку та впровадження адаптованих технологічних процесів. Рішення цієї проблеми становить не тільки практичний, але і великий науковий інтерес.

БАЗИ ДАНИХ ПРО ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ - ІНФОРМАЦІЙНА ОСНОВА МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНИХ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ

Тогобицька Д.М. д.т.н., Белькова А.І. к.т.н., Степаненко Д.О. к.т.н.,
Ліхачов Ю.М., Снігура І. Р.

Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України

В Інституті чорної металургії в рамках створеного в кінці минулого століття галузевого Банку даних «Металургія» (БДМет) системно ведуться роботи по створенню та розвитку інтегрованої бази знань для наскрізного аналізу виробництва металопродукції на базі сучасних інформаційних комп'ютерних технологій.

Найбільшою інформаційної потужністю володіють бази даних про властивості шлакових розплавів і залізорудних матеріалів [1], які найбільш затребувані і активно поповнюються. База даних «Залізорудні матеріали» створена в 1990 р на основі накопичених в ІЧМ власних експериментальних даних і літературних публікацій інших авторів (глибина пошуку - 50 років), а також дані довідників, монографій. Згідно з розробленим стандартом підготовлено понад 120 паспортів про властивості більше 1200 складів різних видів залізорудної сировини, що включають характеристики міцності і високотемпературні властивості (температури початку і кінця розм'якшення та плавлення руд, концентратів і агломератів). В даний час в базу даних «Шлак» введено понад 500 документів, що містять відомості про властивості більше 8000 складів шлаків різного призначення: доменних, мартенівських, конверторних, рафінувальних для позапічної обробки чавуну і сталі, феросплавного виробництва, для розливання сталі та ін. База фундаментальних експериментальних даних про розподіл елементів в ході реальних металургійних процесів "Метал-Шлак-Газ" містить дані про розподіл між шлаком і металом або шлаком і газовою фазою домішкових елементів: (S, P, C, H, N), елементів змінної валентності : (Fe, C, Cr, Mn), а також Al, Si та інших. Накопичений фонд експериментальних даних тільки по домішковим елементів містить відомості, отримані за результатами аналізу 45 публікацій, і описує понад 2000 експериментів.

База даних про властивості шлакоутворюючих сумішей «ШУС» включає більш ніж 300 інформаційних джерел (публікації, патенти, проспекти). В останній час база поповнена сучасними матеріалами комплексних складів з перспективними складовими, які спрямовані на імпортозаміщення ШУС та їх екологічність.

База даних «Феросплави» включає інформацію вітчизняних та зарубіжних авторів про виробництво, хімічний склад та вимоги, які пред'являються до феросплавів різних груп. В теперішній час в базу даних введено 35 паспортів, в які включені понад 200 складів інформації про комплекс фізико-хімічних, фізичних та теплофізичних феросплавів широкого асортименту: ферохрому, феросиліцію, феромарганцю, ферованадію, феротитану, фероніобію, феронікелю, фероцирконію, феромолібдену, сілікокальцію, сілікомарганцю та ін.

Наявність бази даних і моделей по кожному переділу виробництва металопродукції дозволяє оперативно генерувати інструментальні засоби (підсистеми) для комплексного аналізу, прогнозування та оптимізації фізико-хімічних процесів; техніко-економічних показників технологій отримання металу (продуктивності, витрати енергетичних і сировинних витрат), а також наскрізного аналізу процесів отримання високоякісної продукції на усіх переділах, аудиту підприємств і галузі в цілому за рахунок залучення сучасних досягнень академічної і галузевої науки, відповідних технічних засобів і організації роботи технолога з інформаційно-аналітичною системою в режимі тандему взаємної додатковості.

Література

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.

КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ СТРУКТУРИ ШЛАКОВИХ РОЗПЛАВІВ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ЇХ В'ЯЗКОСТІ ТА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ

Тогобицька Д.М. д.т.н., Степаненко Д.О. к.т.н., Цюпа Н. О. к.т.н., Скачко О. С. к.т.н
Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України

Важливою умовою розробки раціонального складу шлакоутворюючих сумішей є оцінка структурного стану шлакових розплавів, а саме визначення температурного діапазону ліквідус-солідус, що характеризує перехід шлаку з гетерогенного стану в гомогенний. З теоретичної точки зору структурного стану шлакових розплавів температурний діапазон ліквідус-солідус характеризується розупорядкуванням зв'язків між іонами або їх групами. Для реалізації технологічного призначення шлаку необхідна наявність в його розплаві вільних іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , за рахунок яких реалізуються електрохімічні процеси десульфурзації. Для реальних шлакових розплавів визначення температур ліквідус і солідус пов'язане з труднощами експериментальних досліджень, а наявні дані про температури початку та кінця кристалізації досить умовні, а часто суперечливі і вимагають більш точних експериментальних методів. Як відомо, саме фізико-хімічні властивості розплавів багатокомпонентних оксидних систем, зокрема в'язкість і електропровідність, залежать від хімічного складу системи і температури і відображають структурні зміни в розплаві.

Виходячи з уявлень Я. І. Френкеля про електропровідності іонних розплавів, у перенесенні електричного струму беруть участь частинки (іони), які здатні, в силу безперервного перерозподілу кінетичної енергії, переходити з одного відносно стійкого стану в інший. Імовірність такого зміщення під впливом сил зовнішнього поля

пропорційна $e^{-\frac{E_{\chi}}{RT}}$. Таким чином електропровідність є функцією не тільки температури, але і рухливості іонів, яка істотно залежить від енергії їх взаємодії, обумовленої хімічним складом, що є спільним як для електропровідності (енергія активації електропровідності - E_{χ}), так і для в'язкості (енергія активації в'язкого плину - E_{η}).

З метою вивчення взаємозв'язку в'язкості і електропровідності та розрахунку відповідних енергій активації проаналізовано експериментальні данні бази даних «Шлак» різних оксидних систем, зокрема: $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2$; $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-CaF}_2$; $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$. Для досліджуваних складів оксидних систем характерним є наявність трьох областей співвідношень $E_{\eta}/E_{\chi} = n$, коли $n \leq 1$, $n \approx 1$ і коли $n \geq 1$.

Відношення $E_{\eta} > E_{\chi}$ свідчить про гетерогенність розплаву, тобто, у розплаві наявний ближній порядок зв'язків між структурними частинками, що призводить до формування двох і більше фаз і супроводжується процесом кристалізації, а відношення $E_{\eta} < E_{\chi}$ – навпаки, свідчить про процеси розупорядкування структурних частинок шлакового розплаву і характеризують розплав близький до гомогенного. Відношення $E_{\eta}/E_{\chi} = n \approx 1$ є проміжним станом розплаву, тобто характеризує розплав як систему яка знаходиться у рівноважному стані між гетерогенним та гомогенним його станами. При умові збереження постійності хімічного стану розплаву одним із основних чинників, що може змістити систему відносно рівноваги в той чи інший бік – є температура.

Виходячи з вище зазначеного, визначення температури (температурного інтервалу) при якій виконується умова $E_{\eta}/E_{\chi} = n \approx 1$, має важливе значення для технологічного процесу виплавки металу, оскільки характеризує рівноважний структурний стан шлакового розплаву та стабільність його технологічних властивостей, що забезпечує реалізацію тепло- і масообмінних процесів в системі «метал-шлак».

SIMULATION OF CRYSTALLIZATION OF CAST PRODUCTS IN THE AREA OF CYLINDRICAL HOLES

Tsotsko V.I.¹, Denisenko O.I. PhD²

¹*Dnipro State Agrarian and Economic University*

²*National Metallurgical Academy of Ukraine*

One of the methods of intensive high-energy processing of metal products is their surface alloying. In the process of surface doping, the saturation of the surface layer of the metal by the necessary, for example, strengthening, components and thermal effects on the metal occurs. When surface doping of castings, firstly, high-temperature heat fluxes are formed, which provide high efficiency of doping, secondly, by using the energy of the melt, significant savings are achieved in the energy costs required for heat treatment [1].

Management and optimization of non-stationary temperature fields of the surface layer of condensed materials under conditions of energy action on their surface, in particular impulse character, can be realized during casting of products, parts or workpieces.

Experiments on surface doping of track tracks in the area of their holes, which are widely used in agricultural and construction equipment, have shown the need to accurately determine the rate of movement of the crystallization front in the process of hardening the surface layer of castings [2]. In connection with the technical difficulties of experimental research, there was a need for numerical-analytical modeling of this process. The features of the model under study, first of all, are its axial symmetry, which leads to a significant deviation of the expected results in comparison with the classical flat models [3, 4].

The dynamics of temperature distribution in the system “casting core - melt” was studied in the process of crystallization of tracks in the area of their holes. The problem of temperature distribution in the presence of a phase transition and the speed of movement of the interface between the phases within a crystallizing melt was solved by the finite difference method using an implicit scheme for drawing up a system of difference equations. The time dependence of the crystallization front displacement in graphical and analytical forms was obtained. The rate of crystallization of the surface layer of tracks in the area of their holes was calculated. The cooling rates of the surface layers of the castings during their crystallization are determined.

The calculated crystallization rate of the metal in the area of the tracks of the castings of tracks allows to determine the time of active dissolution of the alloying components in the surface layer of the castings and to predict the required dispersion of fractions of saturating components in the composition of the alloying coating of the cores.

References

1. Цоцко В. І. Легування поверхневого шару ливарної заготовки в процесі лиття / В. І. Цоцко, Б. Г. Пелешенко, П. І. Мельник. – *Металознавство та обробка металів*. – № 2. – 2009. – С. 27-30.
2. Tsotsko V. I. Application of casting surface alloying for hardening surface of track pin holes / V. I. Tsotsko, A. I. Burya, V. I. Shemavnev, G. M. Vorobyev // 2nd International Conference “Research and Development in Mechanical Industry” (RaDMI 2002), 01-04 September 2002, Vrnjačka Banja, Yugoslavia. – V. 2. – S. 1100-1105.
3. Денисенко О. І. Розподіл температури одновимірного зразка в умовах місцевої термообробки / О. І. Денисенко, В. І. Цоцко, І. М. Спиридонова, Б. Г. Пелешенко // *Фізика і хімія твердого тіла*. – Т. 9. – № 1. – 2008. – С. 181–184.
4. Tsotsko V. I. Simulation of crystallization of the surface layer of track castings in the region of holes / V. I. Tsotsko, B. G. Peleshenko // International Conference Differential Equations, Mathematical Physics and Applications, October 17-19, 2017, Cherkasy, Ukraine / Book of Abstracts. – Vinnitsa: Vasyl’ Stus Donetsk National University, 2017. – P. 144-145.

СЕКЦІЯ 3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРІВ МЕТОДОМ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

Акімов Л.В. д.т.н., Ніколенко А.В. к.т.н., Стьопкін В.В. к.т.н., Нікітін Є.С. ст.

Національна металургійна академія України

В роботі розглядається комплексний підхід щодо покращення динамічних характеристик частотно-регульованого двомасового асинхронного електропривода з нелінійним навантаженням шляхом синтезу астатичного регулятора швидкості методом поліноміальних рівнянь та оптимізацією його параметрів методом діаграм якості керування, що сприяє підвищенню добротності системи та її запасу стійкості. В запропонованій методиці використані нові принципи та способи керування електроприводами з метою підвищення його швидкодії. Поліноміальний характер керування забезпечує отримання необхідних за швидкодією динамічних характеристик електропривода як у традиційних режимах роботи (наприклад при пуску двигуна з обмеженим прискоренням), так і для нетрадиційних, наприклад режиму підтримки в електроприводі постійності ривка та удару.

В ряді електроприводів металургійної промисловості існує необхідність при дії ступінчастого впливу (вхід металу до валків прокатного стану) забезпечити нульову площину помилки регулювання швидкості. З метою вирішення такої задачі у [1, 2] для одно масового електропривода постійного струму з постійним моментом опору була запропонована методика побудови трикратно-інтегруючої системи підпорядкованого регулювання швидкості обертання. Крім того, завдяки запропонованому у [3] комплексному підходу з покращення динамічних характеристик, дані дослідження отримали розвиток на прикладі систем векторного керування одномасовим асинхронним електроприводом з постійним та нелінійним навантаженням та двомасовим електроприводом з постійним навантаженням. Розроблені методики синтезу та оптимізації астатичних регуляторів швидкості можна використовувати для електроприводу постійного струму.

В роботі вирішені такі задачі: безпосередній синтез поліноміальним методом регулятора швидкості з астатизмом другого порядку для двократно-інтегруючої ($\nu_{U_3} = \nu_{M_c} = 2$) системи векторно-керованого асинхронного електропривода; синтез поліноміальним методом регулятора швидкості з астатизмом першого порядку та використання явища параметричного астатизму для отримання регулятора швидкості з $\nu = 2$; синтез поліноміальним методом регулятора швидкості з астатизмом першого порядку та побудова на його основі методом систем підпорядкованого регулювання двократно-інтегруючої ($\nu_{U_3} = \nu_{M_c} = 2$) системи; оптимізація досліджувальних систем з $\nu = 2$ методом діаграм якості керування за критерієм максимальної добротності та запасу стійкості.

На прикладі двомасового частотно-керованого асинхронного електропривода, працюючого на спадаючій ділянці нелінійної характеристики навантаження, реалізований комплексний підхід з покращення динамічних характеристик, заснований на поетапному використанні методів поліноміальних рівнянь та діаграм якості керування.

Література

1. Миткевич В. Г. Динамика трехкратноинтегрирующей системы подчиненного регулирования привода постоянного тока / В. Г. Миткевич, Е. А. Церазова, А. П. Целлагов. // Электричество. – 1981. – С. 26–31.
2. Крупович В. И. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / В. И. Крупович, Ю. Г. Барыбин, М. Л. Самовер., 1982. – (Энергоиздат).
3. Акимов Л. В. Синтез астатического регулятора скорости для системы векторного управления одномассовым асинхронным электроприводом с нелинейной нагрузкой / Л. В. Акимов, Д. Г. Литвиненко. // наукові праці "Донецького національного технічного університету" серія "Електротехніка та енергетика". – 2011. – №11. – С. 16–23.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ УДЛИНЕННЫХ ВИХРЕВЫХ СТРУКТУР

Амуров А.В., Бразалук Ю.В. к.ф.-м.н, Евдокимов Д.В.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Вихревые течения являются основной формой течения жидкости, наблюдаемой в окружающей природной среде и используемой в производственных технологиях и на транспорте. Необходимость эффективного расчета подобного рода течений, встречающихся в многочисленных приложениях, делает весьма актуальной разработку методов численного моделирования разнообразных вихревых объектов. В задачах внешнего обтекания, которые составляют значительную часть современной гидроаэродинамики, завихренность, как правило, локализуется в так называемых донных областях за неудобообтекаемыми телами и в вихревых следах, при этом последние явно относятся к удлиненным вихревым структурам. В современной вычислительной гидромеханике вихревые следы часто моделируют вихревой пеленой, то есть, асимптотически тонкой вихревой структурой, с последующим численным моделированием вихревыми методами, чаще всего методом дискретных вихрей. Как известно, основные численные методы современной вычислительной гидромеханики – методы конечных элементов и конечных разностей – плохо приспособлены для расчета локализованных эффектов, поскольку неизбежно «размазывают» локальный эффект на несколько близлежащих разностных ячеек или конечных элементов, поэтому в задачах эволюции вихревой пелены предпочтение отдается методам теории потенциала, которые полностью сохраняют свойства локализованных объектов. Однако в реальных течениях даже далеко от твердых границ проявляются эффекты вязкости, влияние которых обратно пропорционально числу Рейнольдса (эффективному числу Рейнольдса для турбулентного течения), что очевидно из обезразмеренного вида уравнений Навье-Стокса (Рейнольдса). Поэтому, когда речь идет о тонком следе, вихревом слое и т.д., более точным, чем асимптотически тонкая вихревая пелена, представлением поля завихренности является неасимптотически тонкая вихревая структура. Вопрос о применимости для анализа эволюции тонкой вихревой структуры метода дискретных вихрей или других вихревых методов представляется весьма нетривиальным и составляет основной предмет настоящей работы. В качестве модельной задачи для анализа эволюции описанных выше вихревых структур выбрана задача об эволюции удлиненной вихревой структуры.

Во время движения тонких вихревых следов нередко наблюдается неустойчивость таковых (речь идет о качественной неустойчивости, а не неустойчивости в математическом смысле по Ляпунову), которые характеризуются значительным изменением формы следа вплоть до его распада на отдельные вихревые структуры. Вихревая пелена, моделируемая дискретными вихрями или другими лагранжевыми объектами, также нередко демонстрирует неустойчивость (здесь идет речь, разумеется, о вычислительной неустойчивости). Вопрос о соответствии механизмов неустойчивости следа и вихревой пелены еще не разрешен надлежащим образом, несмотря на многочисленные исследования. Удлиненная вихревая структура, насколько известно авторам настоящей работы, в подобном качестве еще не использовалась. В случае тонкой, но конечной толщины вихревой структуры, моделируемой дискретными вихрями, последние неизбежно оказываются на малых расстояниях друг от друга, что приводит к нефизично большим скоростям в точках расположения дискретных вихрей. То есть, дискретновихревые системы демонстрируют некорректный разлет вихрей или что то же самое, излишнюю схемную вязкость. В классической теории метода дискретных вихрей в такой ситуации рекомендована регуляризация поля скоростей. Однако регуляризация это тоже процедура, порождающая неспецифическую схемную диффузию. Поэтому вопрос о применении метода дискретных вихрей к рассматриваемому классу задач вызывает определенные сомнения. В качестве альтернативы рассматривается метод контурной динамики, которая, правда, требует намного больших затрат ресурсов компьютера. Описанные выше подходы были проиллюстрированы несколькими примерами тестовых расчетов.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕНOSTІ 3D ВІРТУАЛЬНИХ СЦЕН В РЕАЛЬНОМУ РЕЖИМІ ЧАСУ

Безуб В.М., аспірант

НМетАУ, Дніпро

Для якісного сприйняття віртуального середовища, що візуалізується дуже важлива наявність в такому середовищі тіней. Нині найбільш популярними і широко використовуваними вважаються два методи моделювання тіней в тривимірних сценах: "тіньові об'єми" (shadow volumes) і метод, ґрунтований на використанні "тіньових карт" (shadow maps).

Метод "тіньових об'ємів" ґрунтується на побудові для кожної пари, що складається з джерела світла і об'єкту віртуальної сцени просторової фігури, усередині якої освітлення від джерела, що входить в пару, відсутнє завдяки тому, що ця область сцени закрита даним об'єктом від попадання в неї прямих променів.

Алгоритм моделювання тіней за допомогою "тіньових карт" складається з двох кроків:

1) робиться формування буфера глибини віртуальної сцени з позиції джерела світла. Цей буфер зберігається у вигляді текстури спеціального формату в градаціях сірого, яку прийнято називати "тіньовою картою";

2) відбувається візуалізація об'єктів сцени з позиції спостерігача. При цьому для кожної видимої точки кожного об'єкту виконується спеціальний тест глибини. Саме, якщо глибина даної точки відносно джерела світла більше відповідного значення глибини, узятото з "тіньової карти", то ця точка знаходиться в тіні; якщо ж ці значення приблизно рівні, то точка вважається освітленою джерелом світла.

Проведене комп'ютерне моделювання вищеназваних методів практично підтвердило основний і серйозний недолік методу "тіньових об'ємів": його експоненціальну залежність від складності геометрії сцени. Цей недолік не є помітним у простих сценах, але в складних і об'ємних віртуальних просторах з багатьма об'єктами час розрахунків для моделювання тіней стає критичним при виконанні алгоритму в реальному режимі часу.

В даній доповіді пропонується використовувати метод "тіньових карт", для якого моделювання підтвердило відсутність прямої залежності часу моделювання від складності геометрії сцени. Метод може успішно застосовується в режимі реального часу для візуалізації складних сцен.

Моделювання здійснювалось засобами пакету Octave з використанням модулів, розроблених на мові C++.

Література

1. Mark J. Kilgard. Shadow mapping with today's OpenGL hardware. Technical report, CEDEC, 2001.
2. Боресков А.В. Построение теней при помощи теневых карт (shadow maps).
<http://www.steps3d.narod.ru/tutorials/shadow-maps-tutorial.html>

ВСТАНОВЛЕННЯ АНАЛІТИЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ВХІДНИМИ ТА ВИХІДНИМИ ДАНИМИ В МОДЕЛІ «ЧОРНА СКРИНЯ»

Бойко Л. Т. к.ф.-м.н., Конончук А. А. магістрант

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Модель «чорна скриня» використовують для вивчення реальних об'єктів, в яких відомими є лише дві множини: вхідних та вихідних даних. Внутрішні процеси, що відбуваються в «чорній скрині» і перетворюють вхідні дані у вихідні, є невідомими. Ставимо задачу – побудувати математичну модель, за допомогою якої можна наближено встановити аналітичний зв'язок між вхідними і вихідними даними реального процесу. Таку модель називатимемо «прогнозною».

Кількість вхідних та вихідних даних залежить від конкретного реального процесу. Для простоти розглянуто випадок, коли на вхід подається декілька даних $a_j, j = \overline{2, n}$, а вихідний результат b лише один (рис. 1). Природа цих даних неважлива. Відомі проміжки, до яких належать ці дані: $a_j \in [\alpha_j, \beta_j], j = \overline{2, n}; b \in [\gamma, \delta]$.

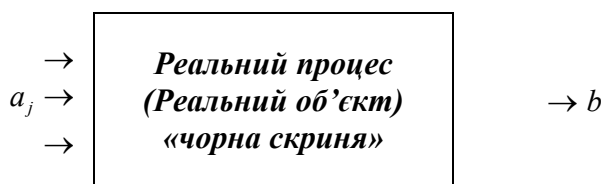


Рисунок 1 – Модель «чорна скриня»

Під математичною моделлю реального процесу розуміємо аналітичну залежність $b = f(a_2, a_3, \dots, a_n)$, де функція $f(a_2, a_3, \dots, a_n)$ є невідомою.

Для сформульованої моделі актуальними є такі задачі:

- розробити алгоритм побудови прогнозної математичної моделі;
- знаючи прогнозу модель, можна для реального процесу по відомих на вході сигналах $a_j, j = \overline{2, n}, n \geq 2$ передбачити результат b (пряма задача), або по відомому результату b визначити невідомі вхідні сигнали $a_j, j = \overline{2, n}$, які приводять до цього результату (обернена задача).

Ці задачі є некоректними за Адамаром. Для їх розв'язування використовувався метод регуляризації Тихонова [1]. Розроблено програмний продукт, який дозволяє будувати прогнозні моделі у вигляді лінійного, квадратичного або кубічного алгебраїчного многочлена.

Правильність роботи програмного продукту перевірена на трьох тестових прикладах. В кожному прикладі для побудови прогнозної моделі була підготовлена вибірка із 60 елементів. Елементом вибірки вважалися числа a_2, a_3, \dots, a_n , які випадково фіксувалися на відрізку $[0; 1]$ і які розглядалися як вхідні сигнали в чорну скриню. В тестових прикладах функція $f(a_2, a_3, \dots, a_n)$ (реальна модель) вважалась відомою, тому через добути коефіцієнти $a_j \in [0; 1], j = \overline{2, n}$ обчислювався результат b . По двадцяти елементах вибірки будувалася прогнозна модель реального процесу, а інші сорок елементів використовувалися для її перевірки.

Література

1. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач/ А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – М.: Наука, 1979. – 288с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ПРИ ПУЗЫРЬКОВОМ КИПЕНИИ

Бразалук Ю.В. к.ф.-м.н., Губин А.И. к.т.н., Дидинская Е.О., Евдокимов Д.В.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Пузырьковое кипение является основой многочисленных технологических процессов в различных отраслях промышленности, но, в первую очередь, процессов генерации пара в тепловой и атомной энергетике. В силу этого обстоятельства разработка математических моделей и методов численного расчета рассматриваемого процесса представляется исключительно актуальной. Для более полного и точного анализа необходимо рассматривать кипение на уровне растущих паровых пузырьков, каждый из которых участвует в сложном процессе тепломассообмена с жидкой фазой. Более того, каждый из пузырьков, влияет на поле температур в своей окрестности и тем самым изменяет условия тепломассообмена на поверхности близлежащих пузырьков. Этот эффект получил название теплового взаимодействия пузырьков при кипении. При кипении паровые пузырьки сохраняют свою геометрическую форму – сферическую для объемного кипения и форму усеченной сферы при росте парового пузырька на нагревателе, – но изменяют свой геометрический размер. Поскольку формы пузырьков во все время кипения останутся гомотетичными друг другу, такой режим роста получил название гомотетичного. При росте пузырька его граница продвигается внутрь жидкости, вызывая, соответственно перемещение масс жидкости в радиальном направлении. В первом приближении радиальную скорость можно считать постоянной по поверхности пузырька, хотя, строго говоря тепловые потоки на этой поверхности неравномерные, но эта неравномерность пропорциональна градиенту температуры в центре пузырька в предположении, что пузырек там отсутствует, и диаметру пузырька, который достаточно мал, поэтому указанной неравномерностью можно пренебречь. Следует отметить что скорости в рассматриваемом течении весьма невелики, а во встречном течении жидкости, компенсирующем ее расход в процессе фазового перехода, и того меньше. Возникающее таким образом течение жидкости называется гидродинамическим эффектом фазового перехода или течением Стефана. Течение Стефана способно увлечь паровые пузырьки и изменить их взаимное расположение, что составляет суть гидродинамического взаимодействия при объемном кипении.

В подавляющем большинстве случаев объемного кипения и нередко при пузырьковом кипении на нагревателе процесс роста паровых пузырьков оказывается достаточно медленным, то есть, происходит при числах Стефана меньше 1. Это означает, что для количественного анализа рассматриваемого процесса может быть применена асимптотическая математическая модель медленного фазового перехода, разработанная в предыдущих работах авторов для медленных фазовых переходов, описываемых задачей Стефана. В настоящей же работе тот же подход применен к задаче гомотетичного роста. Основная идея асимптотического подхода к задаче о медленном фазовом переходе заключается в представлении решения в виде ряда по числу Стефана как малому параметру, с последующим преобразованием исходной краевой задачи параболического типа к последовательности краевых задач эллиптического типа и задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения, описывающего перемещение границы фазового перехода. Не останавливаясь на подробностях дальнейшего решения полученных краевых задач методом граничных элементов, отметим только, что для гомотетичного роста задача Коши оказывается намного проще, чем для задачи Стефана, а это означает и существенное упрощение перестройки расчетных граничноэлементных сеток на каждом шаге по времени. Во всех проведенных расчетах учитывались нулевое приближение (приближение Лейбензона) или нулевое и первое приближения в асимптотическом разложении по числу Стефана. Гидродинамическая сила, действующая на пузырьки, определялась по известной полуэмпирической формуле, а соответствующие задачи Коши, описывающие движение пузырьков, решались по схеме Эйлера.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ И ГРУНТОВЫХ ВОД

Бразалук Ю.В. к.ф.-м.н., Дерий В.С., Евдокимов Д.В.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Проблема антропогенного загрязнения окружающей среды в настоящее время является одной из наиболее серьезных проблем, стоящих перед человечеством. И в рамках этой общей проблемы вопросы загрязнения грунтов и грунтовых вод занимает достаточно важное место. Проблема загрязнения грунтов представляется «практически вечной», поскольку искусственно удалять загрязнения из грунта невозможно в принципе, а соответствующие механизмы уменьшения загрязнения грунтов маломощны и очень медленны. Таким образом, загрязнение грунтов оказывается весьма долговременным по своему негативному воздействию, которое сказывается, прежде всего, на качестве продуктов земледелия и качестве воды в артезианских водозаборах, а значение последних в настоящее время возрастает в связи с нехваткой высококачественной пресной воды из поверхностных источников. Перечисленные выше факты определяют актуальность разработки уточненных математических моделей процессов загрязнения грунтов и грунтовых вод с последующей адаптацией существующих и созданием новых алгоритмов расчета с целью долговременного и кратковременного прогноза загрязнения грунтов и качества грунтовых вод.

Классическая теория загрязнения грунтов и грунтовых вод предполагает, что изначально в грунтовые воды некоторым путем (утечки из трубопроводов, сливы, внесение удобрений при сельскохозяйственных работах) внесена определенная водорастворимая субстанция, которая затем подвергается трем процессам массопереноса и массообмена: конвективный перенос фильтрационным течением, диффузия, сорбция твердым каркасом пористой среды. При этом коэффициенты фильтрации, диффузии и сорбции предполагаются известными из эксперимента. Однако, все приведенные выше положения относятся к идеализированной пористой среде, описываемой законом Дарси и предположением о полной однородности пористости. В реальных же пористых средах, к которым относятся грунты, даже говорить об идеальности свойств среды в процессах массопереноса и массообмена не приходится. Во-первых, в реальных пористых средах вместо коэффициента диффузии следует использовать эффективный коэффициент диффузии, поскольку в реальной пористой среде на микроуровне, то есть, в масштабе, охватывающем несколько сообщающихся пор и капилляров, происходят пульсации скорости фильтрационного течения, вызванные стохастическим характером многообразия, на котором определена скорость, а при наличии градиента концентрации переносимой субстанции пульсации скорости вызывают эффект, подобный диффузии. Во-вторых, теория пористых сред, используемая в классических моделях фильтрации, разделяет поры на две категории: активные и пассивные, при этом в первых происходит фильтрационное течение, а вторые изолированы от него. Однако, в реальных пористых средах нередко поры и капилляры, сообщающиеся с основным полем фильтрационного течения через одно отверстие и не имеющие другого выхода. Понятно, что в течение длительного времени присутствия загрязнения последнее проникает в такие ответвления диффузионным путем и остается там на значительное время, пока его концентрация не будет существенно уменьшена также диффузионным путем. Кроме того, возможны пористые среды, каркас которых состоит из пористых материалов, с гораздо меньшей пористостью, чем основная пористая среда. Особенно это характерно для верхних слоев почвы, подвергаемых воздействию пахотных технологий. Попадая в малые поры плотного каркаса, загрязнение движется там с намного меньшей скоростью, а может оказаться и вовсе сорбированным. Последние два эффекта получили название псевдосорбции, поскольку действуют они подобно сорбции, но с совершенно иными количественными параметрами. Указанные выше эффекты были учтены в усовершенствованных, обобщенных математических моделях распространения и накопления загрязнений в грунтах и грунтовых водах. Взаимное влияние различных эффектов в рассматриваемых процессах было исследовано численно на модельных задачах.

НОВА 4D ХАОТИЧНА ФІНАНСОВА СИСТЕМА З ЗОВНІШНІМ ЗБУРЕННЯМ

Гордієнко В.О., Білозьоров В.Є. проф. та д. ф.-м. н.

Дніпровський національний університет ім. О. Гончара, м. Дніпро, Україна

У 2001 році, Чен У.С. запропонував нову динамічну модель фінансової системи [1]. Модель описується тривимірною системою (1), де x – процентна ставка, y – інвестиційний попит, z – індекс цін. Додатні параметри a – сума заощаджень, b – витрати на інвестиції, c – гнучкість попиту на рекламу. Фактори, які викликають зміну процентної ставки x , в основному пов'язані з двома аспектами: індексом цін і профіцитом між інвестиційним попитом і сумою заощаджень. Зміна ставки y визначається ставкою вигоди від інвестицій, зворотним зв'язком інвестиційного попиту і процентної ставки. Зміна індексу цін z контролюється реальною процентною ставкою і індексом цін.

$$\frac{dx}{dt} = z + (y - a)x, \frac{dy}{dt} = 1 - by - x^2, \frac{dz}{dt} = -x - cz \quad (1)$$

Додаючи змінну до фінансової системи (1), можна отримати нову динамічну 4D хаотичну фінансову систему (2), де змінна u позначає вхід управління і втручання в економічний стан, щоб збалансувати економічне середовище.

$$\frac{dx}{dt} = z + (y - a)x, \frac{dy}{dt} = 1 - by - x^2, \frac{dz}{dt} = -x - cz + du, \frac{du}{dt} = -ku - mz - rx \quad (2)$$

Можна довести, що для системи (2) існує гранична обмеженість і область глобального тяжіння відповідно до теорії стійкості Ляпунова. Ці результати корисні при оцінці розмірності атракторів Ляпунова, розмірності атракторів Хаусдорфа, для управління хаосом і синхронізації хаосу.

Атрактор системи (2) з параметрами $a = 0.9, b = 0.2, c = 0.9, d = 1, k = 0.5, m = 1.1, r = 1$ і початковим станом $(x_0, y_0, z_0, u_0) = (0.1, 0.5, 0)$ зображений на Рисунок 1:

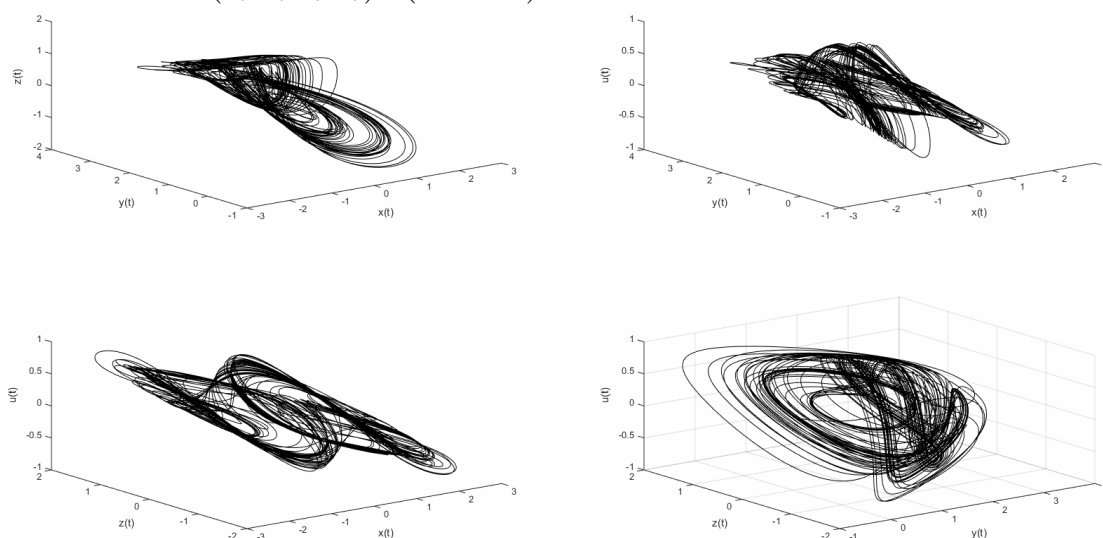


Рисунок 1 – Атрактор нової 4D хаотичної фінансової системи у різних площинах

Отже, в даній роботі отримана нова хаотична система, атрактор якої відрізняється від атракторів у статтях [1], [Ошибка! Источник ссылки не найден.], [3].

Література

1. Ма Дж.Х., Чен Ю.С. Дослідження топологічної структури біфуркації та глобальний складний характер нелінійної фінансової системи // Прикладна математика і механіка, вип. 22, №. 11. 2001.
2. Біфуркація Хопфа, позитивно інваріантний набір і фізична реалізація нової чотиривимірної гіперхаотичної фінансової системи / G. Kai, W. Zhang, Z. C. Wei, J. F. Wang. // Математичні проблеми в техніці. – 2017. – №2490580.
3. Синхронізація хаосу фінансової хаотичної системи з зовнішніми збуреннями. // Дискретна динаміка в природі та суспільстві. – 2015. – №2490580. – С. 13.
4. Якісне вивчення 4D хаотичної фінансової системи. // Складність. – 2018. – №3789873.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Горобец Д.В. к.т.н.

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ

Рассмотрен подход по определению начальных условий задачи на основе частично известных данных о поведении системы. Предполагается, что законы функционирования, структура и параметры системы известны.

Так как совокупность данных представляет многомерную область разнородных данных, задачу предложено решать с использованием генетического алгоритма, где в качестве геномов вынесены все неизвестные вещественные величины. Целевая функция генетического алгоритма в таком случае представляет собой невязку отдельных фрагментов решения системы в пространственно-временной области к истинным (известным по условиям задачи) значениям.

Предложенный подход рассмотрен на примере задачи по восстановлению начальных условий механической системы состоящей из трех необратимо деформируемых тел (см. Рис). По условиям известны: массы и упруго-пластические свойства тел, начальные двух из трех тел положений, степень повреждений после соударений, факт о соударении тел и мест прохождения телами пространственных точек после соударений. В качестве неизвестных искомым данным выступают начальные скорости двух из трех тел и начальное положение одного из трех.

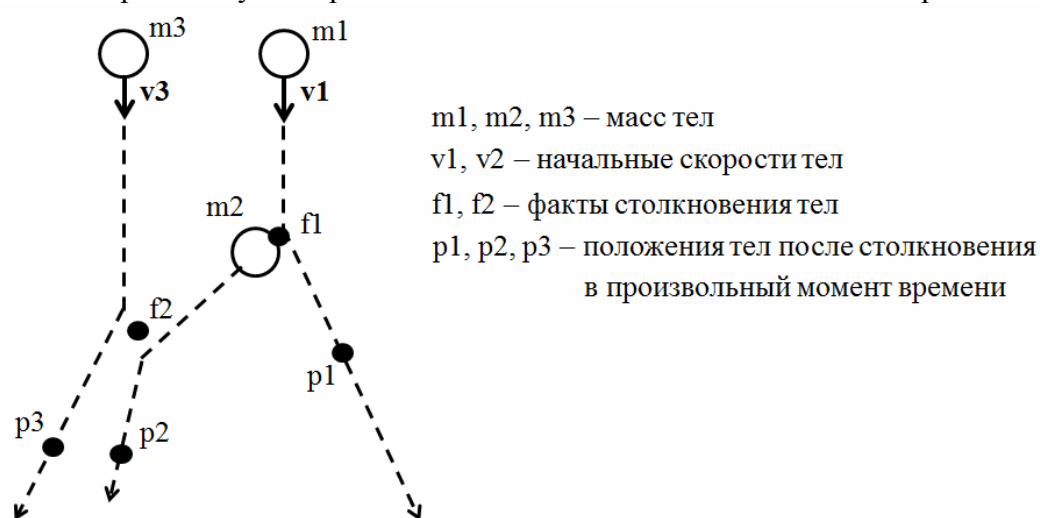


Рисунок – Исходные данные задачи

Решение данной задачи показало, что большое влияние на количество генераций до получения искомого решения оказывает подход по формированию в целевой функции составных невязок, описывающих расхождение конкретного процесса с искомым.

Рассмотренный подход представляет практический интерес, так как он позволяет для разнообразных сфер жизнедеятельности производить экспертизу не полностью определенных процессов определенных систем с целью выявления неизвестных факторов.

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЙ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ Fe-Cr-O-C ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПРИ ОДЕРЖАННІ ЛІГАТУР

Гришин О.М. к.т.н., Надточий А.А. к.т.н., Щеглова І.С. к.х.н.

Національна металургійна академія України

Фізико-хімічні особливості відновлення хроміту заліза були предметом багатьох досліджень, але дотепер немає єдиного представлення про термодинамічні та кінетичні закономірності процесу. В більшій мірі це стосується твердофазного відновлення, метою якого є отримання губчатих лігатур. Складність термодинамічного аналізу полягає в багатьох варіантах процесу. В залежності від умов реалізації процесу кінцеві продукти відновлення можуть мати різні фазові та хімічні склади.

Хроміт заліза має складну кристалографічну структуру і не меншу складну структуру хімічних зв'язків всередині молекули. В літературі відсутні достовірні дані про закономірності зміни кристалографічних характеристик шпінелі в процесі її відновлення. Це також ускладнює термодинамічний аналіз процесу її відновлення. За результатами наших досліджень, а також даних інших робіт, при спільному відновленні оксидів заліза та хрому, або хроміту заліза, можливо первинне видалення кисню, пов'язаного з залізом. Однак, достатня близькість температур початку відновлення створює умови для паралельного відновлення заліза та хрому із складного оксидного з'єднання.

При відновленні хроміту заліза чітка стадійність процесу втрачається, що обумовлено складністю хімічних зв'язків у молекулі Cr_2FeO_4 . Отримані нами термодинамічні дані свідчать про дуже близьку ймовірність отримання в першій стадії, як чистого заліза, так і Fe_3C . На підтвердження карбіду свідчить і наявність в шихті вільного вуглецю. Відновлювальні якості $\text{C}_{\text{тв}}$ і Fe_3C по відношенню до різних оксидів дуже близькі. Виходячи з сказаного можна припустити, що $\text{Fe}_{\text{мет}}$, яке утворилося, проходить процес утворення розчину Fe-C, якій досягає найвищого значення, перетворюється в карбід Fe_3C за реакцією $\text{Fe}_{\text{нас.С}} + \text{C} = \text{Fe}_3\text{C}$, яка термодинамічно дозволена вище $\sim 1063\text{K}$. Таким чином, на початковій стадії відновлення в аналізованій системі крім вихідних компонентів шихти можуть утворюватися Fe і Fe_3C . Цементит, що утворюється, може брати участь у процесі відновлення, через реакцію газифікації, практично рівноправно з вільним вуглецем, але строго термодинамічне в області підвищених температур більш переважним є $\text{C}_{\text{тв}}$. Разом з тим реальний процес не можна звести до декілька окремих реакцій, не беручи до уваги формування та участь у процесі спільних карбідів. На початок відновлення хрому в системі, крім оксидної фази і вуглецю, присутні $\text{Fe}_{\text{нас.С}}$ і/або Fe_3C . Надалі процес може розвиватися за трьома гіпотетичними схемами:

а) утворюються атоми хрому, які розчиняються в $\text{Fe}_{\text{нас.С}}$, в результаті формується сумісний металевий розчин;

б) атоми хрому за механізмом заміщення легують цементит, що утворює фазу M_3C ;

в) відновлені атоми хрому взаємодіють з вуглецем, утворюючи наступні карбіди $\text{Cr}_{23}\text{C}_6 \rightarrow \text{Cr}_7\text{C}_3 \rightarrow \text{Cr}_3\text{C}_2$, які можуть розчинювати атоми заліза (на різних стадіях). Хром є більш сильним карбідоутворюючим елементом і більш вірогідно, що на базі карбіду хрому утворюється карбід $(\text{Cr,Fe})_n\text{C}_m$.

Не може бути виключено варіант паралельної реалізації зазначених схем, а можливість подальшого відновлення заліза, що залишився, паралельно з відновленням хрому, тобто накладення цих процесів. В цьому випадку при наявності в системі $\text{C}_{\text{тв}}$ запускається процес формування складного карбіду через утворення Cr_{23}C_6 до $(\text{Cr,Fe})_{23}\text{C}_6$. З огляду на те, що швидкість дифузії вуглецю вище, ніж хрому, Cr_{23}C_6 перетворюється в Cr_7C_3 і в вищий карбід за умови достатньої кількості вуглецю в системі. Таким чином, вуглець витрачається на відновлення і на карбідоутворення. Дефіцит вуглецю при відновленні Cr_2FeO_4 змінює термодинамічну схему процесу. Коли вуглець повністю витрачається, функції твердого відновника переходять до карбіду $(\text{Cr,Fe})_3\text{C}_2$. Але ймовірність будь-якого варіанту може бути оцінена тільки при наявності термохімічних даних для складних карбідів.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ Cr_2FeO_4 С УЧАСТИЕМ МЕТАНА

Гришин А.М. к.т.н., Надточий А.А. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Восстановление хромита железа метаном можно рассматривать как процесс с участием водород- и углеродсодержащих газов. Отношение между ними определяется

параметром $n = \frac{H_2}{C} = \frac{P_{H_2} + P_{H_2O} + 2P_{CH_4}}{P_{CO} + P_{CO_2} + P_{CH_4}}$, значение которого изменяется в течение

процесса и зависит от T , P_Σ , стадии процесса и других факторов. Для пятикомпонентной системы Cr-Fe-O-C-H равновесие устанавливается между пятью фазами: Cr_2FeO_4 , Cr_3C_2 , Fe_3C , углеродом и газовой фазой. Система имеет две степени свободы и равновесный состав газовой фазы ее может быть однозначно задан любой парой параметров: T , P_Σ и n . Развитие реакции газификации углерода приводит к уменьшению параметра n , в то время как распад метана способствует увеличению содержания водородсодержащих газов. Таким образом, на параметр n влияют два противоположных процесса, а значение параметра определяется температурой при $P = \text{const}$, либо давлением при $T = \text{const}$. Значение n остается постоянным при отсутствии газификации углерода и распада метана. Для процесса восстановления Cr_2FeO_4 метаном значение параметра n находится в диапазоне $\infty > n > 0$ в зависимости от условий. Крайние значения параметр принимает для варианта комплексного восстановления с участием CO либо H_2 .

Увеличение водородсодержащих газов в низкотемпературной зоне обеспечивает распад метана, при температуре более $\sim 1320\text{K}$ доминирует процесс газификации углерода, что выражается в снижении параметра n (рис.1, а). Вместе с тем при организации процесса в условиях дефицита углерода (метан + H_2), восстановление протекает в два этапа:

I. $\text{Cr}_2\text{FeO}_4 + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{Cr}_3\text{C}_2 + \text{Cr}_2\text{O}_3$ (либо $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{FeO}_4$);

II. Cr_2O_3 (либо $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{FeO}_4$) + $\text{Cr}_3\text{C}_2 \rightarrow (\text{Cr,Fe})_7\text{C}_3$.

При этом варианте зависимость параметра n от температуры имеет иной вид (рис.1, б).

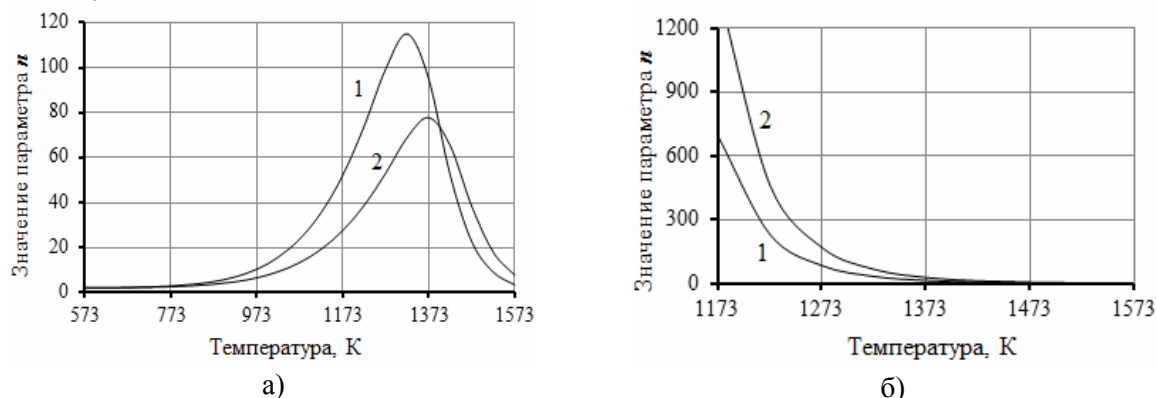


Рисунок 1 - Значение параметра n для восстановления хромита железа метаном:

а) стехиометрическое отношение O/C; б) дефицит углерода: 1 – $P_\Sigma = 1$; 2 – $P_\Sigma = 2$

Следует отметить, что температура смены доминирующего процесса достаточно близка к температуре начала комплексного восстановления хромита железа. На параметр n влияют не только приведенные выше звенья, но более сложный комплекс факторов, ведущая роль, среди которых вероятно занимает приоритетное участие углерода либо водорода в процессе восстановления. Не следует также исключать прямое взаимодействие метана с кислородом оксида самостоятельно, либо при участии CO_2 и H_2O .

МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА ІНТЕРВАЛІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Дмитрієв В.І.

Кафедра системного аналізу і управління НТУ «Дніпровська політехніка»

Моделювання характеристик автоматичних систем контролю дозволяє оцінити їх працездатність на інтервалі експлуатації у виробничих умовах підприємства. В роботі розглянуто моделювання градувальних характеристик системи автоматичного контролю (САК) продуктивності спірального класифікатора типу КСН, які використовують в замкнених циклах подрібнення при збагаченні руди на залізорудних фабриках. Однією з головних характеристик складної системи САК є градувальна характеристика залежності вихідного сигналу від продуктивності спірального класифікатора. САК складається з спіралі класифікатора, привідного електродвигуна спіралі, блоку перетворювань сигналів та блоку узгодження.

В основу розробки САК покладено технологічні особливості осадження та транспортування пісків спіраллю класифікатора до піскового жолобу порціями, між витками спіралі, та скидання їх дискретно, порціями, що призводить до коливань активної потужності привідного електродвигуна спіралі. На цій основі розроблені технологічні методики оцінки продуктивності (МЗП) класифікатора, та САК, в основі якої покладено пристрій типу УКПП, що виділяє динамічну складову потужності на частоті подвійної оборотної, та перетворює її до сигналу оцінки продуктивності в САК та автоматичного управління технологічним процесом. В якості інтервалу експлуатації прийнято міжремонтний період для спіралі класифікатора – 6 календарних місяців. Для оцінки параметрів порції – маси пісків використовувалась методика МЗП, яка випробувалась на кількох збагачувальних фабриках і показала збіжність результатів вимірів в 2-3 рази точніше в порівнянні з відомою методикою розрахунку «по балансу готового класу подрібнення».

В процесі дослідження виконано 2 цикла випробувань: на початку інтервалу експлуатації і в кінці, вимірювались покази САК на самописному приладі і оцінювались продуктивність по піску по методиці МЗП. В результаті отримані градувальні характеристики залежності показів пристрою в САК від значень продуктивності по піску.

Розраховані статистичні градувальні характеристики отриманих даних та рівняння зв'язку у вигляді лінійного рівняння регресії по обом циклам досліджень.

Розглянуто умови роботи обладнання на інтервалі експлуатації, що могли привести до дрейфу їх характеристик, зміни параметрів технології та управління. На інтервалі експлуатації зношувались витки спіралі, елементи приводу, змінювались характеристики приводного електродвигуна спіралі, змінювались характеристик руди та порції пісків (вологомісткість) при проведенні досліджень.

Дослідження проводилось за спеціальною методикою, яка дозволила оцінити як значення продуктивності, так і можливі зміни параметрів та характеристик обладнання.

Для оцінки працездатності САК використано методи відтворювання градувальних характеристик у вигляді рівнянь регресії при їх моделюванні в умовах підприємства на терміні експлуатації. Підготовка САК виконана в лабораторних умовах, та показала значення відносної похибки контролю $\leq 1,0\%$.

Оцінка відтворювання характеристик обумовлює порівняння їх параметрів у рівняннях регресії та розрахункових показників по результатам досліджень. Для цього розглянуто ряд методів, та обумовлено найбільш прийнятні, серед яких: гіпотеза рівності коефіцієнтів у рівняннях лінійних регресій за критерієм Ст'юдента, гіпотеза рівності стандартних відхилень (середньо квадратичних похибок) по F-критерію Фішера, оцінки близькості коефіцієнтів кореляції по граничним значенням довірчого інтервалу.

Виконане моделювання градувальних характеристик підтвердило їх не значиму відмінність на інтервалі експлуатації та підтвердило їх відтворюваність, а для САК – працеспроможність та використання у системах управління технологічним процесом.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ДУПЛЕКСНОЇ СТРУКТУРИ КОНТРОЛЕРІВ

Дмитрієва І.С. к.т.н

Національна металургійна академія України

Управляючі системи безпеки (УСБ) при виникненні аварійної ситуації на об'єкті управління призводять в дію відповідні захисні системи безпеки і координують їх роботу з метою запобігання аварій і катастроф. До управляючих систем безпеки пред'являються надзвичайно високі вимоги по надійності, так само, як і до систем аварійного захисту (САЗ) агрегатів і об'єктів.

Отримання кінцевих виразів (підкреслимо - в буквенному вигляді) для дуплексних структур є важливим при вирішенні задач аналізу УСБ і САЗ.

Кожен окремий канал розглядається як єдиний, який характеризується ймовірністю відмови $q(t)$ на інтервалі $(0, t)$. При цьому будемо розглядати важливий для систем безпеки і аварійного захисту випадок, коли кожен з каналів може мати два види відмов - відмова типу «явна відмова» і типу «прихована відмова», тобто:

$$p(t) + q_y(t) + q_c(t) = 1,$$

де $p(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи каналу; $q_y(t)$ - ймовірність «явної» відмови, $q_c(t)$ - ймовірність «прихованої» відмови.

Виникнення «явної» відмови одного з каналів призводить, природно до помилкового або зайвого спрацьовування САЗ; виникнення ж «прихованої» відмови каналу призводить до переходу його в «неспостерігаємий» стан непрацездатності та, як наслідок неспрацьовуванні каналу під час вступу заявки на спрацьовування аварійного захисту. Зрозуміло, що як «явна» відмову з «хибним» спрацьовуванням, так і неспрацьовування САЗ призводить до різних наслідків, які для кожного конкретного об'єкта захисту повинні бути уточнені.

Під відмовою системи будемо розуміти знаходження системи або в стані «помилкового» спрацьовування або в стані перебування в «прихованої» відмови. Крім того, з огляду на істотну відмінність в ступені небезпеки відмов САЗ типу «хибне» спрацьовування і типу неспрацьовування, необхідно дати оцінки ймовірності і «помилкового» спрацьовування, і ймовірності знаходження системи в стані «прихованої» відмови. Результаті моделювання представлено в попередній роботі [1].

Порівняємо два варіанти роботи дуплексної структури контролерів. Контролери працюють за схемою Master-Slave.

Hot StandBy базується на вбудованому контролі в кожен програмований контролер. Залежно від результату контролю здійснюється передача управління з одного контролера на інший. SA&C заснований на порівнянні роботи першого і другого контролерів, що програмується, з подальшим переведенням системи в безпечний стан «зупинка», якщо самоконтроль не визначив програмований контролер, який відмовив.

Використовуємо пакет MATLAB для моделювання отриманих рівнянь. Розрахунки виконано з кроком 0.001 в якості мінімального значення приймаємо 0.00001 і в якості максимального - 1. Інтервал, на якому будемо проводити розрахунок - $[0; 8600]$ годин.

Виходячи з отриманих результатів, системи SA&C з відновленням є кращим варіантом у порівнянні з системою Hot StandBy з відновленням.

Отримані результати будуть в подальших дослідженнях використані для отримання залежностей для значно складніших структур систем автоматичного захисту.

Література

1. Дмитрієва І.С. Аналіз властивостей надійності дуплексних структур систем аварійного захисту з постійним резервуванням / І.С.Дмитрієва, В.К.Лігвінов // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. - Вип. 5(118). - Дніпро, 2018 – с. 41-47.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВИКИДІВ ЧАСОВОГО РЯДУ

Долгіх А.О., Байбуз О.Г., д.т.н.

Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

Побудова коректних моделей часових рядів є актуальною задачею сьогодення. В неабиякій мірі точність прогнозування визначається надійністю вхідних даних, тому важливою задачею є задача їх попереднього аналізу з метою виключення аномальних значень або, навпаки, заповнення відсутніх даних. До числа характерних негативних моментів, які бажано було б врахувати і усунути на етапі попереднього аналізу, можна віднести виключення прогалин та викидів.

Згідно із ресурсом IBM Knowledge Center, на сьогоднішній день розрізняють не менше шести типів викидів у часових рядах, але найбільш важливими з точки зору бізнесу є наступні:

1) Адитивні викиди, або АО (additive outlier) – неочікувано великі або неочікувано малі значення, які сильно відрізняються від решти рівнів ряду. Вони з'являються одноразово та не мають впливу на інші значення.

2) Тимчасові зміни, або ТС (temporal changes) – мають місце, коли досить великі або малі значення, нехарактерні для досліджуваного ряду, з'являються протягом деякого короткого періоду часу.

3) Зміна рівня, або LS (level shift) – різка зміна рівнів ряду. Всі спостереження, що з'являються після такого роду викиду, переходять на новий рівень. На відміну від адитивних викидів, зміна рівня впливає на багато спостережень і може мати постійний ефект.

Виявляти та корегувати такого роду дані необхідно для розробки та підготовки якомога більш точних моделей досліджуваних процесів. Тому актуальною стає задача розробки програмного забезпечення попереднього аналізу рядів динаміки.

Сучасні підходи ідентифікації викидів у часових рядах можна поділити на такі групи:

1) Методи класифікації, такі як нейронні мережі та регресійно-класифікаційні дерева. Їх недоліками є необхідність мати «навчальну» послідовність, попередньо розділену на класи: «аномалії» та «нормальні значення», що не завжди можливо.

2) Статистичні методи, такі як метод Ірвіна. Вони є простими у розумінні та реалізації, але можливості їх використання є досить обмеженими.

3) Методи, що будують модель, найбільш відповідну до досліджуваного процесу, а потім аналізують ряд залишків замість оригінального. Варто відмітити, що такий підхід є досить перспективним і ефективним. Для того, щоб отримати якісні результати за такого підходу, важливо підібрати модель, що адекватно описує досліджуваний процес.

У процесі виконання дослідження авторами була запропонована та програмно реалізована процедура багатокритеріального пошуку, яка дозволяє підібрати найкращу із множини побудованих. Перевагами такої процедури є те, що вона дозволяє оцінювати модель за допомогою інформаційних критеріїв якості, AIC, BIC, FIC, тесту Фішера, коефіцієнту детермінації та проводить аналіз залишків моделі. За допомогою цієї процедури програмний комплекс автоматично підбирає «найкращу» модель з наступних: лінійні та сезонні адаптивні моделі, моделі авторегресії - ковзкого середнього, моделі нечіткої логіки та нейронної мережі. Потім обчислюється ряд залишків, отриманий шляхом віднімання побудованих прогнозів від вихідних значень, після чого аномальні значення шукають вже у ряді залишків за допомогою класичних статистичних процедур, які застосовують для звичайних вибірок випадкових чисел. Програма дозволяє проводити заміну викидів на значення, отримані підбіраною моделлю, або на значення експоненційного чи ковзкого середнього, сплайну або регресії, за бажанням користувача.

Розроблений програмний комплекс був апробований на фінансових часових рядах, які представляють собою ціни на акції відомих компаній таких, як IBM, AAON Inc., ABC, CSCO, тощо, та показав якісні результати роботи.

ЕМПІРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ НАЙКОРОТШИХ ШЛЯХІВ НА ГРАФАХ

Журба А.О. к.т.н.

Національна металургійна академія України

Алгоритми складають основу комп'ютерних наук: вони є основними об'єктами вивчення в багатьох її областях. Алгоритми пошуку шляхів на графах, мають важливе значення. Існуючі або запроектовані будинки, споруди, квартали тощо розглядаються як вершини, а з'єднують їхні дороги, інженерні мережі, лінії електропередачі тощо — як ребра. Застосування різних обчислень, вироблених на такому графі, дозволяє, наприклад, знайти найкоротший об'їзний шлях, спланувати оптимальний маршрут. Основними вимогами до ефективності алгоритмів пошуку є ефективність за часом та економне використання пам'яті.

В рамках роботи програмно реалізовано пошук вшир, при якому проводиться дослідження вершин в залежності від їх віддалення від початкової точки [1]. У процесі пошуку вшир вершини надходять в чергу FIFO і залишають її в порядку, визначеному їх відстанню від вихідної вершини. Тому легко відстежувати довжину шляхів від однієї вершини до іншої (рис. 1). Кожен пошук приводить до побудови дерева BFS, яке визначає найкоротші шляхи, що з'єднують всі вершини графа з вершиною в корені дерева. Результати всіх виконаних пошуків зводяться в матрицю, в якій елемент на перетині рядка v і стовбця w представляє довжину найкоротшого шляху з v в w (глибина v в дереві w).

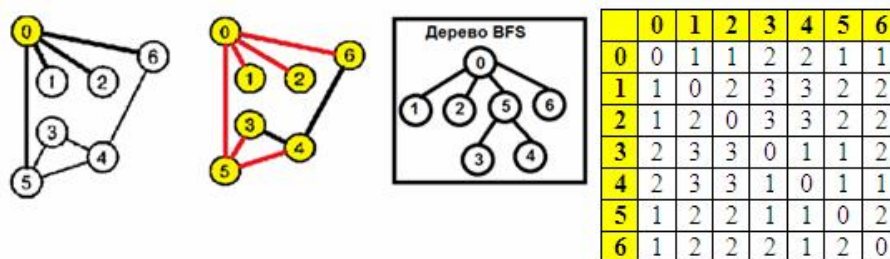


Рисунок 1 – Приклад роботи алгоритму пошуку вшир, дерево BFS, матриця найкоротших шляхів

В ході емпіричного дослідження алгоритму були виявлені залежності часу роботи алгоритму від кількості вершин та ребер у графі. Також було проаналізовано, як впливає представлення графу на ефективність роботи алгоритму. Була досліджена ефективність роботи при представленні графа у вигляді матриці суміжності та у вигляді списку суміжних вершин (рис. 2).

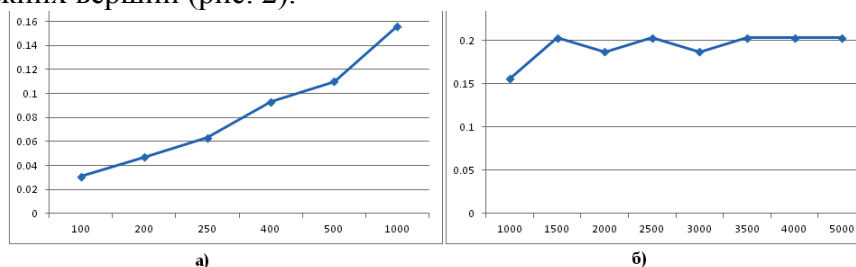


Рисунок 2 – Залежність часу виконання алгоритму BFS від кількості: а) вершин графа; б) ребер графа

В результаті досліджень пошук вшир відвідує всі вершини і ребра графа за час, пропорційний V^2 , в разі подання графа у вигляді матриці суміжності, і за час, пропорційний $V + E$, в разі подання графа у вигляді списків суміжних вершин.

Література

1. Журба А.О. Програмна реалізація та дослідження ефективності алгоритмів пошуку найкоротших шляхів на графах / О.Ю. Лисенко // Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості і освіті: Тези XII Міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпро, 12-13 грудня 2018 р. – Д.: ДНУЗТ, 2018. – С. 89.

ЧИСЕЛЬНО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ ПРО ДЕФОРМУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ЗАГОТОВКИ В УМОВАХ ВІСЕСИМЕТРИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

Засовенко А.В. доцент, Штефан Т.О.

Запорізький національний технічний університет

Кольорові метали та їх сплави, використовувані в промисловості, піддаються куванню або штампуванню, як в холодному, так і в гарячому стані. На переходах ковки осадку застосовують найчастіше як спосіб досягнення необхідного укову. При гарячому штампуванні осадку використовують на попередніх переходах для збиття окалини та наближення форми заготовки до конфігурації поковки, при цьому, в залежності від складності поковки, осадку можуть суміщати з елементами формовки, видавлювання, прошивки, що вимагає деякого ускладнення штампового інструменту.

Інженерні розрахунки процесів опаді пов'язані з визначенням необхідного зусилля операції і кінцевої форми осаджені заготовки. Встановлення залежностей між геометричними та механічними властивостями конструкцій при заданих навантаженнях та їх міцністю є актуальною інженерною задачею.

Циліндр, який знаходиться у вісесиметричному напруженому стані, можна розглядати як один з шарів циліндричної конструкції. Функція напружень відшукується у вигляді тригонометричного ряду, що дає можливість задовольнити умови на бічній поверхні циліндру В якості критерію міцності застосовується гіпотеза Мізеса.

В роботі розглянуто круговий циліндр, який знаходиться в умовах вісесиметричної деформації. Знайдено коефіцієнти розкладу бігармонічної функції Ері $\phi(r, z) = \cos(kz)[b_k I_0(kr) + c_k k r I_1(kr)]$ в тригонометричні ряди із застосуванням функцій Бесселя нульового та першого порядків [1]. Умови на границі області та метод розв'язку поставленої задачі докладно описано в [2].

Всі компоненти тензора напружень записані в явному вигляді [2]:

$$\sigma_r(r, z) = 1/r \sin(z) [r(c_1(1-2\nu) + b_1)I_0(r) + (c_1 r^2 - b_1)I_1(r)],$$

$$\sigma_\theta(r, z) = 1/r \sin(z) [r c_1(1-2\nu)I_0(r) + b_1 I_1(r)],$$

$$\sigma_z(r, z) = -\sin(z) [(2c_1(2-\nu) + b_1)I_0(r) + c_1 r I_1(r)],$$

$$\tau_{rz}(r, z) = -\sin(z) [(2c_1(1-\nu) + b_1)I_0(r) + c_1 r I_1(r)].$$

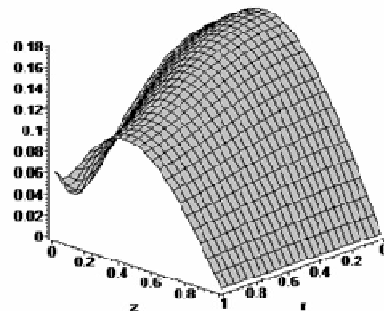
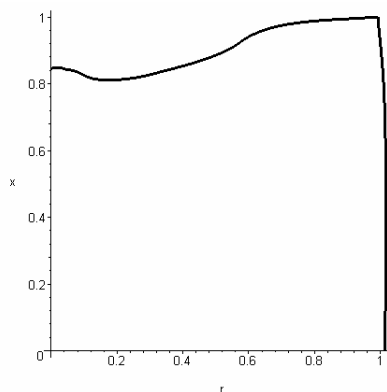


Рисунок 1 – Крайне положення основи

Рисунок 2 – Функція потенціальної енергії

Адекватність побудованої математичної моделі перевірено МСЕ в програмному середовищі MAXIMA.

Крайне положення нижньої основи деформованого циліндра представлено на Рисунку 1, графік функції потенціальної енергії при значеннях параметрів $R = 1$, $\mu = 0.4$, $c_1 = 1$ зображено на рисунку 2.

Література

1. Тимошенко С.П. Курс теории упругости/С.П. Тимошенко. – Киев: Наукова думка, 1972.-508 с.
2. Shtefan T. Numerical and Analytical Solution of the Problem on Deformation of the Circular Cylinder Using the Bessel Functions / T. Shtefan, A. Zasovenko // Вісник ТНТУ. – Тернопіль. – 2018.-№2 (90). – С.76-83.

ПОЛУМАРКОВСКАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Захаров А.А.¹, Зейналов В.А.², Кажан В.Е.³ к.т.н.

НМетАУ, Днепр, Украина

Метод статистического моделирования, основанный на использовании полумарковской модели процесса эксплуатации электромеханической системы (ЭМС) и датчика случайных чисел, позволяет построить математическую модель процесса эксплуатации и разработать методику статистического моделирования для получения оценок показателей ее технического состояния. Анализ математических методов показывает, что наиболее адекватной математической моделью является полумарковская модель процесса эксплуатации ЭМС. Многократная реализация моделируемого процесса осуществляется с помощью датчика случайных чисел на заданном интервале времени эксплуатации. Основу такой модели составляет ориентированный граф основных состояний возможных переходов (ГСП) ЭМС в ходе эксплуатации. Исчерпывающими характеристиками полумарковского процесса (ПМП) на множестве состояний при известном его начальном состоянии являются матрицы условных функций распределения времени пребывания ЭМС в каждом из состояний до перехода в любое другое состояние ГСП и условных вероятностей переходов.

Методика определения показателей технического состояния ЭМС с использованием метода статистического моделирования основывается на получении достаточного количества реализаций ПМП на заданном интервале времени, представляя процесс эксплуатации ЭМС в виде ГСП. Для этого используется датчик случайных чисел, равномерно распределенных в интервале (0,1), формирующий случайное число с заданным законом распределения и массив среднего суммарного времени пребывания процесса в каждом состоянии. По результатам многократного моделирования процесса переходов ЭМС получают количественные оценки временных, вероятностных и экономических показателей ее технического состояния, в частности, вероятностей пребывания и среднего времени пребывания ЭМС в каждом из состояний ГСП, функции готовности к использованию по назначению, затрат на эксплуатацию и других показателей [2].

Такая модель позволяет получить как исходные данные для решения задачи определения оптимальных периодичностей для различных видов технического обслуживания (ТО), исходя из условия обеспечения максимального коэффициента готовности ЭМС при изменяющемся во времени параметре потока отказов, а в дальнейшем решать задачу формирования и выбора согласно выбранному критерию оптимальных стратегий ТО и ремонта в соответствии с предлагаемым в работе алгоритмом. Выбор того или иного вида ТО и ремонта зависит от технико-экономической и производственной целесообразности. Содержание стратегии ТО определяется конкретным набором вариантов ТО и ремонта по всем состояниям ГСП.

Выводы. Сформулирована задача оценки показателей технического состояния ЭМС методом статистического моделирования и предложена полумарковская модель процесса эксплуатации системы в виде ориентированного графа состояний и переходов. Предложена методика и составлен программно реализуемый алгоритм такой оценки с использованием датчика случайных чисел. Практическая реализация указанного алгоритма позволит оперативно оценить показатели технического состояния ЭМС и адаптировать к нему систему технического обслуживания.

Література

- 1.Королук В.С., Турбин А.Ф. Полумарковские процессы и их приложения. К.: Наук. думка, 1976. – 184с.
- 2.Кажан В.Е., Котлярова И.В. Модель оценки качества системы технического обслуживания электромеханических комплексов. Збірник наукових праць «Транспорт», вип.7. – Дніпропетровськ, ДДТУЗТ, 2001. С.48 – 50.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ О МНОГОМЕРНОМ РАСКРОЕ

Захаров А.А., Селиверстова Т.В.

Национальная металлургическая академия Украины

Задача раскроя это задача оптимизации, один из случаев «проблемы ранца», а именно NP-полная задача. Одним из основополагающих признаков задач раскроя является их классификация по принципу размерности [1]: одномерный раскрой, двумерный, трехмерный, N-мерный.

В свою очередь это накладывает ограничения на возможные методы решения данной задачи. Как известно в ходе решения NP-полных задач приходится выбирать между точными алгоритмами которые невозможно применить для больших данных и приближенными с менее точным решением, но более быстрыми и применимыми к любым массивам данным.

Учитывая принципы размерности можно ожидать, что сложность решения задачи раскроя будет расти с ростом ее размерности.

Так например задачи одномерного и двумерного раскроя вполне можно решить применив алгоритмы полного перебора, в то же время его применение к одинаковым массивам данных при трехмерном и более раскрое приведет к экспоненциальному росту времени выполнения алгоритма.

Более того, любая задача раскроя обычно имеет большое количество сопутствующих ограничений, что позволяет признать ее вырожденной, так как вероятно большое количество возможных решений.

Сама по себе «задача о ранце», а равно как и задачи раскроя имеют хорошо известные методы ее решения, это и упоминавшийся выше метод полного перебора (brute force method) и такие методы, как метод ветвей и границ (Branch and Bound method) и динамическое программирование (Dynamic programming method). Помимо этого решение подобного типа задач возможно с помощью метода генерации столбцов (Column generation method). Использование любого из точных методов имеет временную сложность от $O(2^n)$ для метода перебора до псевдополиномиального времени со сложностью $O(nX)$ для метода динамического программирования. Однако это характерно только для задач одномерного раскроя. И практически не применимо к задачам с большей мерностью так, как в таком случае сложность увеличивается в степени мерности. Метод генерации столбцов, хоть и может применяться к большим массивам данных, но находит дробное решение, что в округлении к ближайшему целому зачастую дает результат противоположный оптимальному.

Что касается приближенных методов решения то возможно применение жадного алгоритма (greedy algorithm), генетических алгоритмов (genetic algorithm) или приближенной схемы полиномиального времени (polynomial-time approximation scheme PTAS). В свою очередь каждый из этих методов так же имеет ряд ограничений. Жадный алгоритм в данном контексте хоть и имеет временную сложность $O(N \log(N))$, может дать решение вплоть до диаметрально противоположного оптимуму. Приближенная схема полиномиального времени обладает хорошими характеристиками для решения задач подобного класса, однако на данный момент не существует известных схем аппроксимации для двумерного и более раскроя (6). Наиболее предпочтительно в данном свете выглядит применение генетических алгоритмов, однако и этот метод являясь одним из самых быстродействующих не гарантирует получение наиболее оптимального решения, что зачастую является главным критерием подобного рода задач в реальных условиях.

Так в ходе анализа, выявлено, что ни один из общепринятых алгоритмов не гарантирует решения удовлетворяющего реальным условиям. Так же все эти методы можно отнести к эвристическому анализу. Это в свою очередь позволяет предположить, что данный тип задач оптимален для решения с помощью адаптивных методов анализа, и в частности с помощью нейронных сетей.

Литература

1. Dykhoff H. A typology of cutting and packing problems // European Journal of Operational Research 44, 1990: 145—149.
2. Васин А. Ю. Решение производственной задачи одномерного раскроя материалов / А. Ю. Васин, В. Н. Задорожный. // Омский научный вестник. – 2012. – №2. – С. 267–270.
3. Канторович, Л. В. Рациональный раскрой промышленных материалов. / Л. В. Канторович, В. А. Залгаллер. — 2-е изд., испр. и доп. — Новосибирск : Наука, 1971. — 299 с.
4. Скобцов, Ю. А. К вопросу о применении метаэвристик в решении задач рационального раскроя и упаковки / Ю. А. Скобцов, В. Н. Балабанов // Вісник Хмельницького національного університету. - 2008. - Т. 1. № 4. - С. 205-217.
5. Karelaiti, J., Solving the cutting stock problem in the steel industry. Department of Engineering Physics and Mathematics. Master's thesis, 2002: 1-39.
6. Ariel Kulik, Hadas Shachnai. [There is no EPTAS for two-dimensional knapsack](#) // Information Processing Letters. – 2010-07-31. – Т. 110, вып. 16. – С. 707–710. — [DOI:10.1016/j.ipl.2010.05.031](#).

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РЕШАТЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ НА ПРОЦЕССОРАХ С ARM®-АРХИТЕКТУРОЙ

Зинченко А.В. к.ф.-м.н.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины

Вопросы эффективной реализации весьма затратных в вычислительном плане численных методов гидрогазодинамики не утрачивают своей актуальности, несмотря на внушительный рост производительности современных компьютерных систем.

В связи с тем, что за последнее десятилетие повышение быстродействия серверных процессоров основных игроков рынка достигается в основном не увеличением тактовой частоты, а масштабированием вычислительных ядер и использованием распределенных вычислений, внимание исследователей в области высокопроизводительных вычислений все больше привлекают отличные от x86 архитектуры. Процессоры на базе архитектуры ARM® получили широкое распространение в портативной электронике и, не в пример x86, демонстрируют в последнее время значительный прирост производительности в пересчете на одно ядро.

В 2018 году компанией Cavium анонсирован 32-ядерный серверный процессор ThunderX2 с 64-архитектурой Armv8-A. Несмотря на достойные результаты тестов [1], в некоторых случаях существенно превышающих показатели процессоров Intel линейки Broadwell на той же тактовой частоте, ThunderX2 имеет ряд ограничений при использовании неоптимизированных приложений, достаточно высокое энергопотребление и тепловыделение, а также цену меньшую, но сопоставимую серверными аналогами от Intel.

Автором предпринята попытка оценить потенциал современных массовых процессоров с ARM®-архитектурой и протестировать их на пригодность для расчетов задач вычислительной гидродинамики. Низкое энергопотребление (обычно до 5Ватт на кристалл) и доступная цена процессорных модулей делает их привлекательными для применения, особенно в рамках бюджетных научных организаций.

Были протестированы Armv8-A процессоры Allwinner A64 @1152MHz, Rockchip RK3328 @1.5GHz и Huawei Kirin 970 @2.36GHz в сравнении с обычными настольными Intel Core i5-4690 @3.5GHz и AMD Athlon II X2 250 @3.0GHz. Для тестов использовались Linpack Whetstone и решатель rhoPimpleFoam из пакета OpenFOAM v1812. Первый оперирует с минимальным количеством данных, полностью помещающимся в кэш первого уровня, в то время во втором тесте быстродействие оперативной памяти и кэша второго уровня оказывают существенное влияние на результат. Оба теста измеряли производительность операций с плавающей точкой в однопоточном режиме и были собраны с удвоенной точностью компилятором gcc версии 5.4.0 под управлением Ubuntu 16.04 LTS.

Тестирование показало ощутимую разницу относительных результатов при использовании каждого из тестов даже в рамках одной архитектуры. Производительность оперативной памяти является определяющей для задач вычислительной гидродинамики, наряду с производительностью вычислительных ядер. И если в рамках одной архитектуры простые тесты типа Whetstone еще можно использовать для приблизительной оценки относительного быстродействия компьютерной системы, то в случае различных архитектур они дают весьма противоречивые результаты.

Измерение скорости расчетов решателей из пакета OpenFOAM показало, что самый быстрый из протестированных Armv8-A процессоров Huawei Kirin 970 обеспечивает в однопоточном режиме производительность аналогичную выпущенному десять лет назад AMD Athlon II X2 250 в пересчете на одну тактовую частоту.

Литература

1. McIntosh-Smith, S. Comparable Benchmarking of the First Generation of HPC-Optimised Arm Processors on Isambard / S. McIntosh-Smith, J. Price, T. Deakin, A. Poenaru // Stockholm, CUG2018 Proceedings – May 2018.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ ПРОНИКНОВЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В ТВЕРДЫЕ ОПУХОЛИ

Кацай М. С., Белозёров В. Е. проф., д. ф.-м. н.

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, Украина

Рак — это класс заболеваний, характеризующихся неконтролируемым ростом клеток, который влияет на здоровые клетки и делает их поврежденными. Известно много методов лечения данного заболевания: химиотерапия — это один из этих методов. Метод использует токсические агенты, в первую очередь молекулы лекарств, нарушающих некоторые аспекты клеточного деления, такие как синтез и функционирование ДНК. Противораковый лекарственный препарат доставляется к опухоли, а затем рассеивается в ней через капилляры. Распространение лекарств в твердых опухолях ограничено проникновением в глубину, которая различна в силу различных лекарств и типов рака. Вычисления этой глубины имеет важное значение, поскольку это помогает врачам получать сведения о процессе лечения инфицированных тканей. Глубина проникновения может быть определена как глубина от капилляра, на которой достигается минимальная концентрация вещества для лечения рака.

Учитывая зависимость концентрации лекарственного препарата от времени, а также явление диффузии, можно вывести такое соотношение:

$$W(x,t) = W_0 + \left(\frac{1}{D\tau}\right)^{1/2} \int_0^t A \exp\left[-\frac{(t-t_{\max})^2}{\delta^2}\right] \cdot \mathfrak{F}_0\left(\frac{t-t^*}{2\tau}\right) \exp\left(-\frac{t-t^*}{2\tau}\right) dt^* \quad (1)$$

где $W(x,t)$ функция, определяющая концентрацию препарата в опухоли, x — расстояние до опухоли, t — время действия препарата в системе, D — коэффициент диффузии. Кроме того, τ — временная задержка между введением препарата в опухоль и повышением его концентрации до максимального значения. На самом деле всегда есть запаздывающее время, которое еще не учитывалось ни в одном исследовании. Такое поведение можно наблюдать в случае применения всех лекарств, поскольку диффузионные процессы всегда имеют временную задержку. В зависимости от условий время задержки может быть крайне небольшим, но не незначительным.

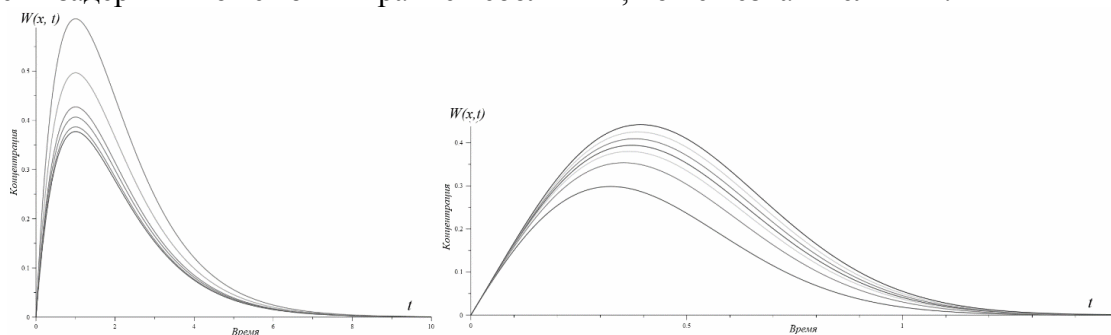


Рисунок 2 – График функции проникновения $W(x,t)$

(а) - с одним переменным параметром, (б) - с тремя переменными параметрами

Решение уравнения (1) представлено на рисунке 1. Вид данного графика зависит от величины коэффициента диффузии и от времени.

Так как на диффузию D лекарственного препарата в опухоли влияет множество факторов, такие как свойства самого препарата, генетические факторы, стадия развития опухоли и т. д., то можно сделать вывод, что для определения глубины проникновения препарата в опухоль необходимо иметь экспериментальные данные указывающие на зависимость диффузии от используемых препаратов.

Литература

1. H. Namazi, V. V. Kulish, A. Wong, and S. Nazeri, Mathematical Based Calculation of Drug Penetration Depth in Solid Tumors, BioMed Research International, vol.11, issue.2, p.8437247, 2016.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ РОСТА ОПУХОЛИ С УЧЕТОМ РЕАКЦИИ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ

Класен С. В., Белозеров В.Е. проф., д. ф.-м. н.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Украина.

Моделирование динамики развития любой болезни является полезным для медицины. Известно, что рак является одной из самых малоисследованных болезней в мире. Математические модели роста раковых опухолей широко изучаются. Для понимания механизма заболевания и предсказания его поведения используются полиномиальные модели. В частности, большая исследовательская работа посвящена взаимодействию опухолевых клеток и иммунной системы. Введение постоянного запаздывания T в скорость роста численности макрофагов, с одной стороны, включает в себя определенные пороги, которые могут быть полезны для контроля роста опухолевых клеток, и с другой стороны, указывает на сложную динамику, которую может демонстрировать опухоль.

Опухоль представляет собой нелинейную динамическую систему, в которой заложен принцип уничтожения здоровых клеток и рост зараженных клеток. (в конечном итоге уничтожаются все полезные клетки в организме)

Рассмотрим модель роста опухоли с учетом постоянного запаздывания T :

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{d\tau} &= 1 + a_1 x_1(1 - x_1) - x_1 x_2 \\ \frac{dx_2}{d\tau} &= a_2 x_2(\tau - T)x_3(\tau - T) - a_3 x_2 \\ \frac{dx_3}{d\tau} &= a_4 x_3(1 - x_3) - a_5 x_2 x_3 - a_6 x_3,\end{aligned}\quad (1.1)$$

где безразмерные переменные $x_1(\tau), x_2(\tau), x_3(\tau)$ моделируют плотность раковых клеток, макрофагов и здоровых клеток в момент времени τ .

Проиллюстрируем поведение модели (1.1) в численном эксперименте со следующими параметрами: $a_1 = 0.5; a_2 = 5.5; a_3 = 0.6; a_4 = 4.5; a_5 = 3; a_6 = 1$, которые удовлетворяют биологически возможным условиям: $a_4 > a_6, \frac{a_5}{a_2} + \frac{a_6}{a_4} < 1$.

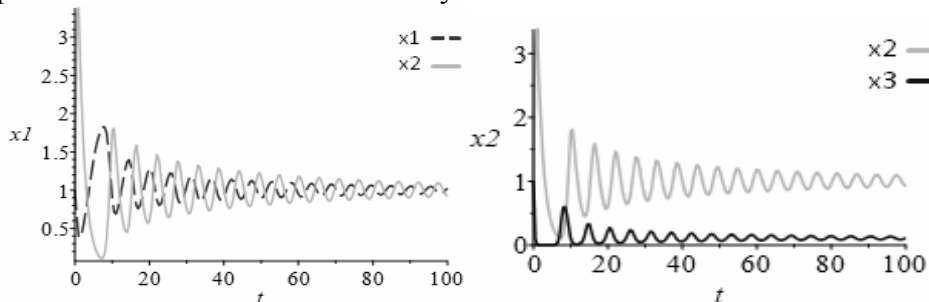


Рисунок 1 – Демонстрация устойчивости модели (1.1)

На данной иллюстрации можно отметить, что в результате роста опухоли получается некий динамический аттрактор, характеристики которого указывают на тенденции развития этой опухоли. В частности, можно указать параметры, при которых опухоль будет уменьшаться (выздоровление), а также и те значения, которые приведут к росту опухоли (усиление кризиса). В будущем найденные значения параметров можно сравнить с результатом эксперимента, что позволит уточнить предложенную модель.

Литература

1. M. Saleem and T. Agrawal, Chaos in a Tumor Growth Model with Delayed Responses of the Immune System, Journal of Applied Mathematics, vol.12, p.891095, 2012.

ПРИДУШЕННЯ ХАОСУ У КОНВЕКЦІЇ У ПОРИСТИХ СЕРЕДОВИЩАХ ПІД ВПЛИВОМ МУЛЬТИЧАСТОТНОЇ ГРАВІТАЦІЙНОЇ МОДУЛЯЦІЇ

Кошель Є.В., Білозьоров В.Є. д. ф.-м. н.

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, Україна.

Тема придушення хаосу актуальна у ситуаціях, коли необхідно вивести динамічну систему у передбачуваний режим. Цього можна досягти шляхом підбору таких значень параметрів системи, за яких у ній з'являються такі структури, як, наприклад, граничний цикл. Для контролювання процесу конвекції у пористих середовищах можна використати мультичастотну гравітаційну модуляцію, якої на практиці можна досягти вертикальними коливаннями контейнера з рідиною, що знаходиться під дією гравітаційного поля.

Якщо вдало підібрати частоти та амплітуди коливань, то система стане передбачуваною, а це означає, що з'являється можливість підвищення ефективності таких процесів, як кристалізація або полімеризація.

Розглянемо наступну систему, яка описує процес природної конвекції у пористому середовищі:

$$\begin{cases} \dot{X} = -\alpha(X-Y) + \alpha(\lambda_1 \sin(W) + \lambda_2 \sin(\eta W))Y \\ \dot{Y} = -Y + RX - (R-1)XZ \\ \dot{Z} = 4\varrho(XY-Z) \\ \dot{W} = \sigma_1 \end{cases}$$

Тут α — число Прандтля, $R = \frac{Ra}{\pi^2 \zeta^2}$ (Ra — число Релея), $\eta = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ — відношення частот коливань, а $\lambda_{1,2}$ — їх відповідні амплітуди.

Було показано, що за низьких параметрів α та R можна досягти суттєвого придушення хаосу шляхом введення ненульових частот σ_1 і σ_2 . Але при цьому можна підібрати такі амплітуди коливань, що система почне демонструвати зовсім інші режими поведінки. На наступному рисунку показано аттрактор, який виникає у системі за параметрів $\alpha=5, R=25, \sigma_1=4.5, \eta=6, \lambda_1=139, \lambda_2=1$.

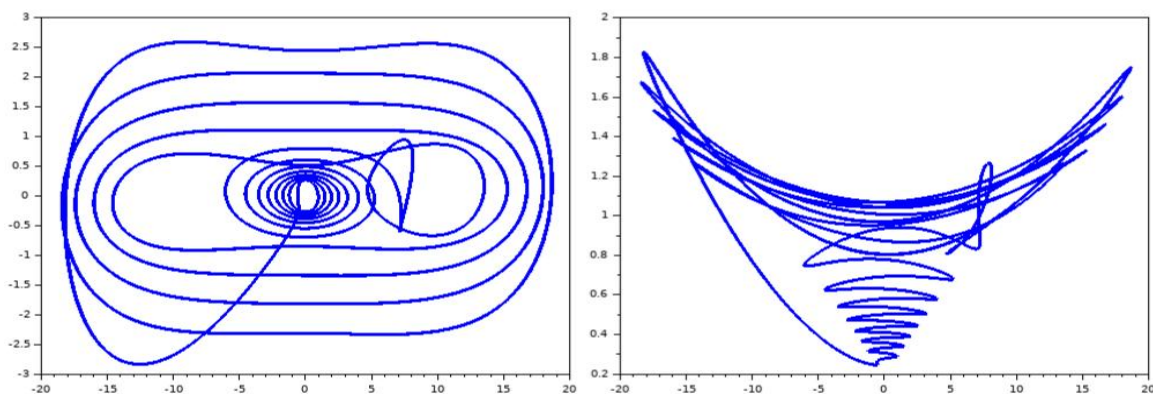


Рисунок 1 – X-Y та X-Z площини

Приймаючи до уваги отримані результати, робимо висновок, що амплітуди коливань не менш важливі для придушення хаосу, ніж частоти, а отже вони можуть бути використані у майбутніх експериментах.

Література

1. Karam Allali, "Suppression of Chaos in Porous Media Convection under Multifrequency Gravitational Modulation," *Advances in Mathematical Physics*, vol. 2018, Article ID 1764182, 8 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1764182>.

MATHEMATICAL MODELING OF MELT DYNAMICS IN TUNDISH DURING LADLE EMPTYING

Krasnikov K.S. PhD

Department of system software, Dniprovskiy State Technical University of Kamianske

Today almost all big steel plants have continuous casting machines. Tundishes are used to receive molten steel from teeming ladles. Usually tundishes with six, seven or eight outlets are used on big steel plants equipped with large ladles. Such tundishes have more space for nozzles, which affects hydrodynamics and creates significant difference in melt's temperature near ends and center of tundish. Also kinetic energy of falling steel has high values and as consequence tundish lining needs frequent repairing. In addition metallurgists are interested in research of argon distribution inside tundish for a better nonmetallic inclusions removal. In our days mathematical modeling with aid of computer is able to answer some important questions in mentioned process, which is cheaper than experiment at a plant.

Some previous models consider two dimensions, which is not enough to fully understand and predict motion of melt and additional phases in it. In work [1] author presents geometry of the tundish, its parameters, figures with numerical results. Author considers steel-slag interface as flat surface and compares separation rate depending on inclusion diameter. It is worth noting that author uses standard k - ϵ model with equations for turbulent kinetic energy k and its dissipation rate ϵ with four empiric constants.

Present work is devoted to determining of melt flow inside tundish during emptying of a ladle using mathematical modeling based on conservation laws of physics.

Taking symmetry of tundish into account the half of it is selected as computational domain (Fig. 1).

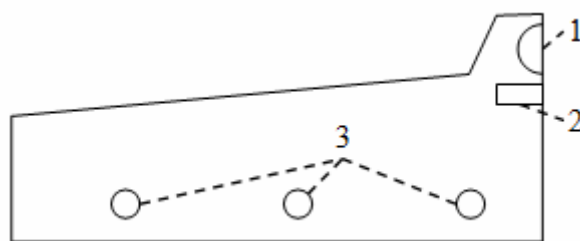


Figure 1 – View from top. Computational domain for tundish
(1 – melt receiver with impact pad, 2 – barrier for turbulent streams, 3 – nozzles)

Some assumptions for mathematical model are:

1) The geometry of the tundish is rectangular and Cartesian system of coordinates can be used.

2) The falling stream is laminar and it is falling vertically.

3) The molten steel is an incompressible viscous homogeneous continuous medium.

4) The inert gas moves relatively to the melt with a constant rate of the ascent.

Navier-Stokes equations are used for hydrodynamics with physically based boundary conditions. It is proposed to numerically solve these nonlinear equations using explicit numerical scheme. 3D visualization gives ability for scientist to fully analyze vector fields (speed) and other scalar fields (inert gas) in a real time.

Future investigations include: considering other geometries of tundish with varying number of nozzles, taking into account slag layer, predicting temperature distribution inside melt.

References

1. Warzecha M. Numerical Modelling of Non-metallic Inclusion Separation in a Continuous Casting Tundish // Computational Fluid Dynamics Technologies and Applications, Prof. Igor Minin (Ed.), ISBN: 978-953-307-169-5

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СЕТИ СВЯЗИ КЛАСТЕРНОГО ТИПА С ТЕХНИКОЙ КОММУТАЦИИ ПАКЕТОВ

Лабуткина Т.В., к.т.н., Саенко И.А.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Одна из тенденций развития современной техники – появление распределенных технических систем, в которых множество автоматических компьютеризированных взаимодействующих между собой устройств (элементарных технических объектов) используется для совместного решения единой задачи (в более общем случае – комплекса задач). Это могут быть системы на основе мультиагентных технологий или системы с неизменной иерархией (в том числе «плоской») и неизменным распределением выполняемых функций. Определенную таким образом систему назовем кластером. Отметим, что на современном этапе необходимы не только отдельные системы кластерного типа, но все чаще возникает необходимость в сложных системах, построенных на множестве взаимодействующих кластеров. Один из аспектов создания кластерных систем – обеспечение эффективных коммуникаций внутри кластеров и взаимодействия кластеров. Возможны различные варианты кластерных систем, в том числе следующие: 1) система на множестве кластеров неизменного состава; 2) система на множестве кластеров, состав которых периодически изменяется вследствие входа элементарного объекта в кластер (и, следовательно, в кластерную систему) или выхода из него (и из кластерной системы); 3) система на множестве кластеров, состав которых изменяется вследствие перехода элементарных объектов из кластера в кластер.

Проектирование кластерных систем требует анализа потоков нагрузки в сети связи взаимодействующих кластеров. Для этих целей предложена упрощенная имитационная модель описанной ниже сети связи кластерного типа. С точки зрения реализации коммуникаций кластер представлен множеством узлов (в качестве которых выступают элементарные объекты кластера), на котором определена топология его сети. Сеть кластера реализована на основе технологии коммутации пакетов. В общем случае узлы кластера подвижны, но движение их осуществляется таким образом, что выполняются заданные условия их близости друг к другу (в частном случае – требуемая конфигурация расположения), то есть узлы кластера составляют относительно «компактную группу». Накопитель узла разбит на уровни заполнения, измеряемые, например, в единицах информации. При управлении функционированием сети учитывается информация о загруженности накопителя видами нагрузки различного типа и общая загруженность накопителя. В общем случае топология кластера динамическая с изменением структуры связей в дискретные моменты времени (можно выделить интервалы времени неизменной топологии кластера). Потоки информации о загруженности узлов распространяются по сети методом заливки на основе высшего уровня приоритетности. Кластер в общем случае устанавливает связи с несколькими другими кластерами. Межкластерные связи реализуются некоторыми (в частном случае – всеми) узлами кластера. При моделировании различается общесетевая нагрузка, внутрикластерная нагрузка и нагрузка чужого кластера (нагрузка, которая при малой загруженности кластера может с невысокой приоритетностью поступать от соседнего перегруженного кластера). Общесетевая и внутрикластерная нагрузки разбиты по уровням приоритетности внутри каждого из этих видов. Также определена единая система приоритетности нагрузки. Изменение нагрузки в узлах сети моделируется как процесс размножения и гибели, для которого интенсивности переходов в большее или в меньшее состояние заполнения накопителя выражены числом измененных уровней заполнения накопителя в единицу времени (в большую сторону или в меньшую сторону соответственно). С использованием предложенного подхода к моделированию исследованы системы, представляющие собой «цепочки» и «кольца» (замкнутые «цепочки») подвижных кластеров, как для случая стабильного состава кластеров, так для случая регулярного перехода узлов из кластера в кластер на основе определенного алгоритма.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ РОЗПЛАВУ ПРИ ОДЕРЖАННІ ФЕРОСПЛАВІВ У РУДНОТЕРМІЧНІЙ ПЕЧІ

Міщенко В.Ю.

Запорізький національний технічний університет

В працях [1-2] розглядається можливість комплексного підходу щодо моделювання роботи руднотермічної печі (РТП), представлений алгоритм та відповідні формули для розрахунку теплових процесів перетворення шихтових матеріалів в розплави. Однак для більш точного відображення реальних фізичних процесів, що відбуваються в робочому просторі ванни, необхідно врахувати й той факт, що при нагріванні шихти змінюється її щільність. Тобто відбувається перехід з твердої фази в рідку, а це в свою чергу призводить до просідання матеріалів в РТП.

Щоб змоделювати процес утворення розплаву у ванні руднотермічної печі пропонується розбити її внутрішню область на елементарні об'єми. Для цього існує обраний метод, що базується на системі циліндричних координат. Після чого, стає можливим змоделювати процес утворення розплаву та його переміщення до низу ванни, що і зумовлює появу рідкого шару, який і зливається у якості готової продукції. Момент перетворення матеріалу з твердої фази у рідку визначається значенням температури, за якої відбувається розплавлення різних видів феросплавів. Припустимо, що в елементарних об'ємах вона досягла необхідної величини і шихта перетворилася в розплав, який просочився по вертикалі вниз, вивільнивши простір, куди переміщується верхній об'єм, а зона розплаву поповнилась його об'ємом. В результаті фазових перетворень шихтових матеріалів в різних об'ємних точках робочого простору РТП збільшується кількість готового рідкого феросплаву та відбувається просідання шихти у верхній частині ванни. Щоб розрахувати реальний об'єм рідкого розплаву, який знаходиться в подині печі, визначимо масу завантажених твердих шихтових матеріалів в кожному елементарному об'ємі:

$$m_c = M_c / N_{\Delta V}, \quad (1)$$

де m_c – маса шихтових матеріалів, що знаходиться в елементарному об'ємі; M_c – маса завантаженої шихти у ванну РТП; $N_{\Delta V}$ – кількість елементарних об'ємів на які розділений робочий простір печі.

Знаючи масу та густину рідкого розплаву при даній температурі, розрахуємо реальний об'єм рідкого феросплаву, одержаний в результаті зазначених фазових переходів, в одному елементарному об'ємі:

$$V_{c(\Delta V)} = m_c \cdot \alpha / \rho_m, \quad (2)$$

де $V_{c(\Delta V)}$ – об'єм рідкого феросплаву в елементарному об'ємі (m^3); ρ_m – густина рідкого розплаву (kg/m^3); α – коефіцієнт отримання чистих феросплавів з шихтових матеріалів.

Тож, сумуючи всі елементарні об'єми, що досягли температури розплаву, можна визначити реальну кількість рідкого феросплаву, що знаходиться в печі. Завдяки цьому стає можливим проводити злив готової продукції та шлаку з ванни РТП, коли її кількість досягне необхідної. Тобто, знаючи розподіл температури у ванні печі в певні проміжки часу [2], можна розрахувати об'єм рідкого феросплаву, що утворився, і визначати його кількість в будь-який момент плавки. Також можливе відстеження в якій саме частині ванни РТП відбувається просідання шихти. А так, як технологічний процес отримання феросплавів є безперервним, то це дає змогу визначити де і в якій кількості бажано її підсипати.

Література

1. Качан Ю.Г. Щодо комплексного підходу при моделюванні роботи руднотермічної печі / Ю.Г. Качан, В.Ю. Міщенко // *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії.* – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2018. – Вип. 1 (39). – С. 126-130.
2. Качан Ю.Г. Алгоритм розрахунку температурного поля ванни руднотермічної печі / Ю.Г. Качан, Ю.Б. Ліуш, В.Ю. Міщенко // *Вісник ХНУ.* – 2018. – № 3 (261). – С. 19-22.

КРИТЕРИИ АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОПИСАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Меньшиков Ю.Л., к.т.н.

Днепропетровский национальный университет им.О.Гончара

Пусть поведение некоторого физического процесса описывается системой линейных обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\dot{x}(t) = Cx(t) + Dz(t), \quad (1)$$

где C, D – матрицы с постоянными коэффициентами, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ – вектор функция переменных состояния ($(\cdot)^T$ – знак транспонирования), $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_m(t))^T$ – вектор функция внешних воздействий; $x \in X, z \in Z, X, Z$ – нормированные функциональные пространства.

Под *математическим описанием* физического процесса понимается совокупность математической модели (1), вектор функции внешних воздействий $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_m(t))^T$ и начальных условий $x(t_0) = x^0$.

1. Критерий *адекватности математического описания количественного типа*: математическое описание (1) будем называть адекватным по переменной $x_j(t), 1 \leq j \leq n$, если выполняется неравенство

$$\|x_j - x_j^{ex}\|_{X[a,b]} \leq \delta, \quad (2)$$

где функция $x_j(t)$ является результатом математического моделирования описания (1), $x_j^{ex}(t)$ является результатом экспериментальных измерений переменной состояния $x_j(t)$, δ – точность проведения эксперимента, $\|\cdot\|_{X[a,b]}$ есть норма в функциональном пространстве $X, t \in [a, b]$. При этом оставшиеся переменные состояния могут не удовлетворять этому критерию.

Пусть матрицы C, D непрерывно зависят от вектора физических параметров исследуемого процесса $p = (p_1, p_2, \dots, p_l)^T$ (например, массы элементов, жесткости упругих элементов и т.д.). Потребуем, чтобы между компонентами вектора параметров p и реальными физическими элементами существует взаимно однозначное соответствие. Кроме этого, потребуем, чтобы взаимосвязи между параметрами p математической модели соответствовали физическим законам изучаемого процесса. Это важное соответствие будем называть *основным соответствием* (ОС).

2. Критерий *адекватности математического описания качественного типа*: Выполнение ОС определяет адекватность математического описания качественного типа.

Использование в математическом моделировании описания, которое удовлетворяет только критерию адекватности количественного типа, для прогнозирования поведения физического процесса не будет обоснованным, если отсутствует адекватность качественного типа. Верно и обратное утверждение: выполнение только критерия качественного типа не гарантирует обоснованного прогнозирования поведения физического процесса методами математического моделирования. Даны примеры.

Литература

1. Menshikov Yu.L. Criteria for adequacy estimation of mathematical descriptions, Chapter // Modeling and Simulation in Engineering, Intech-Open, London, 2019, 19 p.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ГРУППЫ ТЕЛ ПОТОКОМ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

Мирный С.С., Редчиц Д.А. к.ф.-м.н.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины

Изучение взаимного влияния тел, которые находятся рядом в потоке жидкости или газа является одной из важных фундаментальных задач современной механики жидкости и газа. Явления, связанные с взаимным влиянием тел в потоке достаточно широко распространены в современной технике. Известно, что различное положение тел в потоке значительно изменяет картину течения. Соответствующим образом изменяются как нестационарные, так и осредненные по времени аэродинамические характеристики тел в группе.

Экспериментальные исследования обтекания групп цилиндрических тел большой длины потоком воздуха или жидкости ведутся достаточно давно. Это связано с развитием технологии перекачки различных жидкостей и газов по подводным трубопроводам, с анализом течений в теплообменниках, и т.д. Также достаточно давно проводятся экспериментальные работы по исследованию явлений, возникающих при обтекании групп сфер и компактных тел других форм. Это связано с анализом взаимного влияния, например близкорасположенных автомобилей, кораблей, и т.д.

Данная работа посвящена исследованию изменениям общей картины течения и изменению аэродинамических характеристик тел в группе при изменении положения группы относительно набегающего потока и расстояния между телами. Рассматривались группы, состоящие из двух цилиндров и двух сфер. Основным методом исследования являлось математическое моделирование обтекания группы тел потоком вязкой несжимаемой жидкости с помощью численного решения уравнений Навье-Стокса. Для получения дискретных аналогов членов уравнений по пространству использовался метод контрольных объемов. Основной проблемой при численном решении уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости является отсутствие давления в уравнении неразрывности. Для связывания полей давления и скоростей использовался метод PIMPLE (PISO-SIMPLE). При использовании этого метода итерации по физическому времени производятся с помощью метода PISO, а подитерации производятся по методу SIMPLE. Такая комбинация методов позволяет добиться более быстрого и устойчивого решения задачи.

Общая картина обтекания группы, состоящей из двух цилиндров, существенно зависит от их расположения в набегающем потоке. Может наблюдаться как практически полное подавление вихревой дорожки при тандемном расположении цилиндров; повторное присоединение пограничного слоя, интенсификация отрыва вихрей. Особый интерес представляет собой переключающийся режим обтекания двух цилиндров, находящихся в положении бок обок при расстояниях между центрами цилиндров, не превышающих двух диаметров. При данном режиме течение случайным образом «переключается» между двумя асимметричными состояниями.

Структура обтекания влияет на значения интегральных аэродинамических характеристик цилиндров. Например, при тандемном расположении цилиндров, когда расстояние между центрами небольшое наблюдается уменьшение коэффициента лобового сопротивления цилиндра, который расположен ниже по потоку, по сравнению с коэффициентом лобового сопротивления единичного цилиндра. При переключающемся режиме аэродинамические характеристики цилиндров в группе меняются случайным образом.

При изменении положения группы сфер относительно потока наблюдается взаимодействие петлеобразных вихрей за сферами, а также соответствующее изменение аэродинамических характеристик сфер в группе по сравнению с единичной сферой.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОДВОДНОГО РОБОТА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Михалёв А.И., Стенин А.А., Пасько В.П., Стенин А.С., Тимошин Ю.А.
*Национальная металлургическая академия Украины, НТУУ «Киевский
политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

При оценке эффективности применения подводного робота (ПР) принципиальное значение имеет степень его информационной автономности, т.е. способности самостоятельно действовать в неизвестной или недостаточно определенной среде [1].

В настоящее время миссии (задания) для ПР формируются с использованием императивных методов программирования (как текстовых, так и графических), детально описывающих последовательность действий робота, которые нужно совершить для достижения требуемой цели. При этом представление о самой цели имеет только оператор ПР, который составляет миссию, например, доставки груза в целевую точку. Подобная технология эффективна, если миссия робота осуществляется в рамках априорного сценария. В остальных случаях она может либо вообще не выполняться, либо выполняться с большими нарушениями и угрозой безопасности аппарата.

Поэтому для выполнения миссии при непредвиденных обстоятельствах исключительное значение имеет «интеллектуализация» системы управления автономного ПР, т.е. создание автономного роботизированного подводного аппарата (АРПА) с элементами искусственного интеллекта [2]. Интеллектуализация АРПА подразумевает способность системы управления осуществлять функции анализа сцен и общей обстановки, ориентирования в водной среде, сбора и накопления разнообразной информации. Использование традиционных методов планирования, в данном случае, невозможно из-за вероятного возникновения на маршруте непредвиденных ситуаций.

Отсюда, ситуационный подход в принятии решений при планировании маршрута АРПА, рассматриваемый в данной работе, весьма актуален и позволяет не только оценить возможную ситуацию на маршруте, но и определить управляющие решения для оперативной корректировки маршрута с использованием интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР).

Литература

1. Агеев М.Д., Киселев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др. Автономные подводные роботы. Системы и технологии / под общ. ред. М.Д. Агеева. – М.: Наука, 2005. – 400 с.
2. Киселев Л.В., Инзарцев А.В., Матвиенко Ю.В. Создание интеллектуальных АНПА и проблемы интеграции научных исследований // Подводные исследования и робототехника. – 2006. – № 1. – С. 6-17.

ОЦЕНКА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК НА КОРПУС КАПСУЛЫ HYPERLOOP В ВАКУУМИРОВАННОМ ПУТЕПРОВОДЕ

Полевой О. Б. к.ф.-м.н., Редчиц Д. А. к.ф.-м.н.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины

Аэродинамика занимает важное место при проектировании высокоскоростного наземного транспорта. При движении транспортного средства со скоростями выше 500 км/ч в условиях атмосферного давления основные энергетические затраты приходится на преодоление аэродинамического сопротивления. Создание разреженной атмосферы внутри герметичного путепровода с целью существенного уменьшения потерь энергии – одна из ключевых идей проекта HYPERLOOP.

В проекте HYPERLOOP планируется создание не полного вакуума, а разрежения воздуха до 0,001 атмосферного давления при обычных значениях температуры. Данные условия форвакуума позволяют проводить исследования соответствующих газодинамических процессов в рамках модели сплошных сред.

В настоящей работе математическое моделирование проводилось на основе численного решения уравнений Навье-Стокса вязкого сжимаемого теплопроводного газа, замкнутых дифференциальной моделью турбулентности. Рассматривался диапазон скоростей движения капсулы 100÷300 м/с (360÷1080 км/ч) при значениях давления внутри герметичного путепровода 101÷101325 Па (0,001÷1,0 атмосферного). При проведении расчетов фюзеляж капсулы определялся по геометрическим параметрам, близким к полномасштабному аэродинамическому макету капсулы Quintero One, представленному корпорацией Hyperloop Transportation Technologies 2 октября 2018 года.

Результаты расчетов показали существенную зависимость структуры течения от скорости движения капсулы. Для скорости 100 м/с (360 км/ч) наблюдается полностью дозвуковое обтекание капсулы. Конфузорно-диффузорная часть области течения в данном случае работает аналогично трубке Вентури. В сужающейся части над носиком капсулы дозвуковой поток разгоняется, а затем тормозится в расширяющейся части.

При значении скорости 300 м/с (1080 км/ч) кинетическая энергия потока была достаточно велика, чтобы над верхней поверхностью капсулы образовалась структура течения, аналогичная соплу Лаваля. Сверхзвуковая область простирается вдоль всего корпуса капсулы. За кормой образуется система ударных волн в виде маховской конфигурации, переводящей сверхзвуковое течение в дозвуковое. Под днищем капсулы формируется сверхзвуковая струя, которая на выходе в донную область течения образует бочкообразную структуру.

В ходе вычислительных экспериментов было выявлено подобие распределения газодинамических величин при различных значениях давления в путепроводе. Это связано с тем, что при решении уравнений Навье-Стокса в безразмерной форме влияние физического значения давления приводит к изменению только числа Рейнольдса. Для рассматриваемого диапазона параметров все значения числа Re соответствовали турбулентному режиму обтекания, что в конечном итоге обусловило подобие по давлению. Как следствие, безразмерные аэродинамические коэффициенты слабо зависят от физического значения давления в вакуумированном путепроводе. Таким образом, реальные аэродинамические силы, действующие на капсулу HYPERLOOP при одинаковых скоростях, являются практически прямо пропорциональными значению давления в путепроводе.

Некоторую проблему при проектировании ВСНТ типа HYPERLOOP будет составлять аэродинамический нагрев корпуса капсулы. При движении со скоростью 1080 км/ч внешняя оболочка капсулы прогревается до температуры 60÷90° С. Такая тепловая нагрузка может оказать отрицательное влияние на работоспособность бортовых систем электроснабжения и управления, а также на обеспечение комфорта пассажиров в пути.

Настоящая работа была выполнена в рамках проекта «Перспективи розвитку транспорту п'ятого покоління в Україні» (№ держреєстрації 0118U007616).

ВРЕМЕННЫЕ ОЦЕНКИ АЛГОРИТМОВ ВЫПОЛНЕНИЯ СЛОЖНЫХ ОПЕРАЦИЙ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

Полисский Ю.Д., к.т.н.

г.Днепр, Научно-исследовательский институт автоматизации черной металлургии

Постановка задачи. Использование системы остаточных классов (СОК) является в настоящее время одним из перспективных направлений развития информационных технологий. СОК называется система счисления, в которой произвольное число N представляется в виде набора наименьших неотрицательных остатков по модулям m_1, m_2, \dots, m_n , т.е. $N = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$. Здесь $\alpha_i = N \pmod{m_i}$. При этом, если числа m_i взаимно простые, то такому представлению соответствует только одно число N диапазона $[0, M)$, где $M = m_1 m_2 \dots m_n$.

Пусть системой оснований полиадического кода также является система m_1, m_2, \dots, m_n . Тогда число N в полиадическом коде представляется следующим образом

$$N = \pi_1 + \pi_2 m_1 + \pi_3 m_1 m_2 + \dots + \pi_i m_1 m_2 \dots m_{i-1} + \dots + \pi_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2} + \pi_n m_1 m_2 \dots m_{n-1},$$

где π_i - i -я позиционная характеристика $0 \leq \pi_i < m_i - 1, i = 1, 2, \dots, n$.

Вместе с известными достоинствами СОК возникают серьезные трудности при реализации немодульных, так называемых сложных, операций, для выполнения которых необходимо знание цифр операндов по всем разрядам. Поскольку реализация каждой из сложных операций основана на определении в явном или неявном виде позиционных характеристик чисел, получив решение одной из немодульных операций, можно найти решения остальных. При этом, как показали исследования, в качестве базовой операции целесообразно принять операцию определения принадлежности числа данной половине диапазона.

Формулировка цели исследования. Целью исследования является аналитическое рассмотрение временных оценок реализации базовой операции определения принадлежности числа данной половине диапазона.

Изложение основного материала. Будем отличать числа первой $R1 \left\langle 0 \leq N \leq \frac{M}{2} - 1 \right\rangle$ и второй $R2 \left\langle \frac{M}{2} \leq N \leq M - 1 \right\rangle$ половины диапазона. Тогда $N \in \begin{cases} R1, \pi_n = 0 \\ R2, \pi_n = 1 \end{cases}$.

Известны два основных алгоритма определения принадлежности числа данной половине диапазона.

Сущность первого алгоритма (**A1**) состоит в последовательном вычитании некоторых констант, получаемых простой их выборкой из предварительно составленных таблиц для заданной системы модулей и их иерархии, до приведения $N = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ к $\tilde{N} = (0, 0, \dots, 0, \pi_n = \tilde{\alpha}_n)$.

Сущность второго алгоритма (**A2**) состоит в следующем. Представление числа N в полиадическом коде может быть переписано, как $N = \pi_1 + m_1 (\pi_2 + m_2 (\pi_3 + \dots + m_{i-1} (\pi_i + \dots + m_{n-2} (\pi_{n-1} + m_{n-1} \pi_n))))$. Тогда определение $\pi_i, i = 2, 3, \dots, n-1$ производится делением N_{i-1} на m_{i-1} с сокращением объема диапазона в m_{i-1} раз на каждой итерации, а величина $\alpha_i = \delta_{i-1} - \Delta_i$, где $\delta_{i-1} = (\frac{\alpha_{i-1}}{m_{i-1}}) \pmod{m_i}$ и $\Delta_i = \pi_i \pmod{m_i}$. Результат итерации $N_i = (0, 0, \dots, 0, \alpha_{i+1}, \alpha_{i+2}, \dots, \alpha_n)$.

Для увеличения быстродействия алгоритмов автором было введено представление чисел одновременно в прямом и обратном кодах с переходом в процессе работы алгоритма от одного представления к другому.

При задании числа N остатками число $\bar{N} = (\bar{\alpha}_1, \bar{\alpha}_2, \dots, \bar{\alpha}_n)$ является представлением числа $N = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ в обратном коде, где $\bar{\alpha}_i = (m_i - 1) - \alpha_i$ - обратный код остатка α_i .

При задании числа N в полиадическом коде число $\bar{N} = \bar{\pi}_1 + \bar{\pi}_2 m_1 + \dots + \bar{\pi}_i m_1 m_2 \dots m_{i-1} + \dots + \bar{\pi}_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2} + \bar{\pi}_n m_1 m_2 \dots m_{n-1}$ является представлением числа $N = \pi_1 + \pi_2 m_1 + \dots + \pi_i m_1 m_2 \dots m_{i-1} + \dots + \pi_{n-1} m_1 m_2 \dots m_{n-2} + \pi_n m_1 m_2 \dots m_{n-1}$ в обратном коде, где $\bar{\pi}_i = (m_i - 1) - \pi_i$ - обратный код позиционной характеристики π_i .

Пусть $A1m$, $A2m$ - первый и второй алгоритмы соответственно для работы с исследуемыми числами, представленными одновременно в прямом и обратном кодах. На рис.1-4 приведены графики зависимости времени реализации каждого из рассмотренных алгоритмов от величины числа, на основе которых получены оценки среднего времени реализации каждого алгоритма.

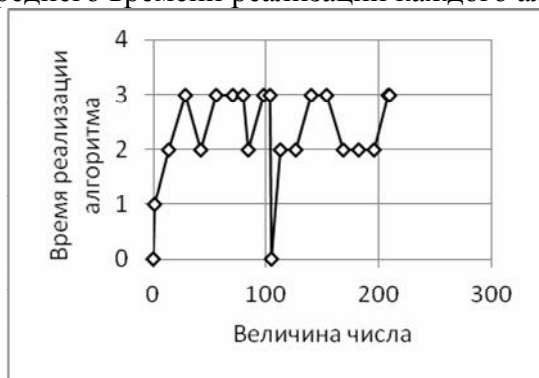


Рисунок 3 – Зависимость времени реализации алгоритма $A1$ от величины числа

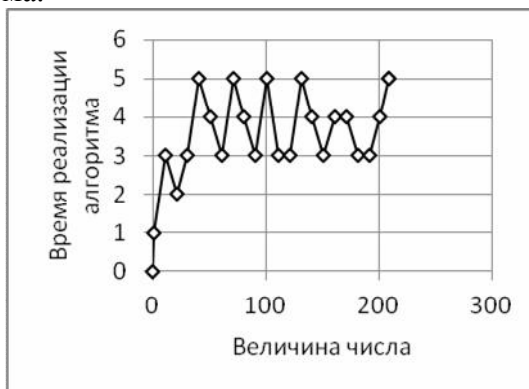


Рисунок 4 – Зависимость времени реализации алгоритма $A2$ от величины числа

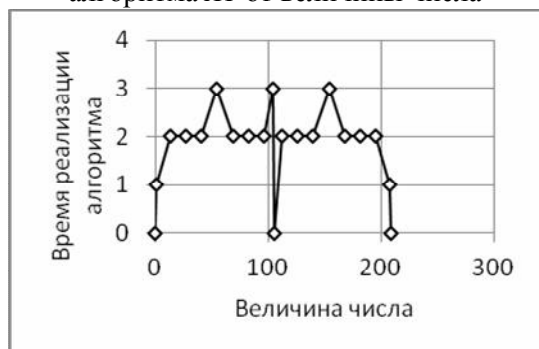


Рисунок 3 – Зависимость времени реализации алгоритма $A1m$ от величины числа

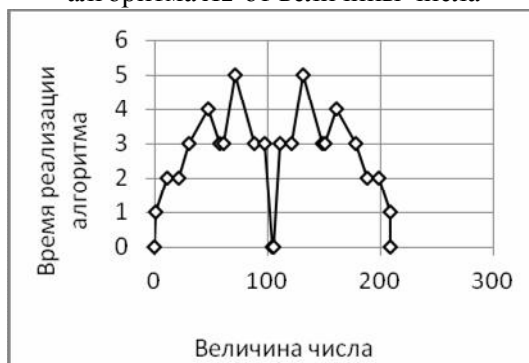


Рисунок 4 – Зависимость времени реализации алгоритма $A2m$ от величины числа

Заключение. Рассмотрены вопросы реализации в СОК немодульной операции определения принадлежности числа данной половине диапазона. Определены временные оценки алгоритмов выполнения этой операции, позволяющие сделать заключение об эффективности алгоритмов за счет увеличения их быстродействия. Представляется целесообразным использовать рассмотренные подходы в качестве перспективных направлений исследования системы остаточных классов.

КОНЕЧНЫЕ АВТОМАТЫ С НЕБИНАРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ МНОЖЕСТВ

Поляков М.А., к.т.н., Андриас И.А., к.т.н.

Запорожский национальный технический университет

В области приложений конечных автоматов для задач управления чаще всего применяется автоматы типа преобразователь (transducer). Такие автоматные преобразователи определяются как кортеж $A = \langle S, X, Y, s_0, \delta, \lambda \rangle$, где S – конечное непустое множество (состояний); X – конечное непустое множество входов (входной алфавит); Y – конечное непустое множество выходов (выходной алфавит); $s_0 \in S$ – начальное состояние; $\delta: S \times X \rightarrow S$ – функция переходов; $\lambda: S \times X \rightarrow Y$, $\lambda: S \rightarrow Y$ – функции выходов автоматов Мили и Мура, соответственно.

В известных определениях конечного автомата не описываются свойства элементов его множеств. Цель настоящей работы состоит в расширении области поведений, которые описываются с помощью конечного автомата путем модификации свойств элементов его автоматных множеств и функций

Предложено определить конечный автомат можно как $A = \langle X, Y, S, s_0, C, c_0, F \rangle$, где C – множество управлений; c_0 – начальное управление; F – множество функций автомата в его состояниях. Элемент f_i множества F для i -го состояния определим через функции этого состояния $f_i = \langle \mu_i, \delta_i, \sigma_i \rangle$, где $\mu_i, \delta_i, \sigma_i$ в описание конечного автомата введено значение элементов множеств образующих автомат. Показано, что в известных автоматах элементы множеств входов, выходов и состояний принимают одно из двух значений, то есть являются бинарными.

Предложено увеличить арность значений элементов множеств автомата. Это позволило описать поведение автомата, в котором выходы автомата исполняются не только в активном состоянии, но и в некоторой окрестности состояний. Такое поведение задает последствие состояний после завершения их активности и подготовительные операции выходов перед вероятным переходом в это состояние.

В описание выходов автомата введены параметры, которые характеризуют временной интервал активности выхода относительно интервала активности и значения состояния. Управление значениями этих параметров позволяет выполнить параметрическую адаптацию автомата.

В описание автомата введены множества функций состояний и управлений, включая начальное управление. Элемент множества функции состояний описывает для данного состояния функции активации, выходов и управлений. Функции управлений задают структуры переходов из активных состояний в процессе структурной адаптации автомата.

В последующих работах предполагается описать программные шаблоны для реализации предложенных конечных автоматов в интегрированных системах управления.

МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МУРАВЕЙНИКЕ

Радченко Ю.Н. к.т.н. Романько Я.В. к.т.н.

Национальная металлургическая академия Украины

В процессе весеннего разогрева гнезда ведущая роль, как известно, принадлежит теплоте метаболизма насекомых [1]. В случае наличия хорошей тепловой изоляции, разогрев гнезда легко осуществляется, т.к. выделяющейся теплоты обычно достаточно для повышения температуры внутреннего конуса до уровня + 28 °С. Параметры покровного слоя гнезда зависят от геометрических размеров муравейника, в частности диаметра надземной части и высоты купола, и определяют тепловые потери в окружающую среду.

Уравнение теплового баланса, после достижения муравейником стационарного теплового состояния (СТС), можно записать в виде, Вт:

$$\pm Q_{\text{луч}} \pm Q_{\text{конв}} + Q_{\text{метаболизм}} \pm Q_{\text{фильтр}} \pm Q_{\text{тепл}} \pm Q_{\text{почв}} = 0, \quad (1)$$

где $Q_{\text{луч}}$ – лучистый тепловой поток от солнца, включая прямое и рассеянное излучение; $Q_{\text{конв}}$ – конвективный тепловой поток в окружающую среду от поверхности муравейника; $Q_{\text{метаболизм}}$ – теплота метаболизма насекомых; $Q_{\text{фильтр}}$ – теплота переносимая фильтрующимся в ходах муравейника воздухом; $Q_{\text{тепл}}$ – теплопроводность через купол муравейника; $Q_{\text{почв}}$ – теплота проникающая в глубь земли через основание купола.

Суточные колебания температуры окружающей среды и условий освещенности купола нарушают тепловой баланс. Однако неизменность температуры в гнезде обеспечивается компенсацией тепловых потерь муравейника теплотой выделяющейся в процессе метаболизма. Количество этой теплоты ограничено и зависит от населенности муравейника, а, значит, его размеров.

Из рассмотрения отдельных составляющих уравнения теплового баланса следует, что основное влияние на охлаждение гнезда в холодное время суток производит передача теплоты теплопроводностью через купол, конвекцией от наружной поверхности последнего и теплопередача в глубинные слои почвы.

С учетом вышеизложенного, тепловые потери гнезда (внутреннего конуса) в окружающую среду рассматривали как теплопередачу через криволинейную стенку.

По разработанной тепловой модели муравейника выполнили серию расчетов для различных размеров и формы купола. Рассмотрели два случая: первый – надземный купол имеет форму полусферы, отношение диаметра D купола к его высоте H составляет $D/H=2$; второй - купол имеет форму сферического сегмента, а отношение диаметра купола к высоте принимается равным $D/H=3$. Для обеспечения сопоставимости расчетов, размеры внутреннего конуса (диаметр d и высоту h) принимали в зависимости от высоты наземной части купола: диаметр равным $d=0,6H$, а высота $h=1,3d$.

Оказалось, что существует некоторый критический диаметр надземной части муравейника $D_{кр}$. Это означает, что если $D < D_{кр}$, то в данном гнезде, при имеющейся толщине покрова и состоянии купола, обеспечить поддержание приемлемой температуры в течение суток невозможно. Муравейник полностью зависит от внешних факторов.

В случае, когда $D > D_{кр}$, семья мало зависит от внешних условий и способна к активной терморегуляции. При $D=D_{кр}$, можно говорить о неустойчивом равновесии, когда малейшее возмущение вызывает смещение состояния муравейника в ту или иную сторону.

В нашем случае, для муравейников со сферической формой купола критический диаметр составил 0,65 м, для куполов в форме сферического сегмента это значение несколько больше, и составляет 0,90 м.

Литература

1. Длусский Г. М. Весенний разогрев у рыжих лесных муравьев (*Formica rufa* L., Hymenoptera, Formicidae) // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1975. №12. С. 23-28.

ЛИНЕЙНАЯ АВТОРЕГРЕССИЯ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНООТСТОЯЩИХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ TLE-ЭЛЕМЕНТОВ

Сарычев А.П. д.т.н., в.н.с.; Первий Б.А., м.н.с.

Институт технической механики НАН и ГКА Украины

Проблема повышения точности прогнозирования движения спутников актуальна для задач определения времени их существования, каталогизации космического мусора, навигации и др.

Техники прогнозирования, основанные на статистических моделях временных рядов [1,2], либо на методах машинного обучения [3,4], направлены на моделирование и воспроизведение отсутствующей динамики ранее вычисленных приближений моделей SGP4 или SDP4 [5]. Эта комбинация позволяет повысить точность обычных численных, аналитических и полуаналитических методов определения положения и скорости любого спутника или объекта космического мусора.

Отличительной особенностью временных рядов TLE-элементов [6] является их представление не на равномерной временной сетке, а с нерегулярными временными интервалами между наблюдениями – т. н. «неравноотстоящие наблюдения».

При построении статистических моделей временных рядов TLE-элементов эта отличительная особенность может быть использована для модификации процедур оценивания параметров. Разработка метода построения авторегрессионных моделей с неравноотстоящими во времени наблюдениями и его применение при моделировании динамики больших фрагментов космического мусора в задаче их увода с орбит и является целью данной работы

Разработан метод построения авторегрессионных моделей движения больших фрагментов космического мусора, представленных временными рядами TLE-элементов с неравноотстоящими во времени значениями. Разработана итерационная процедура параметрической идентификации авторегрессионных уравнений с неравноотстоящими наблюдениями, которая исследована методом статистических испытаний. На основе разработанного метода построения авторегрессионных моделей рассмотрена задача моделирования динамики космического аппарата "Сич-2" по его временным рядам TLE-элементов в классе авторегрессионных моделей. По всем семи элементам получены модели удовлетворительного качества.

Литература

1. San-Juan J. F. An economic hybrid J2 analytical orbit propagator program based on SARIMA models / J. F. San-Juan, M. San-Martin, I. P´erez // Math. Probl. Eng, 2012. – 15 p.
2. San-Martin M., M´etodos de propagaci´on h´ibridos aplicados al problema del sat´elite artificial / M. San-Martin // T´ecnicas de suavizado exponencial, University of La Rioja, 2014.
3. Ampatzis C. Machine learning techniques for approximation of objective functions in trajectory optimisation / C. Ampatzis, D. Izzo // Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2009.
4. Peng, H., Bai, X. Improving orbit prediction accuracy through supervised machine learning. / H. Peng, X. Bai // Advanced Space Research. – 2018. – № 61 (10). – 2628–2646 p.
5. Ivanov N. M. Ballistics and navigation of spacecraft. / N. M. Ivanov, L. N. Lysenko // M.: Drofa, 2004. - 544 p.
6. JFSCC TLE Source. – Режим доступа: <https://www.space-track.org/#Landing>

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЕНСАТОРА В ЗАДАЧЕ УВОДА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА БЕСКОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

Своробин Д.С. младший научный сотрудник

Институт технической механики НАН Украины и ГКА Украины

Для удаления объектов космического мусора (ОКМ) с околоземных орбит могут быть применены контактные или бесконтактные методы и средства увода. Контактные системы увода могут осуществлять захват или перемещение ОКМ, например, с помощью, гарпунной системы, сети или манипулятора. Бесконтактные системы не предусматривают механического контакта с ОКМ, который может иметь сложную форму, совершать неуправляемое вращательное движение и т.п.

В докладе представлен результат проведенного анализа целесообразности использования аэродинамического компенсатора (АК) в схеме бесконтактного способа увода объектов космического мусора с низких околоземных орбит, не предполагающего механического контакта космического аппарата и ОКМ. В [1] предлагается система бесконтактного удаления космического мусора с низких околоземных орбит с использованием АК, основной принцип действия которой предполагает смещение ОКМ с орбиты за счет воздействия на него ионного потока, который создается электрореактивным двигателем (ЭРД), установленным на борту космического аппарата-мусоросборщика (КАМ). Наиболее близким по технической сущности к разрабатываемой системе является концепция, именуемая «космический пастух с ионным лучом» [2], в соответствии с которой на КАМ предусмотрено наличие двух ЭРД: первый предназначен для передачи силового импульса на ОКМ, а второй – для компенсации воздействия первого двигателя на движение КАМ и поддержания взаимного положения КАМ и ОКМ. Рассматриваемая система бесконтактного удаления ОКМ предусматривает использование АК вместо компенсирующего ЭРД или дополнительно к нему. Применение такой системы позволит обеспечить нейтрализацию влияния силы тяги ЭРД - источника ионного потока на КАМ и даст возможность совершать управление параметрами относительного движения КАМ и ОКМ с помощью АК. Анализ целесообразности использования аэродинамического компенсатора выполнен на основе расчета массы рабочего тела и количества электрической энергии, сохраненных за счет применения АК. Проведенный расчет сохраненной массы рабочего тела выполнен при использовании ряда упрощающих предположений, описанных в [3]. В результате анализа определено, что использование АК будет целесообразным, если за одну миссию КАМ будет осуществлено несколько уводов с орбиты разных ОКМ. Направление дальнейших исследований предполагает проведение более детального анализа целесообразности использования АК, в том числе – проработку конструкции компенсатора и способа управления его площадью мишеней.

Литература

1. Алпатов А.П., Своробин Д.С., Скорик О.Д. Система безконтактного видалення об'єктів космічного сміття з навколоземних орбіт з аеродинамічним компенсатором. Технічна механіка, 2016. № 3. С. 51 – 56.
2. Bombardelli C., Pelaez J. Ion beam shepherd for contactless space debris removal. Journal of guidance, control and dynamics, 2011. Vol. 34, № 3. P. 916 – 920.
3. Своробин Д.С., Фоков А.А., Хорошилов С.В. Анализ целесообразности использования аэродинамического компенсатора при бесконтактном удалении космического мусора. Авиационно-космическая техника и технология, 2018. № 6. С. 4 – 11.

МЕТОДИ ХАОТИЧНОЇ ДИНАМІКИ В ЗАДАЧАХ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕКЦІЇ ЗБАГАЧЕННЯ

Сенько А.О. асистент, Купін А.І. доктор технічних наук

Криворізький національний університет

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

Різноманітні дані про процес збагачення надходять у вигляді ансамблю часових рядів $x(t)=\{x_j(t)\}, j=1,2,\dots,n; t\in T; T$ – час спостереження.

Можливість покращення прогнозу очікуваних значень досліджуваних величин зв'язується з рішенням задач класифікації процесів, що представлені рядами спостережень. Для такої класифікації ступеню стохастичності часового ряду використовується показник Херста, за значеннями якого динамічні процеси розділяються на детерміновані, випадкові та хаотично детерміновані. В останньому випадку процес містить "пам'ять" про попередні спостереження, про поведінку ряду в минулому, причому довгострокову [2]. Ця додаткова інформація може бути використана в процедурах оперативного прогнозування очікуваних значень рівнів ряду. Ідея методу полягає у вимірюванні змін із часом рівня накопичення відхилень від середнього значення часового ряду [3].

Для розрахунку показника Херста були знайдені коефіцієнти лінійної регресії між логарифмом стандартного відхилення інтервальних приростів різночасових рядів – σ та логарифмом таймфрейму – τ (рисунок 1).

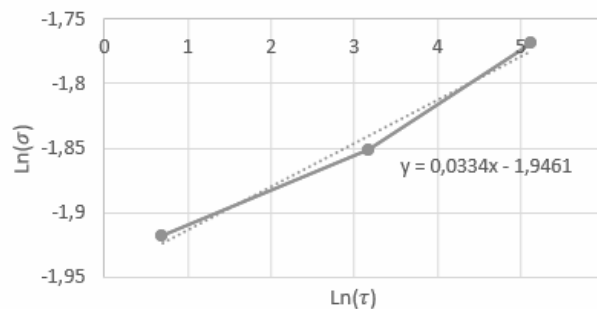


Рисунок 1 – Отримання коефіцієнту лінійної регресії

Представлені результати дослідження технологічних характеристик секції збагачення на основі методів хаотичної динаміки. Розглянуто задачу аналізу статистичних властивостей процесів та прогнозування рівнів часових рядів. Встановлено, що використання R/S-аналізу дозволяє уточнити процедури прогнозування, використовуючи дані про показники Херста. Досліджено можливості прогнозування часових рядів на основі узагальнених логістичних відображень.

Література

1. Купін А.І., Система ситуаційного керування технологічними процесами збагачення на основі непрямого визначення властивостей первинної сировини / Купін А.І., Мисько Б.С., Сенько А.О. // Автоматика 2016. XXIII міжнародна конференція з автоматичного управління, 22-23 вересня 2016 р.: тези доп. – Суми: Сумський державний університет, 2016. – С. 138–139.
2. Шарапов О.Д. Економічна кібернетика : навч. Посібник / О.Д. Шарапов, В.Д. Дербенцев, Д.Є. Семьонов. – К.: КНЕУ, 2004. – 231 с.
3. Скалозуб В.В. Метод прогнозування часових рядів на основі логістичного відображення / В.В. Скалозуб, І.В. Клименко. // Тез. докл. V-й Межд. Науч.-практ. конф. "Современные информационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании". – Д., 2011. – С. 67-68.

МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕРЕГУЛЯРНИХ НЕЧІТКИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ СТАНІВ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Скалозуб В.В. д.т.н., Мурашоов О.В., Галабут О.О.

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

На практиці для численних соціально-економічних, виробничо-технологічних, фінансових, так само як індивідуальних біологічних та інших процесів і систем, в зв'язку з їх високою складністю і невизначеністю станів і характеристик можливе отримання лише нерегулярних послідовностей даних, які представляють об'єкти аналізу. При цьому через неточності завдання границь систем, змін умов проведення вимірювань та інших факторів дослідження процесів часто доступна тільки фіксація нерівномірних в часі подій заданих категорій. Тут можливе виникнення суттєвої нерівномірності інтервалів між спостереженнями, що ускладнює їх моделювання і аналіз загальновідомими методами, які використовуються для аналізу класичних часових рядів. Так само ускладнюються завдання оцінки адекватності та достовірності результатів. Разом з тим застосування процедур агрегування або ж усереднення значень параметрів у наперед заданих інтервалах виявляється неприйнятними, оскільки може призвести до пропуску певних критичних станів процесів в системах. Останнє може означати збої або суттєві відмови систем моніторингу або ж обслуговування. Істотна нерегулярність подій в процесах, неповна визначеність значень характеристик даних при контролях (частковість, неточність, нечіткість ін.) істотно ускладнюють завдання моделювання та інтерпретації таких процесів. Зазначимо що вимоги до проведення додаткових контрольних вимірів можуть бути неприйнятними, або ж значно збільшують витрати і ресурси моніторингу, ведуть до відмов від можливих доходів в торгових та інших процедурах.

У доповіді досліджуються приклади нерегулярних і нечітких процесів, які представляють моніторинг індивідуального лікування захворювань на основі даних про послідовності оглядів хворих, моделювання і прогнозування даних електронної торгівлі на основі попередніх замовлень (е-торгівля), формування і прогнозування даних по динамічним профілям платежів клієнтів банку та ін. В якості фактичних даних наведено кілька видів нерівномірних і нечітких послідовностей клінічних даних, отриманих шляхом тривалого моніторингу станів здоров'я хворих різного віку. Тут для кожного клієнта системою обслуговування були сформовані спеціалізовані індивідуальні моделі процесів лікування (ІМЛ), на яких вказуються певні області різного рівня розвитку хвороби. Призначення ІМЛ полягає в прогнозуванні максимального нечіткого періоду, до якого клінічні показники хворого відповідають заданим вимогам. Такі ж постановки завдань і моделі прогнозування можуть бути застосовані для аналізу і планування зазначених процесів е-торгівлі, заснованих на даних індивідуальних моделях покупок клієнтів ін.

Для моделювання нерегулярних в часі процесів з нечіткими характеристиками станів у роботі представлений і досліджений новий підхід, заснований на спеціальній формі обліку часових інтервалів між контрольними подіями. При цьому нечіткі інтервали є однією зі складових вектора характеристик нерегулярних процесів. Тобто у моделях впорядковані лише послідовності контрольних подій моніторингу процесів, а всі їхні властивості (і нечіткий інтервал між ними) включаються в вектор параметрів спостережень. При моделюванні до таких впорядкованим послідовностям векторів даних, окремо для кожної властивості, застосовуються процедури обробки з рівномірним кроком (моделі FTS, Fuzzy Time Series, першого і другого порядку). Сформовані оцінки властивостей станів зв'язуються з оцінками нечіткого часового інтервалу, як прогнозованого значення нового моменту виникнення чергової події спостережуваного процесу.

Наведено приклади чисельної реалізації нечітких моделей процесів ІМЛ.

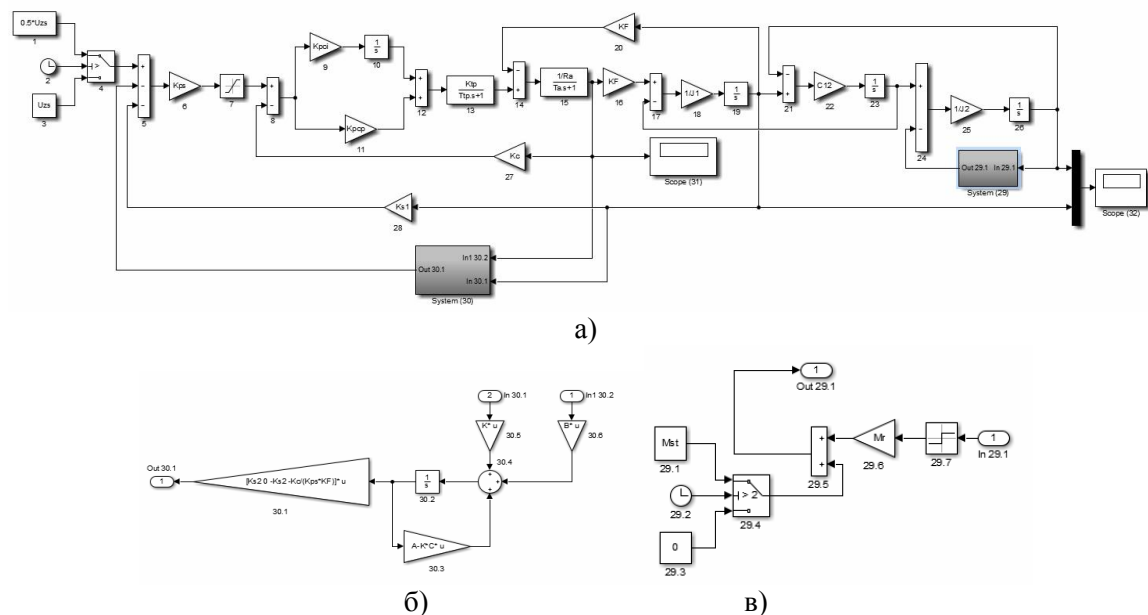
МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЗІ СПОСТЕРІГАЧЕМ

Стьопкін В.В., к.т.н., Березін О.О., ст.

Національна металургійна академія України

Сучасний цифровий електропривод є основою для автоматизації багатьох сучасних технологічних процесів. Питання спостерігачів стану є найбільш доцільним де встановлення датчиків змінних стану електропривода недоцільно у зв'язку з умовами експлуатації електропривода, наприклад при роботі механізмів у вибухово- та пожежонебезпечних приміщеннях, хімічно агресивних та радіоактивних середовищах, а також в умовах вібрації. До однієї з основних проблем при реалізації систем автоматизованого керування без датчиків регульованих координат слід віднести підвищену чутливість електропривода до зміни його внутрішніх параметрів у процесі експлуатації, як слідство – спостерігач стану двигуна повинен забезпечувати параметричну робастність привода [1-2].

Модель електропривода зі спостерігачем стану швидкості двигуна в програмному продукті Matlab наведена на рис.1, а, модель спостерігача на рис.1,б модель блоку навантаження на рис.1,в.



а) модель електропривода; б) модель спостерігача; в) модель блоку навантаження
Рисунок 1 – Модель однофазного електропривода з пружним зв'язком і спостерігачем

У роботі здійснено розв'язання актуальної практичної задачі з дослідження моделі електропривода з пружними елементами у механічній частині зі спостерігачем. В даній математичній моделі сигнал спостереження за моментом в статичі використаний для компенсації статичної помилки системи керування. Сигнал оцінки моменту навантаження подається на вхід контуру швидкості. При відпрацюванні керуючого впливу, коли спостерігач відновлює координати системи без помилки, виконується рівність моментів, тому помилка нульова, а значить на вході інтеграторів спостерігача сигнали дорівнюють нулю, що означає точне відпрацювання усіх змінних стану об'єкту керування.

Література

1. Коцегуб П. Х., Толочко О.И., Мариничев В.Ю., Розкаряка П.И. Система подчиненного регулирования скорости с наблюдателем динамического и статического токов первого порядка // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ. – Кременчуг: КГПУ. – 2001. – №1(10). – С.103-109.
2. Дослідження впливу корегувальних зворотних зв'язків на механічні коливання електропривода засобами Matlab / В.В. Стьопкін, В.О. Дереза, Т.В. Селівьорстова/ VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів «Актуальні проблеми автоматизації та управління». – Луцьк, 2018. – С.86-91.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОСТУ РАКОВОЇ ПУХЛИНИ ТА ВПЛИВУ НА НЕЇ РАДІОТЕРАПІЇ

Тарасенко А.В., Білозьоров В.Є., д. ф.-м. н.

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, Україна.

Тема методологій лікування раку, є одною із найважливіших проблем у наш час. Оскільки ця хвороба є важко виліковна або ж зовсім невиліковна, та вона забирає життя близько 8 млн людей на рік, що є 13% від загальної кількості смертей. Є чотири методології лікування раку: хірургія, хіміотерапія, радіотерапія та імунотерапія; часто вони застосовуються одна з одною. В цій роботі ми будемо розглядати тільки радіотерапію.

Радіотерапія використовує радіацію для вбивства ракових клітин, але при опроміненні також вбиваються і здорові клітини, і тому важливо правильно розрахувати місце і дозу опромінення, щоб не завдати значної шкоди організму. При цьому бажано вбити якомога більше ракових клітин (може й усі, якщо це є можливим).

Таким чином, якщо правильно підібрати всі параметри при опроміненні, то можна буде ефективніше лікувати рак. Призначенням дози опромінення займаються лікарі і математики могли б допомогти їм як найточніше вирахувати всі потрібні дані.

Розглянемо наступні систему, яка показує концентрацію здорових та ракових клітин в організмі:

$$\begin{cases} x_1' = \alpha_1 x_1 \left(1 - \frac{x_1}{K_1}\right) - \beta_1 x_1 x_2 - \varepsilon \gamma x_1 \\ x_2' = \alpha_2 x_2 \left(1 - \frac{x_2}{K_2}\right) - \beta_2 x_1 x_2 - \gamma x_2 \end{cases} \quad (1),$$

де $\varepsilon \gamma x_1$ – частка опромінення здорових клітин, ε параметр впливу опромінення на здорові клітини (при $\varepsilon = 0$ опромінення не впливає на здорові клітини, але досягти нуля неможливо, при $\varepsilon > 0$ опромінення впливає); у практичному сценарії $\alpha_{1,2}$ – коефіцієнти поширення клітин, $K_{1,2}$ – коефіцієнти проникнення опромінення в товщу ракової пухлини, $\beta_{1,2}$ – коефіцієнти конкуренції, γ – доза опромінення.

Концентрація клітин, під час опромінення, вираховується за системою (1), а у перервах(при відсутності опромінення) - системою (2). Було помічено, що при певних змінах часу, періоду та дози опромінення можна варіювати кількість клітин кожного виду, та змодельовати оптимальну стратегію перемоги над раком. Тому при призначенні лікування важливо враховувати усі параметри.

На основі зроблених досліджень та отриманих моделей, можна дійти таких висновків: математичні моделі можуть бути корисними у розробці методів лікування раку; додатково було помічено, що окрім варіювання доз, також важливим і корисним є варіювання часу і періоду опромінення. Таким чином, за певних обставин зменшення дози та збільшення часу опромінення можуть привести до кращих результатів.

Література

1. Zijian Liu and Chenxue Yang, "A Mathematical Model of Cancer Treatment by Radiotherapy" Hindawi Publishing Corporation, Computational and Mathematical Methods in Medicine, Volume 2014, Article ID 172923, 12 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/172923>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАМИНАРНО-ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕХОДА В ЗАДАЧАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИКИ

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, Чашина И.Б.¹

¹*Институт транспортных систем и технологий НАН Украины*

²*Херсонский национальный технический университет*

На сегодняшний день одной из проблем вычислительной аэродинамики является моделирование турбулентности и учет ламинарно-турбулентного перехода, а также обратного процесса – (ре)ламинизации.

Большое количество течений встречающихся на практике являются переходными. В этих течениях присутствует как ламинарная форма движения жидкости или газа, так и турбулентная. К таким относятся течения в газовых турбинах, в теплообменниках ядерных реакторов, на крыльях летательных аппаратов (беспилотников) и др.

Зачастую при рассмотрении такого рода задач ламинарной зоной пренебрегают и рассматривают всю область течения как турбулентную. От того является ли течение ламинарным или турбулентным зависит распределение трения, тепловых потоков и давления по поверхности обтекаемого тела. Пренебрежение зоной ламинарно-турбулентного перехода может привести к существенным погрешностям в определении интегральных характеристик.

Полуэмпирические модели турбулентности, разработанные для замыкания осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, не в состоянии смоделировать переход. Это привело к созданию нового направления в вычислительной аэродинамике, главной целью которого является моделирование ламинарно-турбулентного перехода.

Из всего многообразия моделей ламинарно-турбулентного перехода была выбрана наиболее успешная дифференциальная модель γ - Re_θ Menter (2006), базирующаяся на уравнении для коэффициента перемежаемости и уравнении для критического числа Рейнольдса потери импульса. Изначально данная модель разрабатывалась для применения совместно с моделью турбулентности k - ω SST Menter (1993). В настоящей работе модель γ - Re_θ ламинарно-турбулентного перехода была адаптирована для использования совместно с дифференциальной моделью турбулентности Spalart-Allmaras (SA).

Преимущество использования модели перехода было продемонстрировано на задачах об обтекании кругового цилиндра в широком диапазоне чисел Рейнольдса и аэродинамического профиля NASA 4412. Проведено сравнение результатов расчетов обтекания цилиндра с использованием модели γ - Re_θ ламинарно-турбулентного перехода и без нее. Показано, что при низких числах Рейнольдса, когда обтекание цилиндра носит ламинарный характер, а след турбулентный использование модели турбулентности SA приводит к развитию турбулентного пограничного слоя на цилиндре и как следствие к изменению положения точки отрыва. Неправильное положение точки отрыва оказывает влияние на (пере)распределение давления в донной части цилиндра и, как следствие, на интегральные аэродинамические характеристики.

При турбулентном обтекании аэродинамического профиля NASA 4412 при числе Рейнольдса $1.64 \cdot 10^6$ и угле атаки 12° на подветренной части передней кромки формируется ламинарный отрыв. В точке присоединения потока происходит резкая турбулизация пограничного слоя, и дальнейшее обтекание носит присоединенный характер за исключением небольшой отрывной зоны вблизи задней кромки. К тому же обтекание наветренной стороны профиля носит полностью ламинарный характер. Применение модели турбулентности SA без учета ламинарно-турбулентного перехода не дает возможности адекватно описать эти процессы. В результате весь пограничный слой на профиле является турбулентным и без ламинарного отрыва вблизи передней кромки. Применение дифференциальной модели γ - Re_θ позволяет учесть эти сложные явления и адекватно описать ламинарно-турбулентный переход на поверхности профиля.

Полученные результаты численного моделирования обтекания кругового цилиндра и аэродинамического профиля NASA 4412 в широком диапазоне чисел Рейнольдса хорошо согласуются с экспериментальными данными.

НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ШАРУВАТОГО ЦИЛІНДРУ ПРИ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Фасоляк А.В., Штефан Т.О.

Запорізький Національний Технічний Університет

Широке застосування в сучасному проектуванні оптоволоконних трансатлантичних кабелів передачі даних знаходять конструкції, які мають форму шаруватого циліндра. Використання багатошарових конструкцій з композиційних матеріалів відкриває важливий резерв міцності та оптимізації конструкцій. Дослідження властивостей міцності таких конструкцій є актуальним науковим напрямком.

В роботі розглянуто тришаровий круговий циліндр, який знаходиться в умовах вісесиметричної деформації. Навантажено ділянку зовнішньої поверхні циліндру за радіальною змінною, причому довжина навантаженої ділянки дорівнює половині радіусу. Коефіцієнт Пуассона та модуль зсуву для кожного шару циліндру відповідно дорівнюють $\nu_1 = 0,35$, $G_1 = 1,5$; $\nu_2 = 0,3$, $G_2 = 1$; $\nu_3 = 0,25$, $G_3 = 9$, шари пронумеровано починаючи з внутрішнього.

Для отримання розв'язку задачі використовувався метод скінчених елементів (МСЕ) для вісесиметричних задач [1]. В якості скінченного елемента будемо використовувати трикутний елемент з трьома вузлами, розташованими у вершинах трикутника. Кожен вузол має по два ступеня свободи. В якості функцій форми обираємо лінійні функції [1]. При дискретизації тіла використовуємо рівномірну сітку, при умові, що кожен шар моделюється різними елементами. В результаті застосування МСЕ початкова задача зводиться до системи лінійних алгебраїчних рівнянь [1]:

$$[K]\{u\} = \{f\}, \quad (1)$$

де $[K]$ – безрозмірна матриця жорсткості, $\{u\}$ – вектор невідомих безрозмірних переміщень, $\{f\}$ – вектор еквівалентних вузлових безрозмірних навантажень.

Для отримання розв'язку системи (1) використовуємо метод спряжених градієнтів, алгоритм якого наведено, зокрема в роботі [2].

На Рисунку 1 проілюстровано розподіл густини функцій компонент тензору напружень σ_{rr} , σ_{xx} , σ_{rx} .

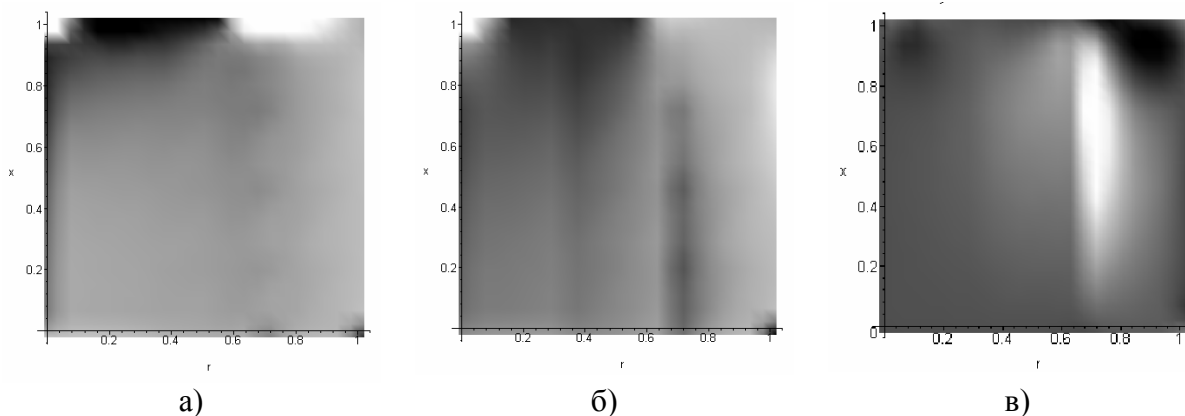


Рисунок 1 – Розподіл компонент тензору напружень а) σ_{rr} , б) σ_{xx} , в) σ_{rx} .

Результати представленого дослідження можуть застосовуватися при наближеному проектуванні трансатлантичних оптоволоконних кабелів передачі даних.

Література

1. Зинкевич О. Метод конечных элементов в технике. Москва: Мир, 1975. 543 с.
2. Пожуєв В. І., Пожуєв А. В., Фасоляк А. В. Нестационарна деформація циліндричної оболонки у пружному півпросторі з вільною поверхнею. Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. 2016. № 1. С. 119–126.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ СРЕДСТВАМИ КОНСТРУКТИВНО-ПРОДУКЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Шинкаренко В.И. д.т.н.

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

Под конструкциями будем понимать составные, структурированные объекты или конструируемые процессы с заданными свойствами их составляющих. Конструктивный процесс – процесс, который протекает вследствие формируемой последовательности действий или управляемой смены состояний.

Оптимизации подлежат конструкции или их модели, которые имеют альтернативные элементы, агрегаты (формы) и/или их связи. При этом имеет место множественная альтернативность – в разных частях конструкций имеется своя альтернативность.

Будем считать, что для каждой конструкции можно определить показатель качества (свертку показателей), по которому и выполняется оптимизация.

Основы конструктивно-продукционного моделирования заложены в работах [1-3]. Конструктором называется тройка:

$$C = \langle M, \Sigma, \Lambda \rangle,$$

где M – неоднородный пополняемый носитель структуры, Σ – сигнатура операций (и соответствующих отношений) связывания, подстановки и вывода, операций над атрибутами, Λ – множество утверждений информационного обеспечения конструирования, включая: онтологию, цель, правила, ограничения, начальные условия и условия завершения конструирования.

Оптимизация выполняется на основе двухфазного конструирования. Генерирующий конструктор (ГК) обеспечивает необходимым количеством моделей альтернативных конструкций. Оптимизирующий конструктор (ОК) выполняет кластеризацию сгенерированных конструкций и на ее основе – управление ГК.

Правила подстановки ГК $\psi_r : \langle s_r, g_r \rangle$ с отношениями подстановки s_r и операциями над атрибутами g_r таковы, что отношения подстановки s_r имеют атрибутом вероятностную меру p_r . Сумма вероятностных мер для альтернативных правил равна единице и изначально одинаковая.

ОК выполняет кластеризацию в Евклидовом пространстве, каждая конструкция в котором представлена вектором, компонентами которого являются количества применений при формировании конструкции каждого из альтернативных правил. По векторам лучшего из кластеров (по среднему показателю качества конструкций) корректируются вероятностные меры правил подстановки ГК. Чередуя фазы ГК и ОК выполняется до устойчивого формирования искомой конструкции.

Неформально, предложенный метод прошел апробацию на задаче формирования оптимальной структуры алгоритма сортировки, в заданной программно-аппаратной среде и особенностях сортируемых данных, по показателю временной эффективности [4, 5].

Литература

1. Шинкаренко В. И. Структурные модели алгоритмов в задачах прикладного программирования Часть I. Формальные алгоритмические структуры / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман, В. В. Скалзуб // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 3. – С. 3-14.
2. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционные структуры и их грамматические интерпретации. I. Обобщенная формальная конструктивно-продукционная структура / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – № 5. – С. 8-16.
3. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционные структуры и их грамматические интерпретации. II. Уточняющие преобразования / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – № 6. – С. 15-28
4. Шинкаренко В. И. Грамматико-алгоритмические структурные модели метаалгоритмов / В. И. Шинкаренко, В. М. Ильман, Г. Г. Кроть // Математические машины и системы. – 2010. – № 1. – С. 3-16.
5. Шинкаренко В. И. Структурная адаптация алгоритмов на основе полиморфизма / В. И. Шинкаренко // Математические машины и системы. – 2009. – № 2. – С. 28-44.

РЕКУРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ПРИРОДНОМОВНИХ ТЕКСТІВ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Шинкаренко В.І. д.т.н., Демидович І. М.

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

Проблематика автоматичної обробки тексту існує вже приблизно пів сторіччя. На сьогоднішній день питання встановлення авторства та оцінки тексту на наявність плагіату досі залишаються невизначеними, однак важливість цих проблем важко переоцінити. Питання авторства та плагіату має велике значення для усіх сфер де існує поняття права власності на об'єкт. Це стосується художніх творів, наукових та навчальних матеріалів та багатьох інших робіт.

Для розв'язання зазначених вище питань потрібно визначити певні критерії для порівняння та аналізу природномовних текстів. Складність цього процесу полягає у виборі достатньо значущих параметрів тексту та їх подальшій обробці. Наведене дослідження присвячене інтелектуальній обробці та аналізу природномовних текстів та їх фрагментів. Його задача полягає у визначенні ефективності обраних методів щодо встановлення авторства текстів та його фрагментів.

В якості методу дослідження був обраний рекурентний аналіз, який адаптовано для аналізу природномовних текстів. За основу був узятий аналіз рекурентних діаграм (recurrence quantification analysis, RQA), в якому для аналізу використовують щільність рекурентних точок.

Статистичні вимірювання були обрані в якості кількісних параметрів для створення їх статистичної та частотної структури текстів, а також їх подальшого аналізу та порівняння. Для розширення отриманих даних та більш глибокого аналізу тексту створені статистичні вимірювання були доповнені аналізом тексту з використанням N-грам та складності тексту.

N-грамом в алфавіті називають довільний ланцюжок довжиною N, що може складатися як з символів, так і окремих слів. Метод полягає у підрахунку і порівнянні профілів частоти N-грамів для різних текстів. Проблему визначення складності тексту для розуміння читачем допомагають вирішити наступні показники: середня довжина слів (в буквах або символах) і речень.

В подальшому, після проведення наведених статистичних вимірювань, виділяються визначальні ознаки для кожного з текстів. При обробці текстів одного автора та аналізу отриманих визначальних ознак кожного з них формується профіль мови автора. На основі цих даних встановлюється характерний стиль його мовлення.

Створені програмні інструментальні засоби, що визначають частоту кожного з символів в документі, а також будують частотний ряд, властивий обраному тексту. На основі ряду будуються фазовий простір і рекурентна діаграма.

Для виявлення авторства текстів було сформовано навчальну та контрольну вибірки з творів 11 відомих українських авторів художньої літератури через їх яскраво виражену індивідуальність та достовірність інформації про авторство. На основі отриманих в результаті проведеного аналізу даних для кожного тексту формувалася його образ. Отримані образи текстів з контрольної вибірки на основі перелічених вище показників класифікувались з використанням методу найменшої відстані до еталону у Евклідовому просторі образів.

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що обрані ознаки мають недостатньо високу ефективність при визначенні авторства. Лише в 85% випадків хоча б один з методів дозволяє встановити авторство. Встановлено, що найбільшу ефективність для виявлення авторства тексту має аналіз на основі 4-грам.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Шинкаренко В.И. д.т.н., Литвиненко К.В. к.т.н., Чигирь Р.Р.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. В. Лазаряна

Одной из важнейших задач анализа временных рядов в прикладных науках, является восстановление по ним функциональных зависимостей. Существуют различные подходы к решению задачи восстановления в зависимости от структуры, параметров модели и вида функции, с помощью которой аппроксимируют данные ряда. На настоящий момент восстановление проводят с помощью стохастических регрессионных уравнений с аддитивной случайной составляющей в соответствии с некоторым критерием наилучшего описания эмпирических данных

$$Y(t) = f(t, \alpha) + \varepsilon_t.$$

В работах авторов [1-3] предложен подход к формированию детерминированных и стохастических временных рядов, обладающих свойством фрактальности на основе конструктивно-продукционного подхода и правил L-систем. Если начальная аксиома имеет вид f , правила подстановки $f \rightarrow f-f++f-f$, тогда порождающая мультисимвольная строка $f-f++f-f-f-f++f-f-f++f-f-f-f++f-f-f-f++\dots$. Для значений атрибутов конструирования ряда: начальное математическое ожидание величины и изменение математического ожидания соответственно $M_x = 13, dM = 0,5$, начальная дисперсия величины и изменение величины дисперсии соответственно $D_x = 0, dM = 0$, реализацией является детерминированный временной ряд, представленный на рисунке.

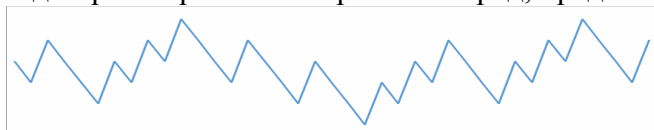


Рисунок – Детерминированный временной ряд с нулевой дисперсией

Для такого подхода формирования фрактального временного ряда восстановление следует понимать как нахождение начальной аксиомы, правил подстановки и статистических атрибутов формирования. Решение данной задачи может быть проведено с использованием генетического алгоритма. Выполнен ряд компьютерных экспериментов. В частности, восстановления временного ряда, представленного на рисунке выполнено генетическим алгоритмом с параметрами: количество использованных хромосом в поколении – 100, количество скрещиваний – 500, количество мутаций – 1000. Для получения восстановления достаточное количество поколений для выхода – 10. В результате 13 итераций генетический алгоритм полностью выполнил восстановление временного ряда $f \rightarrow [f-f++f-f]$ 13.0 50.0 0.0.

Таким образом, для процесса восстановления детерминированных фрактальных временных рядов, построенных в рамках конструктивно-продукционного моделирования и L-систем, может с успехом использоваться генетический алгоритм с соответствующими модификациями и параметрами.

Литература

1. Шинкаренко В. И. Вариативность уточняющих преобразований конструктивно-продукционного моделирования/ В. И. Шинкаренко, К.В. Литвиненко, Р.Р. Чигирь, А.А. Жадан // Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем: міжнарод. наук.-практ. конф., 4-8 грудня 2017 р.: праці конф. – Київ, 2017. –С. 225-230.
2. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционное моделирование фракталов/ В. И. Шинкаренко, К.В. Литвиненко, Р.Р. Чигирь, А.А. Жадан // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту: міжнарод. наук. конф., 21-27 травня 2018 р.: збір. наук. праць – Залізний Порт, 2018. –С. 289-291.
3. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционное моделирование временных рядов на основе L-систем / В. И. Шинкаренко, К.В. Литвиненко, Р.Р. Чигирь, А.А. Жадан // Проблеми математичного моделювання: Всеукр. наук.-метод. конф., 23-25 травня 2018 р.: збір. матер. конф. – Кам'янське, 2018. –С. 161-164.

ОБОБЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ОБЪЕМЕ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ВАННЫ РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ ПО МЕТОДУ ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Юдин А.В., Куваев В.Ю., Нежурин В.И., к.т.н.
ИМетАУ, Днепр, УКРАИНА

Решение задачи поддержание оптимального шихтового, электродного и электрического режимов конкретного технологического процесса рудовосстановительных электропечей (РВП) обеспечивается выбором оптимальных геометрических параметров ванны печи; печного контура и поддержанием рационального электрического режима плавки, что создает необходимое с точки зрения термодинамики, распределение вводимой энергии в рабочем пространстве ванны печи.

Авторами решалась задача разработки математической модели распределения плотности тока в сечении самообжигающегося электрода, удельной активной мощности в объеме рабочего пространства ванны РВП по методу вторичных источников в форме интегральных уравнений Фредгольма II рода с привлечением экспериментальных данных действующих печей [1].

Структура реакционной зоны рабочего пространства круглой трехэлектродной электропечи (например, РКТ-75 фирмы «Танабэ») симметрична оси каждого электрода, поэтому, исходя из условий осевой симметрии рассматривалось меридиальное сечение электрода и реакционной зоны с подводом тока через сверхпроводящий контакт электрода, находящегося в неоднородной среде, и отводом через сверхпроводящую ванну сплава [2].

Алгоритм расчета поля плотности тока, удельной активной мощности следующий:

1. Рассчитывается распределение вторичных источников на поверхности раздела сред с разной проводимостью $\gamma_1 \div \gamma_6$

2. По распределению вторичных источников рассчитывается напряженность поля в выбранных точках сечения электрода и рабочего пространства печи.

3. Рассчитывается плотность тока (j_i) и удельная активная мощность в выбранных точках рабочего пространства ванны печи $j = \gamma_i E_i$ и $p_i = \gamma_i E_i^2$.

При расчете считаем, что магнитная проницаемость содержимого ванны соответствует магнитной проницаемости выделенных зон, а геометрия ванны и электродов отвечает в масштабе параметрам ванны действующей печи.

Модель разработана для полусферической формы торца электрода и глубины его погружения в ванну печи 1 м. В работе представлены эпюры распределения плотности тока по сечению электрода и линии равной удельной активной мощности в объеме рабочего пространства в предположении, что мощность сосредоточена в центре выбранных элементарных площадок сечения ванны.

Анализ результатов показывает, что значения удельных активных мощностей в выделенных расчетных точках и экспериментально полученных в доступных для измерений точках рабочего пространства совпадают с инженерной точностью.

Математическая модель может быть использована при реконструкции и проектировании печей, для определения потерь в ее металлоконструкциях на стадии проектирования.

Литература

1. Карманов Э.С., Нежурин В.И. Исследование скорости и характера схода шихтовых материалов при выплавке марганцевых сплавов в закрытых руднотермических электропечах [Текст] / Сталь, 1991. - № 7. - С. 37-40.
2. Ольдзиевский С.А., Кравченко В.А., Нежурин В.И., Борисенко И.А. Математическое моделирование электрических полей печей рудной электротермии [Текст]. - М. - Металлургия. - 1990. - 112 с.

OPTIMIZATION PARAMETERS OF CLEANING SURFACES BY THE STREAM OF ABRASIVE PARTICLES

Yasev A.G., /Cand. Sci. (Tech.)/

National metallurgical academy of Ukraine

Utilization of system of mathematical modeling, which consist of mathematical modeling, creation constructional and technological propositions and optimization parameters of equipment, during the creation technological equipment for cleaning surfaces by the stream of abrasive particles on the example of cleaning holes with small diameters in details of elements of hydraulic machines is described.

Estimation and confirmation of adequacy of mathematical model it is executed by means of criterion of verification of accordance for small selections. As a criterion of optimization intensity of output of material is accepted from the elementary ground of surface at total influence of plenty enough of abrasive particles. The optimized technological parameters are sizes of grittiness of abrasive and speeds of particles of stream, providing maximal intensity of output of material. Technical documentation is not envisage the special requirements to the size of roughness of surface of opening, therefore in the conditions of this task limitation on a roughness assumes a special air of condition of ungrowth of roughness at treatment. Set structurally-technological parameters, rigging providing the stable receipt of the homogeneous cleared internal surfaces of pistons of axialpiston hydromashines is used in the construction of rigging and technology of her application. In the technological process of making of pistons on the plant-manufacturer of axialpiston hydromashines the operation of cleaning of opening is entered after chemical-thermal treatment with the use of the offered technological equipment.

Such approach is universal in relation to the form of surfaces and type of mathematical model, provides the necessary level of exactness and allows effectively to decide the practical tasks of creation of the technological equipment for upgrading of cleaning of surfaces.

References

1. Ясев А.Г. Применение методов оптимизации технологических процессов. С. 163-217.
2. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. - Т. 8: «Оптимизация технологических процессов в машиностроении» - Одесса: ОНПУ, 2004. - 509 с.

СПРОЩЕНА МОДЕЛЬ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТОПОЛОГІЇ BUCK

Зимогляд А.Ю., Гуда А.І.

Національна Металургійна Академія України

Перетворювач топології Buck (або «step-down») є одним з найбільш придатних для використання, в задачах отримання контрольованого джерела живлення з меншою напругою та більшим струмом ніж джерело живлення. Сучасні компоненти дозволяють досягти значного коефіцієнта перетворення енергії, мінімальної маси та розміру у порівнянні з класичним підходом на основі низькочастотного трансформатора. Тим не менш, цей перетворювач має менш очевидні характеристики, особливо в ситуаціях, коли необхідний великий діапазон вихідної напруги, точність вихідної напруги або швидка реакція на вихідне навантаження. Деякі з цих вимог можуть бути виконані за допомогою правильно сконструйованого зворотного зв'язку, але, в свою чергу, ця конструкція вимагає адекватної моделі самого конвертера.

Була розроблена спрощена математична модель перетворювача топології Buck (1). У цьому випадку необхідно дати $V_1(t)$. Щоб визначити ці значення, можна скористатися тим, що в використаних умовах існує 3 характеристичних значення: поблизу V_{cc} , якщо $\text{pwm}(t) > 0$, V_{dn} або нуля в іншому випадку. Таким чином, система рівнянь стає:

$$\begin{cases} L\dot{I}_L = V_2 - V_1(t), \\ C_2\dot{V}_2 = I_L - \frac{V_2}{R_h}, \\ V_1(t) = \begin{cases} V_{cc} - R_{ch}I_L, & \text{pwm}(t) > 0, \\ V_{dn}, & \text{pwm}(t) = 0, I_L > 0, \\ 0, & \text{pwm}(t) = 0, I_L = 0 \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

Використовуючи цю модель, отримали залежності $V_2(R_h, \gamma)$ у випадку фіксованих значень та інших подібних значень.

Висновок. Результати моделювання досить близькі до реальних вимірювань. Найважливішою відмінністю є значення τ : перша модель вимагає мінімальних значень приблизно 10^{-11} , тоді як спрощена модель вимагає 10^{-7} , тому обчислення в 1000 разів швидше, і вимагає менше пам'яті для зберігання результатів.

Література

1. Steve Roberts DC/DC book of knowledge / Steve Roberts // RECOM Group Gmunden 2014. – 234 p.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ НЕКАЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Кузнецов В.В.¹, к.т.н., Трипутень Н.М.² к.т.н.,

Кузнецова А.В.³, студентка, Трипутень М.Н.⁴, студент

¹Национальная металлургическая академия Украины

²НТУ «Днепровская политехника»

^{3,4}Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара

Моделирование электромеханических систем позволяет на предпроектной стадии оценить протекающие в них процессы. На основе этих данных могут быть скорректированы параметры силовых установок и систем управления ими, проведена проверка соответствия выбранного оборудования режимам работы и т.д. Математические аналоги асинхронных двигателей широко используются для оценки эффективности законов управления, исследования электромагнитных процессов и прогнозирования энергетических показателей их работы. Однако, ситуация усложняется, когда при моделировании необходимо учитывать качественные показатели электроэнергии, такие как несимметрия и несинусоидальность электрических величин. Проблема заключается в том, что в силу принимаемых в этом случае допущений, сама модель АД становится зачастую неадекватной. Если же используются более сложные модели, описание процессов настолько усложняется, что поиск требуемых зависимостей становится слишком затруднительным.

Сформулируем требования к виду, функциональности, характеристикам и составу входных величин, которым должна удовлетворять разрабатываемая модель асинхронного двигателя [1]:

1. Модель АД должна быть работоспособной при произвольной форме напряжения на статоре, включая несинусоидальность и несимметрию. Это требование является необходимым для большинства используемых в настоящее время математических аналогов рассматриваемых двигателей.

2. Разрабатываемая модель должна быть адекватной как в установившихся, так и в переходных режимах, связанных с изменением нагрузки, качества электроэнергии, управляющего воздействия.

3. Синтезированный аналог АД должен иметь возможность подключения модулей фильтров со стороны входа электродвигателя и при этом позволять определить зависимость результирующей формы напряжения «после фильтров» от потребляемого АД тока.

4. Выходными параметрами модели должны быть:

мгновенные значения токов статора и ротора асинхронного электродвигателя, их спектр;

активная (P), реактивная (Q) и полная (S) мощности, включая их ту долю, что связана с искажениями напряжения со стороны статора, соответствующим реальным показателям качества электроэнергии;

коэффициент полезного действия (КПД, $\eta\%$) и коэффициент мощности ($\cos \varphi$);

составляющие отдельных потерь в двигателе: потери в меди статора (ΔP_{m1}), ротора (ΔP_{m2}) и стали (ΔP_c);

скорость (ω) и электромагнитный момент (M) двигателя в зависимости от нагрузки на валу, включая их спектральные характеристики;

Таким образом, разрабатываемая модель должна предоставлять полный объем данных, необходимых для исследования режимов работы асинхронного электродвигателя, работающего в условиях некачественной электроэнергии с целью оценки электромагнитной составляющей образующегося при этом экономического ущерба.

Литература

1. О моделях функционирования асинхронного двигателя в условиях некачественной электроэнергии / В. В. Кузнецов, А. В. Николенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2015. - № 1(8). - С. 37-42.

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ НЕКАЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Кузнецов В.В.¹, к.т.н., Трипутень Н.М.² к.т.н.,
Кузнецова А.В.³, студентка, Трипутень М.Н.⁴, студент
¹Национальная металлургическая академия Украины

²НТУ «Днепропетровская политехника»

^{3,4}Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Для реализации динамической электромагнитной модели асинхронного двигателя, работающего в условиях некачественной электроэнергии использована система дифференциальных уравнений во временной области. Нами применены пространственно-временные комплексы (ПВК) [1].

ПВК для любого \underline{Y} рассчитывается следующим образом [1]:

$$\underline{Y} = \frac{2}{3} \left(Y_A + \alpha Y_B + \alpha^2 Y_C \right), \quad (1)$$

где Y_A, Y_B, Y_C – фазные значения рассматриваемой величины в данный момент времени, причем последним соответствуют проекции означенного комплекса на оси фаз.

Записанные относительно ПВК уравнения Парка-Горева [2], являющиеся основой известных моделей АД, имеют вид:

$$\underline{U}_1 = \underline{I}_1 R_1 + \underline{I}_0 R_0 + \frac{d\Psi_1}{dt}; 0 = \underline{I}_2 R_2 + \underline{I}_0 R_0 + \frac{d\Psi_2}{dt} - j\omega_r \underline{\Psi}_2 \quad (2)$$

где \underline{U}_1 – ПВК напряжения статора; $\underline{I}_1, \underline{I}_2, \underline{I}_0$ – ПВК токов статора, ротора, и тока намагничивания; $\underline{\Psi}_1, \underline{\Psi}_2$ – ПВК потокосцеплений статора и ротора; ω_r – угловая скорость вращения АД; R_1, R_2 – активные сопротивления статора и ротора.

Необходимо учитывать, что на энергетические показатели асинхронных двигателей оказывает насыщение магнитопровода. Наилучшее сочетание точности и простоты расчетов дает использование зависимости главной взаимной индуктивности от величины тока намагничивания $L_{12}=f(I_0)$.

Таким образом, в уравнениях для определения потокосцепления необходимо записывать:

$$\underline{\Psi}_1 = \underline{I}_1 \cdot L_1 + L_{12}(I_0) \cdot \underline{I}_2; \underline{\Psi}_2 = \underline{I}_2 \cdot L_2 + L_{12}(I_0) \cdot \underline{I}_1 \quad (3)$$

Переменными состояниями моделируемого объекта в рассматриваемом случае являются скорость асинхронного двигателя, а также пространственно-временные комплексы потокосцепления статора и ротора.

При этом электромагнитный момент АД относительно пространственно-временных комплексов выражается следующим образом:

$$M = \frac{3}{2} p_r L_{12} \operatorname{Im}(\underline{I}_1^* \underline{I}_2), \quad (4)$$

И наконец, искомая система должна быть дополнена основным уравнением динамики:

$$M - M_c = J \frac{d\omega_r}{dt}, \quad (5)$$

где M_c – статический момент; J – момент инерции механической части привода; p_r – число пар полюсов.

Литература

1. Электрические машины / А.В. Иванов-Смоленский. – М.: Энергия, 1980. – 927 с.
2. Теорія електроприводу: Навчальний посібник / А.А. Колб, А.А. Колб. – Дніпропетровськ: НГУ, 2006. – 217 с.

ФРАКТАЛЬНІСТЬ ЩІЛЬНОСТІ ДОРОЖНЬОГО ТРАФІКУ ВЕЛИКИХ МІСТ

Михальов О.І. д.т.н., проф., Козар О.В. асп.

НМетАУ, Дніпропетровськ

Була розглянута задача оцінювання щільності дорожнього трафіку на прикладі Лондону [2]. Департамент транспорту Лондону має власну систему моніторингу дорожнього руху та дає змогу дослідити досить важливі показники на проміжку у 10-15 років, такі як: щорічний середньоденний транспортний потік AADF (Annual Average Daily Flow, англ.) — середня кількість транспортних засобів за весь рік, що проходять через точку дорожньої мережі щодня, обсяг перевезень (дистанція, яку проходять транспортні засоби заданих типів на вимірюваному відрізку дороги) різноманітних транспортних засобів.

Для дослідження візьмемо основні дороги, які включають в себе автомагістралі та дороги класу «А». Ці дороги зазвичай мають високий рівень транспортних потоків і часто є основними артеріями міста.

Якщо розмістити середньоденний транспортний потік найбільш завантаженого району Westminster на гістограмі $H(x)$ (рис.1а), то можливо побачити, що графік має стійкий розподіл. Розміщуючи значення гістограми в зворотному напрямку, в загальному вигляді маємо експоненційну криву (рис.1б). Графік, представлений на рис.1б, має «важкий хвіст», що є ознакою самоподібності (фрактальності) отриманих даних. Якщо апроксимувати отримані значення, можна отримати аналітичний вираз, що характеризує розподіл ознак самоподібності [1]. Найбільша відповідність, як видно з графіку, спостерігається при апроксимації логарифмічним рівнянням виду (1):

$$y(x) = k \ln(x) + b. \quad (1)$$

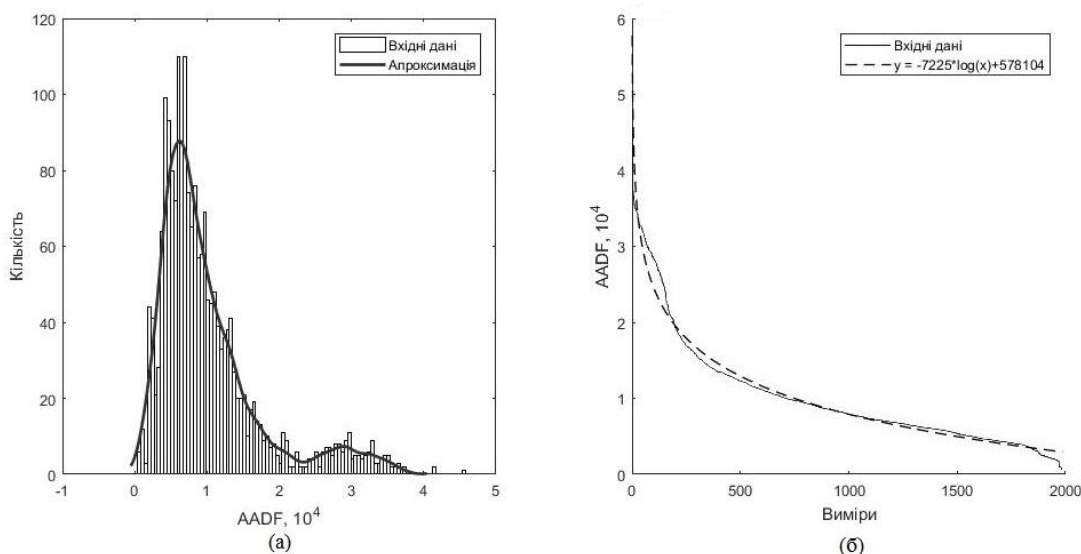


Рисунок 1 – Розподілення показників середньоденного трафіку:
а) гістограма AADF з апроксимацією; б) зворотний за величинами графік AADF

Проведений аналіз щорічного середньоденного трафіку дає підстави стверджувати, що дорожній трафік є величиною, яка має фрактальні властивості, а тому є змога використовувати цю величину як класифікуючу ознаку.

Література

1. Михальов О.І., Козарь О.В. Дослідження самоподібності дорожнього трафіку великих міст. /Системні технології. - 6 (119), 2018. – Дніпро: НМетАУ-ІБК «Системні технології». ISBN 978-966-2596-19-9.
2. UK Department for Transport Traffic counts. URL: <https://www.dft.gov.uk/traffic-counts/> (дата звернення: 09.03.2019).

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЧИСЛОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОРМИ ЧАШКИ ЕНДОПРОТЕЗА ТАЗОСТЕГНОВОГО СУГЛОБА НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН КІСТКОВОГО МАСИВУ

Василевська М. О., Дзюба А. П. д.т.н.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Приведені результати комп'ютерного моделювання контактної взаємодії та числового дослідження впливу форми чашки ендопротеза тазостегнового суглоба на характер і величину контактних напружень, виникаючих в кістковому масиві та ендопротезі.

Імплантант тазостегнового суглоба складається з стегового і ацетабулярного (вертлюжного) компонентів.

Стегновий компонент складається з голівки і ніжки, а вертлюжний – з корпусу (чашки) і жорстко фіксованого в ньому поліетиленового вкладишу. Шарнірну пару протезу утворюють випукла сферична поверхня стегової голівки і сферична западина вертлюжної чаші.

Титановий корпус вертлюжного компоненту, який загвинчується (врізається) в кістковий масив, являє собою об'ємне тіло складної геометрії, поверхня якого подається на основі двох стереометричних фігур у вигляді конуса і сфери.

Зовнішня поверхня чашки вертлюжного компоненту має спіралевидний виступ (перо протезу), який може мати різний поперечний переріз (трикутний, чотирикутний та ін.). При імплантації чашка ендопротезу врізається в кістковий масив, де фіксується за допомогою кісткової мозолі, що з'являється з часом.

Таким чином, спирання людини на стегнову кістку призводить до контактної взаємодії чашки ендопротезу і оточуючого його кісткового масиву таза.

Існує цілий ряд чинників, що впливають на розподіл навантажень і напружень в околі імплантата тазостегнового суглоба і, як наслідок, на процес одужання людини та на експлуатаційні характеристики і довговічність ендопротеза.

Подана робота присвячена вивченню механічних аспектів взаємодії ендопротеза та кісткового масиву, пов'язаних з різною формою чашки і пера ендопротеза та їх вплив на напружений стан в ендопротезі та оточуючому його кістковому масиві.

Комп'ютерне моделювання особливостей контактної взаємодії та числові дослідження виконані з використанням методу скінчених елементів. Прикладені до чашки ендопротезу сили визначаються антропологометричними навантаженнями, обумовленими вагою людини. Кістковий масив приймається жорстко затиснутим.

Отримані результати вказують, що в зоні врізання чашки протеза в кістку, зокрема на кінці пера, виникає суттєва неоднорідність напружено-деформованого стану (концентрація напружень в кістковому масиві), що збільшує ризик нездатності імплантата нести в подальшому експлуатаційні навантаження, які створюються елементом ендопротеза.

Показано, що характер і величину навантаження в кістковому масиві можна компенсувати за допомогою варіації раціональної форми корпусу чашки і пера з метою зниження величини експлуатаційних навантажень, які виникають в кістці таза в зоні врізки протеза.

Результати подані у вигляді картин розподілу напружень. Приведено відповідний порівняльний аналіз.

АКТИВНИЙ ПОШУКОВИЙ АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ ВАЛКІВ НА БЕЗПЕРЕРВНИХ ЛИСТОВИХ СТАНАХ

Потап О.Ю. к.т.н., Зінченко М.Д. к.т.н., Потап М.О., Півень В.О.

Національна металургійна академія України

В процесі листової прокатки основними технологічними збуреннями, що впливають на товщину прокату, виступають відхилення товщини та модуля жорсткості підкату від базових (первинних) значень, а також неконтрольовані змінення міжвалкового зазору, що виникають через ексцентриситет прокатних валків. На більшості сучасних прокатних станів збурення, які вносяться в процес прокатки з боку підкату, повністю компенсуються системами регулювання товщини у загально відомий спосіб, що описаний, наприклад, в роботі [1]. Проте, в результаті функціонування таких систем вплив ексцентриситету не усувається, а, навпаки, посилюється.

Запропонована авторами система автоматичної компенсації ексцентриситету передбачає уведення примусових коливань міжвалкового зазору у протифазі до неконтрольованих коливань зазору через ексцентриситет валків [2, 3]. Амплітуда цих примусових коливань визначається системою за інформацією про амплітуду спричинених ексцентриситетом змінних складових зусилля прокатки та товщини смуги, а фаза – методом активного пошуку з первісним уведенням «пробних» примусових коливань міжвалкового зазору з довільною фазою.

Недолік системи [2] полягає в тому, що вона не може бути застосована на безперервних прокатних станах через те, що в сигналі зусилля прокатки поруч зі змінною складовою, що обумовлена ексцентриситетом валків даної кліті, присутня близька за частотою змінна складова, що обумовлена коливаннями товщини підкату через ексцентриситет валків попередньої кліті. Отже застосування системи [2] обмежується одноклітьовими прокатними станами, на яких через відсутність попередніх прокатних клітей відсутні й високочастотні збурення за товщиною підкату.

Вирішення зазначеної проблеми на безперервних прокатних станах є можливим за умови застосування зазначеного пошукового методу одночасно з класичним способом регулювання товщини [1]. Доведено, що при функціонуванні системи [1] спричинені ексцентриситетом високочастотні коливання товщини повністю відтворюють коливання міжвалкового зазору. Тобто для визначення амплітуди ексцентриситету достаньно визначити амплітуду змінної складової товщини смуги на виході з прокатної кліті. Відсутність потреби у виділенні високочастотної змінної складової зусилля прокатки, обумовлює відсутність впливу на точність компенсації ексцентриситету високочастотної складової товщини підкату, що спричинена ексцентриситетом попередньої кліті.

Шляхом імітаційного комп'ютерного моделювання доведено, що застосування запропонованого підходу в останній чистовій кліті безперервного прокатного стану дозволяє одночасно усунути як вплив усіх технологічних збурень, що вносяться з підкатом (у тому числі через ексцентриситет попередніх клітей), так і вплив ексцентриситету власне чистової кліті.

Література

1. Фомин Г. Г., Дубейковский А. В., Гринчук П. С. Механизация и автоматизация станов горячей прокатки. – М.: Металлургия, 1979. – 232 с.
2. Потап О.Ю., Зінченко М.Д., Рибальченко М.О. та ін. Комп'ютерне моделювання автоматизованої системи компенсації ексцентриситету прокатних валків // Системні технології. – Вип. 2 (115). – Дніпро, 2018. – С. 75-83.
3. Патент України №118065. Спосіб компенсації впливу ексцентриситету прокатних валків на товщину смуги / О.Ю. Потап, С.В. Бейцун, М.Д. Зінченко, М.В. Михайловський, В.Р. Щербачов – МПК В21В 37/66. Заявка № а201703611, Опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21.

СЕКЦІЯ 4

ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ

РАЗРАБОТКА КОМПОНЕНТ ИНТЕГРИРОВАННОЙ САПР ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Алтухов А.В., к.т.н., Тарасов А.Ф., д.т.н.

Донбасская государственная машиностроительная академия

Проектирование штамповой оснастки для процессов пластического деформирования (ПД) затруднено из-за отсутствия специализированного программного обеспечения (ПО) интегрированного с CAD/CAE-системами [1]. На данный момент проектирование процессов ПД выполняется в ручном режиме либо с применением прикладного ПО для каждого отдельного процесса. Остается проблемой и автоматизация проектирования большинства процессов интенсивного ПД, что ограничивает их внедрение в промышленных масштабах.

Создание ПО для автоматизации проектирования процессов ПД возможно на базе промышленных CAD/CAE-систем, поддерживающих открытые интерфейсы для разработки внешних модулей. Современные CAD/CAE-системы обладают возможностями для подключения внешних модулей при автоматизации различных технологических процессов, что позволяет адаптировать их для проектирования широкого спектра сложных задач, включая процессы ПД. Автоматизация моделирования процессов ИПД в CAE-системах в виде разработки внешних модулей позволяет существенно сократить время на создание математической модели, выполнить расчет и проанализировать результаты. Однако процессу автоматизации проектирования штамповой оснастки для ПД не уделяется достаточно внимания, а это в свою очередь вызывает дополнительные затраты времени и не дает возможности полностью перейти на САПР процессов ПД и интенсивного ПД в частности. Создание параметрических геометрических моделей штамповой оснастки позволит сократить время на подготовку и исследование модели процесса. Для расширения возможностей САПР требуется создание набора компонент с общим интерфейсом и набором функций, что обеспечит их взаимодействие под управлением единой оболочки интегрированной с CAD/CAE-системами. Это требует перехода на более высокий уровень абстракции при постановке задач с реализацией библиотек типовых конструкций, использованием модели взаимосвязей между графическими примитивами внутри проектируемой конструкции. Для решения ряда задач проектирования процессов интенсивного ПД авторами разработаны компоненты ИСАПР [2].

Разработанный компонент САПР для проектирования штамповой оснастки процесса ИПД использует параметрическую модель, что дает возможность расширить вариативность проектируемых изделий и исследовать процесс в CAE-системе. Создание параметрической модели сборочной единицы производится за несколько этапов. На первом этапе выполняется ввод размеров заготовки и углов наклона деформирующих поверхностей пуансонов, затем выполняется проверка их корректности. На втором этапе выполняется расчет размеров штампового инструмента по аналитической модели. На третьем этапе проверяется корректность геометрии с учетом ограничений. На четвертом этапе выполняется формирование массива данных по размерам деталей для передачи в CAD-систему. На пятом этапе происходит построение деталей и сборки в CAD-системе. После этого информация о геометрической модели передается в CAE-систему для исследования ПД. Данный компонент необходим также после проведения исследований на заключительном этапе работы для создания конструкторской документации оснастки с оптимальными параметрами процесса.

Литература

1. Um D. Solid Modeling and Application: Rapid Prototyping, CAD and CAE Theory / Springer, 2016. 304 p.
2. Автоматизоване проектування і виготовлення виробів із застосуванням CAD/CAM/CAE-систем: монографія / О.Ф. Тарасов, О.В. Алтухов, П.І. Сагайда, Л.В. Васильєва, В.Л. Аносов. – Краматорськ: ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 239 с.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРАХУНКІВ У SOLIDWORKS SIMULATION

Блінніков Г.П. к.т.н., Рудик О.Ю. к.т.н., Герасимчук М.М. магістрант
Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б.Хмельницького,
Хмельницький національний університет

В [1] за допомогою SolidWorks Simulation досліджувався кронштейн вала відбору потужності трактора МТЗ-80, який є несучою деталлю механізму включення зчеплення й сприймає значні осеві сили й крутильні коливання через нерівномірне обертання колінчастого вала двигуна. Встановлено, що вузлові напруження Von Mises, переміщення URES і деформація ESTRN для кронштейна не перевищують допустимих значень (мінімальний коефіцієнт запасу міцності $n_{min} = 3,421$, див. табл. 1). При цьому в розрахунках використовували скінченно-елементну сітку (СЕС) з розміром елемента 7,7579 мм (4 точки Якобіана). Але створення сітки – дуже важливий етап при аналізі будь-якої конструкції [2]. Як впливає вибір її параметрів на точність розрахунків – задача даного дослідження.

Таблиця 1 – Залежність мінімального коефіцієнта
запасу міцності від параметрів СЕС

Точки Якобіана	4	4	4	29	У вузлах
Розмір елемента, мм	15,5158	7,7579	3,87895	3,87895	3,87895
Допуск, мм	0,77579	0,387895	0,193948	0,193948	0,193948
Всього вузлів	6714	19774	98603	98603	98603
Всього елементів	3611	11389	63375	63375	63375
n_{min}	1,624	3,421	3,361	3,362	3,362
Вузол	6452	19553	98115	98115	98115

SolidWorks Simulation визначає розмір елемента для моделі, беручи до уваги її об'єм, площу поверхні й інші геометричні характеристики. Розмір створюваної сітки (кількість вузлів й елементів) залежить від різних параметрів. На ранніх стадіях аналізу конструкцій, де можуть підійти приблизні результати, можна задати більший розмір елемента для швидшого розв'язку. Для точнішого розв'язку може знадобитися менший розмір елемента.

Для сітки на твердому тілі чисельна точність найкраще досягається при сітці з однаковими ідеальними тетраедральними елементами, чиї країки рівні за довжиною. Для всієї форми неможливо створити сітку ідеальних тетраедральних елементів. Через малі країки, вигнуту форму, тонкостінні елементи й гострі кути одні країки деяких створених елементів довше інших. Коли країки елемента набагато відрізняються за довжиною, точність результатів знижується. На дуже гострих або вигнутих границях розміщення середніх вузлів на фактичній формі може привести до утворення перекожених елементів з пересічними країками. Рекомендується встановити для Якобієвої перевірки параметр “У вузлах” для розв'язку статичних задач.

Згідно проведеним розрахункам (див. табл. 1), в [1] мінімальний коефіцієнт запасу міцності кронштейна завищено.

Література

1. Небеснюк Ю. І. Використання комп'ютерних моделей трибосистем ковзання у розрахунках деталей автомобільної техніки / Ю. І. Небеснюк, О. Ю. Рудик // Наука, освіта, суспільство очима молодих: Матеріали IX Міжнарод. наук.–практ. конф. студентів та молодих науковців. Частина 2. Природничо-математичний, суспільно-гуманітарний та економічний напрями. – Рівне: РВВ РДГУ, 2016. – С. 47-49.
2. Создание КЭ сетки в SW Simulation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://andrewabramov.ru/index.php/ru/blog-ru/item/44-sozdanie-ke-setki-v-solidworks>

ПОКРАЩЕННЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ В САПР

Васильєва Л.В. к.т.н., Тарасов О.Ф. д.т.н.

Донбаська державна машинобудівна академія

Для автоматизації проектування та виготовлення виробів у промисловості широко застосовуються CAD/CAE/CAM-системи. Створення інтегрованих САПР на базі промислових CAD/CAE/CAM-систем дозволяє не лише автоматизувати проектування виробів, але і виконувати оптимізацію технологічних процесів отримання деталей (заготовок) з необхідними властивостями шляхом вибору раціональних параметрів конструкцій і технологічних процесів. Інтеграція з CAE-системами дозволяє оптимізувати вибір технологічних параметрів процесів шляхом визначення найбільш раціональних параметрів процесу [1]. При моделюванні в CAE-системах об'єктів в процесі обробки матеріалів тиском важливим є візуалізація розподілених по об'єму параметрів об'єктів, таких як інформація про напружено-деформований стан (НДС), яка може бути використана при розробці та вдосконаленні технологічних процесів або конструктивних рішень за рахунок більш інформативної демонстрації.

Метою роботи є підвищення якості тривимірної демонстрації НДС в об'ємі об'єкта при зміні його форми, об'єму та параметрів НДС в процесі моделювання та підвищення можливостей керування процесом демонстрації даних на пристрої відображення.

Для вирішення цієї задачі були розроблені нові технічні рішення тривимірної демонстрації НДС з використанням наступного представлення інформації:

- представлення об'єкту на пристрої відображення у вигляді проекції напівпрозорого тривимірного каркасного оптичного зображення сітки, що зв'язує точки в об'ємі об'єкта та відображення значення заданого параметру НДС в точках об'єкта у вигляді кольорових маркерів сферичної форми, регулюванні розмірів маркерів для змінення ступеню прозорості об'єкта, а також обмеження діапазону значень параметра для виділення та показу окремих тривимірних зон об'єкту [2];

- демонстрації повного діапазону значень параметра і відповідної кольорової шкали у вигляді двох окремих діапазонів, для кожного з яких розширюється діапазон кольорів до максимального та приймаються для них різні кольорові гамми, потім на поверхні об'єкта або його перерізі демонструють значення параметра відповідно до двох шкал кольорів, побудованих для виділених частин діапазону значень параметра, при цьому виділяють границю зон поверхні об'єкта, які відносяться до різних частин базової шкали [3];

- представлення процесу змінення геометрії вибраного перетину та НДС на пристрої відображення у 3D-вимірному просторі, який створений площиною, у якій розташований перетин і віссю часу, яка перпендикулярна цій площині, з можливим поворотом отриманої фігури в просторі для покращення демонстрації; в процесі 3D-вимірної демонстрації показують траєкторії зміщення точок у часі, виконують проекцію траєкторій точок на площину, яка утворена віссю часу та перпендикулярна перетину, потім для вибраного для демонстрації параметра НДС показують його значення від проекції траєкторії [4].

Застосування розроблених методів дозволяє використовувати технологію віртуальної реальності для покращення демонстрації НДС заготовок в процесі пластичної деформації.

Література

1. Тарасов О. Ф. Автоматизоване проектування і виготовлення виробів з застосуванням CAD/CAM/CAE-систем : монографія / О. Ф. Тарасов, О. В. Алтухов, П. І. Сагайда, Л. В. Васильєва, В. Л. Аносов. – Краматорськ : ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 239 с. – ISBN 978-966-379-772-4.
2. Пат. 122254 Україна, МПК G01M 7/00 G06N 5/04. Спосіб тривимірної демонстрації напружено-деформованого стану об'єктів / О.Ф. Тарасов, С.К. Добряк, О.В. Алтухов, Л.В. Васильєва. – № у 2017 07823; заявл. 25.07.2017; опубл. 26.12.2017, бюл. № 24/2017.
3. Пат. 126779 Україна, МПК G01M 7/00 G06N 5/04. Спосіб тривимірної демонстрації напружено-деформованого стану об'єктів / О.Ф. Тарасов, С.К. Добряк, О.В. Алтухов, Л.В. Васильєва. – № у 2017 12790; заявл. 22.12.2017; опубл. 10.07.2018, бюл. № 13/2018.
4. Пат. 128620 Україна, МПК G01M 7/00 G06N 5/04. Спосіб тривимірної демонстрації напружено-деформованого стану об'єктів / О.Ф. Тарасов, О.В. Алтухов, Л.В. Васильєва. – № у 2018 04156; заявл. 16.04.2018; опубл. 25.09.2018, бюл. № 18/2018.

АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ СТЕРЕОЗЙОМКИ

^{1,2} Гнатушенко В.В. д.т.н., ² Гнатушенко Вік. В. д.т.н., ¹

Прокоф'єв Т.А. к.ф.-м.н., ¹ Соколова Н.О.

¹ Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

² Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Як відомо, переваги цифрових моделей рельєфу (ЦМР), створених за даними космічної стереозйомки полягають в наступному: 1) можливості швидкого отримання і обробки даних на величезні території; 2) для зйомки не потрібен дозвіл державних органів; 3) не потрібно особистої присутності фахівців на території зйомки і т.д. У разі космічних спостережень для побудови цифрових моделей рельєфу зазвичай використовуються дані конвергентної зйомки апаратом з одного витка шляхом відхилення візирної осі знімальної системи по тангажу. Такий принцип отримання стереопари космічних зображень в світовій практиці використовується найбільш часто, оскільки при цьому зображення можуть бути отримані при ідентичних умовах освітленості. Практичний досвід показує, що отримані таким способом матеріали дозволяють створювати точні висотні продукти [1]. На відміну від аерофотозйомки, сканерні космічні зображення, що утворюють стереопару, є перспективними, тобто геометрія стереопари космічних зображень суттєво відрізняється від стереопар кадрових зображень, отриманих в результаті аерофотозйомки. У загальному випадку, при роботі з даними космічних апаратів, які мають можливість довільно змінювати орієнтацію оптичної системи, геометрія стереопари характеризується трьома основними кутами: кутом конвергенції, кутом асиметрії і кутом висоти бісектриси кута конвергенції [2].

В роботі розроблено алгоритмічне забезпечення формування ЦМР за даними космічної стереозйомки. Найбільшу точність при формуванні ЦМР забезпечує строгий підхід к обробці знімків, основна ідея якого полягає у відновленні просторового положення сукупності променів, які сформували знімок, тобто елементів внутрішнього і зовнішнього орієнтування рядків знімка [1]. Для цього нами використовуються RPC (Rational Polynomial Coefficients), що представляють собою коефіцієнти поліномів раціональних функцій, що зв'язують координати точок місцевості з координатами їх зображень на растрі. Значення цих коефіцієнтів розраховуються постачальником даних строгим методом з використанням геометричної моделі сенсора, бортових і телеметричних вимірювань елементів зовнішнього орієнтування, і, в деяких випадках, опорних точок, та входять в комплект поставки знімків. Основним кроком алгоритму обробки стереопар є ідентифікація однойменних (пікетних) точок, необхідних для відновлення інформації про рельєф. І тому на початку формується стереопара за допомогою геометричного трансформування вихідних зображень до спільної системи координат.

В результаті розроблено програмну реалізацію, що дозволяє підвищити точність зовнішнього орієнтування стереомоделі. Цифрову модель рельєфу побудовано в повністю автоматичному режимі. Виконано уточнення RPC-коефіцієнтів на основі розробленого підходу до організації обчислювальних процесів при визначенні опорних точок. Проведена оцінка точності отриманої моделі за контрольними матеріалами. Отримані результати підтвердили високу точність запропонованого алгоритму.

Література

1. Гнатушенко В.В. Геометричні моделі формування та попередньої обробки цифрових фотограмметричних зображень високого просторового розрізнення: автореф. дис. д-ра техн. наук / В.В. Гнатушенко. – Дніпропетровський національний університет. – Київ, 2009. – 27 с.
2. Жарова Н. Э., Беленов А. В., Чибунчев А.Г. Автоматическое создание цифровой модели рельефа по материалам «случайной» стереосъемки группировки космических аппаратов типа «Ресурс-П» // Геодезия и картография. – 2017, Т. 78. – № 10. – С.55-62.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КЛАПАННОГО ВУЗЛА БУРОВОГО НАСОСА

Концур І.Ф., Михайлюк В.В., Дейнега Р.О., Фафлей О.Я., Станович В.В. студент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна

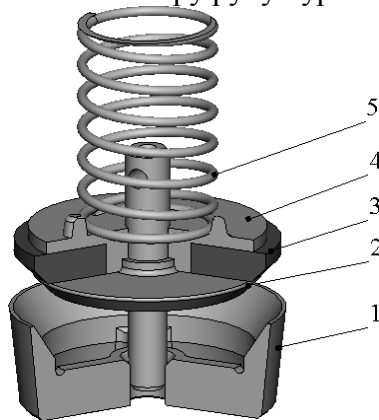
Основною частиною бурового насоса, яка визначає ефективність, надійність і довговічність його в цілому, є гідравлічна. При її розробленні виникає більше складностей, ніж при проектуванні механічної частини. Гідравлічна частина містить основні складові, а саме: гідравлічну коробку, циліндропоршневі пари, клапанні групи, шток і його ущільнення, ущільнення циліндрових і клапанних кришок тощо.

Деталі клапанного вузла бурового насоса піддаються дії значних динамічних навантажень, питомих тисків, турбулентних потоків промивної рідини, вібрації, абразивно-ударному та гідроабразивному зношуванню. Ці чинники та значні перепади тиску на клапані призводять до його руйнування. Великі подачі, що створюються насосом, обумовлюють високі швидкості протікання бурового розчину крізь щілини клапанів викликаючи їх місцеві промиви.

Відомо, що 50% часу, який витрачається на ремонт бурового насоса, складає заміна швидкозношуваних вузлів. Ресурс клапанів при роботі бурових насосів на розчинах з високою густиною і значним вмістом абразиву інколи складає 20-30 годин. Підвищення швидкохідності нових потужних бурових насосів, робочого тиску та інтенсивності процесу буріння ставлять все вищі вимоги до елементів гідравлічної частини.

У поршневому буровому насосі використовуються самодіючі клапани односторонньої дії, які пропускають промивну рідину тільки в одному напрямку і призначені: для періодичного з'єднання насосної камери з вхідним та вихідним трубопроводами у відповідності з законом руху поршня; запобігання перетікання розчину з вихідного колектора в робочу камеру насоса. Їх називають самодіючими тому, що вони працюють під дією потоку рідини [1].

Сьогодні широке використання знайшли тарілчасті клапани з еластичним ущільненням, які спрацьовують під дією власної ваги тарілки та дії пружини (рис. 1). Робоча поверхня тарілки і манжета мають конусну форму, що покращує показники роботи клапана за рахунок зменшення опору руху бурового розчину.



1 – сідло; 2 – тарілка; 3 – манжета; 4 – гайка; 5 – пружина
Рисунок 1 – Конструкція клапанного вузла бурового насоса

Дослідженню причин низького ресурсу клапанного вузла та причин виходу його з ладу присвячені роботи Бабаєва С. Г. [2, 3], Мкртичана Я. С. [4, 5], Айрапетова Л.С. [6, 7], Лівака І.Д. [9] та інших.

Відомо, що значний вплив на ресурс клапанних вузлів має якість очищення бурового розчину, концентрація та фракції абразиву в ньому. За даними [8] при видаленні з бурового розчину 100% частинок розміром більше 0,3 мм, 80% частинок розміром від 0,3 до 0,1 мм, та 35% – частинок розміром 0,06 мм пристроями гідроциклонного очищення довговічність клапанів підвищується в 2,5 рази.

Американські спеціалісти вважають, що при збільшенні концентрації піску з 1 до 4% кількість відмов бурового насоса при роботі на високих тисках збільшується учетверо.

Надійність та довговічність клапанного вузла здебільшого визначається якістю та терміном служби ущільнення (манжети). Зношування ущільнення зумовлено потраплянням до нього абразиву, а також у результаті накопичення абразиву в місцях контакту з тарілкою (рис. 2). Після зношування манжети відбувається швидке руйнування робочих поверхонь тарілки і сідла клапана.

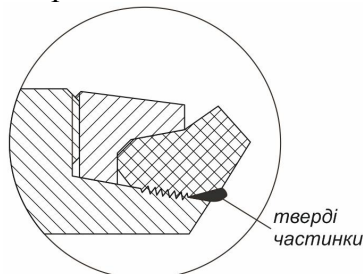
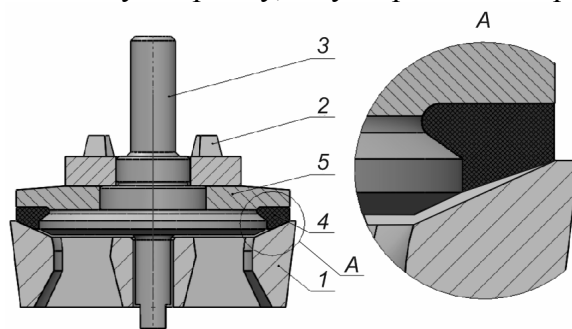


Рисунок 2 – Заповнення зазору між манжетою та тарілкою твердими частинками

Хоча для вирішення вищеписаної проблеми більшість закордонних конструкцій клапанів містять зубці на внутрішній поверхні тарілки клапана (рис. 2), повністю вирішити цю проблему за рахунок такого конструктивного рішення неможливо.

Тому пропонується конструкція клапана у якій внутрішня поверхня ущільнювальної манжети є циліндричною (рис. 3). За такої конструкції манжета буде деформуватися у вертикальному напрямку, не утворюючи зазор з тарілкою клапана.



1 – сідло; 2 – гайка; 3 – тарілка; 4 – манжета; 5 – шайба

Рисунок 3 – Запропонована конструкція манжети клапана

Дослідження процесу деформування манжети та визначення напружено-деформованого стану елементів клапана бурового насоса виконано у програмі, алгоритм якої базується на методі кінцевих елементів.

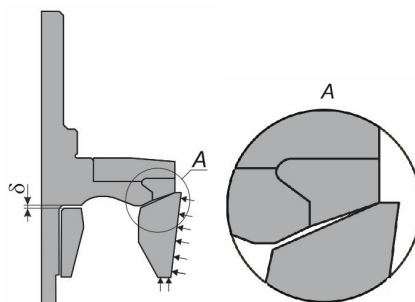


Рисунок 4 – Розрахункова схема

Граничні умови, що прикладені до моделі клапана, зображені на рис. 4. Для фіксування елементів моделі клапана вибрано поверхні його сідла. У цій моделі на задавались навантаження на клапан, а задано переміщення тарілки клапана на величину $\delta=1,75$ мм.

Імітаційне дослідження клапана проведено у нелінійній постановці, оскільки матеріалами деталей вибрано сталь з границею текучості 810 МПа, а матеріалом манжети прийнято поліуретан з нелінійною поведінкою.

Згідно з отриманими результатами дослідження найбільше у конструкції клапана буде деформуватись манжета (рис. 5). Проте, як і прогнозувалося під час розроблення конструкції клапана, за рахунок циліндричної частини внутрішньої поверхні манжети, під час її деформації не відбувається її відокремлення від поверхні тарілки. Отже, за такої роботи клапана не утворюватиметься зазор, у який потраплятимуть тверді частинки, за рахунок чого і підвищиться його ресурс.



Рисунок 5 – Переміщення

Висновки. Під час детального аналізу роботи клапана встановлено, що однією з причин, яка призводить до зменшення його ресурсу є потрапляння твердих частинок у зазор між манжетою та тарілкою. Для виключення цього явища запропоновано змінити форму манжети, щоб вона деформувалась у вертикальному напрямку (не утворюючи при цьому зазор між нею і тарілкою). Для підтвердження роботоздатності запропонованої конструкції манжети тарілки побудовано тримірну модель клапана та проведено імітаційне дослідження. Проаналізувавши результати імітаційного дослідження встановлено, що запропонована конструкція клапана працюватиме так, як і прогнозувалось ще під час її розроблення (при деформуванні манжети не утворюватиметься зазор між нею і тарілкою, у який потрапляють тверді частинки) і значно зросте його ресурс.

Література

1. Чаплінський С.С., Одосій З.М., Шиманський В.Я. Конструкції клапанних вузлів бурових насосів та шляхи їх покращення. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2010. № 3(36)
2. Бабаев С.Г. Повышение надежности оборудования, применяемого для бурения на нефть и газ / С.Г. Бабаев, Ю.А. Васильев. – М.: Машиностроение, 1972. – 160 с.
3. Бабаев С.Г. Надежность и долговечность бурового оборудования / С.Г. Бабаев – М.: Недра, 1974. – 184 с.
4. Мкртычан Я.С. Повышение эффективности эксплуатации буровых насосных установок / Я.С. Мкртычан. – М.: Недра, 1984. – 207 с.
5. Мкртычан Я.С. Повышение надежности трехпоршневых буровых насосов: [обзор. инф.] / Я.С. Мкртычан, Л.Н. Горонович, И.Ф. Концур. – М.: ВНИИОЭНГ, 1981. – 68 с. – (Сер. “Машины и нефть. оборудование”, Вып. 3).
6. Айрапетов Л.С. К вопросу о выборе углов рабочих поверхностей клапанов поршневых насосов / Л.С. Айрапетов // РНТС ВНИИОЭНГ Сер. “Машины и нефтяное оборудование” – 1977. – №5. – С. 9-11.
7. Айрапетов Л.С. Исследование работы клапанов поршневых буровых насосов и разработка методики их расчета: Автореф. Дис.к.т.н. / Л. С. Айрапетов. – М., 1980. – 24 с.
8. Ибатулов К.А. Гидравлические машины и механизмы в нефтяной промышленности / К.А. Ибатулов. – М.: Недра, 1972. – 288 с.
9. Ливак И.Д. Исследование трехпоршневых буровых насосов и усовершенствование конструкций клапанных групп: Ди канд. техн. наук. / И.Д. Ливак. - Ивано-Франковск, 1996. – 212 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИСОКОНАПІРНОГО УЩІЛЬНЕННЯ БУРОВОГО ВЕРТЛЮГА

Лях М.М., Михайлюк В.В., Дейнега Р.О., Буй В.В., Канівець М.В.,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна

Високонапірні ущільнювальні пристрої є одними з основних елементів, від яких багато в чому залежить надійність роботи бурового вертлюга, оскільки вони є найбільш слабкою ланкою його конструкції. При виході ущільнень із ладу вертлюг стає непрацездатним, а в окремих випадках може виникнути екстремальна ситуація, що призведе до аварії. При проектуванні ущільнювальних пристроїв необхідно враховувати характер робочого середовища (рідина, газ, пара), тиск, температуру, швидкість відносного переміщення деталей з'єднання та ресурс ущільнення й величину допустимого витoku. Важливу роль відіграє і форма ущільнюючих елементів та розподіл контактного тиску.

Вихід з ладу манжет відбувається із причини попадання абразивних частинок із бурового розчину між контактуючі поверхні високонапірного патрубку і манжети.

Руйнування манжет починається з поступового відриву (вищипування) невеликих часток гуми, що видавлюються в зазор, потім ушкодження збільшується - поширюється вглиб лопаті й закінчується проривом рідини через отвір, що утворився.

Також при використанні високонапірного патрубку у якого пошкоджена поверхня його контакту із ущільненням, призводить до пришвидшеного руйнування ущільнення.

Звісно існують шляхи покращення манжет.

Серед них наступні ймовірні шляхи вдосконалення манжетних ущільнень:

- 1) 1) виготовлення раціональної форми манжет з посиленою опорною частиною;
- 2) 2) підвищення довговічності за рахунок застосування нових міцніших матеріалів, введення захисних кілець із фторопласта;
- 3) 3) створення нових марок гуми, що забезпечують надійну роботу при низьких температурах;
- 4) створення манжет зі спеціальним зовнішнім покриттям, що захищатиме від прилипання до металевих деталей при відсутності руху запірних деталей.

Виходячи із будови та принципу дії високонапірного ущільнення вертлюга зрозуміло, що термін його безвідмовної експлуатації залежить від терміну експлуатації манжет. У зв'язку із цим пропонується наступна конструкція ущільнення, зображена на рис. 3.8.

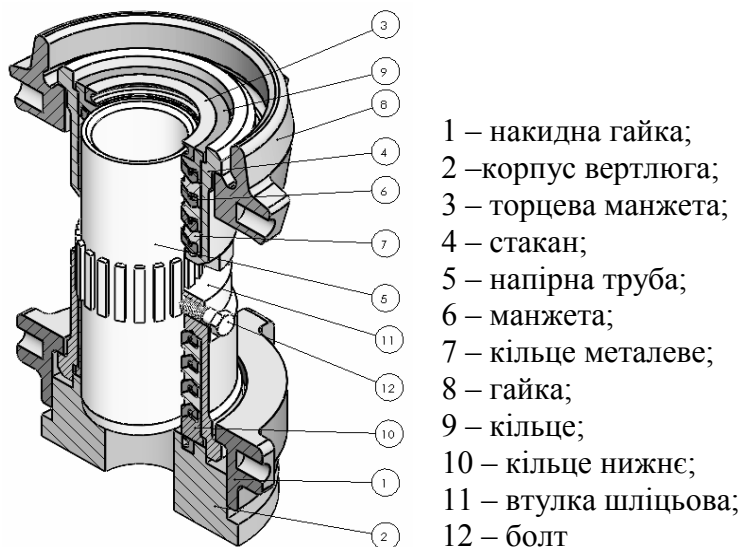


Рисунок 2 – Модернізована конструкція високонапірного ущільнення вертлюга

Зміст вдосконалення полягає у тому, що з метою подовження майже у двічі терміну служби ущільнення пропонується замінити його існуючу верхню частину на нижню. Відомо, що при роботі вертлюга стандартної конструкції верхня частина ущільнення утримує напірну трубу від обертання, а навколо труби обертається нижня частина. Для почергового утримання від обертання напірної труби у верхньому або нижньому ущільненні слід при виготовленні напірної труби виконати на ній шліци (рис. 3).

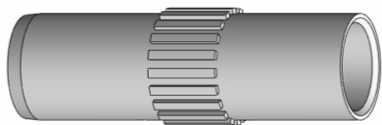


Рисунок 3 – Напірна труба з виконаними на її зовнішній поверхні шліцами

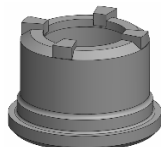


Рисунок 4 – Стакан, з розміщеними на зовнішній торцевій поверхні чотирма виступами

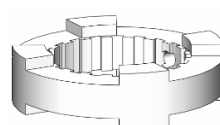


Рисунок 5 – Шліцьова втулка із внутрішніми шліцами та виступами на торцевих поверхх

Додатково необхідно змінити конструкцію стакана (рис. 4) таким чином, щоб на верхній частині були розміщені виступи. Побідні виступи повинні бути виконані на додатково встановленій деталі – втулці шліцьовій (рис. 5).

Отже, термін експлуатації високонапірного ущільнення вертлюга без розбирання і заміни високонапірного ущільнення збільшиться у 2 рази, оскільки у його конструкції є дві рівноцінні робочі групи ущільнень.

Література

1. Булатов А.И., Проселков Ю.М., Шаманов С.А. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учеб. для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 1007 с.: ил.
2. Ефимченко С.И., Пригазв А.К. Расчет и конструирование машин и оборудования для бурения нефтяных и газовых скважин. Учебник для ВУЗов. – М.: ФГУП, из-во «Нефть и газ», РГУ нефти им. И.М. Губкина, 2006. – 736 с.
3. Раабен А.А., Шевалдин П.Е., Максutow Н.Х. Монтаж и ремонт бурового и эксплуатационного оборудования. – М.: Недра. – 1975.
4. [Аврущенко Б. Х. Резиновые уплотнители. Л., «Химия», 1978. — 136 с.](#)
5. [Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Л. А. Кондаков, А. И. Голубев, В. Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова.-М.: Машиностроение, 1986.-464 с., ил.](#)

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

Малайчук В.П. д.т.н., Клименко С.В. к.т.н., Кудреватих О.Т.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

При розробці і випробуваннях технічних об'єктів одним з джерел інформації про їх стан, міцність можуть бути оптичні, термічні, тензометричні, голографічні, рентгенівські, та інші цифрові зображення. Це матриці вимірювань авто і взаємно корельованих випадкових величин. Їх дослідження, оцінка змін статистичних закономірностей, параметрів, кореляційних зв'язків, а також факторний візуально-аналітичний аналіз результатів дослідження дозволяє готувати дані для прийняття рішень про їх стан технічного об'єкту в процесі проектування, випробування, діагностики при експлуатації.

Класичний метод обробки матриць таких експериментальних вимірювань - це оцінка їх математичних очікувань, дисперсій, коефіцієнтів кореляції, емпіричних функцій і законів розподілу ймовірностей. Такі інтегральні оцінки є інформативними показниками статистичної однорідності вимірювань об'єктів, що випробовуються. Вони використовуються при повторних випробуваннях або при порівнянні станів двох і більше однотипних об'єктів. Серед них найбільш ефективними є емпіричні функції розподілу ймовірностей для порівняння матриць незалежних випадкових величин з невідомими статистичними закономірностями.

У матрицях вимірювань цифрових зображень вибірки рядків і стовпців авто і взаємно корельовані. Їх оцінки містять інформацію про стан, як і міцності технічних об'єктів і, але ця інформація руйнується при формуванні емпіричних функцій і законів розподілу ймовірностей відомими статистичними методами. Руйнується також зв'язок вимірювань з їх координатами.

Розглянуто теоретичні основи нової інформаційної технології обробки вимірювань цифрових зображень шляхом перетворення матриць, проведення обчислювальних експериментів і візуально-аналітичного аналізу результатів.

КОНСТРУКЦІЯ ЄМНОСТІ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГОРІННЯ ПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Мельник В.О., Буй В.В.,

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна*

Сьогодні, у більшості країн світу виникають проблеми, пов'язані із забезпеченням власної енергетичної безпеки. Вони викликані виснаженням родовищ, подорожчанням видобутку та транспортування нафти, а також пов'язаними з цим екологічними проблемами. Це змушує постійно проводити пошук шляхів підвищення енергоефективності використання вуглеводнів та нафтопродуктів. Одним із таких шляхів є застосування водоемульсійних палив (ВЕП).

Значний внесок у вивчення процесів, що протікають при емульгуванні та горінні ВЕП внесли С. Я. Корницький, І. А. Тув [1], В. М. Іванов, I. Cornet, A. T. Abdelfattch, Y. Ishii, F. L. Dryer [2] та ін.

Оскільки відомі теорії горіння ВЕП містять суперечливий характер, то дослідження особливостей горіння ВЕП є актуальною задачею, яку неможливо вирішити без спеціального лабораторного устаткування.

Під час проектування такого устаткування необхідно максимально знизити енерго- і матеріалозатрати на його виготовлення, затрати на експлуатацію та обслуговування. Це можна забезпечити за рахунок попереднього аналізу умов роботи з подальшим розробленням та оптимізацією кожного елемента лабораторної устаткування.

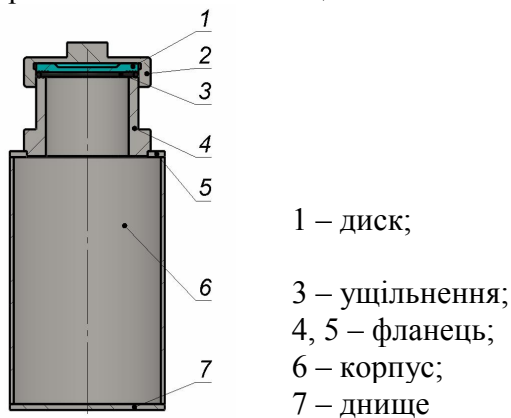


Рисунок 1 – Ємність

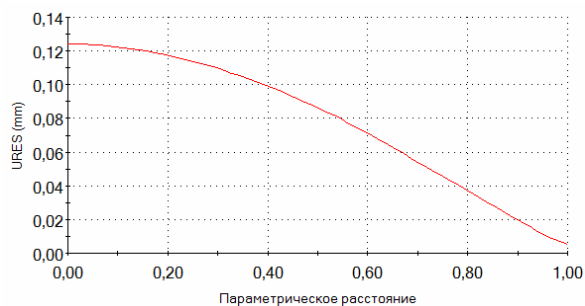


Рисунок 2 – Переміщення днища ємності при дії тиску та температури

Одним з елементів установки, від якого залежить ефективність її роботи, є ємність для нагрівання нафти (рис. 1). Ємність є циліндричною посудиною, яка складається з корпуса 6, приварного днища 7 та фланців 4, 5. Оскільки ємність буде нагріватися індукційною плитою, до її конструкції ставляться наступні дві вимоги:

- 1) необхідний діаметр ємності від 120 до 220 мм;
- 2) щільне прилягання днища посудини до поверхні плити.

Для забезпечення першої вимоги згідно ГОСТ 10704-91 вибрано трубу діаметром 159 мм та товщиною 4 мм.

Для забезпечення другої вимоги (при температурі робочого середовища 130 °C та робочому тиску 0,5 МПа) у програмному середовищі SolidWorks Simulation [3] визначено необхідну товщину днища, яка становить 7 мм. Графік переміщення днища (по осі X зображено радіус днища, а по осі Y – величина переміщення) наведений на рис. 2.

Література

1. Тув И. А. Сжигание обводненных мазутов в судовых котлах. – Л.: Судостроение, 1968. – 196 с.
2. Dryer F. L., Rambach G. D., Glassman I. Some preliminary observations on the combustion of heavy fuels and water-in-fuel emulsions // Aerospace and mechanical sciences report / Princeton university, USA. – 1976. – N 1271. – P. 61–66.
3. Алямовський А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks / Алямовський А.А. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.

ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЛОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ СВЕРДЛОВИННОГО СТРУМИННОГО НАСОСА

Паневник Д.О.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

В сучасних умовах здійснення інженерної діяльності все частіше виникає потреба в комп'ютерному моделюванні. В першу чергу це стосується не тільки проектування металоконструкцій, механізмів та машин але і гідравлічних процесів. В переважній більшості випадків для проведення розрахунків використовують інженерні розрахункові комплекси (програми SolidWorks, Ansys), застосування яких базується на використанні методу скінченних елементів.

Метою проведення досліджень є визначення оптимальної довжини камери змішування свердловинного струминного насоса, яка забезпечує його роботу в режимі максимального ККД.

Незважаючи на значний об'єм проведених досліджень автори роботи [1] обмежились виключно аналізом трансформації профілю швидкостей вздовж проточної частини струминного насоса без визначення довжини камери змішування, що відповідає усталеному розподілу гідродинамічних параметрів. Незважаючи на значний обсяг та високу достовірність приведених в роботі [2] досліджень їх результати не можуть використовуватись для конструювання свердловинних струминних насосів, величина геометричного параметра для яких сьогодні не перевищує значення $K_{ch}=6,25$.

Імітаційне моделювання швидкостей в проточній частині струминного насоса проведено в інженерно-розрахунковому комплексі ANSYS CFX – CFD, який використовується для вирішення задач гідро-газодинаміки. Тривимірний модель струминного насоса розроблена з застосуванням інтегрованого модуля Workbench – DesignModeler, в основі якого лежить принцип “параметричного моделювання на використанні передісторії” (history-based parametric workflows), що передбачає створення геометричної моделі шляхом опису послідовності перетворень геометрії.

Для створення сітки скінченних елементів було використано модуль генератора сітки – ANSYS ICEM-CFD, що підтримує широкий спектр імпортованих CAD-даних і фасеткових даних, в тому числі формат STL. Кількість елементів моделі складає близько 500 тисяч.

Для збільшення кількості елементів в пристіночній зоні проточної частини струминного насоса використано функцію «Inflation».

Для моделювання ежектора були прийняті наступні граничні умови: робоча витрата ежектора 20 л/с (Inlet), тиск інжектваного потоку 24,5 МПа (Opening), тиск змішаного потоку 26,5 МПа (Opening).

Виведення та обробка результатів проводилась з використанням вмонтованого модуля програмного комплексу ANSYS – «Results».

В процесі визначення оптимальної довжини камери змішування проведено низку імітаційних досліджень для побудови кривих профілю зміни швидкостей на різних відстані від вхідного перерізу. Отриманий характер розподілу осьових швидкостей вздовж камери змішування дозволив визначити початок горизонтальної ділянки даної залежності, що відповідає оптимальній довжині камери змішування.

Оптимальна довжина камери змішування забезпечує у вихідному перерізі повне вирівнювання профілю швидкостей змішуваних потоків.

Література

1. Hesham A.M.A. New one-dimensional flow theory of the jet pump with two coaxial streams differ from each other in density and viscosity / A.M.A.Hesham, S.Michail, M.Abou-Ellail // Proceeding Offshore Mediterranean Conference and Exhibition, Ravenna (Italy), March 28–30 2007. – Ravenna, 2007. – 10 p.
2. Yapici R. Optimization of water jet pumps using numerical simulation / R.Yapici, K.Aldas // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. – 2013. – № 6. – P.438–449.

О МОДЕЛЯХ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

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

Институт технической механики Национальной академии наук Украины и

Государственного космического агентства Украины

Одной из проблем современных информационных систем (ИС) является проблема обеспечения их надёжности на всех этапах жизненного цикла: при проектировании, изготовлении и эксплуатации.

В работе рассматривается надёжность ИС на этапе проектирования, которая для ИС является относительно новой дисциплиной. Проектирование надёжности ИС должно начинаться с разработки модели.

Модели надёжности необходимы при проектировании системы для выбора варианта, который будет обеспечивать ее эффективное функционирование в процессе реальной эксплуатации. При этом используют структурные схемы надёжности или деревья неисправностей, при помощи которых представляется взаимоотношение между различными частями (компонентами) системы. Методология надёжности ИС оперирует не только с процессами отказов и восстановления технических средств, она также учитывает влияние проявленных ошибок в программном обеспечении, ошибок операторов и ошибок во входной информации на результаты выполнения предусмотренных алгоритмов.

Поскольку на начальных этапах проектирования применение методов повышения надёжности объекта (в частности, резервирования), как правило, не предусматривается, то для оценки норм надёжности используются формулы для систем с последовательным соединением элементов. Расчет проводится при следующих допущениях: отказы элементов являются случайными и независимыми; в расчете учитываются только элементы, входящие в основную функциональную схему объекта; параметры надёжности подчиняются экспоненциальному закону (интенсивности отказов не зависят от времени); влияние условий работы учитывается приближенно.

Учитывая, что ИС – это сложная программно-аппаратная система, включающая в свой состав человеко-машинные звенья, технические средства и программное обеспечение, то вероятность безотказной работы $P(t)$ системы на временном интервале $[0, t]$ будет равна произведению вероятностей безотказной работы $P_i(t)$, $i = \overline{1, n}$ систем:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (1)$$

Для высоконадежных систем $a(t) \approx \lambda(t)$, где $a(t)$ – частота отказов, а $\lambda(t)$ – интенсивность отказов.

Вероятность безотказной работы является основной характеристикой безотказности объекта на заданном временном интервале

$$P(t) = P(\xi > t), \quad t \geq 0, \quad (2)$$

где t – заданная наработка, ξ – случайное время работы объекта до отказа.

Можно показать, что с погрешностью $\left[\sum_{i=1}^n Q_{i=1}(t) \right]^2 / 2$ имеет место формула для вероятности безотказной работы высоконадежной системы

$$P_c(t) \approx 1 - \sum_{i=1}^n Q_{i=1}(t), \quad (3)$$

где $Q_i(t)$ – вероятность отказа i -ой системы.

В работе приводятся приближенные выражения показателей надёжности для высоконадежных систем: вероятности безотказной работы, коэффициентов готовности коэффициента оперативной готовности.

ПІДГОТОВКА ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

Ромашко А.С. к.т.н., Кравець О.М. к.т.н., Камінський В.В., студент

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Основні підходи до процедури оцінювання ризиків машин, на які розповсюджується дія «Технічного регламенту безпеки машин» [1], визначені в стандарті ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків». Варто зазначити, що при оцінюванні та зменшенні ризиків, окрім зазначеного стандарту, інформації з опису машини та інформації заснованої на досвіді використання, додатково застосовують й інші стандарти [2]:

– стандарти що стосуються окремих аспектів безпеки машин, або конкретних видів захисту (наприклад мінімальних проміжків для уникнення здавлювання частин тіла людини, ергономіки, сигналів небезпеки, обмеження зусиль під час роботи, вібрації, удару, шуму, блокувальних пристроїв, протипожежного захисту, вмісту шкідливих речовин і т.д.),

– стандарти, що містять вимоги для певної категорії машин (наприклад ДСТУ EN 692:2014 «Механічні верстати. Механічні преси. Безпека», ДСТУ EN 1550:2014 «Безпечність металорізальних верстатів. Вимоги щодо безпеки у разі проектування та виготовлення патронів для оброблюваних деталей», ДСТУ EN 12417:2014 «Безпечність верстатів. Обробляючі центри» і т.д.).

Розглянемо основні положення ДСТУ EN ISO 12100:2016 щодо оцінювання ризиків. Оцінювання ризику полягає в визначенні граничних можливостей машинного устаткування та ідентифікації небезпек, як при правильному використанні машини, так і при можливому неправильному її використанні, визначенні небезпечних ситуацій, визначенні ризиків для кожної небезпеки та небезпечної ситуації та їх окресленні.

При визначенні граничних можливостей машинного устаткування враховують: границі використання - режими роботи, можливі процедури обслуговування, передбачуване використання (наприклад промислове) особами з певними здатностями (фізичними можливостями, певними знаннями, досвідом, здібностями), нараження на небезпеку інших осіб (операторів сусідніх машин, відвідувачів і т.д.); просторові обмеження; часові обмеження; інші обмеження. Ідентифікацію небезпек і постійних і таких, що можуть виникнути несподівано здійснюють відносно всього життєвого циклу машини. Після ідентифікації небезпеки виявляють ризики та їх елементи (важкість шкоди та можливість: виникнення шкоди, виникнення небезпечної події, усунення чи обмеження шкоди). Можливість виникнення шкоди чи небезпечної події може бути якісною та кількісною (на підставі існуючих даних). Можлива ситуація, коли кількісні дані відсутні чи недоступні, тоді обмежуються лише якісною оцінкою. Останнім етапом оцінювання ризику є його окреслення під час якого визначають чи потрібне зменшення ризику. Тобто окреслення ризику це висновок, на основі аналізу ризику, щодо необхідності зменшення цього ризику конструктивними засобами захисту (зміни конструкції чи робочих характеристик), додатковими заходами (огорожі та додаткові запобіжні заходи) чи інформацією для користувача. При окресленні ризику також визначаються нові небезпеки, спричинені змінами внаслідок дій зі зменшення первинного ризику до найнижчого практичного рівня.

Література

1. Технічний регламент безпеки машин [Електронний ресурс] – Режим доступу - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-п/paran11> - Дата звернення 30.01.2019 р. - Назва з екрана.
2. Реєстр технічних регламентів [Електронний ресурс] – Режим доступу - <http://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=10f8850c-347e-43c9-a87a-b11a4787cdfd&tag=TekhnichniReglamenti> - Дата звернення 30.01.2019 р. - Назва з екрана.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ ІНЖЕНЕРІЇ ЗНАНЬ

Сагайда П.І. д.т.н.

Донбаська державна машинобудівна академія

У сучасних комп'ютерних систем для підтримки інженерної діяльності, у тому числі в інтегрованих САПР складних виробів, таких, наприклад, як механічні конструкції зі складною геометрією робочих поверхонь, або нові матеріали, отримані шляхом інтенсивних пластичних деформацій, при проектуванні виробу й технологічних процесів його виготовлення потрібна організація багатомодульного програмного комплексу з різномірною функціональністю використовуваних модулів і бібліотек функцій. Важливим і дотепер не вирішеним питанням є ефективна інформаційна підтримка інженерів-конструкторів і технологів на концептуальних етапах проектування виробу й техпроцесів його виготовлення.

Метою роботи є розробка й реалізація компонентів інтегрованих САПР як різновидів алгоритмічно-програмних засобів комп'ютерних систем (КС) для інтелектуальної обробки даних (ІОД), з використанням інженерії знань про роботу предметної області (ПрО) й процеси ІОД. Для інформаційної підтримки інженерної діяльності розроблено й реалізовано, у вигляді компонентів КС для ІОД, методику розробки й інтеграції підсистем підтримки інженерної діяльності та прийняття рішень, у складі інтегрованої САПР складних виробів. Онтологію ПрО, що представляє компоненти розробленої методики, наведено на рис. 1. В процесі досягнення мети розроблено й досліджено методи й засоби для: інформаційного забезпечення експертного оцінювання альтернатив; моделювання на основі гібридних нейронно-нечітких мереж; категоріально-онтологічного моделювання ПрО й бізнес-процесів; моделі представлення й формати зберігання знань у СДІЗ [1].

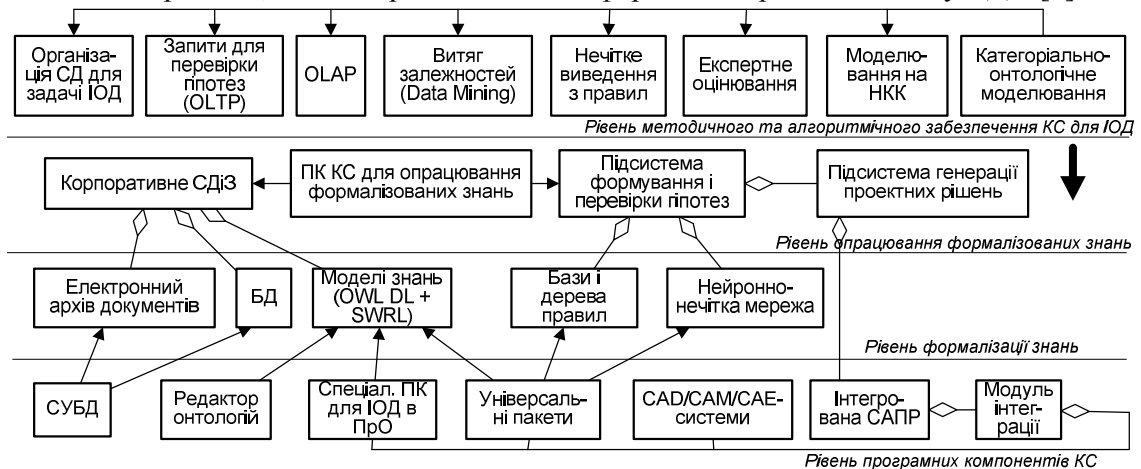


Рисунок 1 – Онтологія предметної області «Розробка й інтеграція підсистем інформаційної підтримки інженерної діяльності»

Для забезпечення ефективної інтеграції програмних компонентів у єдиний комплекс алгоритмічно-програмних засобів виконано обґрунтування вибору існуючих технологій динамічного обміну даними між потоками й процесами. Спроековано і реалізовано програмний комплекс КС для ІОД, який забезпечує роботу з БД САПР технологічних процесів й програмний доступ до гіперкубу, розгорнутого в рамках оперативного аналізу даних (On-line Analysis Processing – OLAP) з використанням функціональних можливостей служб Analysis Services СУБД MS SQL Server 2012. Впровадження результатів роботи у вигляді програмних компонентів КС для ІОД дало суттєвий системний ефект.

Література

1. Сагайда П.І. Алгоритмічні засоби та програмні компоненти комп'ютерних систем інтелектуальної обробки даних в організаційно-технічних комплексах: дис. ... докт. техн. наук: 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти / П.І. Сагайда. – Покровськ, 2018. – 561 с.

В НЕСТАНДАРТНОМ БАЗИСЕ

Тимошкин А.И. к.ф.-м.н.

Национальная металлургическая академия Украины

Важнейшей задачей технической диагностики цифровых систем является задача получения коротких проверяющих (обнаруживающих) тестов цифровых интегральных микросхем.

В системах обработки информации всевозрастающую роль играют цифровые интегральные схемы с регулярной структурой (сумматоры, вычитатели, умножители, делители и т.п.). В работе [1] предложены контролепригодные функционально-логические схемы двоичного сумматора с последовательным переносом, обладающие проверяющими тестами длины 4 относительно одиночных константных неисправностей их сигнальных линий. В данной работе предлагается интересная с точки зрения практики разработки больших и сверхбольших интегральных схем (БИС и СБИС) контролепригодная функционально-логическая схема двоичного вычитателя с последовательным заёмом между разрядами, обладающая проверяющим тестом длины 4 относительно одиночных константных неисправностей. Контролепригодная логическая схема полного одноразрядного вычитателя представлена на рисунке 1. Для реализации булевых функций разности D_i и заёма V_i i -го разряда (где a_i – уменьшаемое, b_i – вычитаемое, u – дополнительный управляющий вход, $1 \leq i \leq n-1$) используется логический базис, состоящий из двухвходовых элементов «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ», «ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ» и инвертора. При этом электрическая схема элемента «ЭКВИВАЛЕНТНОСТЬ» представлена на рисунке 2 [2].

Контролепригодная схема n -разрядного (где n – натуральное число) двоичного вычитателя получается из n контролепригодных схем полного одноразрядного вычитателя путем соединения выхода заёма V_i i -й схемы со входом заёма v_{i+1} $(i+1)$ -й схемы (где $1 \leq i \leq n-1$) и объединением управляющих входов.

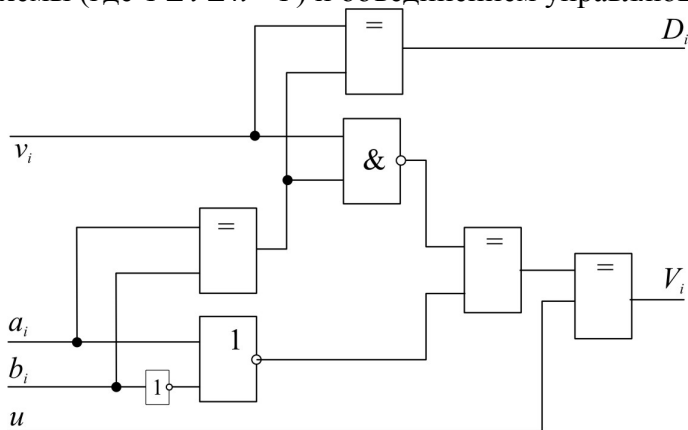


Рисунок 1

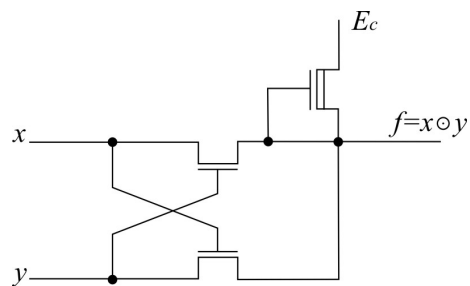


Рисунок 2

Литература

1. Тимошкин А.И. Контролепригодные схемы двоичных сумматоров // Материалы международной научно-технической конференции «ИТММ», Днепр, 2016, с. 48.
2. Мурог С. Системное проектирование сверхбольших интегральных схем. Кн. 1. – М.: Мир, 1985.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ ЕЛЕМЕНТІВ ДРОСЕЛЯ ФОНТАННОЇ АРМАТУРИ

Федорович Я.Т., Михайлюк В.В., Дейнега Р.О., Коваль Б.І. студент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
м. Івано-Франківськ, Україна

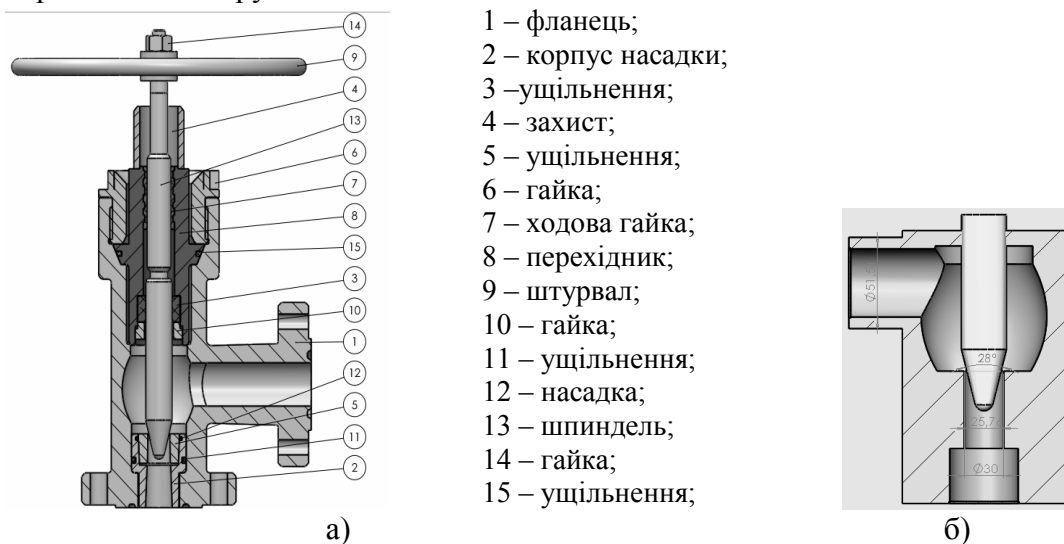
Ефективність використання машин та обладнання нафтогазової галузі неможливе без вирішення завдань, пов'язаних із підвищенням зносостійкості їх вузлів та деталей. До 80% відмов обладнання, особливо того, що контактує із абразивом, викликано зносом робочих поверхонь, при цьому величина зносу у більшості випадків не перевищує 0,3...1,0 мм.

Умови роботи деталей машин та обладнання нафтової і газової галузі характеризуються високими механічними і тепловими навантаженнями, наявністю агресивних середовищ, присутністю у зоні контакту робочих поверхонь абразивних частинок або безпосереднім контактом з високотвердими гірськими породами і ґрунтами.

Одним із видів обладнання, що піддається інтенсивному зношуванню є елементи фонтанних арматур (засувки, дроселі тощо). Під час експлуатації елементи дроселя (наконечник та насадка) піддаються руйнівному впливу робочого середовища, у результаті чого відбувається газоабразивний знос, і як наслідок, регулювання режиму роботи фонтанної свердловини стає неможливим.

Прогнозувати величину та місце зношування частин складного за профілем поверхні обладнання є досить складно. Проте, з появою комп'ютерних програм, що реалізують метод кінцевих елементів це стало значно простіше.

Для визначення місця та величини зносу конструктивних елементів дроселя побудовано тримірну модель (рис. 1, а), але для проведення імітаційного моделювання цю ж модель спрощено (рис. 1, б). Проте, таке спрощення на похибку отриманих результатів не впливатиме, оскільки протічна частина дроселя залишилась такою ж як і у не спрощеній конструкції.



а – конструкція; б – спрощена модель для імітаційного дослідження

Рисунок 1 – Дросель регульований

Вхідними даними для проведення імітаційного моделювання прийнято:

- витрата рідини на вході у дросель – $0,02 \text{ м}^3$;
- тиск на виході дроселя – 2 МПа;
- робоче середовище – повітря;
- абразивні домішки – пісок;
- розміри абразиву – від 0,1 до 0,5 мм.

На рис. 2 зображено швидкість зношування поверхні наконечника при різних фракціях піску (від 0,1 мм до 0,5 мм).

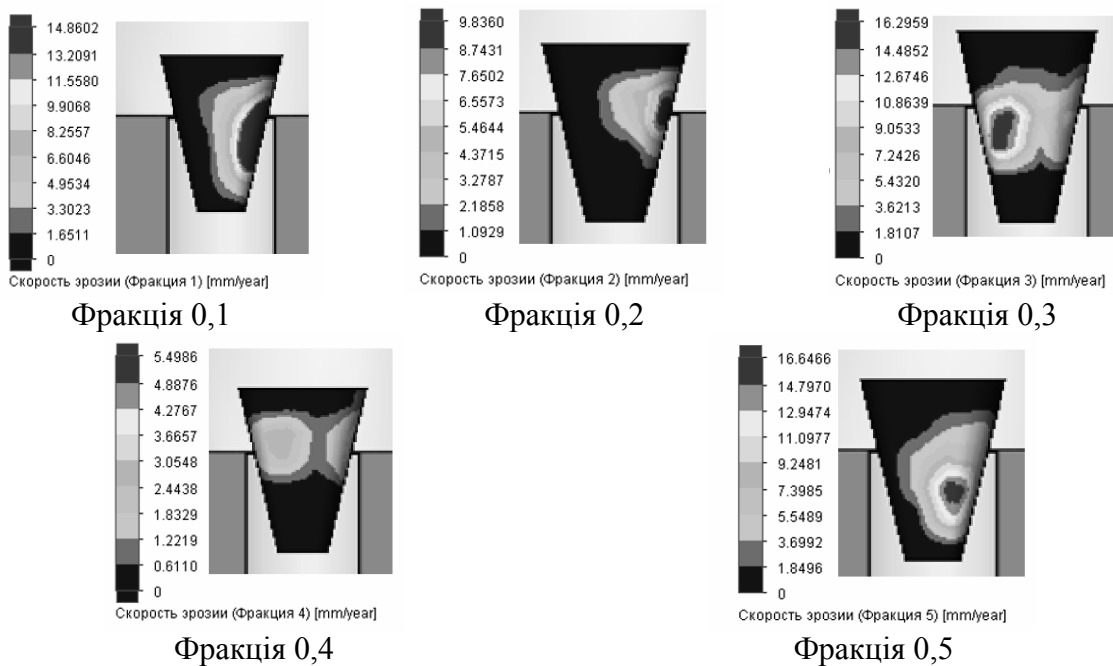


Рисунок 2 – Швидкість зношування поверхні наконечника при різних фракціях піску

Проаналізувавши отримані результати можна зробити висновок, що поведінка газу із різними фракціями піску є складною, оскільки при найменшому заданому розмірі частинки піску величина зносу наконечника становить 16 мм/рік, і надалі із збільшенням розміру частинок не спостерігається лінійного збільшення величини зносу. Крім того, при різних величинах частинок піску спостерігається переміщення зони зносу наконечника від протилежної від входу газу сторони (рис. 2, розмір частинок 0,1) до бокових сторін наконечника (рис. 2, розміри частинок: 0,3; 0,4; 0,5).

Тому для побудови графічних залежностей зносу наконечника прийнято взяти дві лінії на поверхні наконечника, які у тримірній моделі побудовані на площинах, кут між якими становить 90° .

На рис. 3 зображено величину зносу по лінії 1, а на рис. 4 – по лінії 2.

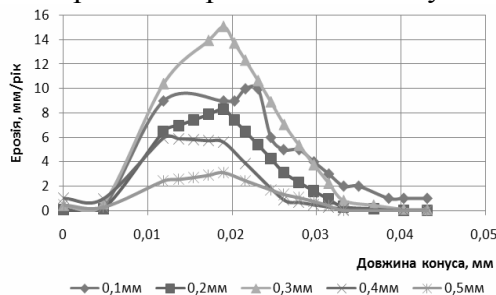


Рисунок 3 – Величина зносу наконечника для різних розмірів частинок піску по лінії на фронтальній площині

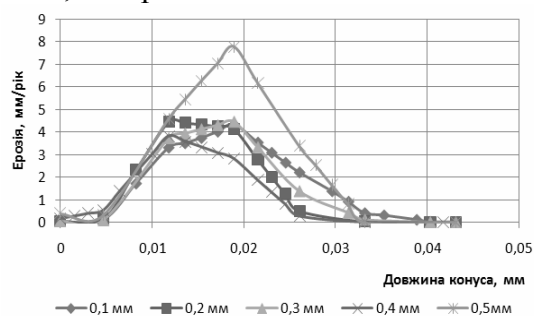
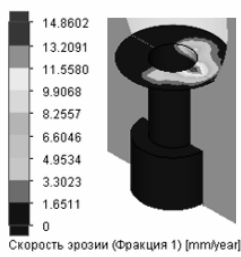


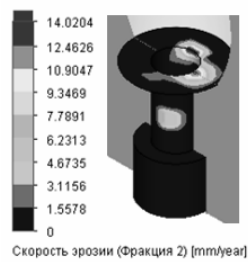
Рисунок 4 – Величина зносу наконечника для різних розмірів частинок піску по лінії на площині, яка на 90° повернена відносно фронтальної

Отже, максимальна величина зносу наконечника становить 15 мм/рік.

Також не менш важливим є питання величини зносу на інших внутрішніх поверхнях дроселя, окрім наконечника. Тому на рис. 5 зображено місця зносу поверхонь насадки дроселя, максимальне значення якого становить 46 мм/рік, а на рис. 6 – знос поверхонь перед насадкою дроселя (3 мм/рік).



Фракція 0,1



Фракція 0,2



Фракція 0,3

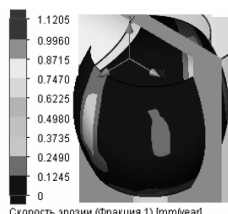


Фракція 0,4

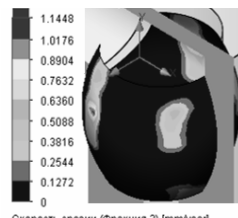


Фракція 0,5

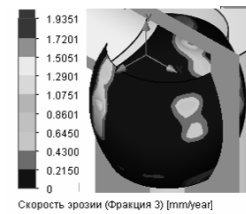
Рисунок 5 – Знос насадки дроселя



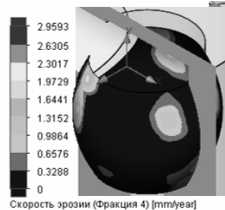
Фракція 0,1



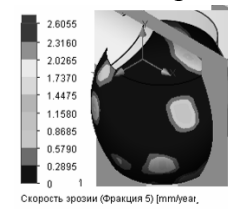
Фракція 0,2



Фракція 0,3



Фракція 0,4



Фракція 0,5

Рисунок 5 – Знос поверхонь перед насадкою дроселя

Висновки

На прикладі дроселя фонтанної арматури досліджено процес зносу його елементів залежно від діаметру піщинок, що знаходяться у потоці газу.

За результатами імітаційного моделювання встановлено, що величина та місце максимального зносу елементів дроселя є різним, залежно від розміру піщинок. Величина зносу наконечника дроселя становить 15 мм/рік, причому найбільше зношується не наконечник, а насадка (46 мм/рік). Також встановлено, що величина зносу поверхонь, що розміщені перед насадкою, у порівнянні із зносом наконечника та насадки, є значно меншою, та становить 3 мм/рік.

Виходячи з наведеного алгоритму імітаційного моделювання та отриманих результатів побудована модель регульованого дроселя у подальшому може слугувати базою для наступних його досліджень, а саме: оптимізації конуса наконечника з метою зменшення величини зносу самого наконечника; дослідження впливу швидкості перепаду тиску на величину зносу елементів дроселя; оптимізації конструкції.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ ПРОЦЕДУР В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Шевченко Г.Я. к.т.н., Шумейко О.О. д.т.н., Белозубенко В.С. д.э.н., Исамбаев В.В.

Научный центр Noosphere, Днепровский государственный технический университет

Одним из основных этапов любого исследования является структуризация или кластеризация полученных данных. И визуальное представление такой структуризации играет немаловажную, а иногда и главную роль, особенно когда требуется анализировать многомерные данные, представляющие определенную сложность для многих исследователей-предметников, мало знакомых с основами Data Science. Это связано с чувственным происхождением всего нашего знания и визуализация фактически выполняет функцию средства связи между объектом исследования и исследователем, причем визуализация позволяет увидеть экспериментальные данные в целом, наглядно, при этом исследователь воспринимает наибольшее количество информации.

Впервые такой акцент на визуальном представлении данных сделал замечательный американский математик и статистик Дж.Тьюки. Настаивая на визуализации, он подчеркивал, что числовые свертки данных делают акцент на ожидаемом, а графические представления – на неожиданном. Он же, развивая свой подход, пришел к идее разведочного анализа, который теперь называют Data Mining. Визуализация в анализе данных сегодня применяется все более активно, приводя к смене парадигм в статистике – вместо формализации визуализация, о чем говорили К.Исикава, Г.Тагути и др.

Очень часто, при проведении разведочного анализа, куда можно включить и кластеризацию, используются так называемые таблицы объект-свойство (ТОС). При проведении процедуры кластеризации в большинстве случаев требуется предварительно указать число кластеров, исходя либо из каких-то предположений либо прибегая к специальным вычислениям. Однако такие предположения связаны со значительными издержками – необходимо глубокое знание изучаемого предмета исследований. С другой стороны, вычисление критериев дают неоднозначные результаты – приходится делать выбор между ними, по сути дела достаточно произвольный. В то же время качественное сведение первичных данных ТОС в двух- или трехмерное представление позволяет эффективно решить задачу визуального выявления, по крайней мере, количества кластеров.

Предлагаемые процедуры визуализации основываются на методах многомерного шкалирования и методе главных компонент, позволяющих свести многомерное представление данных к двух- или трехмерным представлениям с сохранением структуры и пропорций, характерных для исследуемой ТОС. Однако зачастую одной визуализации бывает недостаточно для проведения полностью кластерного анализа, поэтому желательно и даже нужно рассматривать сочетание визуализации и кластеризации.

Такого рода соображения, с учетом появления значительного количества исследователей, мало знакомых с техникой кластеризации, и с учетом появления и становления новой парадигмы – автоматизации умственной деятельности, а также другой парадигмы – визуализации вместо формализации приводят нас к необходимости разработки человеко-машинной процедуры решения задач кластеризации – соединения возможностей человека в области визуальной оценки структурированности данных, которые у него представлены достаточно хорошо и вычислительных возможностей компьютера для обработки остальных алгоритмических операций при кластеризации, т.е. получения человеко-машинной процедуры (автоматизация умственной деятельности) кластеризации данных, представленных ТОС. Процедура реализована в виде веб-сервиса, расположенного по адресу: <https://www.sciencehunter.net/Services/Clustering#/visualization>.

В докладе подробно рассматривается такая процедура и приведены примеры решения ряда практических задач кластеризации данных, в том числе известных, для проведения сравнения и подтверждения указанной процедуры.

СЕКЦІЯ 5

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧІ СИСТЕМИ

THE APPROACH FOR INSTANCE LEVEL SEGMENTATION OF HIGH-RESOLUTION SATELLITE IMAGES

Zhernovyi V.V., Safonov O.L., Hnatushenko V.V. Dr. Sci.

Oles Honchar Dnipro national university

The approach for instance level segmentation of high-resolution satellite images using Haar-like features is proposed. Instance level segmentation allows people to approach a problem of mapping urban or rural objects for certain classes of interest (like building, roads, etc.) using aerial or satellite images.

Fast and accurate instance level segmentation became possible due to the advances in such field of computer vision as deep learning. Featured deep learning solutions utilize convolutional neural networks (CNN) and graphics processing unit (GPU). However, most deep neural networks (DNN) are designed and tested to work appropriate with regular images from the internet. These images tend to be low resolution and usually contain objects like humans, animals and manmade objects which a deep neural network extracts features from. High-resolution remote sensing images are needed to be reinterpreted for deep learning approach.

Suggested approach is a multilevel solution, which involves three steps: image preprocessing using pan-sharpening [1] and unsupervised pre-segmentation [2], Haar-like features extraction using pre-trained model [3], instance level segmentation using region-based deep neural network architecture.

In order to pre-train model, a dataset was developed using WorldView-3 imagery (panchromatic band and 8 multispectral bands). This dataset was extended and augmented using pan-sharpening, image tiling techniques without paddings, band combinations and indices calculations (such as NDVI). Pan-sharpening is used on panchromatic and multispectral band in order to acquire 8 very high-resolution remote sensing images. Image tiling techniques without paddings, band combinations and indices calculations allow further extension of a dataset to extract more features using a deep neural network.

For unsupervised segmentation, symmetrical deep neural network architectures (modification of SegNet) were considered. They are designed to keep the input resolution and optimized on usual cross-entropy loss:

$$L(\text{softmax}(z), y) = -\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{p=1}^k y_p^{(i,j)} \log \left(\frac{\exp(z_p^{(i,j)})}{\sum_{q=1}^k \exp(z_q^{(i,j)})} \right) \quad (1)$$

Furthermore, segmented images are processed using a second deep neural network based on regions – Mask RCNN. Mask RCNN is an extension for Faster RCNN which detects objects and generate masks for them. In order to take into account a huge variability of urban and rural objects forms, these masks are used to develop an approach to highlight objects more precisely using vectorization. The approach is based on finding a fitting square window for masks, which improves visual perception of a resulting image.

Such approach in a combination with previous preprocessing with multi-level deep learning solution may improve speed, quality and convenience of work with maps.

References

1. Hnatushenko, V.V. and Vasyliiev, V.V. “Remote sensing image fusion using ICA and optimized wavelet transform”. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences Volume XLI-B7, 2016, XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic. Pp.653-659.
2. Nicolas Audebert, Bertrand Le Saux, Sébastien Lefèvre, “Deep learning for remote sensing – An introduction” ONERA, IRISA – Université Bretagne Sud, Atelier DLT Sageo, November 7th, 2018.
3. Tang, Tianyu et al. “Vehicle Detection in Aerial Images Based on Region Convolutional Neural Networks and Hard Negative Example Mining” Sensors (Basel, Switzerland) vol. 17, 2 336. 10 Feb. 2017, doi:10.3390/s17020336.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ

Гайова А.Ю., Кобицька Ю.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Серцево-судинні захворювання є постійною проблемою в області медичного аналізу. Для аналізу і виявлення проблеми, що викликає серцеву недостатність, існує безліч методологій, запропонованих різними вченими і ряд параметрів, які необхідні для прогнозування стану здоров'я серця людини. Електрокардіограма (ЕКГ) визначається як електричний сигнал, який представляє серцеву діяльність. Варіабельність серцевого ритму описує варіації інтервалу між двома послідовними биттями серця і являє собою баланс між симпатичною і парасимпатичною гілками вегетативної нервової системи.

В останні роки в медичних дослідженнях, зокрема діагностиці захворювань, все частіше використовуються різні методи інтелектуального аналізу даних і машинного навчання. В цьому випадку медичні сигнали, такі як ЕКГ, розглядаються як часові ряди. Часовий ряд – це послідовно виміряні через деякі (найчастіше рівні) проміжки часу дані.

Аналіз часових рядів об'єднує методи вивчення часових рядів, такі що намагаються зрозуміти природу даних та такі що намагаються побудувати прогноз. Класифікація - один з розділів машинного навчання, присвячений вирішенню наступного завдання. Є множина об'єктів, розділених деяким чином на класи. Задана кінцева множина об'єктів, для яких відомо, до яких класів вони належать. Ця множина називається навчальною вибіркою. Класова приналежність інших об'єктів не відома. Необхідно побудувати алгоритм, здатний класифікувати довільний об'єкт з початкової множини [1].

Метою дослідження є класифікація нормальних і аномальних сигналів ЕКГ на основі методу опорних векторів. Під аномальними сигналами розуміються порушення ЕКГ, які включають шлуночкову тахікардію та артеріальну фібриляцію. Для навчання використовується набір даних з відкритого джерела [3]. В даному наборі даних наявні як нормальні ЕКГ так і з різними захворюваннями, наприклад з інфарктом міокарда і синусовою тахікардією (рис. 1).



Рисунок 1. Сигнали ЕКГ з синусовою тахікардією (зліва) та нормальний сигнал (справа)

Машини опорних векторів є одним з інструментів машинного навчання і являють собою групу контрольованих методів навчання, які можуть застосовуватися для класифікації або регресії. Машина опорних векторів є приблизною реалізацією методу мінімізації структурних ризиків. Основна ідея методу полягає в переведенні вихідних векторів в простір більш високої розмірності і пошуку розділяючої гіперплощини з максимальним зазором в цьому просторі. Дві паралельні гіперплощини будуються по обидва боки гіперплощини, що розділяє класи. Розділяючою гіперплощиною буде гіперплощина, що максимізує відстань до двох паралельних гіперплощин. Алгоритм працює в припущенні, що чим більша різниця або відстань між цими паралельними гіперплощинами, тим менше буде середня помилка класифікатора [2].

Запропонований метод включає в себе попередню обробку сигналів ЕКГ, виділення ознак, зменшення розмірів ознак за загальним алгоритмом і класифікацію аритмії з використанням методу опорних векторів.

Література

1. Сайт MachineLearning.ru [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Классификация>.
2. Cortes C., Vapnik V. Support-Vector Networks // Machine Learning. – 1995. Vol. 20. Pp. 273-297.
3. Сайт archive.ics.uci.edu [Електроний ресурс]. – <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets>.

ПРОЕКТУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ЛОГІСТИКИ

Галуза М.В. аспірант

Запорізький національний університет

Основними споживачами продукції ПАТ «Запоріжсталь» виступають підприємства машинобудування та металосервісні центри, підприємства трубної промисловості, транспортного та сільськогосподарського машинобудування, а також зі споживачи з більш ніж 53 країн світу. Тому набуває актуальності створення програмно-інформаційного комплексу, що дозволить вести планування, облік і контроль вантажу на всіх етапах виробництва та перевезення, що дозволить покращити логістику поставок[4].

Логістична система, як складна економічна система з тісним багатопрофільним взаємозв'язком всіх елементів (ланок) вимагає системного підходу через урахування взаємозв'язків, вивчення окремих господарських об'єктів як структурних частин складніших систем, виявлення ролі кожного з них у загальному процесі функціонування і, навпаки, впливу системи взагалі на окремі елементи.

Комбіновані перевезення - перевезення вантажів з послідовним використанням декількох видів транспорту. Для моделювання нашої системи доречним буде використовувати мультимодальні перевезення - коли усі види транспорту, що використовуються, є основними (або використовуються приблизно на однаковій відстані перевезення). Мультимодальні перевезення потребують ретельної розробки схеми перевезення та погодженості дій усіх учасників ланцюга доставки[2].

Системний підхід - поняття, що підкреслює значення комплексності, широти охоплення й чіткої організації в дослідженні, проектуванні та плануванні. Аспекти системного підходу сформульовано В. Г. Афанасьєвим [3]:

- системно-елементний, що відповідає із чого (яких компонентів) утворена система;
- системно-структурний, який розкриває внутрішню організацію системи, спосіб взаємодії компонентів, що утворюють її;
- системно-функціональний показує, які функції виконує система та компоненти, що її утворюють;
- системно-комунікаційний розкриває взаємозв'язок цієї системи з іншими як за горизонталлю, так і за вертикаллю;
- системно-інтеграційний, що показує механізми, фактори збереження, удосконалення й розвитку системи;
- системно-історичний (еволюційний) відповідає на питання: які етапи проходила у своєму розвитку, які її історичні перспективи.

При застосуванні системного підходу в логістиці визначимо наступні переваги[1]:

- 1) висвітлюється те загальне в різних логістичних об'єктах і процесах, що перебуває в тіні різних деталей й важко виявляється, доки не проведено аналіз;
- 2) методи прийняття рішень переносяться з одних сфер логістики в інші;
- 3) фахівці від детермінованих моделей переходять до використання моделей із нечіткими цілями й обмеженнями, до застосування математичного апарату нечітких множин;
- 4) не допускається переоцінка можливостей окремих методів при прийнятті рішень, наприклад, тільки математичного моделювання на шкоду експертним оцінкам.
- 5) здійснюється синтез знань із різних наук (математики, логіки, теорії систем, ТАК);
- 6) у проект вводиться інформаційний опис системи (види, обсяги, призначення й шляхи проходження інформації) і розробляється процес збирання й обробки даних та інформації;
- 8) виникає об'єктивна основа для вибору необхідних напрямків подальшого розвитку досліджень у сфері логістики, до якої належить проектована система.

Актуальною стає проблема формування єдиного алгоритму організації перевізного процесу, що враховує різноманіття варіантів взаємодії «постачальник - перевізник - отримувач» або більш складних схем організації перевозок з урахуванням логістичних посередників. А також розробки та впровадження у виробництво експертної системи.

Література

1. Лубенцова В.С. Математические модели и методы в логистике: учеб. пособ/ В.С. Лубенцова. – Самара: Самар. Гос. Техн., унт., 2008. — 157 с.
2. Никифоров В.С. Мультимодальные перевозки и транспортная логистика. — М.: Транс. Лит, 2007. — 272 с.
3. Рославцев Д.М., Організація і проектування логістичних систем: конспект лекцій/Д.М. Рославцев – Харків:ХНАМГ, 2012 – 110 с.
4. Офіційний сайт ПАТ «Запоріжсталь» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.zaporizhstal.com/uk/pres-centr/novini/zaporizhstal-pidsumki-virobnictva-v-sichni-2019>

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ WEB-SERVISІВ НА ОСНОВІ CPN-TOOLS

Гожий В.О.

Чорноморський національний університет ім. П.Могили

Використання мереж Петрі, як інструмента графічного і математичного моделювання складних систем та процесів останнім часом отримало широке розповсюдження [1-3]. Методи візуального представлення та моделювання, такі як кольорові мережі Петрі на етапі розробки складних систем ефективні тому що дозволяють формально описувати та моделювати на систему різних рівнях абстракції та досліджувати їх в динаміці. Прикладом динамічної системи є web-сервіси. Веб-сервіси та їх компоненти можуть взаємодіяти з різними додатками, які відповідають стандартам веб-сервісів. Як правило, один сервіс не задовольняє потреб користувачів, і сервіси стають все більш складними. Фактично сучасний веб-сервіс створюється шляхом поєднання різних веб-сервісів та їх компонентів для створення компонентного сервісу, який пропонує набір нових функціональних послуг. При поєднанні та сумісному використанні веб-сервісів самим критичним є взаємодія веб-сервісів та їх компонентів між собою, що вимагає детального дослідження процесів функціонування та моделювання їх поведінки для підвищення їх ефективності.

Для моделювання складних веб-сервісів та їх взаємодії найбільш доцільно використовувати кольорові мережі Петрі. Вони надають змогу побудувати ієрархічні та часові моделі з великою кількістю компонентів [4]. Моделі будуються в середовищі *CPN Tools*.

Система *CPN Tools* надає два основних засоби аналізу моделей: імітація поведінки мережі та формування простору станів. Аналіз простору станів можливо здійснити для невеликих моделей завдяки ефекту зросту простору станів. Даний аналіз використовують при верифікації корпоративних сервісів, коли необхідна інформація про стандартні властивості мережі. Для моделей складних систем одним з засобів аналізу простору станів мереж Петрі є представлення структурної моделі системи, тобто мережі Петрі в ієрархічному вигляді, та розбиття її далі на окремі мережі другого рівня. Якщо результати отримані при аналізі властивостей мереж нижнього рівня та основної мережі задовольняють бажаній якості, то можливо стверджувати, що при аналізі властивостей ієрархічної мережі буде отримано подібний результат.

Було розроблено моделі складних веб-сервісів таких як поліграфічний сервіс, ріелтерський сервіс та фармацевтичний сервіс. Опис структури web-сервісів здійснюється на основі алгебри сервісів та діаграм в нотації DFD. Побудована система моделей в *CPN Tools* першого та другого рівнів. Проведено імітаційне моделювання та дослідження розроблених моделей. Моделі дозволили детально дослідити взаємодію сервісів та їх компонентів та покращити ефективність та швидкодію веб систем.

Література

1. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем / Т.И. Алиев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
2. Бодянский Е.В., Кучеренко Е.И., Михалев А.И. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем : монография. Днепропетровск : Системные технологии, 2005. 311 с.
3. Бохан К.А. Модели корпоративных сервисов на основе иерархических сетей Петри / К.А. Бохан, М.С. Худолей // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2010. – Вып. 47. – С. 36-41.
4. Jensen K., Kristensen L.M., Wells L. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modelling and Validation of Concurrent Systems. Software Tools for Technology Transfer manuscript. 2007. 40 p.

КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ПАРКАМИ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Жуковицький І.В. д.т.н., Скалосуб В.В. д.т.н.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна*

Одним із важливіших і першочергових завдань залізничного транспорту України є забезпечення технологічної та економічної ефективності технологічних процесів (перевезень, експлуатації, ремонтів тощо). У докладі досліджені деякі питання проблеми вдосконалення процесів автоматизованого управління парками технічних систем (ТС) залізниць на основі застосування інтелектуальних процедур моделювання, оперативного прогнозування станів і параметрів складних систем і процесів. Формально численні технолого-економічні процеси залізничного транспорту мають ознаки невизначеності, є недетермінованими. Такі ознаки невизначеності мають і певні складові поширених процесів експлуатації парків технічних систем.

Як нами показано у докладі, останнім часом на основі сучасних методів систем автоматизації і штучного інтелекту отримало розвиток комплексне завдання зі створення автоматизованих систем управління експлуатації парків технічних систем, в тому числі на основі отримання та використання оцінок параметрів поточного стану. Системне застосування таких характеристик відкриває нові можливості для раціональної організації широкого спектру робіт з керування технологічними та іншими процесами залізничного транспорту. В рамках цього напрямку досліджень і розробок знаходяться завдання з організації та інтеграції даних моніторингу, діагностування, а також узагальнення результатів експлуатації парків ТС. Встановлено, що підвищення результативності цих методів і відповідних технологій їх реалізації з урахуванням поточного стану можливе на основі використання засобів інтелектуальних систем: формування аналітичних серверів для АСУ залізничного транспорту, застосування методів онтологічного забезпечення процесів функціонування, моделей кластеризації, методів штучних нейронних мереж, нечітких і нечітко-статистичних моделей, експертних систем. Саме проблематика формування засад та застосування компонентів залізничних інтелектуальних систем призначених для автоматизованого управління парками ТС, знайшла відображення у представлених результатах досліджень.

Наприклад, було показано що управління експлуатацією парку електродвигунів стрілочних переводів доцільно проводити на основі їх індивідуальних моделей з використанням мереж Кохонена, які побудовані за спектральними характеристиками струмів електродвигунів.

Інформаційна модель експлуатації парка локомотивів дозволила розробити метод динамічної інтерактивної оптимізації призначень локомотивів до складу вантажних поїздів, який базується на прогнозуванні інтервалів готовності локомотивів та составів з урахуванням поточної інформації про фактичний хід технологічного процесу і враховує умови мінімізації ризику простоїв. За допомогою методу статистичного моделювання встановлено, що значення ризику простоїв та умови досягнення його мінімуму суттєво залежать як від прогнозованого часу готовності локомотивів та составів, так і від точності прогнозування.

Представлені у докладі напрями інтелектуалізації АСУ на основі формування систем аналітичних серверів та онтологічного забезпечення процедур моделювання та управління різноманітними залізничними технологіями на даний час являються надзвичайно перспективними і результативними. Їх поступова реалізація дозволить типізувати та уніфікувати розрізнені процеси моделювання та управління на залізничному транспорті, застосувати до них універсальні та ефективні методи інтелектуальних систем.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ЗАШУМЛЕННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Кириченко Л.О., Ткаченко А.Е., Радивилова Т.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В настоящее время созданы и постоянно пополняются огромные датасеты временных рядов, например, ряды купли-продажи, цены на акции, обменные курсы, погодные данные, биомедицинские измерения и др. Обработка таких наборов данных требует новых подходов, в частности подходов на основе машинного обучения. Одной из актуальных задач машинного обучения является задача кластеризации объектов, информация о которых представлена в виде временных рядов [1,2].

Кластеризация временных рядов используется как самостоятельная исследовательская техника, а также как часть более сложных методов интеллектуального анализа данных, такие как обнаружение правил, классификация, выявление аномалий и т.д. Одной из задач кластеризации временных рядов, является выделение в отдельный кластер аномальных объектов. Это не является простым заданием, особенно в условиях зашумленности временных рядов.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа кластеризации зашумленных временных рядов с нетипичными объектами с использованием нескольких методов кластеризации и различных функций расстояния.

В работе был проведен численный эксперимент для исследования применения методов кластеризации к модельным временным рядам с аддитивным белым шумом. Выборка, на которой проводилась кластеризация, состояла из временных рядов различного типа: гармонические реализации, параболические реализации и «всплески». Для аддитивного зашумления временных рядов были использованы реализации белого шума с нормальным распределением с разной дисперсией.

Была проведена кластеризация зашумленных временных рядов различных типов. Были использованы метод DBSCAN (Density-based spatial clustering of applications with noise) и метод k-средних с различными функциями расстояния для временных рядов. В качестве метрик были выбраны следующие: простая и популярная метрика Эвклида, функция Complexity Invariance Distance (CJD), которая является дополнительной к некоторой метрике и позволяет сравнивать ряды, отличающиеся только в нескольких временных отсчетах; метрика Minimum Jump Cost (MJC), с помощью которой можно сравнивать временные ряды разной длины.

Для проверки качества кластеризации были использованы функционалы качества – функции, которые характеризуют степень приближенности результатов кластеризации к идеальному решению. В данном случае функционалом качества было выбрано отношение суммы внутрикластерных расстояний к сумме межкластерных.

Лучшие результаты показал метод DBSCAN с эвклидовой метрикой и CID-функцией. Анализ результатов кластеризации временных рядов позволяет определить основные различия между рассмотренными методами: если можно заранее определить количество кластеров и не требуется отделять нетипичные временные ряды, метод k-средних показывает довольно хорошие результаты; если нет априорной информации о количестве кластеров и существует задача выделения нетипичных рядов, целесообразно использовать метод DBSCAN.

Литература

1. Aghabozorgi, S., Shirkhorshidi, A.S., Wah, T.J.: Time-series clustering. A Decade Review Information systems 53, 16-38 (2015).
2. Aggarwal, C., Reddy, C.: Data Clustering: Algorithms and Applications. CRC Press (2013).

АНАЛИЗ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ПРИРАЩЕНИЯХ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ МНОГОПРИВОДНЫХ УСТАНОВОК

Кондратьева И.Ю., Рудакова А.В. д.т.н.,

Поливода О.В. к.т.н., Сарафанникова Н.В. к.т.н.

Херсонский национальный технический университет

Современной тенденцией развития мехатронных систем является использование многоприводных установок каркасной компоновки [1]. Такие объекты, как правило, состоят из большого числа взаимодействующих элементов. Относительные перемещения этих элементов порождают вибрации, которые могут критически сказаться на работе прецизионных мехатронных систем. Это может привести к предельным режимам работы оборудования, а в ряде случаев и выходу его из строя. Эффективным средством предупреждения аварий, выявления критических режимов работы, диагностики неисправностей оборудования электромеханических систем являются методы функциональной диагностики. В последнее время особый интерес проявляется к созданию методов и способов диагностирования технического состояния электромеханических систем, основанных на изучении в них колебательных (вибрационных) и акустических процессов. Сущность проблемы функциональной диагностики состоит в разработке и практической реализации алгоритмов оценки параметров технических состояний электромеханических узлов, без их разборки по характеристикам вибрационных процессов, сопровождающих их функционирование. Опыт применения акустических методов показывает, что в состоянии нормального функционирования энергия шума в основном концентрируется в области низких частот, а энергия, соответствующая дефектам, располагается на более высоких частотах. Это обстоятельство используют для своевременного обнаружения зарождающихся нарушений. Недостаток большинства акустических методов – необходимость иметь в памяти системы контроля набор реализаций сигналов или статистические характеристики сигналов всех состояний функционирования [2].

Методы функциональной диагностики в режиме реального времени, требуют выполнения большого количества расчетов, математического моделирования объекта, обработки большого объема информации, что обуславливает обязательное применение вычислительной техники. Основными методами обработки результатов измерений являются преобразование Фурье и Лапласа, классические методы анализа временных рядов, кратномасштабного вейвлет-анализа и т.д. Недостатком применяемых подходов является вычислительная сложность при осуществлении дискретных преобразований и необходимость наличия значительных объемов памяти для хранения эталонных значений. Рассмотренные методы основаны на анализе оригинального сигнала, однако производные (приращения) сигнала разных порядков также могут обладать информативностью.

Целью исследований является разработка методов анализа акустических сигналов, порождаемых работающим оборудованием электромеханических комплексов, в приращениях (в фазовом пространстве), пригодные для использования в системах функциональной диагностики при мониторинге режимов работы электроприводов.

В процессе исследований выполнен анализ акустических шумовых сигналов от работающей многоприводной установки, полученных в результате серии экспериментов на двух скоростных режимах. Для ускорения процесса анализа сигналов и устранения их избыточности применен метод агрегации данных. Степень допустимой агрегации определена с использованием кратномасштабного анализа. Разработанный метод анализа агрегированных акустических сигналов в приращениях в фазовом пространстве может применяться для функциональной диагностики многоприводных установок.

Литература

1. Кузнецов Ю.М. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури: Монографія / Ю.М. Кузнецов, Д.О. Дмитрієв, Г.Ю. Діневич; під ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456 с.
2. Балицкий Ф.Я. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов / Ф.Я. Балицкий, М.А. Иванова, А.Г. Соколова, Е.И. Хомяков. – М.: Наука, 1984. – 116 с.

МЕТОД СОВМЕСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАДАЧАМИ И ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ В СЕТИ

Лабуткина Т.В. к.т.н., Кузьмин М.А.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

Одна из тенденций технического прогресса – развитие систем передачи и обработки данных. Вариантом такой системы может быть система, построенная на множестве узлов (в общем случае подвижных), включенных на основе установленных между ними связей в единую сеть и реализующих функции передачи данных. Некоторое множество узлов сети реализует также функцию обработки данных. Задачи передачи и обработки данных поступают от источников вне сети (в общем случае также подвижных). Время выполнения вычислительной задачи – случайная величина с экспоненциальным законом распределения. Потоки нагрузки, поступающей в сеть для передачи, – пуассоновские. Маршрутизация передаваемой по сети информации реализована на основе алгоритма выбора пути наименьшей стоимости, учитывающего загруженность накопителей узлов информацией, ожидающей дальнейшей передачи. Принято, что одна задача выполняется одним узлом, каждый узел-обработчик может обрабатывать любую задачу, пользователь сети сам разбивает крупные задачи на блоки, каждый из которых при поступлении в сеть рассматривается как самостоятельная задача. Все узлы имеют глобальную информацию о сети (о загруженности накопителей узлов данными для передачи, и о загруженности задачами узлов, предоставляющих вычислительные услуги). Вхождение вычислительной нагрузки в сеть происходит через все узлы сети. При вхождении вычислительной задачи в любой из узлов сети этот узел решает задачу выбора узла, который будет ее выполнять. При этом динамика принятия решения об исполнителе вычислительной задачи должна быть достаточно высока (сравнима с динамикой принятия решений о маршрутизации данных, поступающих в сеть для передачи). Изначально в качестве потенциального исполнителя поступившей задачи рассматриваются все узлы-вычислители. На первом этапе действий по принятию решения это множество узлов редуцируется на основе методов «фильтрации», позволяющих исключить из рассмотрения невозможные или «заведомо плохие» решения. После этого реализуется быстрое ранжирование оставшихся узлов на основе комплекса иерархически организованных признаков ранжирования. В комплекс признаков ранжирования входят стационарные и динамические показатели (в общем случае определенные на основе обработки текущей и прогнозной информации). В числе признаков ранжирования следующие: 1) приближенная оценка времени ожидания обработки в узле (зависящего от загруженности накопителя узла задачами, ожидающими обработки), 2) приближенная оценка времени следования информации от узла, в котором находится поступившая задача, до узла, предполагаемого для решения задачи (это время зависит от загруженности накопителей узлов информацией, предназначенной для передачи, и от предполагаемого изменения положения узлов сети); 3) приближенная оценка времени движения информации от узла-вычислителя до узла, через который будет осуществляться выход к получателю (это время зависит от факторов, названных в предыдущем пункте, а также от времени задержки в узле обработчике и от того, какие узлы сети будут доступны получателям для принятия от них решенной задачи). Описанное управление задачами возможно только в случае, если узлы неподвижны или совершают прогнозируемое движение. Метод реализуем, если обеспечена соответствующая скорость доставки каждому узлу глобальной информации о сети и принятия решения на ее основе. Описанный подход к управлению задачами обеспечивает зависимость методов управления потоками нагрузки в сети, связанными с потоками распределяемых вычислительных задач, и методов распределения задач между узлами-вычислителями, учитывающими загруженность узлов на пути следования информации к узлу-вычислителю и от него к потребителю. В качестве примера описанной системы и метода управления задачами в ней рассмотрена спутниковая сеть с функциями передачи и обработки данных.

«КОМБИНИРОВАННОЕ» УПРАВЛЕНИЕ СЕТЕВОЙ НАГРУЗКОЙ В СЕТИ КОММУТАЦИИ ПАКЕТОВ

Лабуткина Т.В. к.т.н., Шабазов Д.И.

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

К числу факторов, обеспечивающих требуемое качество передачи данных в сети, относится управление потоками сетевой нагрузки. В большинстве сетей коммутации пакетов эта задача решается путем маршрутизации информационных пакетов на основе алгоритмов выбора пути наименьшей стоимости (в частном случае – на основе алгоритмов выбора кратчайшего пути). Большинство алгоритмов наименьшей стоимости, учитывающих загруженность накопителя узла, к которому ведет линия связи, обеспечивают относительное выравнивание объемов нагрузки, ожидающей отправки в накопителях узлов (что положительно сказывается на показателях функционирования сети). Однако выравнивание нагрузки происходит довольно медленно. В данной работе исследован подход к решению задачи ускоренного сглаживания «всплесков» нагрузки в группе связанных узлов в сети (флуктуаций сетевой нагрузки). Задача рассмотрена для сети, в которой узел имеет глобальную информацию о загруженности каждого из узлов сети. Накопители узлов разбиты на уровни заполнения, нагрузка узла измеряется числом заполненных уровней накопителя. Под флуктуационной группой узлов понимается группа связанных узлов, у которых число заполненных уровней накопителя превышает средний уровень загруженности накопителей других узлов на заданное граничное значение. Узел входит во флуктуационную группу, если связан не менее чем с одним ее узлом. Группа узлов, рассматриваемая как флуктуационная, ограничена минимальным и максимальным размерами (например, минимальным и максимальным числом узлов, кроме того могут учитываться топологические размеры группы). Превышение числом узлов группы максимального значения относится к ситуации «перекоса» нагрузки в сети и в данном исследовании не рассматривается. В общем случае рассматриваются не только «сплошные» флуктуационные группы (все узлы группы перегружены), но и «дырчатые» (имеющие «вкрапления» неперегруженных узлов). Имея информацию о состоянии загруженности накопителей узлов сети, каждый узел не только использует ее для назначения стоимостей в едином сетевом алгоритме определения путей наименьшей стоимости, но и выделяет («видит») группы перегруженных узлов (в том числе, определяет свою принадлежность к одной из таких групп, если входит в нее). Это возможно при обеспечении узлов сети «быстрыми» (сравнимыми по скорости с динамикой сетевых изменений) методами определения групп перегруженных узлов. Один из таких методов представлен в данной работе. Узлы функционируют по единому алгоритму, который предусматривает различие правил их «поведения» (в частности, правил выбора маршрутов следования информации в сети). Для ускорения сглаживания флуктуаций нагрузки используется различие правил назначения стоимостей линиям связи между смежными узлами для узлов вне флуктуационных групп и узлов во флуктуационных группах. Возможны различные стратегии выбора этих правил. Рассмотрены следующие стратегии: 1) внутри флуктуационной группы маршрутизация осуществляется по общесетевым правилам (или с добавлением понижающей поправки к стоимостям линий, ведущих к узлам на границе группы и, если это возможно, выходящим из этих узлов к узлам вне группы); 2) узлы вне группы реализуют маршрутизацию по общесетевым правилам и вводят дополнительную поправку, существенно повышающую стоимость линий связи, ведущих либо во все узлы перегруженной группы, либо в узлы на границе группы. Эффективность конкретной стратегии зависит от вида группы перегруженных узлов (прежде всего, от ее размера и топологической формы). При проведении исследований принимается, что все изменения глобальной информации о сети становятся известны всем узлам мгновенно, и в этот же миг определены новые стоимости линий связи и рассчитаны новые маршрутные таблицы. Метод рассмотрен для сетей со стационарной топологией и с топологией, которая имеет регулярную динамику (прогнозируемую и учитываемую в глобальной информации о сети).

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ СТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЫ ПО АКУСТИЧЕСКИМ СИГНАЛАМ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Музыка Л.В.

ІТМ НАН України і ДКА України

Новый подход к управлению струйным измельчением обусловлен необходимостью снижения энергоемкости процесса при сохранении высокой производительности. Тонкое измельчение материалов широко используется во многих технологических процессах, однако с повышением дисперсности продукта увеличивается необходимая энергия на его получение.

Исследованиями установлена взаимосвязь технологических, режимных и акустических параметров процесса, показана эффективность контроля процесса струйного измельчения на основе акустического мониторинга [1]. Для каждой требуемой крупности готового продукта устанавливается свой технологический режим измельчения и, соответственно, необходимо определить свой диапазон характеристик акустических сигналов для достижения максимальной производительности измельчения. На этом основана система управления работой струйной мельницы по результатам акустического мониторинга

Цель работы – разработать автоматизированную систему управления процессом измельчения на основе анализа акустических сигналов камеры струйной мельницы для поддержания ее максимальной производительности.

Исследование проводилось для разных режимов записи сигналов акустического мониторинга и процесса измельчения различных сыпучих материалов. Для усиления сигнала использовался операционный усилитель с коэффициентом усиления 10. Выбранное оборудование имеет ограничение по времени опроса АЦП за каждый цикл программы. Для оценки погрешности было проведено экспериментальное исследование сигналов. После обработки всех данных, управляющий сигнал поступает на блок управления соленоидом, который собран на базе полевого транзистора с рабочим напряжением 60 В и максимальным током до 100 А. Затем управляющий сигнал передается на открытие или закрытие заслонки бункера загрузки.

Численным экспериментом усовершенствована методика анализа акустических сигналов зоны измельчения, уменьшена погрешность. Создана аппаратная база системы управления и реализована модель управляемого бункера загрузки.

Разработана система управления загрузкой мельницы посредством управляемого бункера на основе результатов непрерывного акустического мониторинга процесса измельчения. Для каждого материала определена величина диапазона контрольной амплитуды акустических сигналов. Затем в ходе измельчения выборка значений амплитуды текущих сигналов сравнивается с контрольной величиной. При выходе значений амплитуды из допустимого диапазона подается сигнал на бункер загрузки. Производится дозагрузка материалом, и процесс контроля продолжается.

Созданная система управления процессом измельчения на основе анализа акустических сигналов рабочей зоны позволяет поддерживать производительность струйной мельницы на оптимальном уровне, не допуская перегрузки или недогрузки струй материалом. Контроль ведется on-line с помощью акустического мониторинга процесса.

Литература

1. Прядко Н.С. Информационные технологии для оптимизации тонкого измельчения материалов // Системные технологии моделирования сложных систем/ Монография под общей ред. проф. А.И. Михалева.- Днепр: НМетАУ-ИБК «Системные технологии», 2016.- 608с.- С. 427 – 462.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРІНГУ СТАНУ ДОЩУВАЛЬНИХ МАШИН

Омельчук А.А. к.т.н., Лебеденко Ю.О. к.т.н., Поліщук В.М. к.т.н.

Херсонський національний технічний університет

Одним з найбільш ефективних способів зрошення для основних сільськогосподарських культур є дощування. Цей процес здійснюється спеціалізованими дощувальними машинами, що вже давно широко використовуються у сільському господарстві по всьому світу. В Україні, в силу її агрокліматичних умов і переважного вирощування зернових і олійних культур, перевага дощування ще значніша, що, у свою чергу, зумовило розповсюдження дощувальних машин (ДМ) типу «Фрегат» і активне їх використання.

Дощувальна машина обертається навколо центральної точки (нерухомої опори) на візках, відстань між котрими складає до 60 м. Джерелом енергії для руху візків є тиск води в трубопроводі, що підводиться до «Фрегата». Вода через клапани подається в гідроциліндри, що приводять у рух колеса за допомогою системи важелів і штовхачів. Оператор дощувальної машини задає певну швидкість переміщення, відповідну заданій нормі поливу.

Зважаючи на часті випадки крадіжок дощувальних машин та їх частин, у господарствах виникає потреба в захисті від зловмисників.

Метою дослідження є розробка системи віддаленого моніторингу стану дощувальної машини, яка б забезпечувала безпеку не тільки самої установки, а і її компонентів, зокрема, дощувальних агрегатів.

Пропонується використання мікрохвильових датчиків руху, що працюють за принципом локації СВЧ випромінюванням «на відбивання» [1]. Датчики випускають високочастотні електромагнітні хвилі з частотою 5,8 ГГц і отримують відлуння, відбите від об'єктів. Слід зазначити, що при роботі з дощувальними машинами слід зважати на таке явище як ослаблення радіохвиль у середовищі. Пропонується розміщувати датчики і інші модулі системи моніторингу за структурною схемою наведеною на рис. 1.

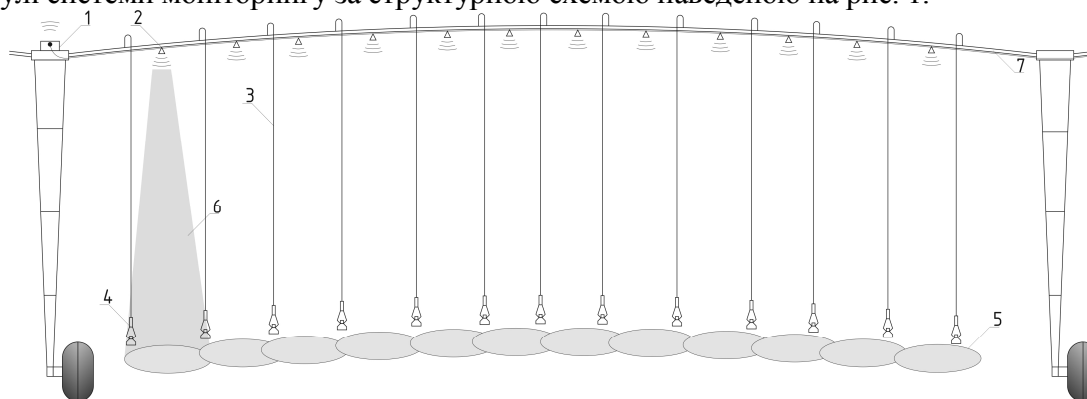


Рис. 1. Структура системи моніторингу: 1 – GSM модуль; 2 – мікрохвильовий датчик переміщення; 3 – шланг дощувального апарату; 4 – дощувальний апарат i-Wob;

5 – поле контролю датчика; 6 – «конус» випромінювання датчика; 7 – головний трубопровід

Таким чином, функціональна схема системи має складатися з датчиків, маршрутизатора, до якого вони підключені, та GSM модуля, через який інформація про стан системи буде перенаправлятися диспетчеру [2].

Література

1. Мікрохвильовий датчик руху: принцип дії, переваги та особливості. <https://27.ua/articles/mikrovolnovyy-datchik-dvizheniya-printsip-deystviya-preimushchestva-i-osobennosti.html> (дата звернення: 15.01.2019)
2. Лебеденко Ю. О., Омельчук А. А., Сафьяник О. О. Інформаційно-вимірювальна підсистема багатоприводної каркасної установки з механізмами паралельної структури. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2017. № 3(62). С. 317-322.

РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ПРІДНАВЧЕНОЇ МОДЕЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ БІБЛІОТЕКИ TENSOR FLOW

Островська К.Ю. к.т.н., доцент, Носов В.О. бакалавр

Національна металургійна академія України

За останні кілька років штучний інтелект (ШІ) з технології перетворився в індустрію. Окремі кейси впровадження алгоритмів машинного навчання в ключових індустріях злилися в безперервні програми інтеграції ШІ в цифрові продукти і технологічні процеси.

В індустрії можна виділити кілька технологічних напрямків - рекомендаційні системи з глибоким навчанням, технології розуміння природної мови, комп'ютерний зір, інтелектуальні моделі і навчання з підкріпленням.

Комп'ютерний зір - область, в якій застосування глибоких нейронних мереж багаторазово підвищило ефективність вирішення прикладних завдань. Визначення об'єктів на зображеннях і розпізнавання осіб вже стали мейнстрімом.

Сгорточні нейронні мережі - найактуальніша сьогодні архітектура нейронної мережі для роботи з зображеннями - дозволяють в певному сенсі усереднювати комбінації пікселів, не втрачаючи інформації про їх відносне розташування. Модель «запам'ятовує» силуєт об'єкта і може розпізнати подібний об'єкт на іншому зображенні.

Глибоке навчання полягає в максимально високих результатах і кращої продуктивності в багатьох завданнях.

Алгоритми нейронних мереж вимагають великої обчислювальної потужності, так як містять безліч обчислювальних операцій над матрицями та тензорами. Щоб прискорити обчислення, використовуються спеціальні архітектури процесорів, які виробляють операції над масивами, а не парами чисел.

Python - ідеальне середовище для розробки нейронних мереж, що має низький поріг входу.

Відкрита бібліотека Tensor Flow від Google дає можливість провести повний цикл створення НМ для розпізнавання образів: від розробки до тренування мережі.

Оскільки фреймворк пропонує розподілене навчання - усі моделі штучного інтелекту навчатимуться набагато ефективніше на будь-якому рівні абстракції, який вважає за краще користувач.

Особливості Tensor Flow:

- Масштабований мультипрограмний інтерфейс.
- Постійний розвиток платформи, за рахунок величезної спільноти ентузіастів і відкритого вихідного коду.
- Платформа надає добре задокументовані мануали для користувачей.

Keras - це високорівневий API нейронних мереж, написаний на Python і здатний працювати поверх TensorFlow, CNTK або Theano. Він був розроблений з упором на можливість швидкого експериментування. Здатність йти від ідеї до результату з найменшою можливою затримкою є ключем до проведення хороших досліджень. Якщо використовувати Keras, як бібліотеку глибокого навчання, то вона:

- дозволяє легко і швидко створювати прототипи (завдяки зручності, модульності і розширюваності);
- підтримує як згорткові мережі, так і повторювані мережі, а також комбінації цих двох;
- легко працює на процесорі та графічному процесорі.

Відкрита бібліотека ImageAI дає можливість підключити модуль з преднавченими нейровими мережами, що дає можливість відразу приступити до розпізнавання. ImageAI має модуль, за допомогою яких можна навчити власну нейронну мережу на заздалегідь приготовленому датасеті.

InceptionV3, ResNet, YoloV3 - заздалегідь навчені нейронні мережі з функцією розпізнавання і передбачення великої кількості образів (авто, люди, тварини).

Технології розпізнавання використовуються у величезній кількості областей: від медицини до транспорту.

ОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ІНТЕРНЕТ МАГАЗИНУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОВИ JAVA

Островська К.Ю. к.т.н., доцент, Гузь І.О. бакалавр
Національна металургійна академія України

На сьогоднішній день є тільки дві масові мобільні операційні системи (ОС), під які створюють мобільні додатки - це Android та iOS. ОС Android стала найбільш революційною операційною системою завдяки розробці по підходу управління проектами для гнучкої розробки програмного забезпечення – SCRUM.

Основою Scrum – є Sprint, у якому відзначається ваша робота над продуктом. По закінченню Sprint може бути підготовлена нова робоча версія. Sprint завжди обмежений за часом (1-4 тижні) і має однакове продовження на протязі всього життя продукту.

Перед початком кожного Sprint-у виникає планування Sprint, на якому відбувається оцінка вмісту продукту Backlog і формування списку спринту, який містить завдання (Story, Bugs, Tasks), які повинні бути виконані в поточному Sprint-і. Потрібно виконати завдання, яке є мотивуючим фактором і досягненням з виконанням задач із Sprint-у.

Схематичне зображення Scrum - процесу показано на рисунку 1.

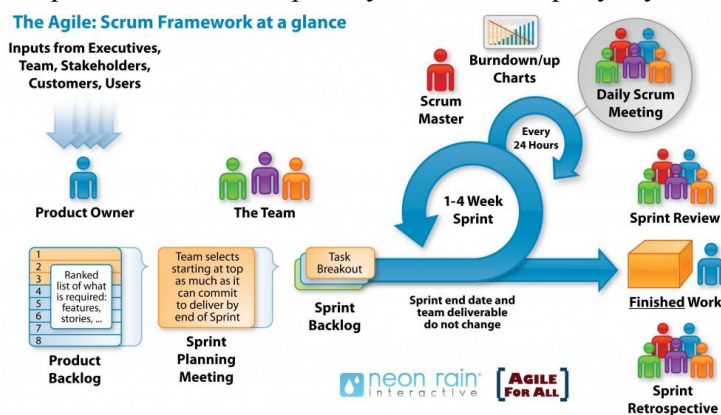


Рисунок 1 - Scrum – процес

Для ОС Android, програми реалізуються в нестандартному байт-кодi для віртуальної машини Dalvik. Розробку застосунків для ОС Android можна вести мовою Java (не нижче версії Java 1.5).

Стандартні бібліотеки забезпечують загальний спосіб доступу до таких платформозалежних особливостей, як обробка графіки, багатопотоковість та роботу з мережами. У деяких версіях задля збільшення продуктивності Java Virtual Machine, байт-код можна компілювати у машинний код до або під час виконання програми.

Офіційним середовищем розробки є Android Studio, створене на базі IntelliJ IDEA. Містить емулятор, засоби відлагодження, профілювання пам'яті та швидкодії. Також доступні плагіни для IntelliJ IDEA, Eclipse та NetBeans. Крім того існує Motodev Studio for Android, що являє собою комплексне середовище розробки, засноване на базі Eclipse і дозволяє працювати безпосередньо з Google SDK.

Програми на Java утворені з визначень класів та інтерфейсів. Класи містять змінні та константи, які утримують дані, методи, які виконують дії, та конструктори, які створюють екземпляри класів - об'єкти. Дані можуть мати простий тип (наприклад байт, ціле число, символ) або бути посиланням на об'єкт. Мова Java є статично типізованою.

Мобільний додаток, що розроблено має два графічних інтерфейси: основний (перегляд каталогу товарів, реєстрація нового клієнта, додавання товарів в корзину замовлень, підтвердження замовлення, перегляд статусу замовлення) і адміністративний (управління замовленнями, категоріями, товарами, клієнтами, адміністраторами).

В даному проекті для розробки використовувався такий набір ПО: Java SE Development Kit 8, сервер додатків GlassFish 4.1, збиральник проектів Maven 3.3.3 та інтегроване середовище розробки NetBeans 8.

ПАРАЛЕЛЬНІ УНІФІКОВАНІ АЛГОРИТМИ ПЛАНУВАННЯ НЕОДНОРІДНИХ ДИНАМІЧНИХ, НЕЧІТКИХ І КОНКУРЕНТНИХ ПОТОКІВ У ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ

Панік Л.О. старший викладач

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, Україна

У різних сучасних сферах діяльності (транспортні, енергетичні та мережеві інформаційні структури і н.) надзвичайно поширеними є задачі аналізу і оптимального планування і управління потоками в мережах. Відзначимо, що на практиці в багатьох випадках потоки в транспортних і інших мережах є неоднорідними, динамічними з невизначеними параметрами.

У доповіді обговорюються деякі нові завдання та методи щодо планування неоднорідних потоків у транспортних мережах. Розглядаються моделі оптимального розподілу неоднорідних динамічних, нечітких, конкурентних потоків. При цьому також представлено можливості їх реалізації на основі уніфікованого паралельного синхронного алгоритму розрахунку максимального потоку в транспортних мережах (ТМ), представленого у поданій роботі.

У представленій доповіді вперше наводяться результати щодо застосування розробленого паралельного синхронного алгоритму (ПСАП) [1] для реалізації нечітких моделей планування багатопродуктових потоків в транспортних мережах. Також на основі ПСАП були реалізовані нечіткі динамічні моделі планування багатопродуктових потоків [2]. Представлені результати свідчать про досить значну універсальність ПСАП: за рахунок процедур розпаралелювання був отриманий обчислювальний ефект, у порівнянні з відомими результатами.

Також подано нову процедуру планування конкурентних потоків в мережах, що використовує паралельні синхронні алгоритми розрахунків максимальних потоків. Конкурентне планування розподілу потоків на основі алгоритму ПСАП виконано використовуючи наступну постановку. Вирішується завдання передачі потоків відомих величин між наборами користувачів мережі. Потрібно розподілити ресурс пропускної здатності транспортувального середовища таким чином, щоб у максимально можливій мірі задовольнити вимоги всіх користувачів в передачі їх потоків, за умови задоволення обмеженням пропускної здатності. Застосування запропонованої процедури планування дозволяє обчислити локальні екстремуми моделі розподілу потоків. Це пояснюється тим, що функція розподілу конкурентних потоків є недиференційованою, а також можливістю існування кількох максимальних потоків в транспортних мережах.

У підсумку результатів реалізації моделей розподілу неоднорідних потоків у ТМ встановлюється наступне. Досліджено питання аналізу та планування багатопродуктових потоків в мережах на основі динамічних, нечітких і конкурентних моделей транспортних потоків. Для розрахунку оптимальних потоків зазначених категорій розроблена уніфікована процедура на основі паралельних синхронних алгоритмів розрахунків максимальних потоків і потоків мінімальної вартості. Практична цінність отриманих результатів визначається уніфікованими можливостями ПСАП для ефективної реалізації завдань із аналізу і планування багатопродуктових потоків в ТМ на основі динамічних, нечітких і конкурентних моделей розподілу транспортних потоків.

Література

1. Скалозуб, В.В. Паралельні синхронні алгоритми аналізу та планування неоднорідних потоків у транспортних мережах. / В.В. Скалозуб, Л.О. Панік // Днепр, НМетАУ, «Системные технологии»: регіон. міжвузів. збірн. наук. пр. – 2017. – № 5 (112). – С. 183–197.
2. Скалозуб В.В. Реализация динамических, конкурентных и нечетких моделей планирования многопродуктовых потоков в транспортных сетях / В.В. Скалозуб, Л.А. Паник // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2018. – № 3 (75) – С. 113-127.

РАСПОЗНАВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ OCR СИСТЕМЫ INFYREADER

Михалёв А.И. д.т.н., проф., Потебенько О.В студ.

НМетАУ, Дніпро

Распознавание математических текстов с последующим их восстановлением в одном из пользовательских форматов представляется довольно сложной задачей, с которой не справляется практически ни одна из известных OCR-систем. В этой связи интерес представляет система InftyReader, разработанная в лаборатории Masakazu Suzuki университета Кюсю исследовательской группой по математической обработке данных InftyProject ([1]) для распознавания печатных изданий, содержащих сложные тексты с математическими формулами и различного рода графическими объектами и обладающая пользовательскими возможностями, которым большинство OCR-систем не соответствует. Система InftyReader распознает отсканированные данные из распечатанных документов и преобразует их в данные текстовых форматов. Ввод данных возможен в графических форматах TIFF, BMP, GIF, PNG, Image PDF, Ordinary PDF, а результат может быть выведен в виде файла Microsoft Office WORD 2007, файла LaTeX, файла XHTML с MathML, файла Human Readable Tex и файла IML для InftyEditor. Процесс распознавания состоит из четырех фаз: анализа макета страницы, распознавания формул и текста, структурного анализа математических выражений и ручной коррекции (рис.1).

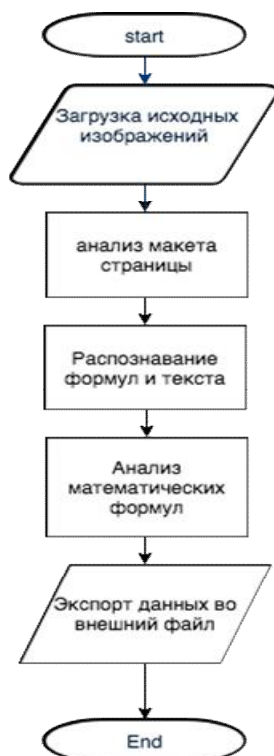


Рисунок 1

Представляется целесообразным использовать данную программу в распознавании математических текстов научных статей и их последующей проверке на уникальность (на плагиат) [2].

Литература

1. Suzuki M., Tamari F., Fukuda R., Uchida S., Kanahori T. /Infty – an integrated OCR system documents /In Proceedings of ACM Symposium on Document Engineering, 2003. - P. 95-104.
2. Михалев А.И., Потебенько О.В. Исследование возможностей применения OCR-системы InftyReader в задачах распознавания графических объектов научно-технической документации./Системные технологии. - 6(119). - Днепр, НМЕТАУ ИВК «Системные технологии». - С. 40-48.

МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ СОСТАВІВ

Скалозуб В.В. д.т.н., Білий Б.Б.

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

Одним з найбільш трудомістких елементів процесу переробки вагонів на станціях, який суттєво впливає на ефективність та терміни доставки вантажів, є саме формування составів, особливо багатогрупних (БГС). Для зменшення тривалості знаходження вагонів на станціях, зниження собівартості перевезення вантажів ін., відбувається вдосконалення технологій процесу формування БГС, розвиток відповідних моделей і методів. Проблемі визначення раціональних технологій та технічних засобів формування БГС присвячена значна кількість наукових робіт, в яких досліджують різноманітні підходи щодо застосування певних критеріїв оптимальності, створення спеціалізованих інформаційних технологій із формування БГС тощо. Серед багатьох методів формування БГС відзначаються комбінаторний, розподільчий, основний та подвійний ступеневі методи, а також метод рівномірного нарощування. Розроблено функціональну модель процесу формування багатогрупних составів (ФБС) яка вирішує наступні завдання: - дозволяє для окремого составу встановити сукупність рейсів збирання та сортування та розрахувати тривалість формування составу; - виконати пошук раціональної схеми формування для кожного методу та визначити раціональну технологію формування.

У доповіді представлено моделі інноваційної інтелектуальної технології щодо формування БГС на сортувальних станціях, яка використовує для формування увесь попередній досвід таких процесів. В них головним являється завдання формування спеціалізованих моделей, методів та засобів зазначених процесів, які мають відмінність від існуючих у переході від одного поточного окремого завдання формування составу (ЗФС), як в існуючих методиках і технологіях, до встановлення зв'язку цього ЗФС із раніше виконаними розрахунками. Результати розрахунків зберігаються в базах даних автоматизованої системи формування багатогрупних составів (АСФБС). В рамках пропонованої АСФБС окреме завдання ЗФС реалізується на основі послідовності таких процедур: - пошук у базі знань найбільш «схожого» (у деякій визначеній метриці) на поточне завдання варіанту ЗФС, шаблону для ЗФС; - використання цього варіанту як основи для до формування ЗФС на основі швидких алгоритмів розрахунку планів; - передача результату розрахунків для реалізації отриманого ЗФС; - поповнення баз знань оптимальним шаблоном, розрахованим на основі повного перебору для поточного завдання формування ЗФС.

Одним із головних завдань моделювання являється створення баз даних і баз знань шаблонів процесів формування багатогрупних составів (БЗнШ). В них зберігаються оптимальні щодо процесів розформування-формування структури составів, а також всі необхідні для відтворення їх характеристики. Для цього попередньо виконується кодування структури чергового составу, перетворення кодів станцій призначення вагонів у відповідні внутрішні форми. Закодовані форми составів порівнюються з шаблонами БЗнШ, які представляють оптимальні структури розформування-формування составів, визначені на попередніх етапах функціонування ІТ ФБС. Для утвореної схеми перероблення составу виконуються тягові розрахунки, покрокове моделювання процесу розформування-формування, створюється остаточний план для оператора сортувальної станції. У разі потреби передбачена функція візуалізації щодо виконання процесу розформування-формування составу.

В роботі представлені приклади чисельної реалізації інтелектуальних моделей процесів формування багатогрупних составів залізничного транспорту, а також наведені порівняльні оцінки їх ефективності.

МОДЕЛЬ-ТРЕНАЖЕР АСУ ШВИДКІСТЮ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ OPC-ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ ДАНИМИ

Тарасевич І.Г. к.т.н., Гармаш Д.М. магістр
Національна металургійна академія України

Одним із загальноновизнаних, як найбільш ефективних, підходів до навчання і перепідготовки операторів АСУ ТП є застосування комп'ютерних тренажерів реального часу [1]. Підвищення ефективності створення тренажерів пов'язано, в першу чергу, з розробкою і удосконаленням спеціалізованих математичних моделей технологічних процесів і автоматизованих систем для навчання [2].

При створенні тренажерів операторів складних технологічних об'єктів (ТО) виникають численні завдання, що вимагають аналізу поведінки об'єкта в динамічних режимах [3]. Тому одна з головних проблем створення тренажерів операторів складних ТО – це дослідження і розробка ефективних і легко реалізованих машинно-орієнтованих методів і алгоритмів імітації. Так технологічні віртуальні тренажери призначені для застосування в першу чергу в навчальних програмах підготовки технічних фахівців.

Розробка віртуальної моделі-тренажера АСУ швидкістю двигуна постійного струму проводилася в умовах кафедри автоматизації виробничих процесів НМетАУ. Виконано розрахунок АСУ, створено схему моделювання з використанням пакету Matlab/Simulink. Інтерфейсна частина для візуалізації та диспетчеризації роботи об'єкта управління розроблена за допомогою Simple-SCADA системи, перевагою якої є забезпечення роботи в режимі реального часу. Експериментальне дослідження динамічних режимів роботи АСУ здійснювалося з використанням промислового стандарту OPC (OLE for Process Control), що реалізує інтерфейс обміну даними між пристроями управління технологічними процесами. Стандарт обміну даними OPC базується на поширеній загальноприйнятій схемі Клієнт-Сервер. Ця архітектура дозволяє підключити безліч клієнтів до одного сервера. Для забезпечення доступу до даних моделі АСУ швидкістю двигуна постійного струму використано програмне забезпечення MatrikonOPC і Matlab/OPC Toolbox.

OPC-сервер MatrikonOPC, як спеціалізована програма-драйвер, виступає в якості передавальної ланки між HMI-інтерфейсом користувача тренажеру на базі Simple-SCADA (OPC-клієнт) та симулятором моделі АСУ на базі Matlab/Simulink (OPC-клієнт) і відповідає за передачу даних.

Створена віртуальна модель-тренажер дозволяє вивчати поведінку об'єкта управління при зміні задаючих і збурюючих впливів, а також параметрів настроювання регулюючого пристрою в реальному часі.

Модель-тренажер може бути використана не тільки слухачами ВНЗ, а надалі і спеціалістами з автоматизації виробничих процесів для придбання за короткий проміжок часу досвіду роботи з сучасними та існуючими на підприємствах SCADA-системами автоматизації верхнього рівня АСУ ТП. Такий досвід роботи з віртуальними тренажерами дозволить користувачам адаптуватись до реальних ситуацій на виробництві, а також перевірити свої можливості та реакцію в критичні моменти.

Література

1. Дозорцев В.М. Обучение операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров / В. Дозорцев // Приборы и системы управления. – 1999. – №8. – С. 61-70.
2. Ципцюра Р.Д. Принципы обучения операторов АСУ ТП с помощью комплекса тренажеров / Ципцюра Р.Д. – Киев: Об-во «Знание» УССР, 1985.
3. Павленко М.А. Принципы построения перспективных тренажерных систем подготовки операторов АСУ динамическими объектами / М.А. Павленко, А.И. Тимочко, Г.С. Степанов, В.Г. Чернов // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – 2014. – №1(19). – С.112-117.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕКТОРОМ ТЯГИ РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Токарева Е.Л.

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ

Новый подход к системе управления ракетным двигателем (РД) заключается в сочетании различных систем управления (механической (МСУВТ) и газодинамической (ГСУВТ)) в рамках одной бифункциональной (БСУВТ) системы управления вектором тяги (СУВТ), выполняющей функции управления и стабилизации полета ступени ракеты. Однако в связи с сочетанием в рамках БСУВТ двух автономных СУ с различными конструктивными и динамическими характеристиками появляется проблема согласования их действий и рационального распределением между ними функциональных задач полета ракеты-носителя, принципов взаимодействия МСУВТ и ГСУВТ между собой и с системой управления полетом в условиях штатных и нештатных ситуаций [1].

Для автоматического управления вектором тяги РД используются измеренные датчиками отклонения по углу в определенной плоскости, например, в плоскости тангажа, которые характеризуют нарушения в направлении движения установки. Эти данные телеметрической информации являются входными данными СУВТ. Вычислительные устройства цифровых контроллеров, реализующие алгоритм распределения управляющих усилий между составляющими БСУВТ на основе анализа входного сигнала, являются дискретными системами, оперирующими с дискретными сигналами, поэтому при разработке алгоритма комбинированной СУВТ применяется квантование временных функций, т.е. преобразование непрерывных функций входного сигнала и управляющего воздействия в соответствующие дискретные динамические ряды.

На основе анализа данных разработан алгоритм функционирования комбинированной (механической и газодинамической) системы управления вектором тяги ракетного двигателя. Предлагается на первом этапе разделить входящие сигналы для создания управляющих усилий разными системами управления комбинированной СУВТ. Представленная методика анализа предусматривает обработку входного сигнала СУВТ с выделением детерминированной (статической) составляющей (тренда) и высокочастотных осцилляций сигнала (отклонения от тренда), а также учет вида тренда фиксированных возмущений угла отклонения вектора тяги РД. После выделения трендов на конкретных временных интервалах возможно реализовать воздействие ступенчато, согласно малым линейным трендам, составляющим общий тренд на интервале. Такой подход упрощает задачу органам управления и позволяет оптимизировать алгоритм функционирования комплексной СУВТ. Проанализирована типичная зависимость выходных управляющих воздействий от входных сигналов для рулевого ракетного двигателя на различных временных интервалах его работы

Разработанная методика позволяет уменьшить энергозатраты на создание управляющих усилий путем разделения функции подсистем (МСУВТ и ГСУВТ) и реализовать преимущества комбинированной системы управления путем расширения функциональных возможностей, повысить качество и надежность системы управления полетом ступени ракеты.

Литература

1. Стрельников Г.А., Токарева Е.Л., Прядко Н.С., Игнатьев А.Д. Разработка структурной схемы бифункциональной системы управления вектором тяги ракетного двигателя // Техническая механика, 2018. – №4. – С. 57 – 67.

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Хорошилов С.В. д.т.н, Редька М.А.

Институт технической механики НАН Украины и ГКА Украины, г. Днепр, Украина

Сложность и многообразие задач, решаемых с помощью космических аппаратов (КА), постоянно растет. Вместе с этим также расширяются функции и повышаются характеристики систем управления (СУ) такими объектами. При этом при разработке современных СУ в основном используются методы классической и современной теории управления и практически не используются методы искусственного интеллекта. Следствием такого подхода являются высокие требования к элементам СУ КА (датчикам, исполнительным органам и др.), необходимость использования специального стендового оборудования, длительные сроки и высокая стоимость разработки.

Разработка СУ с использованием методов интеллектуального управления имеет потенциал изменить эту ситуацию. Например, представляет интерес рассмотреть следующий подход. КА выводится на орбиту с СУ, имеющей некоторые минимально необходимые характеристики для решения задач начального уровня, но у которой предусмотрена возможность улучшения характеристик по мере накопления данных об особенностях функционирования конкретного объекта. Такой подход аналогичен тому, как люди совершенствуют свои навыки по мере приобретения опыта.

В представляемом докладе исследуется возможность реализации такого подхода с использованием метода обучения с подкреплением (ОСП) на примере интеллектуального управления движением КА. Несмотря на то, что ОСП может быть использовано для решения различных задач управления, известно, этому методу присуща относительно невысокая эффективность обучения, что осложняет его применение для рассматриваемых в докладе объектов управления (ОУ). Кроме того, в большинстве случаев существующая методология не обеспечивает гарантий получения требуемых результатов, к которым привыкли в классической теории управления. Результаты решения этих проблем представлены в настоящем докладе.

Для повышения эффективности ОСП использована модель динамики, которая уточняется в процессе функционирования КА. Рассмотрены различные подходы для построения такой модели. В качестве основного выбрана модель, основанная на понятии гауссовских процессов. Это статистическая модель, которая с одной стороны позволяет использовать априорную информацию об ОУ, обладает достаточной гибкостью, а с другой стороны позволяет охарактеризовать неопределенность в динамике в виде доверительных интервалов. В этом случае задача исследования пространства состояний - управлений заключается в получении таких измерений, которые позволяют уменьшить границы доверительных интервалов.

В качестве сигнала подкрепления использован известный квадратичный критерий, позволяющий учесть как требования к точности, так к затратам на управление. Для поиска управлений на базе ОСП использован алгоритм итераций закона управления. Для реализации регулятора и оценивания функции стоимости использованы нейросетевые аппроксиматоры.

Для получения гарантий устойчивости КА с учетом неопределенности модели динамики применен аппарат функций Ляпунова. В качестве функции Ляпунова использована функция стоимости. Для того, чтобы упростить проверку устойчивости с учетом рассмотренной методологии использовано допущение о липшицевой непрерывности динамики ОУ. Это позволило применить метод множителей Лагранжа для того, чтобы ввести ограничения на поиск управляющих воздействий с учетом верхней границы неопределенности и липшицевых констант динамики.

Эффективность предложенного подхода иллюстрируется результатами компьютерного моделирования.

ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ПІД-РЕГУЛЯТОРУ ПРИ ЗРОСТАННІ ЧИСЛА НАЛАТУВАНЬ

Швачка О.І. к.т.н.

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Сучасна теорія керування охоплює широке коло задач, у тому числі, структурний синтез систем, структурний і параметричний синтез регуляторів, ідентифікацію об'єкту, аналіз працездатності.

Не зважаючи на високу якість керування систем, сучасні методи настройки регуляторів, у своїй більшості, не знаходять широкого промислового застосування. Це обумовлене складністю процесу настройки, необхідністю ретельного вивчення загальних властивостей та особливостей об'єкта керування, побудови більш точних математичних моделей а також суттєвими промисловими обмеженнями при впровадженні системи.

Проведені дослідження засвідчили, що більш 90% всіх промислових регуляторів складають регулятори з ПІД- законом. Це пояснюється широкими можливостями для настройки. Але в умовах інтенсифікації виробництва, режимах експлуатації близьких до критичних, нестабільності матеріально-енергетичної бази, динаміка об'єкту зазнає суттєвих змін. Це пов'язано з запізнюванням та інерційністю об'єкту, випадковими збуреннями змінними у часі. У цьому сенсі доцільно залучення структур регуляторів з класичним ПІД- законом, де для компенсації змін динамічних властивостей об'єкта вводиться додатковий диференціатор як окрема складова закону. Коло його дії спрямована на пропорційну компоненту, а також в комбінаціях з інтегральною та диференціальною частиною або сукупний ефект. Ґрунтуючись на це, одним з актуальних напрямків теорії керування є параметричний синтез типових ПІД- регуляторів з додатковими диференціаторами.

Основні правила налаштувань ПІД- регуляторів визначені у методі Циглера-Никольса та в поточний час використовуються як первинні налаштування, що обумовлюється простотою та низькими вимогами по точності ідентифікації об'єкту. Але отримані перехідні процеси за наслідками розрахунків не задовольняють з точки зору оптимальності як по прямим так і непрямым показникам якості. В дійсності ж, задача параметричного синтезу регулятору не має єдиного вірного рішення, а пов'язана з вимогами, що ставляться до конкретного виробництва. Загальні показники якості в дослідженні обумовлюються часом регулювання як показником відпрацювання обурення та перерегулюванням як величиною загасання відхилення параметру від завдання у тому числі симетрія перехідної характеристики при зменшенні наступної позитивною амплітуди коливань.

Об'єкти керування в хімічній промисловості є різні з точки зору фізичних принципів функціонування. Але з точки зору керування мають однакові динамічні властивості та можуть бути описані аперіодичною ланкою не вище третього порядку та ланкою запізнювання. Таким чином, постійна часу об'єкту та час повного запізнювання визначено як динамічні властивості об'єкту керування та у поєднанні з яким необхідно одержати залежності налаштувань розширеного регулятору за умови дії додаткового диференціатору.

Розрахункова частина передбачає збір статистичного матеріалу за умови проведення модельного однофакторного експерименту. Як відомо тип закону керування обумовлюється співвідношенням сталої часу до часу повного запізнювання. Саме це положення є вихідним для визначення умов експерименту за умови стабілізації постійної часу об'єкту та варіювання часом запізнювання. В сформованих таким чином умовах експерименту проведено імітаційне моделювання структури розширеного регулятору. Первинне налаштування виконано ітеративними методами за правилами впливу окремої складової регулятору при забезпеченні якості встановленої обмеженнями. Налаштування регулятору визначаються по рівнянням регресії в залежності від динамічних характеристик. Показником адекватності моделі є коефіцієнт регресії, за значенням якого відбувається остаточне корегування та формування вихідної залежності в експериментальних умовах.

Запропонований метод розширює науково-методичну базу налаштування регулятору за умови стійкості та робастості, які б відповідали виробничому регламенту.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПОШУК АНСАМБЛЕМ КЛАСИФІКАТОРІВ

Шумейко О.О. д.т.н., Шевченко Г.Я. к.т.н.

Дніпровський державний технічний університет, науковий центр Noosphere

Організація пошуку документів за інформаційним запитом займає важливе місце у Data Mining і є ключовою складовою Data Text. Безумовно, що для всесвітньої мережі для цієї мети існують більш-менш відомі методи, починаючи від класичного PageRank до Google RankBrain, Bing Custom Search <https://pr-cy.ru/news/p/6380> або Баден-Баден від Яндекс. Але у разі організації пошуку у локальному сховищі, принципи, закладені для глобальної мережі, не підходять, що пов'язано, поперед всього, зі структурою Інтернет -документів та зі зворотними посиланнями. Одним з найчастіше використовуваних методів пошуку у локальних сховищах є алгоритм TF/IDF, для якого критерієм якості відношення документу d до інформаційного запиту

$S = \{s_i\}$ (s_i - словоформа запиту) є

$$score(S, d) = \sum_{s \in S} IDF(s) \times \frac{TF(d, s)}{|d|}$$

де

$$TF(d, s_i) = \frac{n_i}{\sum_k n_k}, \quad IDF(s_i) = \log \frac{|D|}{|d \ni s_i|}$$

та n_i частота зустрічі словоформи у відповідному документі.

Запропоновано для вирішення задачі пошуку та побудови рейтингу документів у відповідності з інформаційним запитом, використати ансамбль класифікаторів з перебудовою моделі його навчання згідно зі сферою інтересів клієнту, який проводить відповідний пошук.

Використано чотири класифікатори - TF/IDF, Окарі BM25, векторний класифікатор (в якості критерію близькості використовується косинус кута між векторами, які відповідають документам) та метод розроблений авторами на основі значення приросту ентропії.

Ідея цього алгоритму складається в аналізі величини приросту ентропії

$$H(D_k, S) = H(D_k) - \sum \left\{ \frac{num(s_i)}{N_k} H(D_k, s_i) \mid s_i \in S \right\},$$

де

$$H(D_k, s_i) = - \frac{num(s_i)}{N_k} \log_2 \frac{num(s_i)}{N_k} - \frac{N_k - num(s_i)}{N_k} \log_2 \frac{N_k - num(s_i)}{N_k}$$

величина ентропії документу D_k відносно слова s_i з інформаційного запиту S . Тут N_k – загальне число словоформ у документі D_k , а $n_i^k = num(w_i^k)$ – число входжень словоформи w_i^k у даний поточний документ ($num(s)$ – число входжень слова s). Чим більше буде значення приросту ентропії, тим більше наш документ буде відрізнятися від інформаційного запиту.

Під час аналізу документів відносно інформаційного запиту, рейтинг $R_i(d, S) (i = 1, 2, 3, 4)$, який виставляє кожен класифікатор, нормуємо у $[0, 1]$, де одиничка відповідає максимально можливому рейтингу, а 0 – абсолютна несхожість. Результат класифікації дає лінійна комбінація (чим більше значення $\rho(d, S)$, тим більша відповідність документа інформаційному запиту)

$$\rho(d, S) = \sum_{i=1}^4 \omega_i R_i(d, S),$$

де ω_i вага відповідного методу. На першому кроці всі значення $\omega_i = 1 (i = 1, 2, 3, 4)$. При кожному подальшому використанні пошуку, під час вибору документів, які найбільш зацікавили користувача, збільшується вага класифікатору, який дає більш відповідні результати.

ВИКОРИСТАННЯ ОДНОПЛАТНИХ МІКРОКОМП'ЮТЕРІВ У ЯКОСТІ СЕРВЕРІВ ДЛЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Ясько М. М.

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, Україна

Інтернет речей (Internet of Things, скорочено IoT) – це глобальна мережа підключених до Інтернету фізичних пристроїв – «речей», оснащених сенсорами, датчиками і пристроями передачі інформації, яка виключає участь людини. Сьогодні в світі налічується більше 16 млрд. підключених до Інтернету пристроїв. До 2022 року – це число досягне 29 млрд., і більшість із них будуть пристроями світу IoT. Тому зараз є дуже нагальним підготовка фахівців які б змогли створювати апаратні та програмні засоби для автоматизації і управління різними пристроями (речами) як в промисловості, так і в домашньому побуті.

На кафедрі комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету був введений навчальний курс "Інтернет речей". Основним апаратним засобом для навчання студентів були вибрані одноплатні мікрокомп'ютери Orange Pi 2G-IoT, 3G-IoT, 4G-IoT. Ці мікрокомп'ютери створені на чіпі SoC RDA8810PL, який має ARM мікропроцесор Cortex-A5 з тактовою частотою 1ГГц, 256Кб кеш пам'ять другого рівня, 256Мб оперативну пам'ять LPDDR2, 512Мб флеш пам'ять SLC NAND, а також графічний прискорювач Vivante GC860. Також присутній адаптер бездротового зв'язку Wi-Fi 802.11b/g/n, Bluetooth 2.1/EDR на контролері RDA5991 та GPRS модем. Є порт USB 2.0, і порт Micro-USB з підтримкою OTG для подачі живлення, мікрофон, 3-х піновий UART інтерфейс для послідовного порту, CSI роз'єм для підключення відеокамери та роз'єм для підключення LCD дисплея. На платі розташована 40-пінова гребінка роз'ємів GPIO, аналогічна Raspberry Pi B+. Габарити плати мають розмір 67x42мм і масу 35г.

Основною особливістю даного мікрокомп'ютера те, що він має вбудовану в NAND операційну систему Android. Можна також використовувати різні версії операційних систем Linux, які можна загрузити з флеш-карти формату microSD. В процесі експлуатації даних мікрокомп'ютерів були розроблені програмні засоби для запису власної версії операційної системи Linux для запису в NAND, що дозволило підвищити продуктивність та значно здешевити розроблений програмно-апаратний комплекс.

Для передачі даних від «розумних» пристроїв сьогодні існує кілька спеціалізованих стандартів. Стандарт eMTS використовує мобільні мережі LTE, EC-GSM-IoT – мережі GSM, а NB-IoT – може використовувати будь-які мережі. Промислові стандарти є більш консервативними, тут найчастіше використовуються протоколи ModBus для передачі даних через послідовний порт та більш сучасний MBus, який для передачі даних може використовувати також Ethernet та WiFi.

У процесі проходження даного курсу студенти вивчають такі теми:

1. встановлення та налаштування операційної системи;
2. налаштування веб-сервера на nodejs;
3. зміна режимів функціонування WiFi;
4. забезпечення захисту даних;
5. протоколи ModBus та MBus;
6. збір даних з аналогових та цифрових пристроїв.

Після вивчення даного курсу студенти повинні знати сучасне апаратне та програмне забезпечення для вирішення конкретних задач Інтернету речей, вміти встановлювати та налаштовувати програмне забезпечення, розробляти конкретні сценарії збору інформації та управління цифровими та аналоговими пристроями. Студенти також поглиблюють свої знання з операційних систем Unix та Linux і будуть готові самостійно продовжити вивчення апаратних та програмних засобів у ході подальшого розвитку даного напрямку.

СЕКЦІЯ 6

ПРОГРЕСИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДОДАТКАМИ SOLIDWORKS

Боровик Л.В. к.п.н., Рудик О.Ю. к.т.н., Педосюк В.В. магістрант
Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б.Хмельницького,
Хмельницький національний університет

Забезпечення проектування механізмів дослідимо на прикладі застосування 3D-системи твердотільного параметричного моделювання SolidWorks, яка має найбільш розвинені можливості для створення й редагування поверхонь порівняно із системами аналогічного рівня, що активно використовується у її додатку – Simulation [1]. Для цього розглянемо розрахунок захвата трансмісійної стійки, призначеної для підйому й переміщення вантажів при монтажі й демонтажі вузлів та агрегатів з автомобілів [2].

Задачею дослідження ставилось визначення у SolidWorks Simulation максимального зусилля, яке можна прикласти до вуха захвата спроектованої стійки при заданому мінімальному (допустимому) коефіцієнті запасу його міцності $k_{min} = 1,5$.

Для цього у SolidWorks створена геометрична модель захвата, а з бібліотеки SolidWorks Simulation вибраний його матеріал – сталь Ст.3 ГОСТ 535-88, проведено закріплення моделі, прикладення до неї навантаження у 550 Н (моделювався перекид при установці агрегату автомобіля на одне вуха захвата – рис. 1), створення сітки скінченних елементів, здійснено відповідні розрахунки. Встановлено, що у випадку вибору сітки “за замовчуванням” (для економії тривалості розрахунків) з розміром елемента $h = 5,07063$ мм (4 точки Якобіана – рис. 1, а) $k_4 = 1,605$, що більше k_{min} .

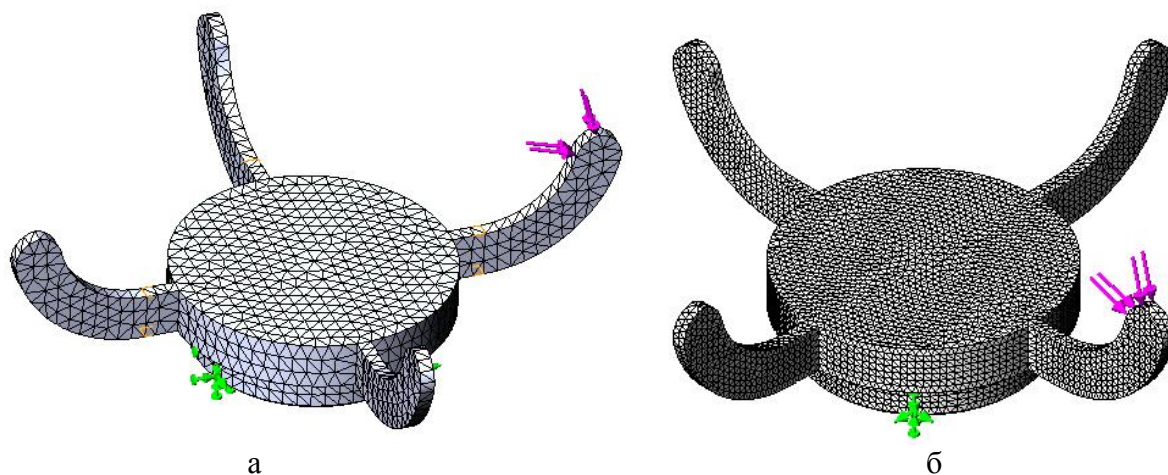


Рисунок 1 – Сітка з точками Якобіана

Але SolidWorks Simulation пропонує проводити Якобієву перевірку не тільки на 4-х гаусових точках, а й на 16, 29 чи на параметрі “у вузлах”, що й рекомендується для розв'язку статичних задач. Хоча при цьому збільшується тривалість розрахунків, та вони повинні бути точнішими. І дійсно, при виборі параметру сітки “у вузлах” ($h = 2,53531$ мм) мінімальний коефіцієнт запасу міцності став рівний $k_{\text{“у вузлах”}} = 1,386$, що менше допустимого. Отже, вуха захвата не витримає навантаження у 550 Н: потрібні перерахунки у сторону його зменшення.

Встановлено, що навантаження у 500 Н сприймається вухом захвата як таке, що задовольняє умові міцності ($k_{\text{“у вузлах”}} = 1,525 > k_{min}$).

Література

1. Боровик Л.В. SolidWorks як засіб навчання / Л. В. Боровик, О. Ю. Рудик, А. В. Корінний // «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку»: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції. – Черкаси, 2018. – С. 110-112.
2. Боровик О. В. Впровадження у навчальний процес CAE/CAD-систем / О. В. Боровик, О. Ю. Рудик, О. В. Дідух // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка», укл. Н. В. Кононець, В. О. Балюк. – Полтава: КУЕП ПДАА, 2019. – С. 128-132.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДРОБЛЕННЯ КРИХКИХ МАТЕРІАЛІВ В МОЛОТКОВИХ ДРОБАРКАХ

Васильченко Т.О. к.т.н.¹, Шевченко І.А. к.т.н.¹, Кобрін Ю.Г.², Гречаний О.М.²

¹Запорізький національний університет, ²Національна металургійна академія України

Вступ. На операції дроблення кожного року витрачається не менш 5% всієї виробленої в світі енергії. Така велика доля в загальному енергетичному балансі підкреслює місце і важливість процесів дроблення в життєдіяльності людини [1]. Для дроблення крихких і м'яких матеріалів: кам'яного вугілля, крейди, вапняку, коксу та ін. застосовують молоткові дробарки.

Аналіз досягнень. В основу молоткових дробарок з шарнірно підвішеними молотками закладено принцип руйнування крихких кускових геоматеріалів багатократним ударом і стиранням [2,3]. Руйнування ударом і стиранням характеризується високою універсальністю як по відношенню можливості дроблення різних видів матеріалів, так і по відношенню ступеня їх дроблення.

Дроблення частинок матеріалу проходить поетапно. Ударний вплив призводить до розколювання частинки матеріалу щонайменше на дві частини. Кожен з уламків обтирається за рахунок сил тертя. Частина матеріалу, що утворюється за рахунок стирання, вважається дуже дисперсною і тому не приймає участі у подальшому процесі дроблення. Кожна з частинок, отриманих після розколювання початкової частинки та обтирання, знову розколюється щонайменше на дві частинки, кожна з котрих обтирається. Таким чином процес триває доки частинки матеріалу не зменшаться до потрібного розміру.

В молоткових дробарках частинки матеріалу руйнується за рахунок їх розколювання внаслідок ударного впливу (ударом вльоті) та стирання. Причому, більша частина витрачається саме на дроблення матеріалу за рахунок стирання, а не удару, що приводить до надлишкового збільшення питомих енерговитрат на одиницю готового продукту. Так, наприклад, за даними С.П. Джинджихадзе, в молотковій дробарці при лінійній швидкості молотків 110 м/с на дроблення ударом витрачається тільки 16,9% від всієї енергії що підводиться, а на дроблення стиранням – 83,1% [4].

Постановка завдання. Ефективне проведення ударно-стираючого дроблення пов'язано з переносом енерговитрат в бік безпосереднього здрібнення. Завдання – з'ясувати закономірності енерговитрат процесу дроблення в залежності від співвідношення впливу способів ударного руйнування та руйнування тертям, а також зміни характеристик міцності подрібнювального матеріалу при аналізі роботи молоткової дробарки.

Головна частина досліджень. Згідно зі статистичною теорією міцності [1], дефекти в будові твердого тіла розподілені стохастично за об'ємом; тобто зменшення розмірів часток приводить до зменшення числа дефектів. Залежність міцності твердих тіл від лінійних розмірів є масштабним фактором [5]. В молоткових дробарках матеріал руйнується за рахунок розколювання його частинок внаслідок ударного впливу та стирання.

Література

1. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности / П. М. Сиденко. – Москва: Химия, 1977. – 305 с.
2. Бонд Ф. С. Законы дробления / Ф. С. Бонд. // Стройиздат. – 1966. – С. 195–208.
3. Андреев С. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С. Е. Андреев, В. А. Перов, В. В. Зверевич. – Москва: Недра, 1980. – 415 с.
4. Джинджихадзе С. П. Исследование энергоемкости процесса дробления фуражного зерна в молотковых дробилках : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Джинджихадзе С. П. – Тбилиси, 1965. – 35 с.
5. Кузнецова М. М. До питання оптимізації технологічного процесу подрібнення в будівництві / М. М. Кузнецова, А. Г. Приймаков. // Науковий вісник будівництва. ХДТУБА. – 2010. – №58. – С. 133–141.

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ НАКОПИЧЕННЯМ СОСТАВІВ НА КОЛІЯХ НАКОПИЧЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

Жуковицький І.В. д.т.н., Устенко А.Б. к.т.н., Дзюба В.В.

*Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна*

Накопичення составів в сортувальних парках станцій є важливим елементом технології вантажних залізничних перевезень. Якість управління цим процесом значною мірою визначає збереження вагонів та вантажів, а також пропускну спроможність станції. Нині основним способом такого управління є «прицільне» гальмування вагонів на паркових позиціях, яке виконується в автоматичному або автоматизованому режимі (за участю оператора). Дослідження підтверджують, що показники якості управління – швидкості зіткнення вагонів та довжина «вікон» на сортувальних коліях – є значно гіршими за нормативи. Однак, механізм автоматизованого контролю результатів прицільного гальмування нині відсутній. За ідеєю авторів розробка та дослідження такого механізму може дозволити суттєво удосконалити автоматизоване управління накопиченням составів. Далі розглядаються напрямки рішення цієї задачі.

Основою досліджень повинна стати методика оцінювання показників прицільного гальмування в залежності від засобів управління. Аналіз існуючих методик підтверджує, що вона повинна базуватись на імітаційному моделюванні. Зокрема, обраний підхід, де виділяються окремі рівні моделювання фізичного процесу скочування вагонів, наземної автоматики та алгоритмів управління. Визначені вимоги до кожного з рівнів моделювання, а також до складу показників якості управління, що оцінюються.

Передумовою оцінювання результатів управління має бути контроль руху вагонів по сортувальним коліям. Пропонується використання для такого контролю датчиків проходження коліс з фіксацією кожного колеса вагону, що рухається. За попереднім аналізом таке рішення може дозволити здійснювати квазібезперервний контроль місцезнаходження на колії, швидкості та уповільнення вагонів, причому вплив похибок датчиків може компенсуватись збитковістю інформації і кількість датчиків може бути значно меншою, ніж в сучасних системах. При цьому актуальною задачею є вибір методів розробки і дослідження алгоритмів такого контролю на базі моделювання.

Контроль параметрів руху вагонів на сортувальних коліях створює можливість автоматичного оцінювання статистичних показників швидкостей зіткнення та «вікон». Це, зокрема, дозволяє виявляти фактори, які систематично знижують якість прицільного гальмування на різних сортувальних коліях, а також може стати основою для запровадження алгоритмів адаптації. Розробка та оцінювання ефективності відповідних алгоритмів є наступною актуальною задачею дослідження.

Як доведено значною кількістю досліджень, одним з найбільш важливих факторів якості прицільного гальмування є точність визначення ходового опору вагонів. Наявність контролю руху вагонів на сортувальних коліях дозволяє удосконалити прогнозування ходового опору, спираючись на оцінювання фактичного уповільнення вагонів. Зокрема, це створює можливість використання сучасних методів машинного навчання, в тому числі із застосуванням штучних нейронних мереж. Імітаційне моделювання при цьому дозволяє дослідити ефективність такого навчання та оптимізувати його параметри.

Таким чином, в роботі запропоновано використання механізму контролю параметрів руху вагонів по сортувальним коліям та визначені напрямки відповідного удосконалення автоматизованого управління накопиченням составів. Обґрунтована актуальність рішення наукових та практичних задач, які повинні забезпечити таке удосконалення.

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕПЕРТУАРНОГО ПЛАНА ТЕАТРА

Косолапов А.А. д.т.н., проф., Парполита А.Н., Шашков В.А.

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

Качество театральных постановок и эффективность использования материально-технической базы и творческого потенциала артистов во многом зависят от уровня организации работы театра. Важной составляющей этого является репертуарный план работы театра на театральный сезон. Данный документ регламентирует не только ритм работы коллектива театра, но и существенно влияет на реализацию творческих способностей его членов. Поэтому репертуарный план можно и нужно рассматривать как важный документ рационального использования ограниченных ресурсов – художественного и артистического персонала, а также театральной материально-технической базы.

Составление репертуарного плана работы театра на театральный сезон представляет из себя весьма трудоемкий, многофакторный процесс. Он требует больших временных и интеллектуальных затрат, так как многие факторы, влияющие на такой план противоречивы и носят нечёткий характер. По сути, задача составления репертуарного плана является задачей многокритериальной многофакторной дискретной оптимизации в нечётких условиях.

Составление репертуарного плана можно отнести к задачам упорядочивания, или упаковки, или составления различного рода расписаний (например, занятий в учебном заведении, или формирования составов поездов и т.п.). Как уже было указано, это чрезвычайно трудоемкий и сложный процесс, требующий его автоматизации.

На сегодняшний день существует много методов и алгоритмов для решения задачи составления разного рода расписаний. Однако они существенно зависят от прикладного характера и конкретных условий решения задачи. К таким недостаточно изученным задачам относится задача формирования репертуарного плана театра на театральный сезон.

В докладе рассматриваются основные требования и условия, которым должен удовлетворять формируемый план, и предложен критерий его оптимизации.

Разграничим понятия "репертуар" и "репертуарный план", которые зачастую воспринимаются как синонимы. В первом случае речь идет о перечне спектаклей (концертов), планируемых к показу в новом театральном сезоне; во втором - о подробном календарном плане, в котором определено, когда именно будет представлен тот или иной спектакль (концерт).

Выделяют два уровня формирования репертуарного плана театра:

1. Сезонный.
2. Месячный.

Существует три метода планирования выпуска постановок: по контрольным срокам, с помощью линейных диаграмм и с помощью сетевых графиков. Наиболее легкий, простой, доступный, но наименее эффективный способ планирования - по контрольным срокам. Однако, для эффективного макро-планирования, когда в театре уже сложился набор спектаклей, необходимо учитывать ряд факторов в процессе их упорядочивания в новом сезоне.

Репертуарный план на новый театральный сезон носит предварительный характер. Окончательное формирование репертуарного плана театра осуществляется при формировании плана работы театра на предстоящий месяц, которое должно быть закончено не позднее 20-го числа текущего месяца.

Месячный репертуарный план формируется на основе сезонного с учетом реальной ситуации, сложившейся на момент составления плана работы театра на предстоящий месяц. Необходимость внесения корректив в предварительный план

может быть вызвана различными непредвиденными обстоятельствами (внезапной болезнью исполнителей, поломкой сценического оборудования, неготовностью нового спектакля к указанной дате премьерного показа и т.п.). То есть алгоритм решения задачи должен быть интерактивным с помесечной корректировкой сезонного плана.

К *обязательным требованиям*, предъявляемым к репертуарному плану, например, театра оперы и балета, относятся следующие:

- Не меньше двух новых спектаклей в одном театральном сезоне.
 - Каждой премьере должны предшествовать как минимум одна генеральная репетиция (в костюмах, со всеми декорациями и реквизитом), один полный прогон и одна сдача спектакля членам худсовета театра.
 - Не менее 15 дней гастролей в течении одного театрального сезона.
 - Понедельник – выходной день.
 - Минимум один день в неделю для представлений приезжих коллективов.
 - Не меньше двух выездных спектаклей труппы театра в течение одного календарного месяца.
 - Не менее двух дневных спектаклей/концертов для детей и юношества в месяц.
 - Концерты, балеты и оперы (оперетты) или должны сменять друг друга, то есть не может быть, например, балетный или оперный спектакль идти два и более дня подряд. Данное ограничение не распространяется на период новогодних школьных каникул, когда представления детских сказок проходят каждый день и, как правило, дважды в день.
 - Нельзя в один день проводить репетицию и представление балета или репетицию и представление оперы/оперетты. То есть, если, например, репетиция балета, то в этот день оперный спектакль. Или наоборот.
 - Премьерные и наиболее посещаемые спектакли должны идти не реже одного раза в месяц. (Данные по посещаемости спектаклей берутся средние за прошлый и текущий театральные сезоны.)
 - Репетиции не должны мешать подготовке ближайшего спектакля.
- Необязательные требования к репертуарному плану:*
- Продолжительные спектакли планировать на выходные и праздничные дни, когда представление начинается на час раньше по сравнению с будними днями.
 - Не меньше двух раз в месяц в выходные и праздничные дни планировать дневные спектакли/концерты для семейного просмотра.
 - Один день отдыха артистам и работникам художественно-постановочной части, задействованным в выездном спектакле, после их возвращения из командировки.
 - Максимально возможное равномерное распределение нагрузки для артистов и работников художественно-постановочной части.

Основным критерием оптимизации репертуарного плана театра является максимизация прибыли театра за счёт повышения посещаемости театральных представлений зрителями, то есть рост уровня самоокупаемости театра. Многочисленный набор ограничений, и, в первую очередь, плавающие даты выходных и праздничных дней, дней выездных спектаклей существенно усложняют решение задачи классическими методами.

Поэтому авторами предлагается для решения задачи автоматизации составления репертуарного плана театра использовать гибридный подход на основе роевых алгоритмов и специальных процедур. В качестве средств программирования выбран язык Python и его библиотеки. Разработана экспериментальная версия программы решения упрощённой задачи с периодом планирования две недели. Сформированы основные базы данных опер, балетов и оперетт, а также их исполнителей.

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ИНДУСТРИЯ 4.0

Купин А.И.¹ д.т.н., проф., Ивченко Р.А.¹, Поддубный Б.А.¹, Мисько Б.С.²

¹Криворожский национальный университет,

²ГП «Криворожский институт автоматики»

В настоящее время практически все развитые страны мира сосредоточены на решении проблем глобализации, построения цифровой экономики, интенсификации и повышения конкурентоспособности за счет внедрения «умных производств» (Smart Factory [1]). Все эти предпосылки дали начало новой концепции развития производства, получившей название «Индустрия 4.0» [2]. Стоит отметить, что третья научно-техническая революция привела к автоматизации отдельных процессов, в то время как «Индустрия 4.0» предусматривает сквозную цифровизацию всех стадий производства и их интеграцию в цифровую систему вместе с кооперацией партнеров, участвующих в цепочке создания конечного продукта.

У создания концепции «Индустрия 4.0» в рамках решения задач управления современными технологическими процессами и производствами было несколько основных предпосылок. Одна из них связана с тем, что усложнение, так называемой материальной части производства, безусловно ведет и к усложнению организационной составляющей. Современному руководителю становится труднее принимать правильные управленческие решения. В прогрессии увеличивается вариативность применяемых целей, условий, ограничений, а вместе с ними и масштаб возможных последствий. Другой важной причиной, является тот факт, что в современных условиях управления необходимо не только получать статистику и аналитику производства, но и иметь возможность прогнозирования с использованием полученных данных. Должны применяться высокоэффективные методы выделения наиболее важной и актуальной информации на момент принятия решения, с возможностью предиктивного анализа возможных вариантов событий.



Рисунок 1 – Общая структурная схема Smart Factory на основе концепции «Индустрия 4.0»

Выводы. Предложенные подходы позволят решить задачу более эффективного управления современными технологическими процессами и производствами за счет применения перспективных подходов концепции «Индустрия 4.0» (кибер-физические системы, IoT, BigData, симуляция и облачные вычисления, дополненная реальность и т.д.). Более детальная разработка подобных систем с учетом специфики конкретных отраслей и технологий является целью дальнейших исследований авторов.

Литература

1. Kupin A., Muzyka I., Romanov M., Ruban S., Savitskyi O., Kharlamenko V. Intelligent control of repair process of industrial facilities with distributed infrastructure on the basis of CPS // Advances in Cyber-Physical Systems. – Vol. 1, No. 2. – Lviv, 2016. – P.87-92.
2. Lee J. Industry 4.0 in Big Data Environment, Harting Tech News 26, 2013, http://www.harting.com/fileadmin/harting/documents/lg/hartingtechnologygroup/news/tec-news/tec-news26/EN_tecNews26.pdf

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ УВОДА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ

Лапханов Э.А. аспирант

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ

Проведено исследование орбитального движения космического аппарата (КА) с магнитным приводом на постоянных магнитах (МППМ). Согласно исследованиям профессора Шувалова В. А., при движении намагниченного КА в слоях ионосферной плазмы возникают силы, которые могут быть использованы для управления орбитальным движением КА, а также для увода с орбит по окончании срока активной эксплуатации. Им выполнена экспериментальная проверка этого эффекта и разработана соответствующая математическая модель. За основу математической модели орбитального движения КА с МППМ взята система дифференциальных уравнений Лагранжа первого рода в окулирующих элементах, где первые производные берутся по истинной аномалии.

Для анализа динамики движения КА с МППМ на низких околоземных орбитах (НОО) было разработано приложение в открытом пакете программных продуктов SciLab на соответствующем языке программирования. Язык программирования SciLab был выбран благодаря своей простоте, бесплатному распространению и возможности интеграции в различные операционные системы: Linux, Mac OS X, Microsoft Windows. Разработанное программное приложение дает возможность рассчитывать время снижения КА при активном использовании МППМ, а также рассчитывать время увода с орбиты в плотные слои атмосферы с помощью МППМ отработавших свой срок КА. Согласно международного стандарта атмосферы IRI 2007 и Европейского стандарта ECSS-E-ST-10-04C от 2008 года, наибольшая концентрация заряженных частиц в ионосфере наблюдается на высотах от 300 до 900 км. В связи с этим, верхней границей эффективного применения МППМ является высота 900 км в перигее. Таким образом, разработанное приложение наиболее целесообразно применять для анализа времени увода КА с МППМ на орбитах, которые являются близкими к круговым, где разность высот в перигее и апогее не превышает 250 км. На таких орбитах более 70% траектории КА находится в слоях ионосферной плазмы с максимальной концентрацией заряженных частиц и применение МППМ является эффективным. Также программное приложение позволяет рассчитывать время увода КА и с помощью аэродинамических систем увода (АСУ). Согласно исследованиям, высотами эффективного применения АСУ является высоты до 800 км в перигее, что удовлетворяет крайнему порогу высот в программном приложении.

Для проведения тестовых расчетов были выбраны КА массами 100 кг, 500 кг и 1,5 т. Масса МППМ закладывалась по аналогии с массогабаритными требованиями АСУ, где масса системы увода равна 3-5% от массы уводимого ОКМ. Расчет времени увода с высот до 900 км на высоту 180 км производился с околокруговых орбит (эксцентриситет 0,005) с различных наклонений. Полученные результаты показали, что использование МППМ в качестве системы увода с высот до 900 км полностью удовлетворяет требованиям увода ОКМ в 25 лет. Для анализа точности работы программного приложения проводился расчет времени увода КА с помощью АСУ с определенными параметрами. В качестве эталонного значения брался расчет времени увода того же КА с помощью той же АСУ в лицензированном программном обеспечении DRAMA ESA. Относительная погрешность расчета времени увода составила около 12%, что является допустимым при проведении предварительных оценочных расчетов. Это объясняется, тем что лицензированный продукт Европейского космического агентства DRAMA ESA использует текущие данные модели атмосферы и солнечной активности, а в разработанном приложении используются данные за 2008 год при средней солнечной активности.

Таким образом, разработанное программное обеспечение позволяет делать предварительные оценочные прогнозы относительно времени увода с помощью МППМ и АСУ и может использоваться на различных операционных системах, что экономит время на проведение предварительных расчетов при проектировании систем увода КА с ННО.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ЗАТИСКУ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ БАГАТООПЕРАЦІЙНИХ ВЕРСТАТІВ

Литвин О.В. к.т.н., Гаврушкевич Н.В., Алексик Д.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Важливим фактором, що визначає вибір типу механізму затиску та звільнення інструменту для верстатів з програмним керуванням, є зусилля запресування (затяжки) та випресування інструменту [1].

При різних зусиллях запресування інструменту було визначено піддатливість конусних з'єднань типу Морзе №2 та ISO 1/24 №1. Величина зусилля запресування та випресування для конуса типу Морзе №2 вимірювалась динамометричним ключем за моментом на шпонці, а для конуса типу ISO 1/24 №1 шпинделя в залежності від зусилля затяжки - динамометром на стенді.

Результати експерименту були приведені у вигляді графіків сумарної контактної піддатливості в точці прикладання зусилля $L = 10$ см від торця шпинделя в залежності від зусилля затяжки. В результаті виявлено, що жорсткість конусних з'єднань зі збільшенням зусилля затяжки декілька підвищується (у конуса Морзе №2 на 40%, у конуса ISO 1/24 №1 на 25% при збільшенні зусилля затяжки з 300 до 1500 кг).

Варто відзначити, що при зусиллі затяжки конуса Морзе №2, що дорівнює 1500 кг, діаметр бігових доріжок підшипників шпинделя координатно-розточувального верстата моделі 2A430 збільшується на 4 мкм.

Зусилля випресування конуса Морзе №2 та ISO 1/24 №1 наведені в табл. 1. З неї виходить, що для випресування конуса Морзе №2 необхідно створити момент на шпонці в 2-2,2 рази більший, ніж момент затяжки. Для випробовуваного з'єднання ISO 1/24 №1 до осьових зусиль затяжки в 3000 Н конус звільняється без додаткового зусилля, при осьовому зусиллі затяжки в 6000 Н для виштовхування конуса потрібно прикласти зусилля, рівне 0,1 від зусилля затяжки.

Таблиця 1 - Співвідношення зусиль затяжки та пресування в конусах Морзе та ISO 1/24

Зусилля затяжки конуса, кг	Зусилля ви пресування, кг	
	Конус Морзе №2	ISO 1/24 №1
0	0	0
300	600	0
600	1200	60
900	2400	—
1200	2700	—
1500	3300	—

Для перевірки роботи зпроектованого в машинному центрі механізму затяжки інструменту на фрезерному верстаті фірми «Асиера» моделі F4 був зібраний стенд.

Проведене безпосереднім фрезеруванням випробування показало, що конусне з'єднання типу ISO 1/24 №1 забезпечує можливість фрезерування навіть при зусиллі затяжки $Q=100$ кг. Але незалежно від напрямку навівки пружини (ліва чи права) при фрезеруванні відбувається викручування шомпола з інструменту.

Тому конструкція механізму затяжки інструменту через пружину обов'язково повинна передбачати стопоріння від провороту шомпола відносно інструменту.

Дані рекомендації можуть бути використані при проектуванні механізму затиску інструменту для багатоцільових верстатів.

Література

1. Лещенко В. А. Станки с числовым программным управлением (специализированные) / В. А. Лещенко, Н. А. Богданов, И. В. Вайнштейн. – Москва: Машиностроение, 1988. – 568 с.
2. Кузнецов Ю.Н. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием / Ю. Н. Кузнецов, В. Н. Волошин, П. М. Неделчева, Ф. В. Эль-Дахаби. – Киев: ООО «ЗМОК» - ООО «ГНОЗИС», 2010. – 466 с.

ПРОБЛЕМА ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ РІДИНИ В РУХОМІЙ ЄМНОСТІ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

Мазуренко В.Б. к.т.н.

Дніпровський національний університет

Існує проблема визначення кількості рідини всередині рухомої ємності, яка полягає в тому, що точність визначення кількості рідини під час руху ємності виявляється суттєво нижчою за точність, яка реалізується в стаціонарних умовах. Є чотири фактори, що ускладнюють процес проведення вимірювання висоти рівня та визначення кількості рідини всередині рухомої ємності у порівнянні з проведенням вимірювання у стаціонарній ємності: 1) наявність вимушеного руху рідини всередині рухомої ємності під впливом прискорення ємності; 2) виникнення та розвиток вільних коливань на поверхні рідини; 3) зміщення центру форми вільної поверхні рідини з точки розташування центру поперечного перерізу ємності, перпендикулярного по довжінній осі ємності; 4) неможливість в загальному випадку безпосередньо використовувати дані градування ємності, отримані в стаціонарних умовах, для перерахунку в об'єм рідини даних про висоту рівня рідини, що отримані в умовах руху ємності.

З метою аналізу стану проблеми вимірювання кількості рідини в рухомих ємностях та виявлення методів можливого вирішення цієї проблеми було виконано огляд існуючих методів вимірювання кількості рідини в морському, авіаційному та автомобільному транспорті, а також засобів та способів, що застосовуються для зменшення впливу руху поверхні рідкої речовини на результати вимірювань. Наведені результати аналізу стану вирішення зазначеної проблеми показують наступне:

1) Проблема визначення кількості рідини всередині рухомої ємності в цілому залишається невирішеною. Загальне рішення, що дозволяє зменшити похибку вимірювання до значень, які відповідають вимірюванням в стаціонарних ємностях, в науковій та технічній літературі наразі не представлено.

2) Інструментальними засобами проблема визначення кількості рідини в рухомих ємностях може бути вирішена лише частково: за рахунок використання масиву датчиків [1]; за рахунок використання гідравлічних заспокоювачів [2]; за рахунок розташування датчиків рівня по осі ємності в ємностях осесиметричної форми. При цьому компенсується дія тільки окремих факторів.

4) Наявність зазначеної проблеми, неможливість її повного вирішення, або ускладнення конструкції вимірювачів з метою зменшення похибки визначення кількості рідини призводить до зниження технічних показників, до введення експлуатаційних обмежень, до додаткових фінансових витрат, до зниження безпекових показників. В окремих галузях, зокрема в автомобільному транспорті, ця проблема наразі не вирішується, в результаті чого дані про кількість палива надаються користувачу з низькою точністю.

5) Існує нагальна потреба вирішення проблеми визначення кількості рідини всередині рухомої ємності. В науковій та технічній літературі існують приклади вирішення окремих задач, пов'язаних з даною проблемою [3]. Запропоновані рішення засновані на використанні обчислювальних методів обробки вимірювальної інформації. Розвиток цих методів, створення відповідних інформаційно-вимірювальних технологій слід визнати найбільш перспективним напрямом пошуку й побудови рішення проблеми визначення кількості рідини всередині рухомої ємності.

Література

1. Langton R. Aircraft fuel system / R. Langton, C. Clark, M. Hewitt, L. Richards. – United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd., – 2009. – 367 с.
2. Ракета как объект управления: Учебник / [И. М. Игдалов, Л. Д. Кучма, Н. В. Поляков, Ю. Д. Шептун]; под ред. С. Н. Конюхова. – Д.: АРТ-ПРЕСС, 2004. – 544 с.
3. Мазуренко В.Б. Реализация вычислительных методов повышения точности дозирования топливных баков ракеты-носителя морского базирования // Вісник Дніпропетровського університету. Серія "Ракетно-космічна техніка". – 2016. – Вип. 19. – С.49–59.

МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ АЭС НА ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Михалёв А.И.¹, Стенин А.А.², Дроздович И.Г.³, Стенин С.А.²

¹*Национальная металлургическая академия Украины*

²*НТУУ «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

³*Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства
НАН Украины, ГФС Украины*

В настоящее время проблема совершенствования операторской деятельности приобрела особую остроту в современных системах управления технологическими процессами и сложными объектами. Проведенный анализ работы операторов АЭС позволяет сделать вывод, что от правильности его действий, умения своевременно найти и реализовать верное в сложной ситуации решение, зависит не только эффективность выполнения поставленных перед ним задач, но, в ряде случаев, целостность самого объекта и безопасность людей [1].

Известно, что наиболее эффективным техническим средством обучения операторов различного рода профессиональной деятельности являются тренажеры [2]. В последнее время тренажеры находят все более широкое применение в промышленности, энергетике и других отраслях народного хозяйства, в частности, для подготовки операторов энергоблоков АЭС, характеризующихся сложностью задач управления.

Предлагаемая в данной статье методика оценки оператора АЭС при обучении его на тренажёре ориентирована на схему "учитель-ученик" [3]. Предлагается методика оценки и контроля деятельности операторов АЭС при их подготовке на тренажёрных комплексах, основанная на введенных в данной работе понятиях «инициативной» и «запрещённой» комбинациях в матрицах преобразования, характеризующих текущую деятельность операторов АЭС.

Литература

1. Аварии и инциденты на атомных электростанциях. Учебное пособие. / под ред. С.П. Соловьева. – Обнинск, ИАТЭ, 1992. – 300 с.
2. Чачко А. Г. Подготовка операторов энергоблоков: Алгоритмический подход. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 232 с.
3. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах «человек-техника» – М.: Машиностроение. - 1983. – 224с.

СПОСІБ РОЗПОДІЛДУ ЛОКАЛЬНОГО МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ У БАГАТОШЛЮЗОВИХ МЕРЕЖАХ

Михальов О.І., В'юненко В.С.

Національна металургійна академія України, м. Дніпро, Україна

Актуальність роботи зумовлена реальною потребою підприємства Greenlan [1] у налагодженні роботи наявної локальної мережі з виходом в Інтернет через декілька шлюзів. Вже існує багато методів та алгоритмів розподілу локального мережевого трафіку на декілька шлюзів, наприклад запропоновані у статті [2], проте вони всі мають одини недолік - мережевий трафік розподіляється таким чином, що трафік з одного пристрою розбивається за певними ознаками на декілька груп, які надсилаються на різні шлюзи. Такий підхід дозволяє максимально рівномірно розподілити навантаження на усі шлюзи, проте несе з собою погіршення якості з'єднання. При цьому чим більша кількість шлюзів – тим відчутніше це відображається на якості з'єднання з точки зору користувача абонентського пристрою. Під погіршенням якості з'єднання розуміємо: роз'єднання при потоковій передачі даних (у тому числі – потокове відео та аудіо), збільшення часу між надсиланням запиту та відповіддю від серверу, обмеження роботи сервісів/сайтів, які включають в себе посилання на зовнішні ресурси. Причини такої поведінки мережі будуть досліджені окремо.

Для виключення перелічених недоліків було спроектовано спосіб розподілу навантаження, який не розділяє трафік окремого користувача на різні шлюзи, рисунок 1.

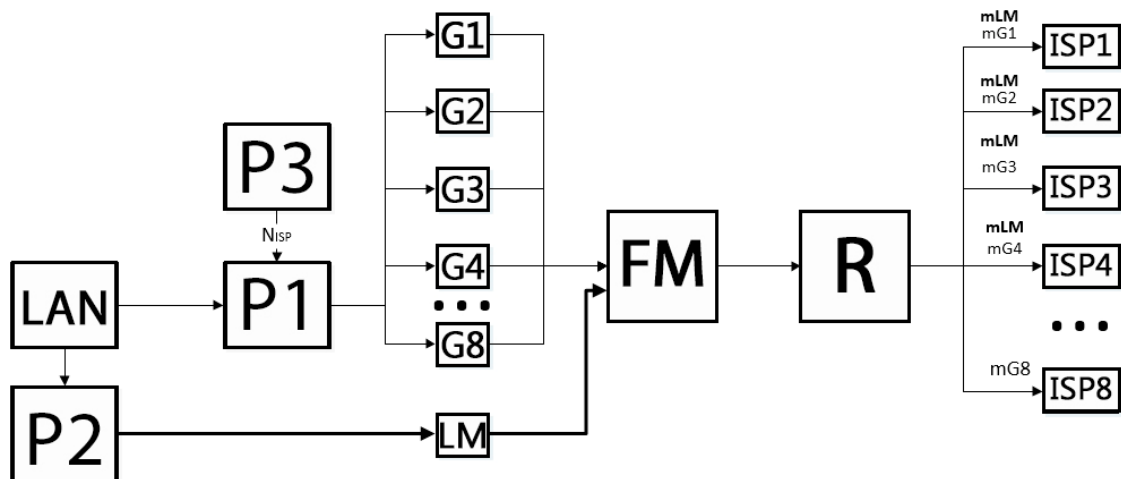


Рисунок 1 – Структурна схема запропонованого способу розподілення мережевого трафіку

На рисунку 1 зображено структурну схему роботи запропонованого способу розподілення мережевого трафіку. Блок LAN представляє собою увесь мережевий трафік, який надходить з внутрішньої (локальної) мережі. Ця мережа складається, приблизно, з 300 користувацьких пристроїв, з унікальними IP-адресами. Більшість з пристроїв має пропускну здатність 100Mbps. Блок P1 являє собою програму у внутрішній пам'яті програмованого маршрутизатора, яка розподіляє усі IP-адреси з LAN на Nisp груп (блоки G1-G8), де Nisp – число, яке дорівнює кількості шлюзів, які зараз доступні для передачі даних. У блоці P3 паралельно від процесу у P1 виконується контроль доступності шлюзів, та корегування змінної Nisp, щоб забезпечити перерозподілення груп у разі втрати зв'язку через один або декілька шлюзів та у разі коли зв'язок на шлюзах відновлено. Таким чином забезпечується відмовостійкість. У весь трафік з IP-адрес, які включені до груп G1-G8 надходить на блок FM у якому виконується його маркування відповідно до належності групі. Далі, вже промаркований, трафік потрапляє на блок R який виконує стандартну функцію маршрутизації та надсилає трафік на шлюз, якому відповідає мітка на пакеті - блоки ISP1-ISP8. Так як пропускну здатність шлюзів обмежена необхідно запобігти монополізації пропускну здатності ISP1-ISP8 одним або декількома пристроями групи. Цим займається підпрограма P2, яка з певним інтервалом перевіряє, чи не досяг трафік

одного з пристроїв мережі деякого порогового значення. Якщо такі пристрої є – R2 перемістить їх до окремої групи LM. Трафік пристроїв з цієї групи надсилається не на один, а на декілька шлюзів за допомогою маркування трафіку різними мітками G1-G8 залежно від адреси та порту призначення. Такий підхід дозволяє, з одного боку, запобігти монополізації відведеного групі шлюзу, а з другого – забезпечити пристрою, якому необхідно передати великий об'єм даних, максимальну пропускну здатність. При цьому недоліки від розбиття трафіку одного користувача на декілька шлюзів нівелюються перевагами такого методу.

Отже, запропонований спосіб розподілення трафіку забезпечує надійність та високу пропускну здатність мережі за рахунок раціонального та гнучкого використання пропускну здатності шлюзів у багатошлюзових мережах.

Література

1. Офіційний сайт компанії Greenlan [електронний ресурс] режим доступу - <https://greenlan.in.ua>
2. Настройка оборудования Mikrotik на работу с несколькими провайдерами [електронний ресурс] режим доступу - <http://jakondo.ru/nastrojka-oborudovaniya-mikrotik-na-rabotu-s-neskolnimi-provayderami-rezervirovanie-kanala-failover-balansirovka-nagruzki-kanalov-load-balancing/>

APPLICATION OF THE BASS DIFFUSION MODEL FOR FORECASTING THE ADOPTION OF INDUSTRIAL ROBOTS

Nataliya Togobytska Prof. Dr. rer. nat, Henrik Julius Wenck B. Sc. Student
University of Applied Sciences (HTW)

This paper concerns an approach to forecast the sales of industrial robots using the Bass diffusion model. Industrial robots that are connected via the Internet of Things are one of the most important elements of Industry 4.0, as they increase the competitiveness of companies through efficiency and flexibility. This is why sales are growing not only in the core industries such as automotive, electronics or metal & machinery, but also in many other industries.



Figure – Production plant with industrial robots (Source: panthermedia.net/zhuzhu)

The Bass diffusion model is one of the most widespread diffusion models that predicts the adoption of technological innovations or other products or services on the basis of innovation and imitation [1]. It is based on the assumption that the probability of an initial purchase in time t is a linear function of previous purchases. Solving a Riccati differential equation one obtains a function $S(t)$ that represents the sales at the time point t

$$S(t) = m \frac{(p+q)^2}{p} \frac{e^{-(q+p)t}}{\left(1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}\right)^2}$$

where m is the market potential, p the coefficient of innovation, q the coefficient of imitation. To determine the parameters p , q and m , the nonlinear least squares method was used on current industrial robot sales data from the International Federation of Robotics [3]. The results were validated by the MAPE and compared with reference data. In addition, a global variance-based sensitivity analysis according to Sobol [2] was performed to show the influence of the parameters on the product life cycle at each point in time.

References

1. Frank M. Bass, A New Product Growth For Model Consumer Durables, Management Science Vol. 15, 1969
2. I. M. Sobol, Sensitivity Estimates for Nonlinear Mathematical Models, MMCE, Vol. 1, No. 4., 1993
3. International Federation of Robotics, <https://ifr.org>

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

Трасковецька Л.М. к.ф.-м.н., Рудик О.Ю. к.т.н., Назимок В.В. магістрант
Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б.Хмельницького,
Хмельницький національний університет

Ремонт автомобілів є об'єктивною необхідністю, яка обумовлена технічними й економічними причинами. По-перше, потреби народного господарства частково задовольняються шляхом експлуатації відремонтованих автомобілів. По-друге, ремонт забезпечує подальше використання не повністю зношених елементів машин. По-третє, ремонт сприяє економії матеріалів, які використовуються для виготовлення нових автомобілів (при відновленні деталей витрата металу в 20-30 раз нижче, ніж при їхньому виготовленні).

Для полегшення процесів ремонту автомобілів на підприємствах автомобільного транспорту широко використовують стаціонарне обладнання для механізації виконуваних робіт. Розглянемо одне з них – установку для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів (відновлення циліндричних поверхонь), працездатність якої багато у чому залежить від міцнісних характеристик серги (рис. 1). При цьому ускладнимо розрахунки: визначимо, яке максимальне навантаження витримає серга при заданому мінімальному коефіцієнті запасу міцності $n_{min} = 3$.

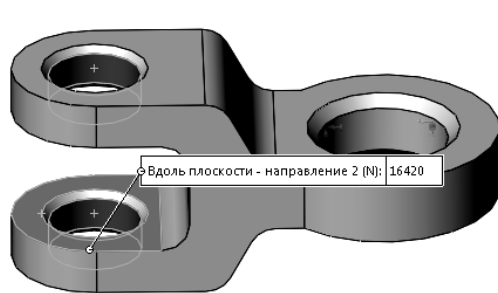


Рисунок 1 – Прикладення до серги навантаження

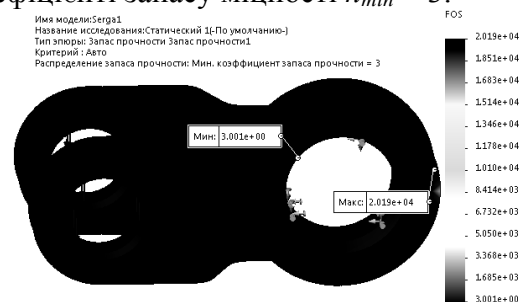


Рисунок 2 – Епюра запасу міцності серги

За допомогою сучасних комп'ютерних програм при проектуванні, розробці та розрахунку на міцність, аналізі елементів машин й різноманітних типів їх з'єднань з'являється можливість зробити це з максимальною точністю і швидкістю. Як приклад, досвід використання САПР в автомобільній промисловості дозволив скоротити витрати часу на розробку нових моделей автомобілів на 50 % [1]. Тому для розрахунку застосуємо програмний комплекс для проведення інженерних розрахунків SolidWorks Simulation, у якому задаються властивості матеріалів, кріплення, навантаження, проводиться аналіз моделі та переглядаються отримані результати.

З бібліотеки SolidWorks виберемо матеріал серги – сталь DIN 1.1191 (C45E), аналог сталі 45 ГОСТ 535-88. Параметри сітки: розмір елемента 3,9276 мм, допуск 0,19638 мм, всього вузлів 13281, всього елементів 8042. Результати розрахунків: максимальні вузлові напруження von Mises виникають у вузлі № 8428 і складають $\sigma_{max} = 188,3$ МПа; максимальне результуюче переміщення $h_{max} = 0,6820$ мм (вузол № 253); максимальна еквівалентна деформація $\delta_{max} = 0,0006357$ (елемент № 5069).

Згідно розрахунків, при заданому мінімальному коефіцієнті запасу міцності $n_{min} = 3$ (рис. 2) серга витримає навантаження у 16420 Н (рис. 1), що дозволяє регламентувати параметри спряжених з нею деталей.

Література

1. Калівода Я. Використання автоматизованих систем при проектуванні та випробуванні рухомого складу / Я. Калівода, Л. Недужа, О. Очкасов, Д. Черняєв // Матеріали 78 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» 17.05-18.05.2018 р., Дніпр, 2018. – С. 17-19.

СЕКЦІЯ 8

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ТА ПИТАННЯ АНТИПЛАГІАТУ

ДО РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОРТАЛУ ДЛЯ РЕГІОНАЛЬНОГО ЦЕНТРУ ОСВІТИ ІНВАЛІДІВ

Дорош Н.Л. к.т.н., доц., Астіон Ю.В., Фененко Т.М.

Національна металургійна академія України

Національна металургійна академія України з 2002 року створює умови для отримання вищої освіти особами з вадами по слуху та зору.

Метою роботи є розробка порталу для регіонального центру освіти інвалідів НМЕТАУ (РЦОІ).

Веб-портал - сайт в комп'ютерній мережі, який надає користувачеві різні інтерактивні сервіси (Інтернет-сервіси), які працюють в рамках цього сайту. Веб-портал може складатися з декількох сайтів, якщо вони об'єднані під одним доменним ім'ям. Також портали функціонують як точки доступу до інформації в Інтернеті або сайти, які допомагають користувачам в пошуку потрібної інформації через Інтернет [1].

Якщо розглянути класифікацію порталів за спеціалізацією інформації, то портал для регіонального центру освіти інвалідів НМЕТАУ буде вертикального типу, тобто портал вузької тематичної спрямованості, що надає різні сервіси для користувачів мережі по певним інтересам і орієнтований на повне охоплення певної тематики або області діяльності [2].

На основі вивчення документообігу РЦОІ та питань щодо методики отримання знань інвалідами з вадами слуху, сформульовані: бізнес-вимога, обмеження та функціональні вимоги до порталу відповідно рекомендаціям [3].

Бізнес-вимога. Поліпшити умови здобуття вищої освіти студентам з інвалідністю по слуху.

Обмеження. Портал призначено для працівників РЦОІ (1 рівень доступу), студентів РЦОІ (2 рівень доступу), зовнішніх користувачів, у тому числі абітурієнтів (загальна інформація), адміністраторів порталу (рівень адміністратора).

Функціональні вимоги.

Співробітнику РЦОІ надати можливість введення, виправлення і видалення інформації про студентів, які прикріплені до РЦОІ, отримання звітів (відомості про кожного студента, відомості про успішність групи студентів в заданий період, тощо).

Студентам надати можливість доступу до електронної бібліотеки (навчально-методичної літератури), а також задавати питання.

Зовнішні користувачі повинні мати доступ до інформації для абітурієнта, в тому числі і з інвалідністю. Передбачити зворотній зв'язок у вигляді питання-відповідь.

Адміністратор повинен виконувати роботу адміністратора мережі, а також виконувати збір інформації для розширення функціональних можливостей порталу.

Інструментами для розробки веб-порталу обрано мову програмування PHP та систему управління базами даних MySQL.

Література

1. Веб-портал. [Електроний ресурс] — Режим доступу. — URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/835641/%D0%92%D0%B5%D0%B1>.
2. Веб-портал. Класифікація за спеціалізацією інформації. [Електроний ресурс] — Режим доступу. — URL: <https://ru.wikipedia.org/>.
3. Вигерс Карл, Битти Джой Разработка требований к программному обеспечению. 3-е изд., дополненное/Пер. с англ. — М. : Издательство «Русская редакция» ; СПб. : БХВ-Петербург, 2014. — 736 стр.

О ПРИМЕНЕНИИ VR-ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Дубинский А.Г. к.т.н.

Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины

Современные тенденции развития медицинского образования связаны со все более активным использованием симуляционных технологий. Большое разнообразие решений можно упорядочить с помощью типологии симуляционных методик [1], согласно которой текстовые описания клинических ситуаций относятся к нулевому уровню, фантомы и макеты – к первому, а системы виртуальной реальности (virtual reality, VR) – ко второму. К более высоким уровням отнесены стандартизованные пациенты и компьютерные манекены-роботы. Другая типология, основанная на уровне реалистичности симуляции (fidelity), дана в [2], здесь VR-технологии помещены на верхних (от четвертого до седьмого) уровнях классификации.

Целесообразность и эффективность использования симуляционного обучения для освоения практических навыков в медицинском образовании подтверждена рядом исследований [3]. Применение систем виртуальной реальности улучшает результаты обучения по сравнению с традиционными формами, в том числе при дистанционном обучении [4].

Другая важная тенденция совершенствования медицинского образования – переход к использованию объективного структурированного клинического экзамена (OSCE) [5]. В последние годы этот формат оценки и контроля полученных знаний и практических навыков активно внедряется в Днепропетровской медицинской академии [6,7].

Виртуальная реальность – изначально цифровая технология, потому ей присущи соответствующие достоинства, связанные с легкостью масштабирования (копирования данных и кода) и параллельного использования большим количеством пользователей.

Основным фактором, препятствующим немедленному широкому внедрению VR-симуляторов, вероятно является достаточно высокая сложность и стоимость разработки. Современные средства создания компьютерных (видео) игр позволяют обеспечить как высокий уровень реализма синтезируемого изображения, так и адекватное поведение объектов в рамках верной физической картины мира.

В работе [8] показано, что на базе межплатформенной среды Unity можно разрабатывать сравнительно недорогие медицинские симуляторы. Быстрому внедрению VR-технологий в медицинском образовании может способствовать создание единых стандартов – выработка общего языка моделирования, форматов записи клинических ситуаций и т.д.

Литература

1. Guillaume Alinier. A typology of educationally focused medical simulation tools. Medical Teacher. 2007. 29: e243-e250 doi: 10.1080/01421590701551185
2. Запорожан В. М., Тарабрін О. О. Симуляційна медицина. Досвід. Здобуття. Перспективи: практичний порадник. Суми: ПФ «Видавництво “Університетська книга”», 2018. 240 с. <http://repo.odmu.edu.ua:80/xmlui/handle/123456789/3869>
3. Тимофеев М. Е., Шаповальянц С. Г., Полушкин В. Г. и др. Медицинские симуляторы: история развития, классификация, результаты применения, организация симуляционного образования // Вестник НовГУ. 2015. №2 (85).
4. Kyaw B. M. et al. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration //Journal of medical Internet research. – 2019. – Т. 21. – №. 1. doi.org/10.2196/12959
5. Балкизов З. З., Семенова Т. В. Объективный структурированный клинический экзамен. Руководство//Медицинское образование и профессиональное развитие –2016 – 3(25)
6. Болонська А.В., Сорокіна О.Ю., Буряк Т.О., Медицина невідкладних станів: формування клінічного мислення на засадах OSCE // Медицина невідкладних станів – 2018. – №. 5 (92). doi.org/10.22141/2224-0586.5.92.2011.143257
7. Шпонька І.С. та інші. Трирічний досвід впровадження іспиту OSCE для проміжної атестації лікарів-інтернів за спеціальністю «анестезіологія та інтенсивна терапія» //Медицина невідкладних станів. – 2018. – №. 6 (93)– С. 24-27.
8. Mathur, A. S. (2015). Low cost virtual reality for medical training. 2015 IEEE Virtual Reality (VR). doi:10.1109/vr.2015.7223437

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ

Карабут В.Н.

Национальная металлургическая академия Украины

При механической обработке деталей на точность их изготовления оказывают влияние погрешности базирования [1].

Для уменьшения погрешностей базирования и соответственно повышения точности изготовления деталей необходимо, при проектировании технологических процессов использовать два основных принципа: принцип совмещения (единства) и принцип постоянства баз. Для обеспечения принципа постоянства баз, необходимо сохранять одни и те же технологические базы, если ни на всех, то хотя бы на большинстве операций. Для обеспечения принципа совмещения (единства) необходимо технологические процессы строить по принципу концентрации операций, когда обработка заготовки осуществляется за небольшое число сложных по своему содержанию операций с применением комбинированного многолезвийного инструмента, сложных настроек станков при многопозиционной обработке, при обработке на автоматах, станках с ЧПУ и при групповой обработке. Если использование принципа постоянства баз, при проектировании технологических процессов невозможно, то для уменьшения погрешности базирования производят замену конструкторских размеров на технологические размеры и ужесточают допуски на технологические размеры, что приводит к удорожанию процесса обработки деталей и понижению его производительности [2].

Все это связано с математическими расчетами определенной точности и построением схем, 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 схем, повысить точность расчетов, а также поднять уровень и качество учебного процесса.

В ознакомительной версии среды разработки Delphi [3] на языке Object Pascal разработана программа, которая позволяет: построить схему и рассчитать погрешности базирования для фрезерования паза на горизонтально-фрезерном станке, построить схему и рассчитать погрешности базирования для фрезерования цилиндрической поверхности на вертикально-фрезерном станке, построить схему и рассчитать погрешности базирования при обработке наружной поверхности втулки на токарно-винторезном станке.

Выводы: применение программы, разработанной в среде разработки Delphi, позволит автоматизировать и оптимизировать процессы расчетов и построения схем, и как следствие - уменьшатся затраты времени и увеличится точность расчетов. Применение рассмотренных информационных технологий в учебном процессе обеспечивает специалисту машиностроительного профиля возможность быстрой и эффективной работы.

Литература

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. Delphi - Embarcadero Website [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https:// www.embarcadero.com](https://www.embarcadero.com)

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ТЕХНІЧНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ЕЛІТИ В УКРАЇНІ

Кузнєцов Ю.М. д.т.н.

КПІ ім. Ігоря Сікорського

Існуюча система вищої освіти в основному орієнтована на репродуктивну форму передачі знань і є стримуючим фактором розвитку творчої особистості майбутньої технічної інтелектуальної еліти внаслідок ряду недоліків. Навіть в новому Законі "Про вищу освіту" жодного разу не згадується слово інженер, проте в інших розвинутих країнах (США, Німеччина, тощо) до інженера відносяться з повагою.

Зміст творчості інженерів дає вагомі підстави визначити їх одними з основних творців ноосфери, відповідальних за науково-технічний прогрес людської цивілізації та, відповідно, "технологічний добуток" людства.

В умовах науково-технічної революції в останні роки виникли принципові зміни в самому характері діяльності інженера, в його ролі при створенні нової техніки, у вимогах до його професійних знань, умінь, навичок, компетентності, загальної ерудиції та кругогляду. Сьогодні в коло інженерних дисциплін увійшли системотехніка і теорія технічних систем, методологія творчості та теорія розв'язання творчих задач, методи дослідження операцій і прийняття рішень при багатокритеріальному розв'язанні задач, інженерна психологія, художнє конструювання (технічна естетика, дизайн, ергономіка, компонетика) та багато інших новітніх галузей науки та техніки.

Розпорошеність різних знань і вузька спеціалізація в умовах інформаційного вибуху і викликів «Індустрія 4.0» ускладнили підготовку інженерів у ВНЗ і подальше підвищення їх класифікації. Виникла нагальна потреба у пошуку нових концепцій та методологічних підходів міждисциплінарного характеру, серед яких важливу роль відіграють теорії генетичного та еволюційного синтезу [3], креатологія й інноватика, синергетика, соціоніка [1] та інші.

На жаль, деякі науково-педагогічні працівники ВНЗ не можуть відмовитися від репродуктивної форми передачі знань. Вони помилково вважають, що тільки аксіоматичний метод побудови теорій, що описують область реальних об'єктів з використанням класичних фундаментальних і спеціальних знань, здібні розвинути творчу думку, але, як свідчить практика, цього не достатньо. Такі викладачі не розуміють принципової різниці між чітко визначеними класичними інженерними задачами та творчими, які незрівнянно складніші, бо при їх розв'язанні: як правило, відсутня точна постановка задачі; не вказаний метод розв'язання; відсутні приклади для запозичення; результат неоднозначний, багатоваріантний і невідомий навіть компетентному спеціалісту з великим досвідом, кількість можливих варіантів розв'язання задачі необмежена; навчальні приклади відсутні, тощо.

Враховуючи побажання магістрів, у дисципліні "Патентознавство та авторське право" введена глава "Методологічні основи створення об'єктів промислової власності" [2]. Для аспірантів і докторантів філософії пройшла трирічну апробацію і удосконалена нова дисципліна "Креатологія та інноватика" (автори Кузнєцов Ю.М., Шинкаренко В.Ф., Литвин О.В., Чікін С.В.). Ефективність використання теорії еволюції систем підтверджена підготовкою майбутньої інтелектуальної еліти на двох кафедрах конструювання верстатів та машин і електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Література

1. Августиновичте А. Соционика: Введение / Сост. Л.Филиппов. – М.: ООО "Фирма "Издательство АСТ"; СПб.: Terra Fantastica, 1998. – 448 с.
2. Кузнєцов Ю.М. Патентознавство та авторське право: підручник / Ю.М.Кузнєцов.-К.: Кондор, 2009. - 446 с.
3. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем: монографія / В.Ф. Шинкаренко. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.

МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГРАФОВОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТЕКСТІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Куроп'ятник О. С.

Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

Сьогодні однією з актуальних задач академічного середовища є задача виявлення запозичень, яка з огляду на перманентний ріст інформації та наявність вільного доступу до неї, потребує автоматизованих засобів розв'язання. До останніх, зокрема, можна віднести програмні засоби, в тому числі системи антиплагіату.

Для автоматизації співставлення текстів пропонується використання конструктивної графової моделі [1] з деякими уточненнями та модифікаціями. Основною ідеєю цієї моделі є представлення тексту у вигляді навантаженого орієнтованого графа. Вага вершини – це символ або послідовність символів. Вага дуги – це набір номерів шляхів, в які вона входить.

ГрафОВОЮ моделлю тексту є спеціалізований конструктор, що включає носій (термінальний алфавіт – графові та мовні конструкції, їх складові); сигнатуру, яка включає операції для побудови графу; та множину тверджень інформаційного забезпечення конструювання: онтологію, мету, правила, обмеження, початкові умови та умови завершення конструювання.

Конкретизація такого конструктору визначає правила побудови графу. Його інтерпретація дозволяє визначити алгоритми виконання операцій, які застосовуються для утворення і модифікації елементів носія. Реалізацією конструктору є множина графів, кожен елемент якої відповідає деякому тексту.

Дану модель застосовано до задачі виявлення запозичень. Для цього на її основі створено об'єктно-орієнтовану модель (ООМ), що включає класи вершини, графу та роботи. Відповідальність класу вершини полягає у створенні вершини графу, яка навантажена одним або декількома символами тексту, а також відтворенні зв'язків між вершинами графу за допомогою списку суміжних вершин та забезпеченні переходу між останніми при обході графу. Відповідальність класу графу – створення графу, що відтворює текст як сукупність підрядків, що починаються з однакового символу, відповідно до конструктивної моделі графу, та порівняння рядка з текстом у вигляді графу. На клас роботи покладено відповідальність за створення набору графів, а також порівняння тексту (рядка) з текстом у вигляді набору графу.

Таким чином, ООМ моделює не лише граф, а й текст як набір графів, а також визначає операції (методи), необхідні для співставлення текстів.

Розроблена ООМ набула програмної реалізації і є частиною ОО-моделі додатку. Остання включає 13 класів, що розподілені за рівнями відповідно до принципів трирівневої архітектури. Програмна реалізація дозволяє порівнювати тексти у вигляді файлів формату txt, rtf, doc, docx один з одним та багато з багатьма, в останньому вказуються папки, які містять файли для порівняння.

Результатами роботи програми є загальний відсоток запозичень та інформація про кожну пару текстів у вигляді «номер фрагменту – відсоток від тексту». Для співставлення один до одного передбачено виділення фрагментів кольором та збереження «пофарбованого» файлу. Також особливістю даного співставлення є можливість вказати поріг відбору фрагментів та відстань між ними, якою можна знехтувати при обчисленні кількості фрагментів та відображенні структурного складу запозичень.

З метою подальшої оцінки можливості використання моделі і реалізації в умовах роботи закладів вищої освіти проведено комп'ютерний експеримент зі співставлення файлів, в ході якого виконано 512 порівнянь, а також побудовані всі необхідні для цього графи. Отримані дані часу виконання операцій вказують на лінійну залежність між обсягом тексту та часом його обробки. Пропонується подальше удосконалення моделі і програми у напрямку розпізнавання правомірних запозичень, удосконалення попередньої обробки текстів та ін.

Література

1. Шинкаренко В. И. Конструктивно-продукционная модель графового представления текста / В.И. Шинкаренко, Е. С. Куропятник // Проблемы программирования. – № 2 – 3. – 2015. – с. 63 – 72

ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ПЛАНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

Ланська С.С. викладач

Коледж ракетно-космічного машинобудування

Дніпровського національного університету ім. О. Гончара

В даному дослідженні розглядається експертна система для узгодження освітніх програм між певними освітніми рівнями та формування переліку питань для перевірки рівня знань по зарахованим дисциплінам або модулям дисциплін.

Сьогодні процес складання інтегрованих навчальних планів, заснований на досвіді і інтуїції працівників вищої школи потребує серйозного удосконалення та наукового підґрунтя прийнятих рішень [1]. Процес конструювання індивідуального навчального плану студента або групи студентів може являти собою педагогічну технологію, орієнтовану на реалізацію інформаційних технологій за допомогою експертної системи. В умовах скорочених строків навчання застосування експертних систем забезпечує можливість побудови індивідуального навчального плану, що підвищує ефективність процесів навчання, викладання і самоосвіти.

Експертна система включає в себе наступні підсистеми: бази знань аналізованих освітніх рівнів; експертний рівень, на якому уточнюється формулювання компетентностей, їх приналежність до того чи іншого модулю та необхідний рівень їх сформованості для випускника; механізму логічного висновку, який забезпечує формування індивідуальних навчальних планів здобувачів в системі «неперервної освіти» та перелік питань для організації вступного фахового випробування.

Експертна система (ЕС) може функціонувати в 2-х режимах:

1. Режим введення. При роботі в режимі введення знань експертна система повинна мати такі можливості:

- складати бази компетентностей перехідних освітніх рівнів, які формуються на основі освітньо-професійних програм кожного з рівнів;
- поставлення у відповідність кожній компетентності однієї або декілька навчальних дисциплін із зазначенням модуля, який "перекриває" дану компетентність;
- складати матриці парних порівнянь компетентностей різних освітніх рівнів.

Для роботи в цьому режимі можуть бути залучені науково-педагогічні працівники ВНЗ.

2. Режим консультації У режимі консультації можна буде використовувати систему при вирішенні наступних завдань:

- визначати, згідно матриці порівнянь, перелік питань, з яких можуть складатися фахові вступні випробування на наступному освітньому рівні за обраною спеціальністю;
- визначати індивідуальний інтегрований навчальний план здобувача або групи здобувачів з урахуванням компетентностей, які здобувач успішно отримав на попередньому освітньому рівні та у визначеній кількості кредитів ЄКТС.

Для досягнення поставленої мети в експертній системі пропонується використати математичну модель оптимального розподілу кредитів на базі нечіткої логіки.

Підводячи підсумок, можна зробити висновок, що використання експертної системи при складанні інтегрованих індивідуальних навчальних планів має ряд переваг. По-перше, з часом, система буде розширюватися і накопичувати компетентності як суміжних спеціальностей, так і з інших галузей знань. По-друге, можна складати робочі навчальні плани напрямів підготовки без повторного залучення експертів з різних предметних областей. По-третє, систему легко можна буде перенавчати відповідно до нових вимог складання інтегрованих планів.

Література

1. Теорія і методика професійної освіти: навч. посіб. / З.Н. Курлянд, Т.Ю. Осипова, Р.С. Гурін [та ін.]; за ред. З.Н. Курлянд. - К.: Знання, 2012. - 390 с.
2. Мелихов А.Н., Мелихова О.А. О логическом выводе в интеллектуальных системах на основе нечеткой аналогии // Теория и системы управления. - М., 1995. - №5. - С.112-123.

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ»

Морозенко О.П. к.т.н., Грибанова Н.Ю.

НМетАУ

Сучасна підготовка фахівців з вищою технічною освітою ставить нові задачі у викладанні графічних дисциплін, а також висуває вимоги до конкурентоспроможності випускників на ринку праці. Для реалізації завдань, які ставить сучасне суспільство перед вищою школою на кафедрі графіки та нарисної геометрії НМетАУ проводиться пошук та впровадження нових форм навчання.

Вдосконалення методики навчання нарисній геометрії та інженерній графіці пов'язано з пошуком найбільш ефективних методів та прийомів, які розвивають графічну культуру та творче мислення. Ефективність вивчення нарисній геометрії та інженерній графіці підвищується за рахунок використання нових інформаційних технологій. Викладачі кафедри графіки та нарисної геометрії НМетАУ приймають активну участь по впровадженню комп'ютерних технологій в навчальний процес, що забезпечує якісно новий рівень освіти.

Існують різні підходи до методики викладання комп'ютерної графіки у рамках курсу інженерної графіки. На наш погляд, найбільш доцільним є вивчення різноманітних графічних редакторів в єдиному контексті з нарисною геометрією та інженерною графікою. Робота на комп'ютерах повинна бути побудована так, щоб студенти не просто вивчали графічний пакет, а продовжували вивчення нарисної геометрії та інженерної графіки, застосовуючи при цьому інший інструментальний засіб. Найбільш ефективно організовувати процес навчання паралельно, оптимально поєднуючи ручне і комп'ютерне виконання креслень.

Для напрямку підготовки "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" впроваджена дисципліна "Комп'ютерні методи нарисної геометрії та інженерної графіки". Робоча програма навчальної дисципліни розроблена таким чином, що починаючи з перших занять студенти вивчають принципи роботи у графічних редакторах, завдяки чому навчальний процес є більш результативним. Викладання дисципліни ведеться у послідовності відповідної логіці лекційних та практичних занять.

Мультимедійне забезпечення лекцій не тільки дає можливість урізноманітнити ілюстративний матеріал, а і допомагає наочній візуалізації складного теоретичного матеріалу.

Постійно зростаючий обсяг пропонованих студентам знань при зменшенні аудиторних годин потребує оптимізації часу навчального процесу. Одним з важливих засобів навчання графічним дисциплінам є робочий зошит, розроблений викладачами кафедри, який містить графічні умови завдань.

Починаючи з першого практичного заняття студенти одночасно вивчають інтерфейс графічного редактора AutoCAD, знайомляться з основними командами і виконують завдання з нарисної геометрії. Однак повністю виключити освоєння традиційних графічних методів, тобто із застосуванням креслярських інструментів на папері, недоцільно. Комп'ютерна графіка повинна бути спрямована на вивчення правил і прийомів рішення графічних завдань. Уміння виконувати креслення і вирішувати різні практичні технічні завдання в графічних редакторах можливо тільки на базі нарисної геометрії, оскільки програмне забезпечення засноване на теоретичних положеннях, поняттях і способах рішення геометричних задач, що вивчаються виключно в нарисної геометрії. В рамках курсу виконується ескіз деталі з натурного образцу з подальшим виконанням робочого креслення в графічному редакторі AutoCAD, а також виконання завдання по деталюванню складального креслення (ескізи і робочі креслення). Позитивним зразком є використання кейс-методу при роботі на практичних заняттях. Реалізація поставленого завдання вимагала створення відповідного дидактичного матеріалу і його адаптації до графічної системи.

В графічній підготовці інженерних кадрів розроблені нові педагогічні технології, що забезпечують орієнтацію на інноваційну діяльність, усвідомлену постановку нових творчих завдань і здатність вирішувати ці завдання сучасними професійними методами.

SOME REASONS OF FALSE-POSITIVE RESULTS IN CHECKING FOR TEXT BORROWINGS IN STUDENT CERTIFICATION WORKS

Samoilenko O. V., Cand. Sci. (Eng.), Docent

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Kyiv)

This study deals with the mass automated checking of student attestation works with the use of special software (hereinafter – the System).

Among the many causes of false-positive results when checking for borrowing can be identified the following reasons:

- administrative;
- content related;
- technical.

The *administrative* reasons are related to the fact that the verifier (usually a person independent of the student and his supervisor) is not obliged and has no authority to influence the result of the automated checking. In particular, the verifier can not manually remove matches from the check statistics, even if these matches are issued as quotes.

Individual verification of detected matches is technically possible. But it is very laborious and requires the simultaneous participation of the verifier, supervisor and student. Therefore, an individual verification is carried out in disputed cases and conflict situations.

The second and third reasons are due to System sensitivity. The System sensitivity is determined by the minimum length of the shingles.

A shingle is a phrase that consists of consecutive words. The term "shingle" means that adjacent word sequences can be superimposed overlap. The System breaks the checked text into shingle and checks for their uniqueness.

Obviously, the checking result will be more accurate in the case of a short shingle. However, if the shingle is very short, the System will detect common phrases. But this will lead to a low technical uniqueness of the text. Therefore, the most common systems have adjustable-length shingles, but usually not less than 8 words.

The *content related* reasons are due to the fact that the checked text contains many elements that can be found in other checked works. The situation is complicated by the fact that the mass verification of student attestation works is carried out within the same university, faculty, or even department (specialty). Student attestation work is given for checking in a single file in the form in which it will be submitted for defense. Here are the most frequent matches:

- name of the university and (or) educational department;
- phrases from the task form and schedule;
- bibliographic descriptions of information sources in the list of references;
- typical calculations (they may differ only in numbers, but this is not plagiarism);
- typical verbal constructions that are inherent in one or another specialty;
- compulsory sections of work that are prepared for the same educational manuals (for example, "Labor Protection") etc.

It would probably be advisable to legally exclude the above-named elements from the text intended for checking for borrowing.

The *technical* reasons are due to such an interesting circumstance. Typically, student attestation works are given for checking in the PDF format. Mathematical formulas are written in some vector editor, for example, Microsoft Equation or MathType. But the structure of the mathematical formula is lost when converting to PDF format. Scattered characters are obtained instead of a formula. These symbols are recognized by the System and can be counted as borrowing for some random matches. After all, the System defines a word not only as a word in the traditional sense, but as a certain set of characters, which is limited by spaces from both sides. A similar situation is observed with vector drawings that are inserted into the text. So it makes sense to convert formulas and vector graphics to bitmap images, or save them as vector curves.

Зміст

Секція 1

Системний аналіз і синтез процесів у металургії та машинобудуванні

Borodii Y.P.

Improvement of methods of determination and comparison of tribological properties of different materials 4

Гришин В.С., Абрамов С.О.

Моделювання текстуровання поверхонь колекторних пластин..... 5

Дмитрієв Д.Т., Зайцев В.Г.

До дослідження синтезу керування системи Генесио-Тесі 6

Долгов М.А., Заїчко К.В.

Обґрунтування вибору технологічного процесу азотування зубчастих коліс на основі методів прийняття рішень 7

Зайцев В.Г., Сірик С.Ф., Науменко Д.В.

Деякі проблеми реалізації в задачах синтезу з інтегральною адаптацією 8

Камкін В.Ю., Безшкурєнко О.Г.

Аналіз впливу шлаку на процеси при виплавці електросталі 9

Karitonov O.G.

The computer system for coulometric experiments. The adsorption measurements unit.10

Кобрін Ю.Г., Кононов Д.О., Васильченко Т.О., Горобець І.В.

Визначення енергії руйнування дробимого матеріалу пекового коксу..... 11

Копей Б.В., Стефанишин А.Б.

Ремонт насосних штанг після експлуатації..... 12

Молчанов Л.С., Чернятевич А.Г., Вакульчук В.В., Чубіна О.А.

Економічна оцінка впливу конструкції верхніх кисневих фурм на собівартість киснево-конвертерної сталі..... 13

Мяновська Я.В., Камкіна Л.В., Мішалкін А.П., Анкудінов Р.В.

Синтез процесів спікання марганцевих концентратів для забезпечення міцності та структури агломерату 14

Полевой О. Б., Редчиц Д.А., Скосярь В.Ю.,

Тарасов С.В., Бурылов С.В., Хачапуридзе Н.М.

Транспортная система HYPERLOOP – проблемы и перспективы 15

Семыкин С.И., Голуб Т.С., Дудченко С.А., Вакульчук В.В.

Высокотемпературные исследования особенностей влияния низковольтного потенциала на поведение шлако-металлической ванны при продувке сверху..... 16

Семыкин С.И., Голуб Т.С., Прокопенко П.Г.

Стендовое исследование особенностей электрофизической активизации газового кислородсодержащего потока..... 17

Синицин Я.С., Колбін М.О., Бабенко О.В. Організація ресурсозберігаючих процесів позапічної обробки шляхом залучення техногенних відходів	18
Тимошенко С.Н., Губинский М.В. Энергоэффективные решения диаметра распада электродов дуговой сталеплавильной печи	19
Тубольцев Л.Г. Стан та перспективи розвитку металургії України з позицій системного аналізу	20
Fedorov S., Hubynskiy M., Sybir A., Hubynskiy S., Foris S. Ukraine's graphite perspectives in LI-ION battery supply chains	21
Безуб В.М. Уніфіковане обчислення ентропії суміші класів хаотизованих часток	22

Секція 2

Інформаційні технології в процесах одержання матеріалів із заданими властивостями

Астахов Д.С. Статистичне розпізнавання коротких вибірок вимірів у задачах моніторингу й технічної діагностики	24
Бобырь С.В., Левченко Г.В., Борисенко А.Ю., Лошкарев Д.В. Моделирование фазовых превращений аустенита в легированных сталях 20ХН4ФА И 25Х2М1Ф	25
Быткин С.В., Критская Т.В. Радиационная чувствительность планарных при структур, изготовленных на изовалентно легированном германием кремнии (nSiGe)	26
Гладких В.А., Пройдак Ю.С., Михалев А.И., Рубан А.В., Дедов Ю.Б. Коновал Н.В. Разработка алгоритма стоимостной оптимизации состава шихты для производства марганцевого агломерата	27
Горбенко В.І. Комп'ютерне моделювання наноутворень ZnO та їх оптичного поглинання	28
Денисенко А.И., Цоцко В.И. Физические аналогии в области инъекционного синтеза композитных материалов	29
Дмитрієв Д.О., Рудакова Г.В., Русанов С.А., Федорчук Д.Д. Моделювання і керування просторовими системами приводів для технологічних задач у машинобудуванні	30
Іванова Л.Х., Калашнікова А.Ю., Білий О.П. Системний підхід до виготовлення корпусу насосу з високохромистого чавуну ..	31
Мацуї А.М., Кондратець В.О., Абашина А.А. Прогресивні інформаційні технології та організація сучасного виробництва молотильних куль і залізорудного концентрату	32

Nadtochij A.A., Velikonskaya N.M., Karyagin E. Mathematical models for forecasting of activity of components of the oxidic systems equivalent to phosphatic ores	33
Парусов Е.В., Парусов О.В., Чуйко І.М. Спосіб оперативного визначення маси або товщини шару окаліни на поверхні бунтового прокату	34
Петров А.Ф., Головкин Л.А., Греков С.В., Ходотова Н.Е. Прогнозирование физических и теплофизических свойств ферросплавов стандартных марок системы Fe-Al	35
Селівьорстова Т.В., Селівьорстов В.Ю. Перспективи розробки технологічних процесів газодинамічного впливу на розплав в ливарній формі	36
Тогобицька Д.М., Белькова А. І., Степаненко Д.О., Ліхачов Ю.М., Снігура І.Р. Бази даних про властивості матеріалів - інформаційна основа моделювання металургійних систем і процесів	37
Тогобицька Д.М., Степаненко Д.О., Цюпа Н.О., Скачко О.С. Критерій оцінки структури шлакових розплавів на основі результатів дослідження взаємозв'язку їх в'язкості та електропровідності	38
Tsotsko V.I., Denisenko O.I. Simulation of crystallization of cast products in the area of cylindrical holes	39

Секція 3

Математичне моделювання складних систем

Акімов Л.В., Ніколенко А.В., Стюпкін В.В., Нікітін Є.С. Синтез регуляторів методом поліноміальних рівнянь	41
Амуров А.В., Бразалук Ю.В., Евдокимов Д.В. Численное моделирование эволюции удлиненных вихревых структур	42
Безуб В.М., Комп'ютерне моделювання освітленості 3D віртуальних сцен в реальному режимі часу	43
Бойко Л.Т., Конончук А.А. Встановлення аналітичної залежності між вхідними та вихідними даними в моделі «чорна скриня»	44
Бразалук Ю.В., Губин А.И., Дидинская Е.О., Евдокимов Д.В. Математическое и численное моделирование гидродинамических эффектов фазовых переходов при пузырьковом кипении	45
Бразалук Ю.В., Дерий В.С., Евдокимов Д.В. Математические модели загрязнения грунтов и грунтовых вод	46
Гордієнко В.О., Білозьоров В.Є. Нова 4D хаотична фінансова система з зовнішнім збуренням	47
Горобец Д.В. Определение начальных условий рабочего процесса механической системы	48

Гришин О.М., Надточий А.А., Щеглова І.С. Моделювання взаємодій компонентів системи Fe-Cr-O-C для визначення показників відновлення при одержанні лігатур	49
Гришин А.М., Надточий А.А. Физико-химическое моделирование комплексного восстановления Cr ₂ FeO ₄ C участием метана	50
Дмитрієв В.І. Моделювання характеристик автоматичної системи на інтервалі експлуатації	51
Дмитрієва І.С. Порівняльна оцінка за показниками надійності роботи дуплексної структури контролерів	52
Долгіх А.О., Байбуз О.Г. Розробка програмного забезпечення ідентифікації викидів часового ряду	53
Журба А.О. Емпіричний аналіз та дослідження ефективності алгоритмів пошуку найкоротших шляхів на графах	54
Засовенко А.В., Штефан Т.О. Чисельно-аналітичний розв'язок задачі про деформування циліндричної заготовки в умовах вісесиметричної деформації	55
Захаров А.А., Зейналов В.А., Кажан В.Е. Полумарковская статистическая модель оценки показателей технического состояния электромеханической системы	56
Захаров А.А., Селиверстова Т.В. Анализ методов решения оптимизационных задач о многомерном раскрое	57
Зинченко А.В. К вопросу эффективной реализации решателей вычислительной гидрогазодинамики на процессорах с ARM®-архитектурой	58
Кацай М.С., Белозёров В.Е. Математический расчет глубины проникновения лекарственных препаратов в твердые опухоли	59
Класен С.В., Белозеров В.Е. Построение модели роста опухоли с учетом реакции иммунной системы	60
Кошель Є.В., Білозьоров В.Є. Придушення хаосу у конвекції у пористих середовищах під впливом мультиспектральної гравітаційної модуляції	61
Krasnikov K.S. Mathematical modeling of melt dynamics in tundish during ladle emptying	62
Лабуткина Т.В., Саенко И.А. Имитационная модель сети связи кластерного типа с техникой коммутации пакетов	63
Міщенко В.Ю. Моделювання процесу утворення розплаву при одержанні феросплавів у руднотермічній печі	64

Меньшиков Ю.Л. Критерии адекватности математических описаний динамических систем	65
Мирный С.С., Редчиц Д.А. Математическое моделирование обтекания группы тел потоком вязкой несжимаемой жидкости	66
Михалёв А.И., Стенин А.А., Пасько В.П., Стенин А.С., Тимошин Ю.А. Оптимизация процедуры принятия решений при движении подводного робота в условиях неопределенности окружающей среды	67
Полевой О.Б., Редчиц Д.А. Оценка аэродинамических и тепловых нагрузок на корпус капсулы HYPERLOOP в вакуумированном путепроводе	68
Полисский Ю.Д. Временные оценки алгоритмов выполнения сложных операций в системе остаточных классов	69
Поляков М.А., Андриас И.А. Конечные автоматы с небинарными элементами множеств	71
Радченко Ю.Н., Романько Я.В. Модель теплообменных процессов в муравейнике	72
Сарычев А.П., Первий Б.А. Линейная авторегрессия в условиях неравноотстоящих наблюдений в задаче моделирования TLE-элементов	73
Своробин Д.С. Об использовании аэродинамического компенсатора в задаче увода космического мусора бесконтактным способом	74
Сенько А.О., Купін А.І. Методи хаотичної динаміки в задачах дослідження технологічних характеристик секції збагачення	75
Скалозуб В.В., Мурашоов О.В., Галабут О.О. Моделювання і прогнозування параметрів нерегулярних нечітких послідовностей станів складних систем	76
Стьопкін В.В., Березін О.О. Модель електропривода зі спостерігачем	77
Тарасенко А.В., Білозьоров В.Є. Математичне моделювання росту ракової пухлини та впливу на неї радіотерапії	78
Тарасов С.В., Редчиц Д.А., Моисеенко С.В., Тарасов А.С., Чашина И.Б. Моделирование ламинарно-турбулентного перехода в задачах вычислительной аэродинамики	79
Фасоляк А.В., Штефан Т.О. Напружено – деформований стан шаруватого циліндру при вісесиметричних навантаженнях	80
Шинкаренко В.И. Оптимизация конструкций и конструктивных процессов средствами конструктивно-продукционного моделирования и кластеризации	81

Шинкаренко В.І., Демидович І.М. Рекурентний аналіз природньомовних текстів на основі статистичних вимірювань	82
Шинкаренко В.И., Литвиненко К.В., Чигирь Р.Р. Восстановление фрактальных временных рядов	83
Юдин А.В., Куваев В.Ю., Нежурин В.И. Обобщенная математическая модель распределения энергии в объеме рабочего пространства ванны рудовосстановительной электропечи по методу вторичних источников	84
Yasev A.G. Optimization parameters of cleaning surfaces by the stream of abrasive particles	85
Зимогляд А.Ю., Гуда А.І. Спрощена модель перетворювача топології Buck	86
Кузнецов В.В., Трипутень Н.М., Кузнецова А.В., Трипутень М.Н. Динамическая электромагнитная модель асинхронного двигателя, работающего в условиях некачественной электроэнергии	87
Кузнецов В.В., Трипутень Н.М., Кузнецова А.В., Трипутень М.Н. Разработка динамической электромагнитной модели асинхронного двигателя, работающего в условиях некачественной электроэнергии	88
Михальов О.І., Козар О.В. Фрактальність щільності дорожнього трафіку великих міст	89
Василевська М.О., Дзюба А.П. Комп'ютерне моделювання та числові дослідження впливу форми чашки ендопротеза тазостегнового суглоба на напружено-деформований стан кісткового масиву	90
Потап О.Ю., Зінченко М.Д., Потап М.О., Півень В.О. Активний пошуковий алгоритм автоматичної компенсації ексцентриситету валків на безперервних листових станах	91

Секція 4

Інформаційне та програмне забезпечення процесів проектування

Алтухов А.В., Тарасов А.Ф. Разработка компонент интегрированной сапр пластического деформирования на основе параметрической модели	93
Блінніков Г.П., Рудик О.Ю., Герасимчук М.М. Інформаційне забезпечення розрахунків у SOLIDWORKS SIMULATION	94
Васильєва Л.В., Тарасов О.Ф. Покращення візуалізації результатів моделювання в САПР	95
Гнатушенко В.В., Гнатушенко Вік.В., Прокоф'єв Т.А., Соколова Н.О. Алгоритмічне забезпечення процесу формування цифрових моделей рельєфу за даними космічної стереозйомки	96
Концур І.Ф., Михайлюк В.В., Дейнега Р.О., Фафлей О.Я., Станович В.В. Удосконалення конструкції клапанного вузла бурового насоса	97

Лях М.М., Михайлюк В.В., Дейнега Р.О., Буй В.В., Канівець М.В. Модернізація високонапірного ущільнення бурового вертлюга	100
Малайчук В.П., Клименко С.В., Кудреватих О.Т. Інформаційні технології обробки цифрових зображень технічних об'єктів при їх проектування.....	102
Мельник В.О., Буй В.В. Конструкція ємності лабораторної установки для дослідження горіння паливних емульсій	103
Паневник Д.О. Використання числового моделювання для оптимізації конструкції свердловинного струминного насоса.....	104
Пошивалов В.П., Даниєв Ю.Ф., Резниченко Л.В. О моделях надежности информационных систем на этапе проектирования.....	105
Ромашко А.С., Кравець О.М., Камінський В.В. Підготовка до оцінювання ризиків на стадії проектування.....	106
Сагайда П.І. Розробка програмних компонентів комп'ютерних систем для інформаційної підтримки інженерної діяльності на основі результатів інженерії знань.....	107
Тимошкин А.И. Контролепригодная схема двоичного вычитателя в нестандартном базисе.....	108
Федорович Я.Т., Михайлюк В.В., Дейнега Р.О., Коваль Б.І. Дослідження зносу елементів дроселя фонтанної арматури	109
Шевченко Г.Я., Шумейко О.О., Белозубенко В.С., Исамбаев В.В. Использование человеко-машинных процедур в решении задач кластерного анализа	112

Секція 5

Інтелектуальні інформаційно-управляючі системи

Zhernovyi V.V., Safonov O.L., Hnatushenko V.V. The approach for instance level segmentation of high-resolution satellite images	114
Гайова А.Ю., Кобицька Ю.О. Класифікація варіабельності серцевого ритму з використанням методу опорних векторів.....	115
Галуза М.В. Проектування експертної системи логістики.....	116
Гожий В.О. Особливості моделювання взаємодії web-сервісів на основі CPN-TOOLS	117
Жуковицький І.В., Скалозуб В.В. Концепція розвитку систем інтелектуального управління парками технічних систем.....	118
Кириченко Л.О., Ткаченко А.Е., Радивилова Т.А. Сравнительный анализ методов кластеризации зашумленных временных рядов.....	119

Кондратьева И.Ю., Рудакова А.В., Поливода О.В., Сарафанникова Н.В. Анализ акустических сигналов в приращениях для функциональной диагностики многоприводных установок	120
Лабуткина Т.В., Кузьмин М.А. Метод совместного управления вычислительными задачами и передачей данных в сети.....	121
Лабуткина Т.В., Шабазов Д.И. «Комбинированное» управление сетевой нагрузкой в сети коммутации пакетов.....	122
Музыка Л.В. Управление производительностью струйной мельницы по акустическим сигналам рабочей зоны.....	123
Омельчук А.А., Лебеденко Ю.О., Поліщук В.М. Автоматизована система віддаленого моніторингу стану дощувальних машин ...	124
Островська К.Ю., Носов В.О. Розпізнавання зображень преднавченої моделі з використанням бібліотеки TENSOR FLOW	125
Островська К.Ю., Гузь І.О. Озробка мобільного додатку інтернет магазину з використанням мови Java.....	126
Панік Л.О. Паралельні уніфіковані алгоритми планування неоднорідних динамічних, нечітких і конкурентних потоків у транспортних мережах	127
Михалёв А.И., Потебенько О.В. Распознавание математических текстов с использованием OCR системы INFTYREADER.....	128
Скалозуб В.В., Білий Б.Б. Моделі інтелектуальної інформаційної технології формування залізничних составів.....	129
Тарасевич І.Г., Гармаш Д.М. Модель-тренажер АСУ швидкістю двигуна постійного струму із застосуванням OPC-технології обміну даними	130
Токарева Е.Л. Анализ характеристик сигналов комбинированной системы управления вектором тяги ракетного двигателя	131
Хорошилов С.В., Редька М.А. Управление движением космических аппаратов с использованием обучения с подкреплением	132
Швачка О.І. Параметричний синтез під-регулятору при зростанні числа налаштувань.....	133
Шумейко О.О., Шевченко Г.Я. Інформаційний пошук ансамблем класифікаторів.....	134
Ясько М.М. Використання одноплатних мікрокомп'ютерів у якості серверів для інтернету речей	135

Секція 6

Прогресивні інформаційні технології та організація сучасного виробництва

Боровик Л.В., Рудик О.Ю., Педосюк В.В. Забезпечення проектування додатками SOLIDWORKS	137
Васильченко Т.О., Шевченко І.А., Кобрін Ю.Г., Гречаний О.М. Теоретичні дослідження процесу дроблення крихких матеріалів в молоткових дробарках	138
Жуковицький І.В., Устенко А.Б., Дзюба В.В. Удосконалення автоматизованого управління накопиченням составів на коліях накопичення сортувальних станцій	139
Косолапов А.А, Парполита А.Н., Шашков В.А. Об одной задаче формирования оптимального репертуарного плана театра	140
Купин А.И., проф., Ивченко Р.А., Поддубный Б.А., Мисько Б.С. Задачи управления современными технологическими процессами и производствами в рамках концепции Индустрия 4.0	142
Лапханов Э.А. Разработка программного приложения для расчета времени увода космических аппаратов с помощью различных систем	143
Литвин О.В., Гаврушкевич Н.В., Алексик Д.І. Дослідження зусилля затиску інструменту для багатоопераційних верстатів	144
Мазуренко В.Б. Проблема визначення кількості рідини в рухомій ємності та можливі шляхи її вирішення	145
Михалёв А.И., Стенин А.А., Дроздович И.Г., Стенин С.А. Многоуровневая система оценки степени подготовки операторов АЭС на тренажерных комплексах	146
Михальов О.І., В'юненко В.С. Спосіб розподілу локального мережевого трафіку у багатошлюзових мережах	147
Nataliya Togobytska, Henrik Julius Wenck Application of the Bass diffusion model for forecasting the adoption of industrial robots	149
Трасковецька Л.М., Рудик О.Ю., Назимок В.В. Застосування інформаційних технологій для ремонту автомобілів	150

Секція 8

Інноваційні підходи підвищення якості навчального процесу та питання антиплагіату

Дорош Н.Л., Астіон Ю.В., Фененко Т.М. До розробки інформаційного порталу для регіонального центру освіти інвалідів	152
Дубинский А.Г. О применении VR-технологий в медицинском образовании	153

Карабут В.Н.	
Разработка программного обеспечения для исследования факторов, влияющих на погрешности базирования при механической обработке деталей..	154
Кузнецов Ю.М.	
Інноваційні підходи при підготовці технічної інтелектуальної еліти в Україні....	155
Куруп'ятник О.С.	
Моделювання і програмна реалізація графового представлення текстів для виявлення запозичень.....	156
Ланська С.С.	
Формування інтегрованих індивідуальних навчальних планів з використанням експертних систем.....	157
Морозенко О.П., Грибанова Н.Ю.	
Інноваційні підходи підвищення якості викладання дисципліни «Комп'ютерні методи нарисної геометрії та інженерної графіки»	158
Samoilenko O.V.	
Some reasons of false-positive results in checking for text borrowings in student certification works	159