

Mathematical Problems of Technical Mechanics and Applied Mathematics - 2019

*ANNUAL SCIENTIFIC CONFERENCE
MPTMAM 2019
Part 2*

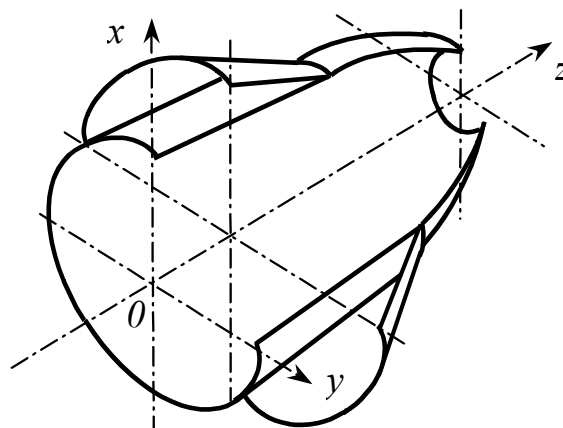
December 02 - 05, 2019
Dnipro, Kamianske, Ukraine

Book of Abstracts

**МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ТА
ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ – 2019**
МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ



Матеріали конференції



Дніпро, Кам'янське – 2019

МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ – 2019

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Стеблянко П.О.

Співголова: Крилова Т.В.

Учений секретар: Волосова Н.М.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Бабешко М.С., Баженов В.А., Богданов В.Л., Булат А.Ф., Гачкевич О.Р., Григоренко О.Я., Гудрамович В.С., Дзюба А.П., Карнаухов В.Г., Кирия Р.В., Галишин О.З., Кісельова О.М., Кушнір Р.М., Ларіонов Г.І., Лобода В.В., Луговой П.З., Мейш В.Ф., Назаренко В.М., Пилипенко О.В., Полищук С.З., Поляков М.В., Пошивалов В.П., Савченко В.Г., Самохвалов С.С., Серода Б.П., Тарасенкова Н.А., Тимошенко В.І., Черняков Ю.А., Шумейко О.О.

Матеріали конференції

Шановні колеги!

Наукова конференція МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ була започаткована у 2001 році. До 2004 року конференція мала статус Всеукраїнської наукової конференції, а з 2005 року вона проводиться, як Міжнародна наукова конференція.

За ці роки (2001-2018 рр) основними учасниками конференції МПТМ були науковці:

- Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України;
- Дніпровського національного університету ім.О. Гончара;
- Дніпровського державного технічного університету;
- Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України;
- Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України.

В таблиці наведена більш докладна інформація за 2001-2019 роки.

Рік	Кількість доповідей
2001	112
2002	124
2003	137
2004	130
2005	129
2006	149
2007	154
2008	135
2009	160
2010	210
2011	241
2012	172
2013	151
2014	164
2015	152
2016	134
2017	103
2018	75
2019	109+67
Сума	2808



Хочеться побажати всім учасникам міжнародної наукової конференції *Математичні проблеми технічної механіки та прикладної математики* натхненної та плідної праці і творчих успіхів.

Доктор фізико-математичних наук, професор Стеблянко П.О.

МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ**“МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ТА
ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ – 2019”
МЕХАНІКА ДЕФОРМОВАНОГО ТВЕРДОГО ТІЛА, МЕХАНІКА
РІДИНИ, ГАЗУ ТА ПЛАЗМИ****ДИНАМИКА САМОГРАВИТИРУЮЩИХ МАСС ЖИДКОСТИ
В ТОПЛИВНЫХ БАКАХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ****А. В. Амуров, Ю. В. Бразалук, А. И. Губин, Д. В. Евдокимов***Университет таможенного дела и финансов
Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

Интенсивное развитие ракетно-космической техники, настойчивые усилия в области исследования и освоения космического пространства в последние десятилетия делают весьма актуальным изучение гидромеханических процессов в жидкостях и газах в емкостях космических аппаратов, находящихся в орбитальном полете в течение продолжительного времени. Проблема движения уединенных или множественных самогравитирующих масс жидкости в условиях микрогравитации относится к наименее исследованным задачам гидромеханики в целом, и гидромеханики невесомости в частности. По оценкам, данным в монографии [1], эффекты гравитационных сил, индуцированных массой жидкости, начинают сказываться при характерном размере области, занятой этой массой, порядка 1 метра. Однако размеры топливных баков многих космических аппаратов значительно превосходят 1 метр, и в орбитальном полете эти баки оказываются не полностью заполненными, поскольку топливо периодически используется. Пусть несколько односвязных областей, занятых жидкостью, «плавают» в газе в топливном баке, не касаясь его стенок. Очевидно, что жидкость помимо малых гравитационных сил подвержена действию сил поверхностного натяжения. Для жидкости заданной плотности индуцируемая ей гравитационная сила определяется известным ньютоновским потенциалом. Если же плотность жидкости постоянна, выражение для гравитационной силы можно упростить и свести его к интегралу по границе области, занятой жидкостью. Поскольку предполагается, что жидкость не касается стенок бака, естественно также предполагать, что генерация завихренности в таком движении будет мала, и, если движение

начинається із стану спокою, то і сама завихреність буде мала. Для подібних рухів характерні два випадки течій: 1. Крім сили тяжкості на рідину діють і інші об'ємні і поверхні сили; при відомих обмеженнях, які майже завжди виконуються в умовах мікрогравітації, ці сили викликають течію при достатньо великому числі Рейнольдса, але без механізму утворення завихреності, а це відповідає потенціальному течію. 2. Рух визначається виключно силами самогравітації, тоді швидкості руху рідини будуть дуже малі, що дозволяє застосувати для розрахунку математичну модель течії Стокса. Розглянемо випадок потенціального течії, який будемо описувати за допомогою потенціалу швидкостей, задовільного в області течії рівнянню Лапласа. Оскільки всі сили, що діють на рідину, є потенціальними, не складає труднощі записати інтеграл Лагранжа-Коши і використати його як динамічне граничне умову на зовнішній межі рідини. Чисельні розрахунки в цьому випадку можна провести методом граничних елементів. Якщо течію описують рівняннями Стокса, то сила самогравітації входить в рівняння руху як джерельний член. В цьому випадку також можна застосувати метод граничних елементів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабський В. Г. Гидромеханика невесомости / Бабський В. Г., Копачевський Н. Д., Мышкин А. Д., Слобожанін Л. А. і др. – М.: Наука, 1976. – 504 с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АСУ ТП ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

**Мещанінов С.К., Довгалюк Б.П., Ларичева Л.П.,
Демченко Д.В., Сорока Д.В.**

Дніпровський державний технічний університет

Металургійна промисловість - одна з найважливіших комплексних галузей у сучасній структурі промислового комплексу України. Ця галузь посідає одне з провідних місць в економіці нашої держави. Роль і значення цього комплексу визначається насамперед тим, що він випускає метал для машинобудування і є фундаментом розвитку всіх його галузей. Металургійне виробництво охоплює чорну і кольорову металургію з такими основними етапами виробничого процесу: видобуток сировини, її збагачення, виплавка металів і прокатне виробництво. Використання комбінованого дуття у доменному виробництві поставило питання про оптимальний вміст у ньому кисню, природного газу, вологи та про оптимальну кількість комбінованого дуття.

В роботі розглянуто математичну модель системи керування контролю якості АСУ ТП доменної печі. Одним із основних показників ефективності використання

паливної добавки є коефіцієнт заміни коксу. Якщо паливною добавкою є природний газ, то значення коефіцієнта заміни можна визначити за формулою.

$$K_3 = \frac{g + 10802\mu\eta_{H_2} + 12648\gamma\eta_{CO}}{1.8667C_k(5250 + 12648\eta_{CO})}, \text{ кг/м}^3 \quad (1.1)$$

де C_k - вміст вуглецю у коксі, частка одиниці маси; g - теплота згоряння природного газу у горні печі, кДж/м^3 , визначається із виразу [17]:

$$g = 1658CH_4 + 6050C_2H_6 + 10115C_3H_8 + 13796C_4H_{10} + 18053C_5H_{12} - 12648CO_2 - 10802H_2O,$$

де CH_4 , C_2H_6 , тощо - вміст відповідних компонентів відновного газу, частка одиниці об'єму; 1658, 6050, тощо - теплоти згоряння (або розкладу) в горні печі відповідних компонентів природного газу, кДж/м^3 .

Наступним показником ефективності природного газу є кількість заміненого коксу

$$\mathcal{E}_k = K_3 V_{ng}, \text{ кг/г}, \quad (1.2)$$

де V_{ng} - кількість природного газу, яка вдувається у піч, кг/г .

Однак, ці показники не дають повної оцінки ефективності паливної добавки. Відомі пропозиції про те, щоби оцінювати ефективність спільного використання природного газу та технологічного кисню сумою змін продуктивності і питомої витрати коксу [1]. Привертають увагу також пропозиції оцінювати ефективність комбінованого дуття сумою прибутку чи зменшенням собівартості чавуну [2]. Розроблений автором показник Π відповідає цим вимогам і може бути критерієм оптимальності витрати природного газу:

$$\Pi O_1 = \mathcal{E}_k C_k - V_{ng} C_{ng} - V_o C_o, \text{ грн/г} \quad (1.3)$$

або

$$\Pi O_2 = \Pi O_1 + (P_\phi - P_3) E, \text{ грн/г} \quad (1.4)$$

де C_k , C_{ng} , C_o - ціна коксу, природного газу та технологічного кисню; E - умовно постійні витрати на чавун; P_ϕ , P_3 - фактична і задана продуктивність печі.

Між цими показниками та кількістю природного газу існує екстремальна залежність, яка є основою створення алгоритмів функціонування АСК витратою природного газу [3].

Розроблено комп'ютерну систему оптимізації витрати природного газу на доменну піч. Представлено математичну модель ефективності використання природного газу та алгоритм оптимізації витрати природного газу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Довгалюк Б.П. Использование газов и развитие процессов прямого восстановления при вдувании комбинированного дутья в доменную печь. // Информациа ЦИИИ ЧМ. - 1964. - Серия 3. - Инф.16. - 10с.
2. Довгалюк Б.П. Методы контроля эффективности использования топливных добавок и технологического кислорода и их оптимального распределения между доменными печами. // Сталь.-1987.-№8.-с.9-14.
3. Довгалюк Б.П. Автоматизована система керування технологічними процесами доменної плавки / Довгалюк Б.П. – Дніпродзержинськ: Дніпродзержинський державний технічний університет, 2009.- 245с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОНІТОРИНГУ ГІДРАВЛІЧНИХ СПОРУД

**Мещанінов С.К., Ларичева Л.П., Літовченко В.В.,
Носач Є.О., Волошин Р.В.**

Дніпровський державний технічний університет

Основною метою даної роботи є математичне моделювання та розробка системи моніторингу стану гідроелектростанцій. У даний час гідроенергетика стала одним з найбільш ефективних джерел електроенергії на Україні. Собівартість електроенергії вироблюваної на гідроелектростанціях, в 6-10 раз менше ніж на теплових і атомних станціях. Висока маневреність гідроелектростанції дозволяє ефективно використовувати їх для покриття нерівномірних зон графіків енергоспоживання й підтримки нормальної частоти в єдиній енергосистемі України. Високий рівень автоматизації гідроелектростанції, підвищена надійність технологічного обладнання забезпечують високу продуктивність праці, яка дозволяє утримувати експлуатаційного персоналу в 12-15 разів менше, ніж на теплових електростанціях. Гідроенергетика забезпечує розвиток ряду галузей народного господарства України. Позитивно впливає на судноплавство, водопостачання. Створені при будівництві ГЕС водоймища забезпечує зрошення 20млн. га. землі. У цей час установлена потужність гідроелектростанції в Україні становить 44% вироблюваної енергії всіма видами електростанцій. Розглянемо розробку фільтра низьких частот для фільтрації високочастотної складової перешкоди. Вхідний сигнал датчика є випадковим і може розглядатися як корисний сигнал і як перешкода.

Таблиця 1.1 – Основні параметри вхідного сигналу

Кількість вимірів:	Відносний рівень перешкоди:	Дисперсія сигналу:	Діапазон вимірів:
$n := 15$	$\alpha := 1000$	$D := 1$	$i := 1..n$

Знаходження автокореляційної функції. Використовуємо стандартну функцію програмного пакету "Mathcad 2001 Professional" для знаходження АКФ нашого сигналу.

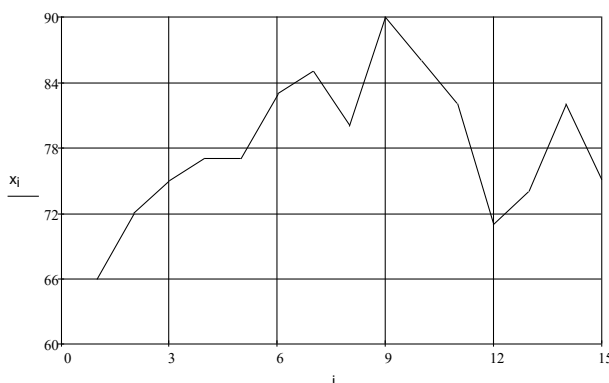


Рисунок 1.1 – Графік реалізації випадкового сигналу

Для одержання апроксимації АКФ необхідно знайти параметри даної функції. У початковий момент знаходимо значення параметрів виходячи з коефіцієнтів знайдених при визначенні коефіцієнта кореляції, а потім апроксимуємо значення даних параметрів

для одержання найменшої помилки апроксимації. Параметр загасання автокореляційної функції, Гц:

$$\psi_1 := \frac{0.5}{\ln\left(\frac{1}{|C_d|}\right)} \quad (1.1)$$

$$\psi_1 = 0.989$$

Резонансна частота реалізації сигналу, Гц: $\beta_1 := \psi_1 \cdot \mu_1$, $\beta_1 = 0.071$

Ступінь регулярності сигналу:

$$\mu_1 := \frac{1}{2 \cdot \psi_1 \cdot d}$$

$$\mu_1 = 0.072$$

Апроксимована АКФ і помилка апроксимації має вигляд:

$$R_1(\tau) := \exp(-\mu_1 \cdot |\tau|) \cdot \left(\cos(2 \cdot \pi \cdot \beta_1 \cdot \tau) + \frac{\mu_1}{\beta_1} \cdot \operatorname{sin}(2 \cdot \pi \cdot \beta_1 \cdot |\tau|) \right) - \text{для орієнтованих}$$

значень параметрів.

Таким чином Проведено математичний аналіз якості Автоматичної системи моніторингу «Титан», та представлено структурний стохастичний синтез завадостійких систем. Представлена цифрова реалізація оберту дослідження. Для вилучення перешкод, що надходять з датчиків моніторингу параметрів греблі, розраховано цифровий низькочастотний фільтр, проаналізовано його роботу та якість перехідних процесів пристрою. Запропоновано топологію системи отримання інформації про стан гідротехнічних споруд з використанням сучасних засобів моніторингу та первинної обробки інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брежнев Е.В. Методология обеспечения безопасности критических инфраструктур в условиях неопределенности: концепция и принципы / Е.В. Брежнев, В.С. Харченко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. - 2015. - № 1 (71). - С. 25 - 32.
2. Отчет о геологических изысканиях плотины ДДГЭС ,гр.ГВ-02 д, 5. 07070401, ДЭТ 2003г.стр .7-23

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Мещанінов С.К., Сай О.В, Волошин Р.В.

Дніпровський державний технічний університет

Аналіз ефективності будь-якої ділянки вимірювального тракту, , найбільш доцільно проводити з використанням комплексного методу досліджень, в основі якого повинно знаходитись передача даних про об'єкт (або його частини), як складової технічної системи. На підставі аналізу результатів експериментальних досліджень, проведених на стані 1200 Дніпровського металургійного комбінату [1], виявлено, що об'єктивною закономірністю зниження темпу прокатки є нерівномірний характер ведення оператором стану процесу прокатки смугової сталі. Ця нерівномірність проявляється в різних вимогах по дотриманню точності установки або підтримки на

заданому рівні режимних параметрів при плющенні від однієї групи пропусків до іншої. Якість розкрою залежить від ефективності алгоритму розкрою. Фактично існує кілька способів вирішення завдання розкрою, наприклад, спосіб нескінченної прокатки. Автори [1, 2] розглядають 6 різних способів вирішення даного завдання. На основі проведених досліджень автори роблять висновок, що метод варіювання площі поперечного перерізу готової продукції в межах допустимих значень (далі Метод) є самим недорогим і універсальним. У ході досліджень [3] з'ясовано, що немірна довжина в сортопрокатному виробництві є найбільш вагомим видом браку (рис.1). Діаграма Парето показує, що усунення немірної довжини дозволяє скоротити практично на 50 % кількість браку в прокатному виробництві.



Рисунок 1 – Розподіл дефектів (види браку)

До розкрою і пов'язаної з ним мірної продукції пред'являються певні вимоги до якості так, наприклад зовнішніми факторами є вимоги замовника до якості у вигляді мірної довжини і вимоги до якості продукції на законодавчому рівні, тобто відповідність ДСТУ. Стандарт ISO визначає не тільки якість процесу, а і його ефективність. Стандарт ISO 9000:2000 визначає ефективність як співвідношення досягнутих результатів і використаних ресурсів. Таким чином, коефіцієнт виходу придатного є показником ефективності процесу розкрою, що, в свою чергу, є його якістю. Для виявлення найбільш значущих чинників, що впливають на коефіцієнт виходу придатного, була побудована схема Ісікави (рис.2). Відповідно до цих вимог повинне бути створене ПЗ для ЕОМ, яке враховує всі основні фактори, так як це зроблено, наприклад, у роботі [3].



Рисунок. 2 – Структурна схема Ісікави

Таким чином в роботі сформульовано постановку задачі адекватного математичного опису інформаційно-керуючої системи яка стосується прокатного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Моллер А.Б. Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. Международный сборник научных трудов КПИ. 2014. №20. С. 61–66.
2. Глинков, Г.Я., Климовицкий М.Д. Теоретические основы автоматического управления металлургическими процессами. М.: Металлургия, 1985. 304 с.
3. Мещанінов С. К. Модель побудови адекватного математичного опису процесу перетворення сигналу в електронній системі / С. К. Мещанінов. // Математичне моделювання. – 2018. – №1(38). – С. 180 – 186.
4. Меньшиков Ю. Л. Proc. of Problems of Decision making under Uncertainties / Ю. Л. Меньшиков, А. Г. Наконечный. // (PDMU–2003)”. Int. Conf., – 2003. – №8. – С. 80–82.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ РІДИН ВІД МЕХАНІЧНИХ ДОМІШОК

Авер'янов В.С., Шматко Д.З., Коржавін Ю.А., Радченко Д.Г. (магістр)
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Технологічні виробничі процеси пов'язані з використанням і забрудненням водних технологічних середовищ. При механічній обробці металів використовуються мастильні охолоджувальні рідини на водній основі. При митті автомобілів використовуються водні технологічні рідини: технологічна вода; мийні розчини для миття автомобілів; спеціальні мийні розчини для миття агрегатів, вузлів, механізмів і деталей автомобілів.

Основним забруднювачем водних технологічних середовищ є механічні домішки [1]. Проблема очищення водних середовищ від механічних домішок, які використовуються в технологічних процесах на промислових підприємствах, стоїть дуже гостро та потребує прийняття невідкладних інженерних рішень.

Для очищення забруднених водних технологічних середовищ перед повторним використанням або скиданням їх у водойми або каналізацію застосовуються наступні основні способи очищення: гравітаційне очищення; відцентрове очищення; магнітна сепарація; флоатція; фільтрування [2].

Метою роботи є моделювання процесу очищення водних рідин від механічних домішок на безкамерних фільтрувальних установках з отриманням математичної залежності часу стабільного фільтрування рідини при різних режимних параметрах безкамерної фільтрованої установки.

В замкнених водозворотних системах експлуатації водних технологічних рідин основною проблемою є забезпечення постійної продуктивності процесу очищення рідини від механічних домішок. Для забезпечення постійності продуктивності процесу очищення необхідно визначити максимальний час роботи фільтрувальної перегородки.

Під час експериментальних досліджень проводили виміри за часом при концентрації забруднень від 2 г/л до 15 г/л, співвідношенні витрати рідини $Q_{ТЗ}$ від 0,17 до 0,43, загальної витрати рідини $Q_{З}$, від 0,5 до 1,0 л/с.

Для побудови математичної моделі залежності часу стабільного фільтрування рідини $\tau_{оч} = f(Q_{З}, Q_{З}/Q_{Т}, k_{ВХ})$ від витрати забрудненої рідини через сопло $Q_{З}$; від

відношення витрат рідини через тангенціально врізаний патрубок і через сопло Q_T/Q_3 (далі Q_{T3}); від вхідної концентрації забруднення $k_{вх}$ у вигляді ступеневого поліному другого порядку реалізований центральний композиційний ротатабельний план другого порядку для трьох факторів [3].

Загальний вид математичної моделі для визначення часу стабільного фільтрування:

$$y_p = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2. \quad (1)$$

На підставі проведених експериментальних досліджень математична модель (1) в кінцевому результаті буде мати вигляд:

$$\tau_{оч} = -19,1 + 109,8Q_3 - 158,56Q_{T3} + 2,62k_{вх} - 1061,2Q_3Q_{T3} - 22,72Q_3k_{вх} + 14,63Q_{T3}k_{вх} + 460,8Q_3^2 + 1200,5Q_{T3}^2 + 0,182k_{вх}^2. \quad (2)$$

По результатам проведених досліджень отримана математична залежність для визначення часу стабільного фільтрування рідини через тканину бязь по площині фільтрувальної перегородки. Модель дозволяє визначити ефективні режимні параметри безкамерної фільтрувальної установки, що впливають на продуктивність процесу фільтрування рідини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Журба М. Г., Говорова Ж. М., Говоров О. Б. и др. Разработка и внедрение водоочистных комплексов поверхностного стока. Водоснабжение и сан.техника. 2003. № 3. С. 25–29.
2. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / Запольський А. К. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
3. Шкляр В. Н. Планирование эксперимента и обработка результатов. Томск: ТПУ, 2010. 90 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ КУЛАЧКА РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛУ ІЗ СТАЛІ 45 ДВИГУНА ПІСЛЯ ЗМІЩЕННЯ

Чернета О.Г., Ярема О.М., Донюш А.В.

Дніпровський державний технічний університет

Основним чинником відновлення поверхні є міцність утримання наплавленого шару з основним матеріалом. Тому є дуже важливим підібрати наплавочні матеріалом таким чином, щоб забезпечити надійне зчеплення основного матеріалу з підложкою, уникнути сколів і концентрів теплових напружень в перехідних зонах, мати високі фізико-механічні характеристики, можливість до зміцнюючи обробок. На рис.1 представлені фотографії мікроструктур сталі 45 з поверхневим шаром після наплавлення електродами ОЗШ-3 з наступним хімічним складом (С - 0,4%; Мп - 0,5%; Si - 1,9%; Cr - 9,9%; S - 0,013%; P - 0,021%).

Отже в перехідній зоні залишковий аустеніт трансформується у ферит з утворенням двох фаз: часток фериту (темні каскади) і фази «бор + вуглець» - карбід бору (білі краплі) рис.1 в.(818) - фрагмент зони поверхневого шару, г.(819), б(817), а(820) – загальна структура поверхневого шару, x1000 крат. Для визначення параметрів фрикційної взаємодії пропонується машина випробування матеріалів на тертя та знос моделі СМЦ-2. Параметри молекулярної складової запропоновано визначити у відповідності з методикою роботи на адгезіометрі ОТ-1, та на пристрої із застосуванням сферичного індентора, які передбачають виміри моменту тертя M_T при

зсуві – порушені фрикційного зв'язку сферичних поверхонь з плоскими поверхнями зразків (пластинами), та радіусу (діаметру) проекції відбитка $R_0(d)$. Навантаження мали значення 140Н, 185Н, 230Н; 280Н.

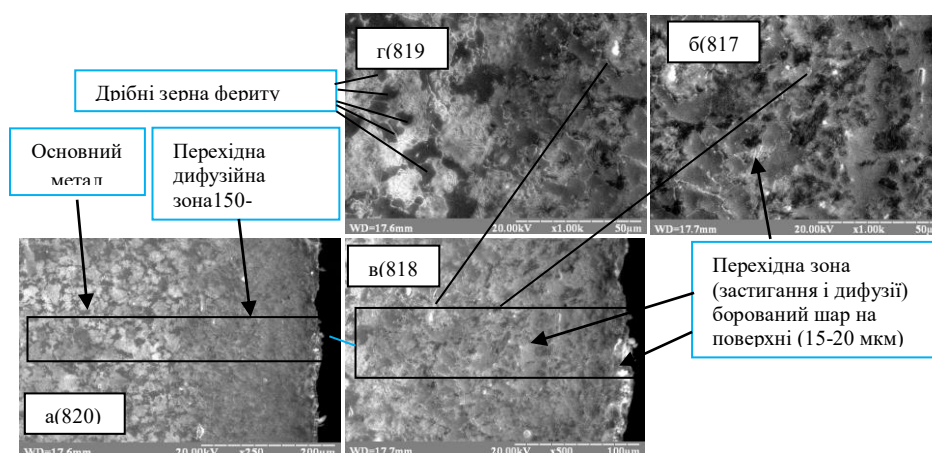


Рис.1. Фотографії мікроструктур сектора кулачка (а.(820), б.(819), в.(818) середини), б(813), г.(819) перехідної, підшарової і крайньої зони.

У наступному диск зрушувався з місця за допомогою вантажів та обертався на фіксований кут α . Час затрачений на кутове переміщення визначав швидкість зсуву – $t_1=0,43$ с $t_2=1$ с. Середнє лінійне переміщення диска складало $l=4,5$ мм. Момент тертя визначався середнім статистичним з відповідними дисперсіями за кількістю дослідів ($n=8$) при двох швидкостях зсуву: $v_1=10,16\pm 0,8$ мм/с, $v_2=5,08\pm 0,6$ мм/с. Середня статистична дисперсія τ мала значення $D_{\min}=0,5$ МПа, $D_{\max}=1,13$ МПа. Міцність адгезійного зв'язку при зсуві (зсувний опір молекулярного зв'язку) – тангенціальна міцність τ визначалась у відповідності з виразом:

$$\tau = \frac{M_m}{r \cdot S_b},$$

де M_m – момент тертя при зсуві, Н·м; r – радіус диска, м; S_b – площа відбитку, мм².

Графічна апроксимація осереднених даних у вигляді лінійних залежностей зі зворотною екстраполяцією зсувного опору переміщенню. За параметрами ліній тренда в програмі Excel визначені їх рівняння і достовірність апроксимації R^2 .

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ «ЛЮДИНА-ОПЕРАТОР» НА ОСНОВІ НЕВЕРБАЛЬНИХ ЕКСТРАЛІНГВІСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЮДИНИ

Трикіло А.І., Грицяй А.О., Волошин Р.В.

Дніпровський державний технічний університет

Системи, що володіють відносною незалежністю від оператора, дозволяють користувачеві працювати із системою без попереднього налаштування, однак поліпшують надійність розпізнавання після навчання. Незалежність від оператора таких систем звичайно досягається за рахунок зберігання звукових еталонів для всіх найбільш

типових голосів носіїв даної мови. В роботі застосовано метод командної системи в режимі однократного доступу до об'єкту (наприклад на контрольно-пропускному пункті) не дозволить досягти необхідного ефекту через складність навчання системи й аналізу коротких ключових фраз. Необхідно відзначити, що проблема діалогу людини й ЕОМ є частиною загальної проблеми створення систем штучного інтелекту й перебуває на стику декількох наук, що свідчить про її складність. Тому пропонується за основу системи діалогового спілкування людини й ЕОМ прийняти систему перетворення мова - текст, на базі якої може бути створена система мовного керування ЕОМ. На відміну від текстозалежних систем ідентифікації в діалоговому методі реалізується не тільки однократна відповідь користувача на запитану пропозицію або питання з бази паролів, але й розширення його до повноцінного мовного інтерфейсу ЕОМ. Машина приймає команди від користувача й виконує їх тільки в тому випадку, якщо голос оператора відповідає зареєстрованому.

Аналіз найбільш ефективний в умовах реальної мовної активності оператора, що вимагає розробки систем командного керування й перетворення мова - текст у потоці зливої мови. Дані механізми вирішують протилежне завдання в порівнянні з описаними вище системам.. Відомо, що будь-який сигнал, що змінюється в часі, можна представити у вигляді вектора з кількістю відліків, рівним добутку його довжини [1] (у часі) на частоту дискретизації. Тому ми маємо можливість провести статистичні дослідження. Дану роботу зручно виконувати для масивів однакової довжини, тому візьмемо для аналізу $16000 \cdot 0,6 = 9600$, округливши, одержимо 10000 відліків сигналу. Далі й будемо оперувати із цією довжиною. Причому 0,6 - довжина тимчасового інтервалу для команди (максимум - 0,6 с). Як статистичні характеристики виберемо крапкові оцінки [2]. Результат виміру будь-якої фізичної величини, - струму, напруги, щільності, тиску й т.д., - зручно трактувати як значення деякої випадкової величини, X яка характеризується щільністю розподілу ймовірностей $W(x)$. Найчастіше виправдані припущення про цілком конкретний вид функції $W(x)$. Наприклад, часто припускають розподіл нормальним:

$$W(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.1)$$

де m й σ - МО й стандартне відхилення СВ X . При цьому природно оцінювати не функцію $W(x)$, а всього два її параметри - m і σ , вичерпно її що характеризують. Зрозуміло, якщо закон $W(x)$ не є нормальним, тоді параметрів m і σ недостатньо для повного подання про властивості СВ X - однак й у цьому випадку дані параметри по своїй важливості коштують на першому місці. Позначимо спостережувані значення випадкової величини (СВ)

$$X_1, X_2, \dots, X_N. \quad (1.2)$$

Їх можна розглядати як N «екземплярів» СВ, тобто N незалежних СВ, кожна з яких розподілена по тій же законі, що й СВ X . Позначимо \tilde{a} оцінку параметра a .

$$\tilde{a} = \tilde{a}(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (1.3)$$

і, отже, *сама є випадковою величиною*. Таку оцінку часто називають *крапковою*, оскільки на практиці вона являє собою єдине випадкове число. Приведемо відразу формули для обчислення крапкових оцінок параметрів не заглиблюючись в аналітичні викладення.

Таким чином у дослідженні виявлено основні характеристики командних слів. Розглянуто основні статистичні характеристики звукових команд та частотно-часовий аналіз командних слів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. –С-Пб, Питер, 2002. – 603с
2. Дьяконов В., Абраменкова И. Matlab – обработка сигналов и изображений. – С-Пб, Питер, 2002. – 602с.
3. В.П. Дьяконов. Matlab 6.5 SP1/7+ Simulink 5/6 В математике и моделировании. Серия «Библиотека профессионала». – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 576с.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СКОРОЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПАУЗ МІЖ ПРОПУСКАМИ У ПРОЦЕСІ РЕВЕРСИВНОЇ ПРОКАТКИ

Мещанінов С.К., Кривенцов Д.С., Волошин Р.В.
Дніпровський державний технічний університет

Збільшення темпу площення на реверсивних станах є одним з актуальних завдань у прокатному виробництві, що вимагають ефективного рішення. Середній темп реверсивної прокатки на товстолистових і товсто смугових станах значно занижений і складає 80 - 87 % від максимально можливого. В той же час, зниження цього параметра не лише зменшує продуктивність прокатки, що очевидно, але й впливає на стабільність технологічного процесу [1-2]. Доля його в середніх значеннях дисперсії різнотовщинності готових смуг в партіях доходить до 20 - 24 %. Дослідження спрямовано на скорочення тривалості середньої паузи в циклі прокатки, шляхом визначення оптимальної точки переходу зниження швидкості викиду прокату із валків перед черговим пропуском. Тривалість пропуску t знаходиться з виразу відношення довжини розкату до швидкості виходу його з валків

$$t = \frac{L}{V_{\text{вик}}} \quad (1)$$

Час паузи між пропусками обчислюють або приймають залежно від тривалості операцій, які здійснюються при подачі розкату у валки, подача по рольгангу, реверс стану, опускання верхнього валка та ін.). Час прокатки смуги складається з машинного часу t_m і часу пауз t_{np} . Загальний час прокатки смуги за N пропусків визначається, як

$$z_{np} = t_0 + \sum_{i=1}^N t_{np}(i) \quad (2)$$

дет t_0 – тривалість початкової пази, яка визначається в основному часом підйому НМ; N - загальна кількість пропусків при прокатці смуги; i - поточний пропуск.

Час $t_{np,i}$ прокатки розкату в одному пропуску:

$$t_{np,i} = \sum_{i=1}^N t_{m,i}(i) + \sum_{i=1}^N t_{n,i}(i) \quad (3)$$

дет $t_{m,i}$ - машинний час у i – му пропуску; $t_{n,i}$ - тривалість паузи у i – му пропуску;машинний час прокатки смуги t_m знаходиться:

$$t_m = \sum_{i=1}^N t_{m,i}(i) = \sum_{i=1}^N t_{m1}(i) + \sum_{i=1}^N t_{m2,i}(i) + \sum_{i=1}^N t_{m3,i}(i) \quad (4)$$

де t_{m1} - машинний час при розгоні; t_{m2} - машинний час при сталій швидкості прокатки; t_{m3} - машинний час при уповільненні;

$$t_{m1} = t_{m1} + t_{m2} + t_{m3} \quad (5)$$

$$t_{m1} = \frac{\bar{\omega}_2 - \bar{\omega}_1}{a_p} \quad (6)$$

$$t_{m2} = \frac{L_c - L_p - L_y}{V_p} \quad (7)$$

$$t_{m3} = \frac{\bar{\omega}_2 - \bar{\omega}_3}{a_y} \quad (8)$$

ω_1 - швидкість обертання двигуна в момент захвату металу; ω_2 - швидкість обертання двигуна в період постійної швидкості прокатки; ω_3 - швидкість обертання двигуна в момент виходу металу із валків; a_p - середнє прискорення двигуна в період розгону; a_y - середнє прискорення двигуна в період уповільнення; V_p - швидкість прокатки при сталій прокатці. L_c - довжина смуги (розкату) в пропуску; L_p , L_y - частина довжини розкату, яка прокатана за один пропуск відповідно при розгоні і при уповільненні валків.

$$L_p = L_y = V \times t_{m1} = V_y \times t_{1m3} \quad (9)$$

$$V_{p.с.} = V_y = \frac{\pi D(\omega_2 + \omega_1)}{120} = \frac{\pi D(\omega_2 + \omega_3)}{120} \quad (10)$$

де D - діаметр бочки валків; $V_{p.с.}$ - швидкість прокатки при розгоні валків; V_y - швидкість прокатки при уповільненні валків;

Тривалість пауз між пропусками визначається за умови:

$$\tau_n = \max \{t_{HM} + t_{pp} + t_{PB}\} \quad (11)$$

де t_{HM} - тривалість роботи натискного механізму; t_{pp} - тривалість реверсу переміщення розкату; t_{PB} - тривалість реверсу робочих валків; t_{HM} , t_{pp} та t_{PB} знаходяться:

$$t_{HM} = \frac{\Delta h_i}{V_{HM}} \quad (12)$$

$$t_{pp} = t_{BPB} + t_{p3} \quad (13)$$

$$t_{PB} = \frac{\omega_1}{a_p} + \frac{\omega_3}{a_y} \quad (14)$$

Δh_i - абсолютний обтиск у i -му пропуску; t_{BPB} - час викиду розкату із валка.

Цей час визначається періодом від моменту викиду до моменту зупинки рольгангу; t_{p3} - час переміщення розкату до моменту його захвату валками; V_{BB} - швидкість переміщення верхнього валка; V_{BP} - швидкість викиду розкату із кліті; g - прискорення вільного падіння; f - коефіцієнт тертя між металом і роликками рольгангу; V_p - швидкість рольгангу,

$$t_{BPB} = \frac{V_{BP}}{(gf)} \quad (15)$$

$$t_{pb} = \frac{V_{BP}^2}{(2gfV_p)} \quad (16)$$

Сумарний час, який витрачається на плющення

$$t_{\Sigma} = t_{ax} + t_{cm.np.} + t_{p.f.} \quad (17)$$

В цьому випадку час $t_{cm.np.}$ при максимальній швидкості $V_{cm.np.}$ скорочується раніше, ніж він міг би бути при виборі моменту гальмування більш пізніше. Тому, природно, що загальний час прокатки в цьому пропуску збільшений, хоча тривалість паузи від цієї дії може бути близькою до нуля (час може витрачатися тільки на реверс рольгангів). Наведенні в роботі аналітичні і графічні рішення по визначенню темпу прокатки були експериментально опробуванні та реалізовані на реверсивному стані

1200 і підтвердили зростання темпу прокатки смуг в середньому на 5 - 7 % в партії [1-3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Нельга В. Т. Система автоматичного керування процесом точної прокатки смуг / В. Т. Нельга. // Збірник наукових праць ДДТУ, Дніпродзержинськ. – 2009. – С. 37–41..
2. Архангельский В. И. Системы реверсивных электроприводов / В. И. Архангельский. – Киев: Техніка, 1982. – 387 с.
3. Бойко В. И. Алгоритм определения начала торможения главного привода в текущем пропуске / В. И. Бойко, В. Т. Нельга. // Вісник Криворізького технічного університету. – 2010. – №25. – С. 214 – 216..

МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЕЛЕКТРОНИХ СИСТЕМАХ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Мещанінов С.К., Лі М.А., Волошин Р.В.

Дніпровський державний технічний університет

У сучасній промисловості все більшу роль відіграють інформаційні технології (ІТ) – електронні системи проектування, моделювання, системи управління виробничими потоками, системи контролю та обліку виробничих ресурсів, металургійне виробництво – не виняток. Проведене дослідження формування якісного процесу для виробництва сортопрокатної продукції сьогодні знаходить розвиток в розробці аналогічного рішення. Тому метою даної роботи є дослідження можливостей підвищення ефективності прокатного виробництва за рахунок використання сучасних інформаційних технологій

Сформулюємо задачу математичного опису процесів перетворення сигналу в інформаційно-керуючої системи для технологічного процесу прокатного виробництва. Припустимо, що деякий зовнішній вплив z і заданий відгук $\tilde{x} \in X$ процесу прокатки пов'язані певною залежністю. Надалі, будемо вважати, що елемент $\tilde{x} \in X$ відрізняється від вектор-функції x^g , заданої у вигляді експериментальної залежності, на величину δ_1 :

$$\|x^g - \tilde{x}\|_X \leq \delta_1, \quad (1)$$

де x^g є заданий відгук системи, $\delta_1 - \text{const}$, $\delta_1 > 0$.

Позначимо через Q_{δ_1} множину можливих рішень задачі ідентифікації моделі зовнішнього впливу при фіксованих операторах A, B :

$$Q_{\delta_1} = \{z : \|Az - B\tilde{x}\|_U \leq \delta_1 \|B\| = \delta_0\}. \quad (2)$$

Будь-яка функція z з множини Q_{δ_1} є гарною моделлю зовнішнього впливу, так як функція Az співпадає з $B\tilde{x}$ з точністю вимірювання. Множина Q_{δ_1} є необмеженою при будь-якому δ_1 , так як оператор A є цілком неперервним в переважній більшості випадків [1]. В якості моделі зовнішнього впливу можна приймати елемент $z_{\delta_1} \in Q_{\delta_1}$, для якого виконується рівність:

$$\Omega[z_{\delta_1}] = \inf_{z \in Q_{\delta_1} \cap Z_1} \Omega[z]. \quad (3)$$

При цьому немає підстав вважати, що функція z_{δ_1} буде близька до реального зовнішнього впливу z_T . Позначимо через $p \in R^n$ вектор параметрів математичного опису фізичного процесу. Позначимо через h_1 і d_1 величини максимального відхилення операторів A_p з K_A та операторів B_p з K_B , відповідно:

$$\sup_{p_\alpha, p_\beta \in D} \|A_{p_\alpha} - A_{p_\beta}\|_{Z \rightarrow U} \leq h_1, \quad \sup_{p_\gamma, p_\lambda \in D} \|B_{p_\gamma} - B_{p_\lambda}\|_{X \rightarrow U} \leq d_1. \quad (4)$$

Будь-яка функція з Q_{h_1, d_1, δ_1} викликає відгук математичної моделі, який збігається з відгуком реального об'єкту з похибкою, яка враховує похибку експериментальних вимірювань і похибка можливого відхилення параметрів вектора $p \in D$. Надалі будемо вважати, що величина $\|u_{\delta_1}\|_U$ перевищує величину ε , т.е. $\varepsilon < \|u_{\delta_1}\|_U$. В іншому випадку в множину $Q_{\varepsilon, p}$ при будь-якому операторі $A_p \in K_A$, для якого $A_p(0) = 0$, буде входити нульовий елемент простору Z . Цей випадок не становить практичного інтересу, так як відгук u_{δ_1} можна отримати з тривіальної моделлю зовнішнього впливу.

Тепер $\delta_1 < \|u_{\delta_1}\|_U < \varepsilon$ буде обов'язково входити нульовий елемент за умови, що $A_p(0) = 0$. Однак, в множину Q_{h_1, d_1, δ_1} нульовий елемент не входить. Інакше з нерівності $\|A_p(0) - u_{\delta_1}\|_U = \|u_{\delta_1}\|_U \leq \delta_1$ отримуємо протиріччя з нерівністю $\delta_1 < \|u_{\delta_1}\|_U$. При $\varepsilon < \|u_{\delta_1}\|_U$ нульовий елемент не входить ні в Q_{h_1, d_1, δ_1} , ні в $Q_{\varepsilon, p}$ для лінійних операторів $A_p \in K_A$, будемо вважати, що остання нерівність завжди виконується. Оскільки всі моделі $A_p \in K_A$ і $B_p \in K_B$ можна вважати еквівалентними, тоді становить інтерес розглянути задачу синтезу єдиної моделі зовнішнього впливу для всіх описів (моделей) з K_A і K_B [1]. Постановка задачі синтезу адекватного математичного опису в разі неточних операторів $A_p \in K_A$, $B_p \in K_B$ може знайти застосування при математичному моделюванні в випадках, коли адекватне математичний опис задовольняє деяким додатковим умовам, наприклад, умовою мінімізації витрат управління. Одним з можливих варіантів постановки такого завдання може бути завдання пошуку найбільш стійкого рішення. Розрахунки ряду практичних задач показали, що множина Q_{h_1, d_1, δ_1} є занадто широкою множиною, в яку потрапляє, як правило, тривіальна функція. Для усунення цього недоліку в роботі [1-2] запропонований метод спеціального оператора, який дозволяє підвищити точність наближеного рішення, що є, на нашу думку, одним з напрямків подальших досліджень з даного питання.

Проведені аналітичні дослідження дозволяють зробити висновок, що на сучасному етапі розвитку сортопрокатного виробництва необхідне створення сучасного програмного забезпечення, яке може враховувати усі фактори, які впливають на якість та ефективність виробничого процесу. Зроблено аналіз цих факторів, проаналізовано вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на продукцію, виділено найбільш значущі фактори.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мещанінов С. К. Модель побудови адекватного математичного опису процесу перетворення сигналу в електронній системі / С. К. Мещанінов. // Математичне моделювання. – 2018. – №1(38). – С. 180 – 186.

2. Меньшиков Ю. Л. Proc. of Problems of Decision making under Uncertainties / Ю. Л. Меньшиков, А. Г. Наконечный. // (PDMU-2003)”. Int. Conf., – 2003. – №8. – С. 80–82.

ПОКАЗНИК ЛЯПУНОВА ЯК ПОКАЗНИК ОЦІНКИ ЗНОСУ РІЗЦІВ

Мещанінов С.К., Макарчук С.І., Волошин Р.В.

Дніпровський державний технічний університет

На даний час спостерігається все більш широке застосування токарних верстатів з числовим програмним керуванням, яке ставить за мету розробки технічних рішень з автоматичного контролю стану технологічної системи, зокрема інструменту. При цьому основною вимогою є якомога більш висока достовірність отриманих результатів, що багато в чому визначається обраними методами аналізу інформації, що характеризує стан технологічної системи. Найбільш перспективними методами є синергетичні [1], найпоширенішими серед яких є методи нелінійної динаміки [1 - 3]. Сьогодні розроблено ряд величин, які використовуються для оцінки стану динамічної системи. Основними серед них є: розмірність аттрактору, ентропія, показники Ляпунова та Херста [2, 3]. Показник Ляпунова використовується в нелінійній динаміці для оцінки ступеня нестійкості процесу [1]. Для визначення значення показника Ляпунова, необхідно, в першу чергу, реконструювати фазову траєкторію еволюції системи [2 - 4]. Реконструкція проводилася на підставі теореми Такенса [2, 3], маючи часову залежність досліджуваного сигналу (x) фазову траєкторію (аттрактор) можна відновити як безліч векторів:

$$\overline{z(t)} = A_m(\overline{x(t)}) = \{x(t), \dots, x, \dots, (t + (m-1) \times \tau)\} \quad (1)$$

де τ - часова затримка;

m - топологічна розмірність фазового простору;

$x(t)$ - значення вектору вихідних даних.

При негативних значеннях показника процес є стійким, а при позитивних - нестійким. У нашому випадку для визначення показника Ляпунова застосовувався метод визначення показника Ляпунова по одновимірній реалізації [4]. Сенс даної методики полягає в наступному:

1. Вибирається стартова точка на фазовій траєкторії і знаходиться найближча до неї точка фазової траєкторії, після чого обчислюється відстань між ними.

2. У момент часу, відстань між точками стане рівною, і потім знаходимо точку, яка задовольняє двом умовам: відстань між нею і стартовою точкою мінімально і мінімально кутове відхилення (так як принципово може бути кілька точок відстані, до яких так само); t_1

$$\lambda = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \log_2 \left(\frac{L(t_i)}{L(t_{i-1})} \right) \quad (2)$$

3. Проводиться переміщення по аттрактору до того моменту, поки часовий ряд не закінчиться. Максимальний показник Ляпунова обчислюється за формулою:

де N – кількість точок в початковому часовому ряді.

Залежність старшого показника Ляпунова від ширини фаски зносу представлено на рисунку 1.

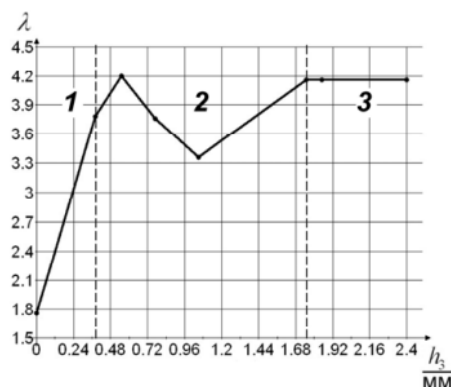


Рисунок. 1 – Залежність показника Ляпунова від ширини фаски зносу

Наступним кроком необхідно встановити зв'язок між показником Ляпунова і вихідними параметрами процесу механічної обробки. У даній роботі в якості вихідних параметрів була використана шорсткість обробленої поверхні. Залежність шорсткості поверхні від ширини фаски зносу представлена на рисунку 2:

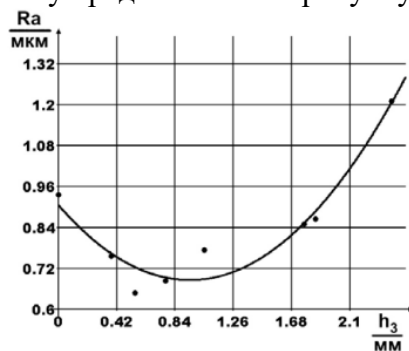


Рисунок 2 – Залежність середньоарифметичного відхилення профілю від ширини фаски зносу

На графіку, представленим на рис. 2, можна виділити три характерні області. У першій області спостерігається інтенсивне зростання значень показника Ляпунова. У другій області спостерігаються незначні флюктуації значень показника, а при досягненні певного порогу фаски зносу - зміни значень показника Ляпунова вкрай невеликі (порядку $10^{-5} \dots 10^{-6}$) - дана область відповідає періоду катастрофічного зносу. Як було встановлено в ході дослідження, залежність, представлена на рис. 1 спостерігалася при всіх проведених експериментах при чистовому точінні. Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що застосування старшого показника Ляпунова виправдано для відстеження патологічних змін стану технологічної обробної системи - тобто для за значенням показника Ляпунова можна судити про настанні чи не настанні катастрофічного зносу інструменту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хакен Г. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Г. Хакен – М.: Мир, 1985. – 419 с.
2. Кроновер Р.М. Фракталы и Хаос в динамических системах: Основы теории / Р.М. Кроновер. - Москва. Постмаркет. - 352 с.
3. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение в теорию и приложения. / Шустер Г. - Москва: Наука, 1998. - 53 с.
4. Лоскутов А.Ю. Динамический хаос / А.Ю. Лоскутов; А.С. Михайлов. - Москва: Наука, 2000. - 294 с.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБЧАТЫХ ОБРАЗЦОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ

Н.Н.Тормахов

Институт механики им. С.П. Тимошенко НАН Украины

Существуют разные методики обработки данных экспериментов с нагружением трубчатых образцов внутренним давлением, которые дают количественно и качественно отличающиеся оценки механических свойств одних и тех же материалов. Для получения достоверных данных о свойствах испытуемых материалов необходимо теоретическое обоснование этих методик.

Напряженное состояние трубчатых образцов под действием внутреннего давления неоднородное. В упругой стадии осевые напряжения σ_z по толщине образца постоянны, а окружные напряжения σ_θ и интенсивность напряжений на внутренней поверхности образца больше чем на наружной поверхности. За пределами упругой работы, в случае идеальной пластичности окружные и осевые напряжения на наружной поверхности превышают эти же напряжения на внутренней поверхности, а интенсивность напряжений будет одинакова по толщине образца. Распределение радиальных напряжений σ_r практически не зависит от того, находится материал в области упругой или пластической стадии: на внутренней поверхности образца радиальные напряжения равны внутреннему давлению ($-p$), а на наружной – нулю. На срединной поверхности образца радиальные напряжения в упругой стадии и в пластичности отличаются незначительно.

Можно видеть, что напряженное состояние, отнесенное к величине внутреннего давления на наружной и внутренней поверхностях образца при переходе от упругого состояния к пластическому изменяется, а на срединной поверхности стенки образца остается практически неизменным. Идентичность напряженного состояния образца на его срединной поверхности в упругом и пластическом состоянии позволяет определять свойства исследуемого материала по напряженно-деформированному состоянию слоя материала, находящегося на срединной поверхности.

В большинстве случаев экспериментаторы радиальными напряжениями пренебрегают, т.к. они на порядок меньше осевых и окружных. Однако чтобы точнее определять механические свойства материалов при сложном напряженном состоянии в опытах с нагружением трубчатых образцов внутренним давлением, радиальные напряжения на срединной поверхности образца следует учитывать. Учет радиальных напряжений не только повышает точность определения механических свойств материалов, но и уменьшает их разброс при разных видах напряженного состояния.

В силу идентичности напряженного состояния образца на его срединной поверхности в упругом и пластическом состоянии его лучше определять по соотношениям Ламе для упругого деформирования, которые для срединной поверхности имеют вид:

$$\sigma_z = p \frac{(D-2h)^2}{4h(D-h)}, \quad \sigma_\theta = p \frac{(D-2h)^2}{D^2 - (D-2h)^2} \left[1 + \frac{D^2}{(D-h)^2} \right], \quad \sigma_r = p \frac{(D-2h)^2}{D^2 - (D-2h)^2} \left[1 - \frac{D^2}{(D-h)^2} \right].$$

где D , h - наружный диаметр и толщина стенки трубчатого образца.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ВРАЩЕНИЯ НЕУРАВНОВЕШЕННЫХ РОТОРОВ НА ПОДВИЖНОЙ ОПОРЕ

Г.А.Ковура

Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара

Исследуется синхронизация вращения двух неуравновешенных роторов, установленных на подвижной в горизонтальном направлении упругой опоре, в случае, когда вращающий момент M приложен к одному ротору, а другой свободно подвешен.

Математическая модель задачи сводится к системе нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений относительно перемещения опоры X и углов φ_1, φ_2 вращения роторов (с соответствующими начальными условиями):

$$\frac{d^2 X}{d\tau^2} + \beta_0^* \frac{dX}{d\tau} + X + \mu_1 \left(\frac{d^2 \varphi_1}{d\tau^2} \cos \varphi_1 - \left(\frac{d\varphi_1}{d\tau} \right)^2 \sin \varphi_1 \right) + \mu_2 \left(\frac{d^2 \varphi_2}{d\tau^2} \cos \varphi_2 - \left(\frac{d\varphi_2}{d\tau} \right)^2 \sin \varphi_2 \right) = 0$$

$$\frac{d^2 \varphi_1}{d\tau^2} + \beta_1^* \frac{d\varphi_1}{d\tau} + \left(p^2 \sin \varphi_1 + \frac{d^2 X}{d\tau^2} \cos \varphi_1 \right) = 0$$

$$\frac{d^2 \varphi_2}{d\tau^2} + \beta_2^* \frac{d\varphi_2}{d\tau} + \left(p^2 \sin \varphi_2 + \frac{d^2 X}{d\tau^2} \cos \varphi_2 \right) = M^*$$

где

$$X = \frac{x}{r}, \tau = \omega_0 t, \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}}, \mu_j = \frac{m_j}{m}, \beta_j^* = \frac{\beta_j}{m_j r^2 \omega_0}, \beta_0^* = \frac{\beta_0}{m \omega_0}, \omega_p = \sqrt{\frac{g}{r}},$$

$$p = \frac{\omega_p}{\omega_0}, M^* = \frac{M}{m_1 r^2 \omega_0^2}, m = m_0 + m_1 + m_2$$

(m_0, m_1 и m_2 - массы опоры и двух роторов соответственно, β_0 и β_j - коэффициенты демпфирования в опоре и роторах; для простоты роторы рассматриваются как математические маятники длиной r).

Изучаются условия, при которых возникает стационарное синхронное вращение роторов (ССВР) (с колебаниями опоры той же частоты). Для таких режимов получена система трансцендентных уравнений, определяющая осреднённые характеристики этих режимов - амплитуду колебаний, синхронную частоту и разности фаз вращения роторов относительно колебаний опоры. Решение полученных уравнений показало, что при данных параметрах системы могут существовать несколько стационарных синхронных режимов (в рассмотренных примерах - до четырёх). Аналитическое решение с высокой точностью подтверждается в численном моделировании исходной системы уравнений.

Проведено численное исследование устойчивости ССВР-режимов. Показано, что устойчивые ССВР могут быть аттракторами, т.е. при различных начальных условиях, приводящих в общем случае к нестационарным и несинхронным движениям, в конечном счёте, как правило, устанавливаются стационарные синхронные режимы.

О РЕШЕНИИ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОРАДИАЦИОННОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ДЛЯ СЛОИСТЫХ ОБОЛОЧЕК ИЗ ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.Е. Бабешко, В.Г. Савченко

Институт механики им. С.П. Тимошенко НАН Украины

Предлагается метод численного исследования напряженно-деформированного состояния слоистых оболочек вращения в процессах осесимметричного термосилового нагружения и радиационного облучения. Рассматриваются оболочки вращения, моделирующие тонкостенные элементы конструкций атомной или ракетно-космической техники, которые в процессе эксплуатации или экстремальных ситуаций могут подвергаться радиационному облучению. Предполагается, что слои оболочек изготовлены из изотропных и трансверсально изотропных материалов, оси анизотропии которых совпадают с координатными осями. Известно, что действие нейтронных потоков на элементы конструкций может существенно изменить характеристики материалов и привести к их распуханию. Показано, что изменение упругих свойств изотропных материалов под действием радиационного облучения незначительно, тогда как изменение пределов текучести, упрочнения и прочностных свойств может быть существенным. Также известно, что в некоторых конструкционных анизотропных материалах наряду с распуханием происходит заметное изменение упругих и прочностных свойств. Поэтому при исследовании режимов работы таких конструкций для более точной оценки их работоспособности необходимо учитывать не только зависимость свойств материалов от температуры и истории нагружения, но и влияние радиационного облучения.

Разработанная методика базируется на использовании модифицированных уравнений терморadiационной пластичности, описывающих процессы деформирования изотропных материалов вдоль траекторий малой кривизны, и терморadiационной упругости, описывающих деформирование трансверсально изотропных материалов. Учитывается зависимость диаграмм растяжения изотропных материалов и объемной деформации от температуры и дозы радиации. Для трансверсально изотропных материалов учитывается зависимость упругих характеристик от температуры и дозы радиации и наряду с тепловым расширением учитывается радиационное распухание. Для удобства составления алгоритма и проведения расчетов определяющие уравнения записаны в единой форме для изотропных и трансверсально изотропных материалов, а коэффициенты уравнений определяются в зависимости от материала.

Задача о напряженно-деформированном состоянии слоистой оболочки решается в квазистатической постановке в рамках малых деформаций с использованием гипотез Кирхгофа – Лява. Процесс нагружения разбивается на ряд малых этапов. На произвольном этапе в процессе последовательных приближений находится решение краевой задачи для системы шести дифференциальных уравнений, в которой компоненты расширенной матрицы определяются с использованием результатов, полученных в предыдущем приближении и на предыдущем этапе.

С использованием разработанной методики выполнен ряд расчетов напряженно-деформированного состояния конкретных оболочек, находящихся в процессах неизотермического силового нагружения и радиационного облучения. Расчеты показали, что учет действия радиационного облучения в некоторых случаях привел к значительному изменению напряженно-деформированного состояния оболочки и существенно повлиял на историю нагружения.

ПРО ВПЛИВ СКІНЧЕННИХ ПОЧАТКОВИХ ДЕФОРМАЦІЇ НА ПОВЕРХНЕВУ НЕСТІЙКІСТЬ ГІДРОПРУЖНОЇ СИСТЕМИ: ШАР В'ЯЗКОЇ СТИСЛИВОЇ РІДИНИ НА ПРУЖНОМУ ПІВПРОСТОРІ

О.М. Багно, Г.І. Щурук

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, Київ

У даній роботі для проведення дослідження впливу великих (скінченних) початкових деформацій на виникнення поверхневої нестійкості в гідропружній системі в якості підходу обрані постановка задачі та метод, засновані на застосуванні представлень загальних рішень лінеаризованих рівнянь руху високоеластичного нестисливого пружного півпростору і шару в'язкої стисливої рідини, запропоновані в роботах [1 – 3]. В рамках лінеаризованої теорії поширення хвиль [1 – 3] розв'язувалися три задачі Штурма – Ліувілля на власні значення для рівнянь руху пружного тіла і рідини, а також визначалися відповідні власні функції. Після підстановки рішень в граничні умови даної задачі і виконання ряду перетворень було отримано дисперсійне рівняння, яке описує хвильовий процес в гідропружній системі у широкому діапазоні частот. У подальшому одержане рівняння розв'язувалося чисельно.

Аналіз отриманих числових результатів показав, що для чисто пружного півпростору при стисненні $\lambda_1 \approx 0,54$ (більш точне значення $\lambda_1 \approx 0,543688$), тобто при зменшенні довжини високоеластичного нестисливого тіла на 46 відсотків величина фазової швидкості хвилі Релея приймає значення рівне нулю. Це свідчить про те, що в умовах плоского напружено-деформованого початкового стану для високоеластичного нестисливого неогуківого тіла при стисненні $\lambda_1 \approx 0,54$ виникає явище поверхневої нестійкості. Відзначимо, що це значення збігається з величиною, раніше отриманою в теорії стійкості [1] і відповідає значенню параметра критичного укорочення $\lambda_{кр}$. У випадку гідропружного хвилеводу фазова швидкість поверхневої хвилі Стоунлі приймає нульове значення при $\lambda_1 \approx 0,543695$. Це свідчить про те, що в умовах плоского напружено-деформованого початкового стану поверхня пружного півпростору гідропружної системи, що контактує з шаром рідини, при стисненні $\tilde{\lambda}_{кр} = \lambda_1 \approx 0,543695$ втрачає поверхневу стійкість. Ці відмінності між $\tilde{\lambda}_{кр}$ і $\lambda_{кр}$ свідчать про те, що наявність шару в'язкої стисливої рідини призводить до зниження порога поверхневої нестійкості гідропружного хвилеводу і виникнення її раніше ($\tilde{\lambda}_{кр} > \lambda_{кр}$) при меншому стисненні ($\tilde{\lambda}_{кр} = \lambda_1 \approx 0,543695 > \lambda_{кр} = \lambda_1 \approx 0,543688$).

Таким чином, розвинена лінеаризована теорія хвиль стосовно високоеластичних нестисливих тіл дозволяє досліджувати хвильові процеси не тільки в загальному і ряді окремих випадків, але також можливість і умови виникнення явища поверхневої нестійкості як в пружному півпросторі, так і в гідропружній системі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гузь А. Упругие волны в телах с начальными (остаточными) напряжениями: в двух частях. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016.
2. Гузь А.Н. Введение в динамику сжимаемой вязкой жидкости. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017. 244 с.
3. Guz A.N. Dynamics of compressible viscous fluid. Cambridge: Cambridge Scientific Publishers, 2009. 428 p.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ВОКРУГ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ В НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОЙ ОРТОТРОПНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ

Е.А. Сторожук, В.А. Максимюк, И.С. Чернышенко
Институт механики им. С.П.Тимошенко НАН Украины

Тонкие цилиндрические оболочки, как несущие элементы современных конструкций, находят широкое применение в авиа- и судостроении, ракетостроении, химическом и нефтяном машиностроении. В большинстве случаев эти элементы по конструктивным или технологическим соображениям имеют отверстия различной формы.

Рассмотрим тонкую цилиндрическую оболочку радиуса R и толщины h , которая изготовлена из ортотропного композитного материала (КМ) и ослаблена двумя или большим количеством прямоугольных отверстий. Отнесем оболочку к ортогональной системе координат (x, y, γ) , где x, y, γ – длины образующей, направляющей и нормали к срединной поверхности оболочки. Геометрические соотношения представим в векторной форме согласно теории непологих оболочек, в которой имеют место гипотезы Кирхгофа–Лява [1].

Предполагая, что нагружение простое, воспользуемся нелинейными физическими соотношениями деформационной теории пластичности анизотропных сред [2].

Систему разрешающих уравнений получим из принципа возможных перемещений с использованием метода дополнительных напряжений и метода конечных элементов.

В качестве числового примера исследовано нелинейно-упругое состояние ортотропной цилиндрической оболочки радиуса $R/h=100$, ослабленной двумя одинаковыми квадратными отверстиями со стороной $a/h=20$. Длина оболочки составляет $L/h=200$, а расстояние между контурами отверстий (длина перемычки) при выполнении расчетов изменялось в пределах: $10 \leq d/h \leq 80$. Оболочка изготовлена из слоистого органопластика, в котором в качестве армирующего наполнителя используют жгут СВМ и связующего – эпоксидную смолу ЭДТ-10.

Построена зависимость максимальных осевых напряжений $\tilde{\sigma}_{\max}$ от приведенной длины перемычки $\tilde{d} = d/a$ при действии на торцах оболочки растягивающих усилий интенсивности $\tilde{P} = 1400$ ($P/h = \tilde{P} \cdot 10^5$ Па).

Из полученных результатов следует, что наибольшие напряжения в оболочке имеют место в угловой точке на внешней поверхности. С уменьшением длины перемычки наибольшие напряжения увеличиваются в 2,8 раза как для линейно-упругой, так и нелинейной задач. Учет физической нелинейности приводит к уменьшению максимальных напряжений по сравнению с результатами линейно-упругого решения, соответственно, на 19,2% для $\tilde{d} = 0,5$, на 5,5% для $\tilde{d} = 2,0$ и на 2,8% для $\tilde{d} = 4,0$.

Анализ представленных результатов также позволяет сделать вывод о том, что при исследовании напряженно-деформированного состояния композитных цилиндрических оболочек, ослабленных двумя квадратными отверстиями, с учетом нелинейных свойств материала для $\tilde{d} \geq 4$ взаимным влиянием отверстий можно пренебречь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новожилов В.В., Черных К.Ф., Михайловский Е.И. Линейная теория тонких оболочек. – Л.: Политехника, 1991. – 656 с.
2. Ломакин В.А. О теории пластичности анизотропных сред // Вестн. Моск. ун-та. Математика и механика. – 1964. – № 4. – С. 49 – 53.

**ДЕЯКІ ПІДХОДИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ГЕОМЕТРИЧНО НЕЛІНІЙНИХ ЗАДАЧ
ДЛЯ КОМПОЗИТНОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ НЕКРУГОВОГО
ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ**

Є.А. Сторожук

Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України

Некругові циліндричні оболонки з композитних матеріалів знаходять широке застосування в якості несучих елементів конструкцій сучасної техніки і споруд. При значних рівнях діючих навантажень у вказаних елементах конструкцій виникають великі (скінченні) прогини.

Розглянемо нескінченно довгу циліндричну оболонку некругового поперечного перерізу, яка виготовлена з композитного матеріалу і навантажена поверхневими та крайовими силами, рівномірно розподіленими вздовж твірної. Тоді переміщення, деформації і напруження в кожному поперечному перерізі оболонки будуть однаковими, а всі шукані величини будуть змінюватися тільки вздовж напрямної.

За вихідні співвідношення при дослідженні напружено-деформованого стану (НДС) даного класу оболонок приймемо рівняння уточненої теорії гнучких оболонок, побудованої з використанням гіпотези прямої нормалі (з врахуванням деформацій поперечного зсуву). Геометричні співвідношення запишемо згідно геометрично нелінійної теорії оболонок в квадратичному наближенні, а фізичні – на основі узагальненого закону Гука.

Автор розробив три підходи до розв'язання даної проблеми.

1. Аналітичний підхід. Для незамкненої пологої оболонки з шарнірно або жорстко закріпленими повздовжніми краями і кривиною поперечного перерізу, що змінюється за квадратичним законом, отримано точний розв'язок системи нелінійних визначальних рівнянь. Побудований розв'язок у параметричній формі описує нелінійну залежність переміщень, кута повороту і внутрішніх силових факторів від діючого навантаження (рівномірного тиску, згинальних моментів, поперечних сил) та дозволяє розглянути поведінку оболонки у всій області деформування – як докритичній, так і закритичній, і виконати аналіз НДС в залежності від геометричних і механічних параметрів, а також виду навантаження і крайових умов. Отриманий точний розв'язок також може бути еталонним для наближених і чисельних методів.

2. Аналітично-числовий підхід. Для замкненої циліндричної оболонки некругового поперечного перерізу розв'язання геометрично нелінійних задач зводиться до знаходження загальних розв'язків звичайних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами і обчислення ряду інтегралів. У більшості випадків некругових поперечних перерізів первісні підінтегральних функцій не виражаються через елементарні функції. Тому автор розробив методику розв'язання геометрично нелінійних задач статички для даного класу оболонок, яка базується на методі послідовних наближень, аналітичному і чисельному (за формулою трапецій) інтегруванні та забезпечує високу точність результатів.

3. *Числовий підхід.* Відомо, що при виконанні конкретних розрахунків для довгої циліндричної оболонки некругового (еліптичного, овального, тощо) перерізу з використанням традиційних варіантів варіаційно-різницевого методу (ВРМ) і методу скінченних елементів (МСЕ) спостерігається сповільнена збіжність результатів внаслідок так званого явища мембранного замикання. Тому для дослідження нелінійного деформування циліндричної оболонки довільного поперечного перерізу автор запропонував варіант МСЕ з обчисленням мембранної деформації за допомогою методу подвійної апроксимації, що значно покращує збіжність числових результатів.

SOLUTION OF THE BOUNDARY PROBLEMS OF THE THEORY OF PLASTICITY TAKING INTO ACCOUNT MICROSTRAINS UNDER COMPLEX THERMAL LOADING

K. Panin

Oles Honchar Dnipro National University

Thermal stresses often lead to the appearance and development of plastic deformations, which cause structural failure. In the case of thermal power loading, the processes of deformation of structures can become complicated. To describe them, it is necessary to use adequate mathematical models that would fully describe the features of the mechanical behaviour of the material. One of such models is the theory of plasticity, which takes into account microstrains (Novozhilov, Kadashevich, Chernyakov). In this theory no uniform plastic strains caused both by a granular structure of a polycrystal and nonuniform distribution of damages is taken into account in an approximate way by presenting the tensor of plastic strain as a sum of unit plastic strains each of which has a correspondent yield surface and a correspondent system of internal forces. The presented approach has been based upon an assumption that statistics of anisotropic crystals can be replaced by statistics of isotropic particles having various yield limits and random field of micro stresses and micro strains.

For thermal loading, an algorithm is developed for solving boundary value problems within the framework of this version of the theory of plasticity, taking into consideration the fact that the mathematical boundary-value problem is formulated as a nonlinear boundary value problem in spatial coordinates and a Cauchy problem in terms of the loading parameter. To solve the Cauchy problem, we used a step method that reduces the solution of the original problem to a sequence of solutions on time layers. At each time step, using an iterative method similar to the method of variable elastic parameters, the nonlinear boundary-value problem reduces to a sequence of quasilinear ones with defining relations, which are determined by the known velocity field at the previous iteration step. At each iterative step finite element method is used. To calculate the stiffness matrices of finite elements, effective algorithms are proposed that allow decreasing the number of multiple integrals to be calculated in the defining relations of the theory of plasticity, taking into account micro strains up to the dimensionality of the loading trajectory.

Using the proposed algorithm, a number of boundary problems of plane deformation and plane stress state under thermo-force loading were solved. The influence of the loading history on the components of the stress-strain state is investigated. It is shown that in some cases this effect can be significant. The obtained solutions are compared in the framework of the theory of plasticity, which takes into account microstrains, with the results obtained by the deformation theory and the theory of flow with isotropic hardening. It is shown that in the case of complex loading it is necessary to use differential-nonlinear variants of the theory of plasticity, since the simplest variants lead to incorrect results.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ СЛОИСТЫХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

В.И. Козлов¹, Л.П. Зинчук¹, Т.В. Карнаухова²

¹ *Институт механики им. С.П. Тимошенко НАНУ*

² *Национальный технический университет Украины «КПИ им. Игоря Сикорского»*

Широкое применение в различных отраслях современной техники тонкостенных слоистых оболочечных конструктивных элементов, содержащих пьезоэлектрические вязкоупругие слои, стимулировало исследования их поведения при статических и динамических нагрузках. Высокие прочностные и жесткостные характеристики ряда пьезоэлектрических материалов позволяют проектировать тонкостенные элементы с учетом их работы при значительных перемещениях. В связи с этим актуальной является разработка методов геометрически нелинейного анализа динамического поведения пьезоэлектрических неоднородных пластин и оболочек в окрестностях резонансных частот.

Данная работа посвящена разработке численно-аналитической методики исследования вынужденных геометрически нелинейных колебаний слоистых пьезоэлектрических оболочек вращения при механическом и электрическом нагружении. Рассматриваются тонкие слоистые оболочки, для моделирования механического поведения которых используются гипотезы Кирхгофа-Лява и нелинейная теория тонкостенных элементов Кармана, которые дополнены гипотезами относительно электрических величин, когда отличными от нуля считаются только нормальные составляющие векторов напряженности электрического поля и электрической индукции.

В основе предложенного подхода лежит использование метода конечных элементов в вариационной постановке с двенадцатиузловыми изопараметрическими четырехугольными элементами. Для аппроксимации перемещений и геометрии оболочки в пределах элемента используются кубические полиномы, а прогиб оболочки аппроксимируется бикубическими полиномами Эрмита. Для решения полученного матричного уравнения использован классический метод разложения неизвестных величин по гармоникам, которые находятся из решения обобщенной задачи на собственные значения и собственные функции для электроупругой задачи. Это позволяет свести матричное уравнение движения к обыкновенному дифференциальному уравнению второго порядка с нелинейными квадратичным и кубическим членами. Для решения последнего используется метод гармонической линеаризации.

Для проверки точности разработанной методики была рассмотрена задача о вынужденных колебаниях шарнирно опертой цилиндрической трехслойной панели отдельно при механическом и электрическом нагружении, для которой итоговое нелинейное дифференциальное уравнение можно получить, представляя решение исходной задачи в виде двойных тригонометрических рядов.

Представлены результаты численного моделирования для панели, состоящей из одинаковых внешних пьезоэлектрических слоев и внутреннего пассивного вязкоупругого слоя. Исследовано поведение прогиба в окрестности первого резонанса при различных коэффициентах демпфирования. Установлено, что максимальные значения прогиба с учетом нелинейности достигаются при частотах возбуждения больших, чем резонансная частота. Увеличение коэффициента демпфирования уменьшает влияние геометрической нелинейности.

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ПІДКРІПЛЮЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ З ПРЯМОКУТНИМ ОТВОРОМ

Е. Л. Гарт , Б. І. Терьохін

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Пластини і оболонки, як елементи тонкостінних конструкцій, знайшли широке застосування в різноманітних галузях техніки, енергетиці, будівництві та ін. За різних – конструктивних або технологічних міркувань, в них часто порушується суцільність різного роду отворами. В близькості від отворів виникають локальні (додаткові) напруження, які можуть у кілька разів перевершувати основні напруження в елементі, неослабленому концентратором.

При застосуванні навколо отворів включень, різних геометричних форм і механічних властивостей, з'являється можливість впливати на розподіл напружень в тілі, зокрема, на величину коефіцієнта концентрації напружень (ККН). Врахування такого роду суттєвої неоднорідності матеріалу, у свою чергу, призводить до підвищення складності математичної моделі задачі. Знаходження точного розв'язку отриманої крайової задачі в аналітичному вигляді можливо лише в деяких окремих випадках навантаження тіл та при окремих умовах їх закріплення [2]. Тому при дослідженні напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій з неоднорідностями (отворами, включеннями тощо) доцільно використовувати числові методи механіки, які, на відміну від аналітичних, є досить універсальними і ефективними для розв'язування вказаного класу задач [1, 3].

У цій роботі проведено скінченно-елементний аналіз НДС циліндричної оболонки з прямокутним отвором та чотирма видами підкріплюючих елементів (стрічкові, вертикальні прямокутні, кутові, видовжені прямокутні). У результаті отримано розподіл інтенсивностей напружень і деформацій в оболонці в зонах локальних концентраторів напружень. Підкріплюючі елементи отворів змодельовані включеннями (вставками) із матеріалу з іншими, ніж основний матеріал оболонки, механічними властивостями. Вважалося, що на границях включень задано умови жорсткого зчеплення.

У випадку використання включень меншої жорсткості, ніж матеріал оболонки, встановлено зменшення інтенсивності напружень в місцях їх концентрації (у середньому на 20-30%). В той же час, поблизу кутових точок отвору спостерігається збільшення інтенсивності деформацій.

У разі «м'яких» включень найменші напруження із розглянутих варіантів були отримані у випадку стрічкових включень. ККН в оболонці і відповідні значення інтенсивності деформацій для цього випадку наведено у табл. 1.

**Таблиця 1 – ККН та відповідні значення інтенсивності деформацій в оболонці
з квадратним отвором і стрічковим включенням меншої жорсткості,
ніж матеріал оболонки**

h_1	ККН	$\delta_1, \%$	$\varepsilon_i \cdot 10^4$	$\delta_2, \%$
$a/4$	4,61	-22,5	5,58	30,9
$a/5$	4,58	-23,0	5,12	20,2
$a/8$	4,35	-26,9	4,72	10,8

Тут h_1 – ширина включень, a – довжина сторони отвору, δ_1, δ_2 – відхилення ККН та інтенсивності деформацій відповідно в оболонці з одним отвором та включеннями у порівнянні з випадком оболонки з одним отвором без включень.

При використанні включень з більшою жорсткістю матеріалу, ніж основний матеріал оболонки, має місце деяке збільшення інтенсивності напружень у порівнянні з оболонкою без включень (рис. 1), проте зменшення деформацій (у середньому на 25-35%) .

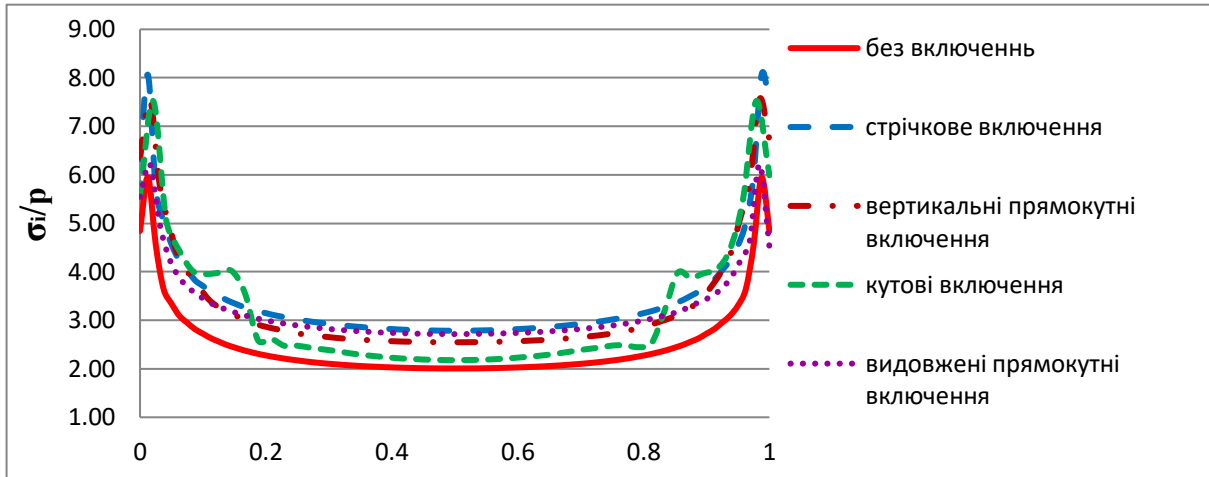


Рис. 1 – Розподіл відносної інтенсивності напружень σ_i/p вздовж вертикальної сторони отвору в оболонці з квадратним отвором

Для розглянутих видів «жорстких» включень найменші напруження були отримані у випадку видовжених прямокутних включень. ККН в оболонці і відповідні значення інтенсивності деформацій для цього випадку подано у табл. 2.

Таблиця 2 – ККН та відповідні значення інтенсивності деформацій в оболонці з квадратним отвором і оточуючими його по боках видовженими прямокутними включеннями більшої жорсткості, ніж матеріал оболонки

h_1	ККН	$\delta_1, \%$	$\varepsilon_i \cdot 10^4$	$\delta_2, \%$
$a/4$	6,57	10,4	2,79	-34,5
$a/5$	7,77	30,6	2,88	-32,4
$a/8$	7,33	23,2	3,08	-27,7

Таким чином, проведено числове дослідження впливу форми, розмірів та механічних властивостей включень на розподіл інтенсивностей напружень і деформацій в оболонці поблизу локального концентратора напружень. Встановлено, що за наявності включень з певними механічними властивостями виникає можливість керувати величиною ККН в оболонці поблизу локальних концентраторів напружень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гудрамович В. С. Гарт Е. Л., Марченко О. А. Про вплив форми підкріплень на напружено-деформований стан циліндричної оболонки з видовженими прямокутними отворами // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: зб. наук. праць. – Дніпро: Ліра, 2017. – Вип. 27. – С. 52–64.

2. Цилиндрические оболочки, ослабленные отверстиями / А. Н. Гузь, И. С. Чернышенко, Вал. Н. Чехов, Вик. Н. Чехов, К. И. Шнеренко. – К.: Наук. думка, 1974. – 272 с.

3. *Hudramovich V. S., Sirenko V. N., Klimenko D. V., Daniev Yu. F., Hart E. L.* Development of the Normative Framework Methodology for Justifying the Residual Resource of Starting Buildings' Constructions of Space Launch Vehicles // *Strength of Materials*. – 2019. – Vol. 51. – Issue 3. – P. 1–8.

ПОЛЗУЧЕСТЬ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.З.Галишин¹, С.Н.Склепус²

¹*Институт механики им. С.П.Тимошенко НАН Украины*

²*Институт проблем машиностроения им. А.Н.Подгорного НАН Украины*

В современной технике находят широкое применение элементы конструкций из функционально-градиентных материалов (ФГМ). ФГМ представляют собой новый класс композиционных материалов, которые получают в результате сплава металла и керамики. Состав и структура ФГМ изменяются по некоторому закону, что приводит к соответствующим изменениям свойств материала. В докладе рассмотрена задача определения напряженно-деформированного состояния полых осесимметрично нагруженных тел вращения, изготовленных из ФГМ, и работающих в условиях высокотемпературной ползучести. Разработаны методы решения начально-краевых задач ползучести в рамках пространственной и оболочечной постановок.

Решение краевой задачи в пространственной постановке сводится к вариационной задаче для функционала, записанного в форме Лагранжа. Вариационные задачи решаются методом Ритца в сочетании с методом R-функций. Решение начальной задачи ищется методом Рунге–Кутта–Мерсона с автоматическим выбором шага по времени.

Решение задачи в рамках теории оболочек осуществляется на основе гипотез прямолинейного элемента. При этом тело вращения сложной формы моделируется оболочкой переменной толщины. На произвольном временном слое решение краевой задачи сводится к численному интегрированию системы обыкновенных дифференциальных уравнений, которое осуществляется методом Рунге–Кутта с дискретной ортогонализацией по С.К.Годунову. Решение начальной задачи также ищется методом Рунге–Кутта–Мерсона.

В качестве примеров решены задачи ползучести для цилиндра и тела вращения со сложной формой меридианного сечения, выполненных из ФГМ на основе алюминия, армированного частицами SiC и нагруженных внутренним давлением. Содержание керамических SiC-частиц линейно изменяется вдоль радиальной координаты. Модуль Юнга ФГМ зависит от объемной части армирующего материала $V(r)$ и подчиняется линейному закону. Характеристики ползучести материала в законе Нортона зависят от $V(r)$ и изменяются вдоль радиальной координаты следующим образом:

$$A(r) = A_0 \left[\frac{V(r)}{V_0} \right]^\phi, \quad n(r) = n_0 \left[\frac{V(r)}{V_0} \right]^{-\phi}.$$

Расчеты были выполнены для материала с однородным распределением SiC-частиц, и двух ФГМ с меньшим и большим перепадом объемного содержания

армирующих частиц вдоль радиуса. Среднее значение объемного содержания армирующих SiC-частиц во всех трех случаях было одинаковым.

Установлено, что при заданных размерах, нагрузках и граничных условиях результаты решения задачи в пространственной и оболочечной постановках во всех случаях удовлетворительно согласуются между собой. Показано, что со временем происходит перераспределение напряжений. При этом характер распределения параметров НДС вдоль радиуса существенно зависит от функционально-градиентных свойств материала.

ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ШЕПЕРИ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ВЯЗКОУПРУГОСТИ

Сенченков И.К., Червинко О.П., Доля Е.В.

*Институт механики им. С.П.Тимошенко НАН Украины, Киев
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев*

Рассматривается осесимметричное напряженно-деформированное состояние стержнеподобного цилиндра $0 < z < l$, $0 < r < R$, $R \ll l$, состоящего из вязкоупругого изотропного материала. Связь между напряжениями и деформациями представляется линейным интегральным уравнением. На конце стержня $z = l$ прикладывается нагрузка по закону $\sigma_{zz} = -p_0 t / t_p$, $0 < t < t_p$; $\sigma_{zz} = -p_0$, $t \geq t_p$; $\sigma_{rz} = 0$.

Линейное вязкоупругое поведение материала стержня в рамках наследственной теории описывается с помощью модуля релаксации

$$E_{rel}(t) = E_\infty + \sum_{k=1}^n A_k \exp(-t / 2a_T \tau_k), \quad (1)$$

Задача решается МКЭ с помощью двух методик. Первая использует интегральные соотношения с использованием (1), а вторая основана на приближенном методе Шепери [1], в котором задача вязкоупругости с модулем релаксации (1) сводится к задаче термоупругости с т.н. определяющим модулем

$$E(t, T) = [s L_s E_{rel}(t)] = E_\infty + \sum_{k=1}^n \frac{s A_k}{s + 1 / 2a_T \tau_k}, \quad (2)$$

где $L_s(\cdot)$ – преобразование Лапласа с параметром $s = 1 / 2t$.

На рис. 1 дается сопоставление временных зависимостей напряжения σ_z в точке $x = 0$, рассчитанное в рамках точной (сплошная линия) и приближенной (метод Шепери, штриховая линия) теорий.

Видно, что удовлетворительное согласование по максимальным значениям σ_{zz} имеет место в первой падающей волне, что имеет важное практическое значение. Метод Шепери не удовлетворительно описывает затухания волн в дальнейшем волновом процессе, но является полезным для описания НДС в начальной стадии процесса

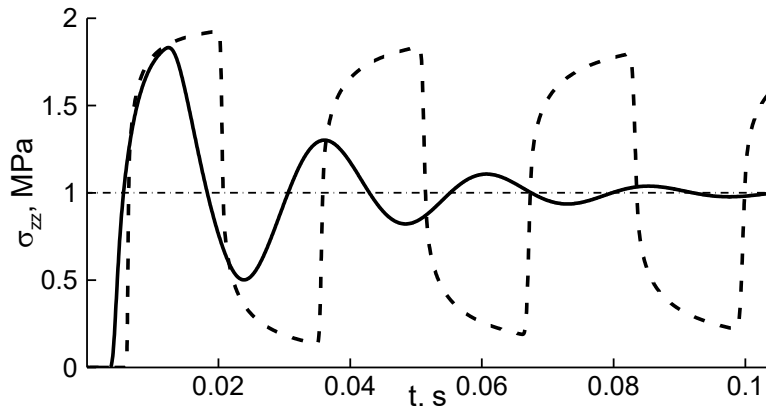


Рисунок 1

1. Shapery R.A. Approximate methods of transform inversion of viscoelastic stress analysis / Proc. U.S. Nath. Congr. Appl. Mech., 1962. – V. 2. – P. 1075-1085.

РАСЧЕТ ПРОГИБА ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ПЛАСТИН ПРИ ДВУХСЛОЙНОЙ НАПЛАВКЕ

Сенченков И.К., Червинко О.П., Якименко С.Н.

Институт механики им. С.П.Тимошенко НАН Украины, Киев, Украина

Кіровоградський національний техн. ун-т, Кіровоград, Україна

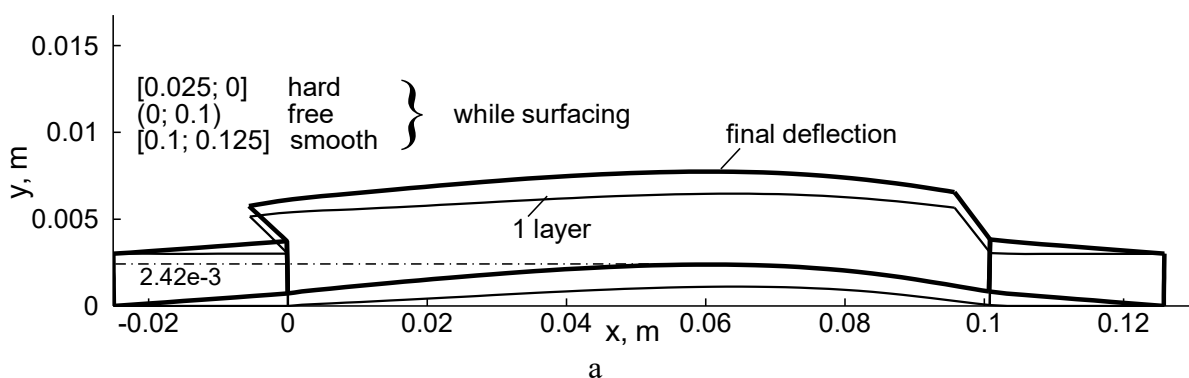
В системе координат $Oxuz$ рассматривается остаточный прогиб призматической пластины из стали Ст3 размерами $h = 0.0024\text{ м}$, $l = 0.0150\text{ м}$, $H = 0.3\text{ м}$, наплавляемой двумя слоями стали СВ-08А толщиной 0.0024 м .

Рассматривается схема одновременной (мгновенной) наплавки первого слоя, его остывания и одновременной наплавки второго слоя.

Задача решается МКЭ с использованием схемы шагового интегрирования по времени. Термомеханические свойства материала основного и наплавляемого металлов описываются в рамках модели Боднера-Партома. Модель процесса наплавки использует концепцию растущих тел [1].

На рис.1 показан остаточный прогиб пластины в сечении xOy после наплавки первого слоя (рис 1а) и второго слоя (рис.1б).

Представленные результаты показывают, что наплавление последующего слоя приводит к незначительному возрастанию прогиба, и позволяют оценить возможный прогиб при многослойной наплавке.



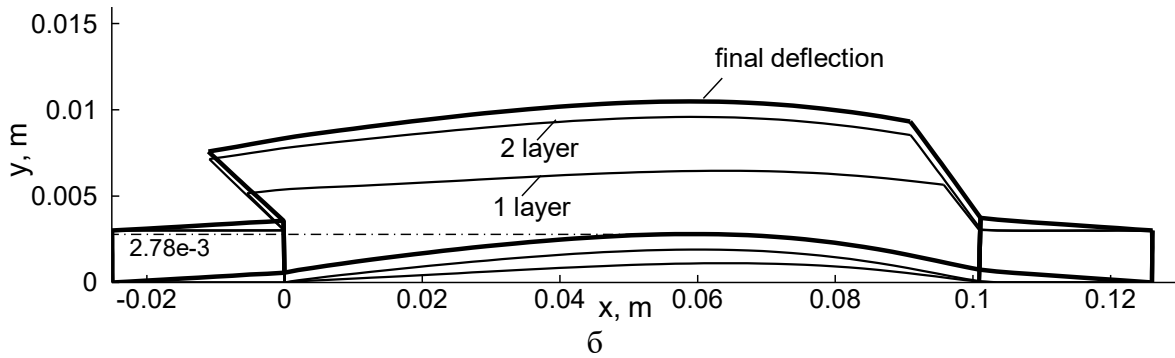


Рисунок 1 – Форма напавленої пластини

1. Сенченков И.К., Рябцев И.А., Турык Э.В. Наплавка. Материалы, технологии, математическое моделирование. Гливице: Изд-во Силезского политехн. ин-та 44-100, 2015. – 590с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПІДВОДНОЇ БУКСИРУВАНОЇ СИСТЕМИ

О.І. Безверхий¹, В.Ф. Корнієнко²

¹Національний транспортний університет

²Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України

Підводні буксирні системи належать до класу дистанційно-керованих підводних апаратів, управління якими провадиться з борту надводного судна. Вони оснащені спеціальним обладнанням, приладами та інструментами для наукових досліджень, виробничих робіт під водою, пошукових і аварійно-рятувальних операцій та поєднані з надводним судном за допомогою буксирного троса. В роботі побудовані дискретно-континуальні рівняння руху буксирних тросових систем з зосередженими масами під дією зовнішнього середовища з врахуванням нелінійно-пружних та в'язкопружних властивостей матеріалу при різних режимах буксирування (поворотах, розворотах, прискореннях).

Рух ділянки троса моделюється за допомогою радіус-вектора $\vec{R}_i(l_i, t) = \sum_{k=1}^3 R_{ki}(l_i, t) \vec{e}_k$, де $k = 1, 2, 3$; $R_{ki}(l_i, t)$ – функції, що виражають зв'язок довжин дуг осі троса і координат точок дискретизації P_i ; \vec{e}_k – одиничний радіус-вектор; l – довжина дуги осі троса до розтягу, що відліковується від точки P_0 , так що в точці P_i буде відповідно значення параметру l_i . Враховано те, що гнучкий елемент підводної буксирної системи працює тільки на розтяг, тобто при від'ємних значеннях відносного видовження величина сили натягу дорівнює нулеві. Для елементів тросових систем, матеріали яких мають нелінійно-пружні та в'язкопружні властивості, залежність між натягом і деформацією можна записати у вигляді $T = \left(C_E \varepsilon + C_{E_1} \varepsilon^2 + C_{E_2} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \right) H(\varepsilon)$, де T – сила натягу, C_E, C_{E_1}, C_{E_2} – пружні постійні для лінійно, нелінійно-пружних та в'язкопружних матеріалів, ε – відносне видовження, функція Хевісайда $H(\varepsilon) = 1$ при $\varepsilon > 0$, $H(\varepsilon) = 0$ при $\varepsilon \leq 0$. При $C_{E_1} = 0$ і $C_{E_2} = 0$ маємо лінійну залежність між напруженнями і деформацією. Деформації

визначаються через диференціал дуги розтягнутого троса $\varepsilon = |\vec{r}| - 1$. Рівняння руху дискретно-континуальної системи записані з використанням підходу Лагранжа $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i$, $i = \overline{1, 3(N+1)}$. Функція $L = K - \Pi$ – кінетичний потенціал системи,

який в даному випадку має вид $L = K + \sum_{m=1}^{N_1} K_{Tm} - \Pi_E$. Радіус-вектори $\vec{R}_i(l_i, t)$ моделюються за допомогою параметричних локальних сплайнів. Чисельний розв'язок системи рівнянь одержаний методом Гіра.

В результаті моделювання одержані амплітудно-частотні та силові характеристики вимушених просторових переміщень елементів підводної буксированої системи з в'язкопружних та нелінійно-пружних матеріалів і проведені їх порівняння для елементів з пружними властивостями. Досліджено коливання просторових гнучких буксированих тросових систем під дією хвиль з врахуванням розслаблення при різних вимушених режимах буксування (поворотах, розворотах, прискореннях).

КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ ПОЛОСЫ, УСИЛЕННОЙ БЕСКОНЕЧНО НЕОДНОРОДНОЙ УПРУГОЙ НАКЛАДКОЙ (СТРИНГЕРОМ)

С.Ю. Бабич¹, Е.Н. Борисов², Ю.В. Шушарин²

¹*Институт механики им. С.П. Тимошенко НАН Украины*

²*Киевский национальный экономический университет*

Исследование вопросов контактного взаимодействия предварительно напряженных тел важно как с точки зрения развития фундаментальных разработок по механике твердого деформируемого тела, так и с точки зрения приложения к различным отраслям современной техники. Актуальность таких исследований не вызывает сомнений, так как начальные (остаточные) напряжения практически присутствуют во всех элементах конструкций. В данной работе рассматривается плоская контактная задача о передаче нагрузки от бесконечно неоднородной накладке (стрингера) к заземленной одной гранью упругой полосе с начальными (остаточными) напряжениями. Исследования проведены в рамках линеаризованной теории упругости в общем виде для больших (конечных) и нескольких вариантов теории малых начальных деформаций при произвольной структуре упругого потенциала.

Предполагается, что упругая полоса с начальными напряжениями толщины t заземлена гранью $y = -t$, а на другой своей грани усилена неоднородным бесконечным упругим стрингером малой толщины h . Рассматриваемая, усиленная таким образом бесконечная упругая полоса с начальными напряжениями, подвергается воздействию вертикальных и горизонтальных сил интенсивностей $p_0(y_1)$ и $q_0(y_1)$, соответственно. Считаем, что поперечное сечение стрингера прямоугольное, ширина которого равна единице и предполагаем, что стрингер в вертикальном направлении изгибается как обычная балка.

Пусть материал стрингера обладает слабой неоднородностью, изменяющейся по закону

$$E_1(y_1) = E[1 + \delta \cdot f(y_1)], \quad -\infty < y_1 < +\infty,$$

где $f(y_1)$ – некоторая известная функция, δ – малый параметр. Решение указанной задачи сведено относительно нормальных и тангенциальных контактных напряжений к разрешающей системе рекуррентных интегро-дифференциальных уравнений, решение для которых построено по степеням малого параметра. Нулевое приближение решения неоднородной задачи строится при помощи интегрального преобразования Фурье. В конечном итоге контактные напряжения представлены в виде интегралов Фурье. В случае несжимаемых тел (потенциал Трелоара) исследовано влияние начальных напряжений в полосе на закон распределения контактных напряжений по линии контакта с бесконечным неоднородным стрингером. На основании численных расчетов можно сделать ряд обобщающих выводов, относящихся к влиянию начальных напряжений на закон распределения контактных усилий под бесконечным стрингером, взаимодействующим с предварительно напряженной полосой.

Таким образом, можем сделать следующие выводы:

1. В общем случае при равных и неравных корнях определяющего уравнения [1] для рассмотренного в рамках линеаризованной теории класса задач сформулирован общий метод их решения, дающий возможность получить решение поставленных задач, если известно решение аналогичных линейных (без начальных напряжений) задач [2].

2. В общем случае равных корней определяющего уравнения для тел с упругими потенциалами произвольной формы напряжения и перемещения на концах упругих накладок имеют особенность, которая полностью совпадает с особенностью в аналогичных задачах классической линейной теории упругости (без начальных напряжений). При неравных корнях для тел с упругими потенциалами произвольной формы не удастся доказать совпадение порядков указанных особенностей.

3. Контактные напряжения на линии контакта с упругой накладкой зависят от начальных напряжений. Более значительное влияние количественного характера начальные напряжения оказывают в высокоэластичных материалах по сравнению с более жесткими материалами. Качественное влияние имеет идентичный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гузь А.Н., Бабич С.Ю., Глухов Ю.П. Смешанные задачи для упругого основания с начальными напряжениями. Германия, 2015. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. 468 с.
2. Саркисян В.С. Контактные задачи для полуплоскостей и полос с упругими накладками. Ереван, 1983. Ереванский университет. 260 с.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН НА БАЗЕ УТОЧНЕННОЙ ТЕОРИИ

И.П. Боков, Н.С. Бондаренко, Е.А. Стрельникова

Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАНУ, г. Харьков

На сегодняшний день большинство натуральных и искусственных материалов не удовлетворяют требованиям, которые предъявляются в промышленности и других сферах деятельности. Благодаря использованию различных видов композитных материалов с особыми свойствами открываются возможности для реализации новых инженерных решений. Для описания процесса деформирования тонкостенных элементов конструкций из таких материалов целесообразным является использование уточнённых теорий пластин и оболочек. Теория $\{m,n\}$ -аппроксимации, основанная на методе И.Н. Векуа разложения искомым функций в ряды Фурье по полиномам Лежандра [1], позволяет учесть сдвиговую податливость, характерную для большинства композитных материалов.

Запишем систему функций $u_j(\vec{x})$ ($j = \overline{1, N}$), где $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$. Для ($i, j = \overline{1, N}$) задаётся система дифференциальных операторов L_{ij} с постоянными коэффициентами. Функции $u_j^{0k}(\vec{x})$ называются фундаментальным решением рассматриваемой системы, если они удовлетворяют уравнениям [2]

$$\sum_{j=1}^N L_{ij} u_j^{0k}(\vec{x}) = \delta_i^k \delta(\vec{x}) \quad (i = \overline{1, N}),$$

где δ_i^k – символ Кронекера, $\delta(\vec{x})$ – многомерная δ -функция Дирака.

Фундаментальные решения играют определяющую роль для решения различных граничных задач механики тонкостенных элементов конструкций, в том числе и находящихся под действием сосредоточенных и локальных силовых воздействий [2].

С использованием метода фундаментальных решений и уточненной теории $\{m,n\}$ -аппроксимации разработана методика исследования напряженно-деформированного состояния трансверсально-изотропных пластин при сосредоточенных и локальных силовых воздействиях.

При силовых воздействиях высокой интенсивности напряжения τ_{xz} , τ_{yz} , σ_z могут достичь достаточно больших значений. Поэтому расчет анизотропных тонкостенных элементов конструкций необходимо проводить по уточненным теориям, позволяющим оценить эффекты, связанные с поперечными сдвигами и обжатием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пелех Б.Л. Слоистые анизотропные пластины и оболочки с концентраторами напряжений / Б.Л. Пелех, В.А. Лазько. – К.: Наук. думка, 1982. – 296 с.
2. Шевченко В.П. Методы фундаментальных решений в теории ортотропных оболочек // Концентрация напряжений / Под ред. А.Н. Гузя, А.С. Космодамианского, В.П. Шевченко – К.: А.С.К., 1998. – 387 с. (Механика композитов: В 12 т. Т. 7). – С. 159-196.

МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ



“МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ – 2019”

КОМП’ЮТЕРНА МЕХАНІКА І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ, МЕТАЛУРГІЇ ТА БУДІВНИЦТВІ. ГЕОТЕХНІЧНА МЕХАНІКА.

К ВОПРОСУ О СТРУКТУРЕ ПОГРЕШНОСТИ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Ю. В. Бразалук, А. И. Губин, Д. В. Евдокимов, Ю. А. Малая

*Университет таможенного дела и финансов
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара*

Технологии численного моделирования играют ключевую роль в современной науке и технике, обеспечивая практически полностью все процедуры количественного анализа, необходимые не только в научных исследованиях или при разработке новой техники и технологий, но и в процессе функционирования техники и при промышленной реализации производственных технологий. Основными требованиями, предъявленными к алгоритмам, расчетным схемам и программным продуктам, используемым в численном моделировании, является высокая точность расчета. Точность расчета обеспечивается одновременным достижением следующих качественных показателей:

- высокая точность математической модели рассматриваемого процесса или явления;
- высокая точность применяемой расчетной схемы;
- высоким качеством используемого программного обеспечения.

Что касается математических моделей процессов, то их формулировка и совершенствование являются прерогативой предметных областей и не могут быть отнесены к сфере изучения в численном анализе. За последние десятилетия накопилось весьма значительное число теоретических исследований свойств алгоритмов и расчетных схем, но опыт практического использования этих результатов нередко заставляет сомневаться в полезности таких работ. Вероятно, наиболее простым и убедительным (но, к сожалению, не доказательным) подходом к определению погрешности численного расчета является тестирование расчетной схемы и программного обеспечения на задачах, имеющих известное и достаточно простое (в

квadrатурах) аналитическое решение. Опыт тестирования различных программных продуктов на близких задачах показывает, что, хотя относительная ошибка расчета и изменяется от задачи к задаче (в той же области решения и на той же сетке), но изменение это не радикально, то есть, ошибки для разных задач не могут разниться, например, на порядок. Погрешность численного решения зависит от рассматриваемой задачи, формы области, расчетной сетки и, конечно, набора алгоритмов, включенных в расчетную схему. Погрешность численного расчета генерируется как сумма погрешностей, индуцируемых процедурами аппроксимации, интерполяции, и накопленной погрешности от весьма многочисленных арифметических операций. Понятно, что выделить индивидуальный вклад отдельного источника погрешности в суммарную погрешность расчета представляется затруднительным, хотя зачастую эта процедура была бы весьма полезной.

Любой из выше названных источников погрешности расчета можно трактовать как возмущение, внесенное в расчетную схему. Если к «естественным» возмущениям, определяемым расчетной схемой, добавить возмущения искусственные, то по анализу изменений общей погрешности решения можно составить качественное представление о влиянии данной формы генерации погрешности на суммарную ошибку решения задачи. Каждая форма возмущений имеет два пороговых значения: порог чувствительности, то есть, при внесении возмущений ниже этого порога суммарная погрешность задачи не меняется, и порог достоверности – величина возмущения, начиная с которой возмущение общего решения отображается правильно, хотя, возможно, с большой ошибкой. С другой стороны, вносимые искусственно возмущения могут служить моделями дополнительных «технологических» возмущений, которые не связаны с алгоритмом, а возникают на различных этапах решения вследствие несовершенства данных. Следует всячески избегать дополнительных технологических возмущений между пороговыми значениями чувствительности и достоверности, поскольку они генерируют неконтролируемую погрешность. За порогом достоверности можно говорить о точности численного решения, различая три уравнения точности:

1. приемлемая точность;
2. хорошая точность;
3. высокая точность.

Следует отметить, что такая градация, во многом, субъективна, но весьма полезна. Например, оценочные, грубые расчеты целесообразно проводить с приемлемой точностью, а проектирование новой высокотехнологичной техники почти всегда требует высокой точности численного решения.

В целом, вопрос о точности численного решения, особенно для сложных задач, требующих значительных затрат компьютерного времени и других ресурсов вычислительной техники, нельзя рассматривать в отрыве от вопроса «стоимости расчета». В последние годы все чаще речь идет об эффективности расчетных схем, то есть, способности расчетной схемы обеспечить требуемую точность при минимальных или приемлемых затратах ресурсов вычислительной техники. Однако здесь возникает трудность иного рода: погрешность численного решения при тестировании на задачах с известными аналитическими решениями является вполне определенной и относительно легко вычисляемой величиной, время расчета и количественные показатели иных используемых ресурсов вычислительной техники также несложно измеряются или определяются, но сами количественные показатели эффективности, которые надлежит определять по величине погрешности и расходу ресурсов компьютера, являются совершенно субъективными. В данном случае, до сих пор не сложилась сколько-нибудь устоявшаяся точка зрения на критерий эффективности расчета. Понятно только, что программа, обеспечивающая меньшую погрешность при меньших затратах машинного

времени и других ресурсов компьютера, должна считаться более эффективной, чем программа, дающая большую ошибку и требующая больших ресурсов, но как быть в большинстве случаев, когда большая точность требует больших ресурсов, остается неясным. Были предложены различные формулы для определения количественного критерия эффективности численного расчета, однако ни одной из них не удалось обосновано отдать предпочтение. Таким образом, вопрос об определении количественного критерия эффективности программного обеспечения продолжает оставаться открытым уже в течение достаточно продолжительного времени.

Тестирование на аналитических решениях позволяет провести сравнение не только в рамках одной расчетной схемы, но и отдельных алгоритмов, относящихся к различным методам, например, к методу конечных элементов и методу конечных разностей.

При использовании метода искусственных возмущений естественно поставить вопрос об управлении точностью численного решения, что представляется естественной тематикой дальнейших исследований.

Приведенные выше теоретические положения были проиллюстрированы примерами решения линейных краевых задач эллиптического типа методами граничных элементов и конечных разностей.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ШВИДКІСТЮ СЕКЦІЙ РОЛЬГАНГУ ОХОЛОДЖЕННЯ ДРОТЯНОЇ ЛІНІЇ СОРТОПРОКАТНОГО СТАНУ

Багрій В.В., Пономарь М.Ю.

Дніпровський державний технічний університет

Металургійна промисловість об'єднує підприємства, які послідовно здійснюють видобування, збагачення, металургійну переробку руд чорних і кольорових металів та нерудної сировини, виробництво чавуну, сталі, кольорових і дорогоцінних металів, сплавів, прокатне виробництво. Основними споживачами продукції металургійної промисловості є машинобудування, будівництво, транспорт

Найпопулярнішим прокатом є дріт з діаметрами від 5.5 до 8 мм. В виробництві цього прокату не маловажну роль відіграє правильне складання продукції в бунти. Одразу після завдання необхідної форми дроту (кільце) його необхідно охолодити до початку операції збирання у бунт.

В роботі розглянуто систему управління швидкістю секції рольгангу охолодження дротяної лінії сортопрокатного стану на базі контролерів SIMATIC «Siemens» S7-400. Після утворювача витку дріт рухається по рольгангу охолодження до шахти витко-збірника. Ці рольганги розбиті на 17 секцій і кожна може керуватися оператором з комп'ютера. Оскільки існує велика кількість сплавів то кожний прокат має свої особливості в охолодженні і оператор має можливість зменшити швидкість деяких секцій для охолодження дроту. Спостереження за ходом технологічного процесу і керування ним відбувається з робочої станції оператора OWS. Швидкість кожної секції рольгангу розраховується по формулі:

$$\text{Calculatedspeed [section]} = \text{OWS_Base Speed} * \text{OWS_Overspeed [section]}$$

де; OWS_Base_Speed – базова швидкість, задається оператором через ows.
OWS_Overspeed - прискорення, задається оператором через ows.

Для забезпечення інтервалу між бунтами використовується загальне прискорення конвеєру та прискорення останніх 3-х секцій (рисунок1). Загальне прискорення виконується коли з витко-утворювача виходить кінець дроту, а прискорення останніх 3-х секцій виконується коли хвіст дроту уходить з датчика на секцію 15.

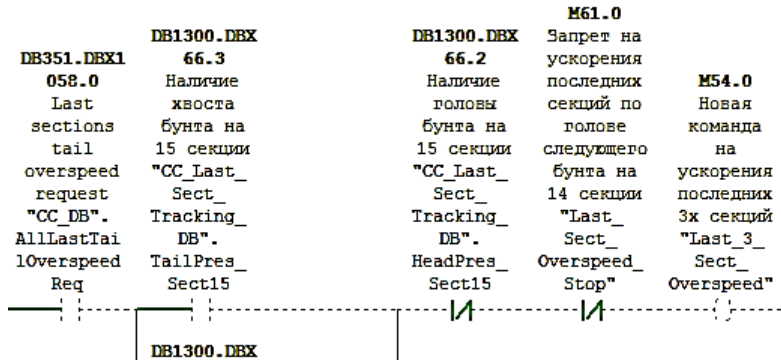


Рисунок 1- Фрагмент програми SimaticStep 7

На основі математичної моделі охолодження прокату розроблено комп'ютерну систему управління швидкістю секції рольгангу охолодження дротяної лінії.

ЛІТЕРАТУРА

1. SIMATIC. Simatic S7/M7/C7. Programmable Controllers. SIEMENS. // SIEMENS Catalog ST 70. – 1993. – №12. – С. 140.
2. Петров И. В. Програмируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. 1. Петров. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПОДАЧІ ПРУТКА СТАНУ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЇ ПРОКАТКИ

Багрій В.В., Устименко В.О., Усенко В.Г.

Дніпровський державний технічний університет

Поперечно-клинова прокатка належить до прогресивних енергозберігаючих та ресурсозберігаючих технологій де технологічні процеси засновані на різанні металу замінюються економічними процесами пластичного формоутворення деталей, що дозволяє отримати коефіцієнт використання металу 0,8-0,98 [1, 2]. Технологічний процес поперечно-клинкової прокатки застосовується для виготовлення деталей типу ступінчастих валів, де з високою точністю утворюються конічні, сферичні і інші складні поверхні.

Розроблений агрегатно-модульний комплекс ПКП об'єднує усі операції технологічного процесу в єдиний керований ланцюжок. Ефективність і конкурентоспроможність такої технології в порівнянні з обробкою різанням залежить від підвищення коефіцієнту використання металу та продуктивності. Встановити взаємозалежність між перерахованими критеріями в аналітичній формі украй складно,

тому шляхом їх формального об'єднання на основі формування функції корисності пропонується складений узагальнений мультиплікативний критерій:

$$J = V \cdot K = \frac{L - L_{emp} \pm L_{под}}{t_{обр} \cdot l_{дет}} \cdot \frac{L - L_{emp} \pm L_{под}}{L}$$

де: V - відносна швидкість виходу придатного прокату з початкового матеріалу; K - коефіцієнт використання матеріалу; L - довжина дроту в бунті, м; $L_{втр}$ - сумарні втрати матеріалу, м; $l_{дет}$ - довжина прокатоної деталі, м; $L_{под}$ - сумарне подовження прутка, внаслідок пластичної деформації, $t_{обр}$ - сумарні витрати часу на обробку, с.

Сумарні втрати матеріалу в процесі прокатки можна оцінити вираженням:

$$L_{emp} = \sum_{i=1}^n \Delta l_i + \sum_{j=1}^N \Delta l_{обрj} + \sum l_{бр}$$

де: Δl_i - довжина відрізного відходу при прокатці i -тої деталі ($i=1..n$), n - кількість прокатаних деталей; $\Delta l_{обрj}$ - довжина обрізи на кожному j -тому мірному прутку ($j=1..N$), N - кількість мірних прутків в бунті дроту; $\sum l_{бр}$ сумарний брак допуску на розміри готових деталей.

Експериментально встановлено, що величина помилки подачі залежить від величини кінетичної енергії, яку має пруток в кінцевій точці позиціонування. У момент зупинки динамічне зусилля, прикладене до прутка, перевищує силу зчеплення його з цангою і спостерігається прослизання прутка відносно цанги. Надлишок довжини подачі на кожній деталі віддаляється ножами валкового інструменту, як відрізний відхід Δl_i і найбільш суттєво впливає на втрати матеріалу.

Проведено математичне моделювання роботи механізму подачі прутка на базі пневматичного приводу для вирішення задачі відтворення заданого закону руху направлено на зменшення швидкості в кінцевій точці позиціонування за заданий на подачу проміжок часу. На підставі отриманих результатів розроблено систему керування подачею прутка з використанням нечіткого регулятора вибору сили гальмування для різної номенклатури виготовлених деталей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щукин В.Я. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки в машиностроении // В.Я.Щукин, Э.А. ЛущикБел. НИИТИ.- Мн., 1980.
2. Багрій В. В. Критерій ефективності автоматичних комплексів поперечно-профільної прокатки. // В. В. Багрій, С. К. Мещанінов // Збірник наукових праць ДДТУ (технічні науки). – 2014. – №2(25). – С. 48–52.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРОФІЛІВ РІЗЬБЛЕННЯ

С'янов О.М., Багрій В.В., Устименко В.О., Білоус С.Г.

Дніпровський державний технічний університет

Важливим завданням розвитку промисловості України є впровадження заходів щодо зменшення відходів і витрат металопродукції, підвищення енергетичної ефективності технологічних процесів. Технологічний процес накатки профілів різьблення в 5-20 разів збільшує продуктивність праці, підвищується коефіцієнт використання металу з 0,35-0,45 до 0,85-0,95 у порівнянні з різанням на токарських автоматах, збільшується втомлена міцність отриманого профілю в 1,5-2 рази, зносостійкість - на 20-40 відсотків.

У роботах [1,2] показано, що при накочуванні формоутворення профілю різьблення відбувається в декілька послідовних етапи: 1) врізання інструмента, коли площа контакту обмежена вершиною зубів інструмента; 2) накатки в режимі незаповнених контурів – площа контакту збільшується за рахунок бічних поверхонь зуба; 3) накатка в режимі заповнених контурів – максимальна площа контакту; 4) стадія руйнування заготовки – площа плями змінюється випадково. Для досягнення максимальної можливої для пари інструмент-підкат точності профілю різьблення процес формоутворення необхідно припинити на умовній границі другого й третього етапів.

Експериментальні дослідження проведені в лабораторних умовах кафедри електроніки Дніпровського державного технічного університету показали, що визначення поточного стану процесу формоутворення можливо за спільними оцінками координати положення рухомого супорта й площі контакту заготовки й накатного інструмента в зоні деформації (1). При цьому значення опору зони деформації визначається за виразом:

$$R = \frac{U - IR_a}{I} \quad (1)$$

де: U - напруга, прикладена до зони деформації; I - струм, що протікає через зону деформації; R_a - опір при відсутності заготовки у зоні деформації.

Дослідження електричного опору зони деформації при накатці профілю різьблення (M14x1.25, Ст.10) показали, що для умов накочування в режимі "незаповнених" контурів, характерне зниження електричного опору зони деформації (0.00044...00028 Ом), а режим накочування в "заповнених" контурах характеризується відносно постійною величиною електричного опору (0.00010...0.00004 Ом).

Для зменшення впливу зазначених явищ на точність ідентифікації параметрів формоутворення, а також явищ α і β фрітінга (різкого зниження електричного опору при досягненні деякої граничної напруги) використовується цифровий адаптивний фільтр.

Висновки. Електричний опір зони деформації визначається двома складовими: об'ємним опором заготовки й опором переходу інструмент-заготовка. Експериментально доведена можливість визначення величини заповнення контурів інструмента матеріалом заготовки по закономірності зміни електричного опору зони деформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко В.И., Алексеев И.А. Исследование процесса формирования резьбового профиля // Сб. докладов Первой международной научно-практической конференции «Вычислительная техника в информационных и управляющих системах».- Мариуполь: 2000 г. – С. 82-83.
2. Щукин В.Я., Лущик Э.А. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки в машиностроении/ Бел. НИИТИ.- Мн., 1980.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КЛЕЙМОВОЧНОЇ МАШИНИ ВІСЕПРОКАТНОГО ЦЕХУ

Багрій В.В., Гулеша О.М., Гричанівський Р.О., магістр.

Дніпровський державний технічний університет

Автоматизація прокатних станів сприяє збільшенню продуктивності і поліпшення якості прокату. Автоматизація прокатних станів - автоматичне регулювання темпу прокатки і автоматичне управління механізмами стана, можливе при повній механізації прокатного стану. Роль оператора на автоматизованому стані зводиться до спостереження за роботою вузлів та механізмів прокатного стану.

Стан «250» призначений для гарячої поперечно-гвинтової прокатки профільних заготовок для вагонних і тепловозних осей, періодичних профілів іншого призначення, а також круглої заготовки. Обов'язкове таврування готової продукції здійснюється клеймовочною машиною, яка встановлена в потоці за пилами гарячого різання. У зв'язку з наявністю всього п'яти цифр на клеймовочній машині, для маркування номера плавки першу цифру конверторного номера плавки (рік розливання) - виключають, залишаючи без зміни п'ять цифр: порядковий номер конвертера (1 або 2) і наступні чотири цифри - порядковий номер плавки від початку поточного року.

На даний момент на прокатному стані «250», для маркування заготовок, використовується клеймовочна машина в напівавтоматичному режимі управління. По сигналу фотодатчика оператор поста затискає вісь, піднімає її та набирає на пульту номер вісі, після цього відбувається процес клеймування.

Система управління клеймовочною машиною на даний момент побудована на морально і технічно застарілій елементній базі і потребує негайної модернізації.

В роботі пропонується ввести в експлуатацію нову систему управління клеймовочною машиною на базі ПЛК Siemens SIMATIC S7-400. На основі математичної моделі роботи механізмів машини розроблено програмне забезпечення, що значно розширює функціональні можливості системи і дозволяє:

- повністю автоматизувати процес клеймування готової продукції;
- збільшити продуктивність клеймовочної машини;
- реалізувати систему візуалізації процесу, для зручності роботи оператора;
- формувати базу даних всієї виготовленої продукції;
- передавати інформацію в базу даних комбінату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Н. А. Терещенко, А. Г. Щукін. Розвиток металургії в Україні. Київ, 1977.
2. SIMATIC. Sematic S7/M7/C7. Programmable Controllers. SIEMENS. // SIEMENS Catalog ST 70. – 1993. – №12. – С. 140.
3. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / И. В. 1. Петров. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2004. –

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОКАТКИ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ

Никулин А.В., Волошин Р.В., Железняков М.О.

Днепропетровский государственный технический университет

Изменения технологических параметров процесса прокатки при его совершенствовании должны выполняться так, чтобы не изменилось состояние технологии, оцениваемое как устойчивое. Раскат деформируется в клетях прокатного стана в нормативном режиме, вариации величин не приводят к неконтролируемому изменению параметров.

Известно [1,2], что при увеличении обжатий из-за нарушения условий захвата раската в одной из клеток стана может начаться пробуксовка, которая и будет приводить к неконтролируемому изменению состояния динамической системы как потерю продольной устойчивости прокатки. Допустимы стабильные незначительные изменения усредненных показателей процесса. Качественное изменение таких показателей (переход от отрицательных к положительным значениям, скачки интенсивности изменения величин) определяют границу устойчивости и неустойчивости состояния системы.

Используемая методика оценки продольной устойчивости полосы в очаге деформации основана на определении среднеинтегральной результирующей контактных сил. В зависимости от её величины прокатка может совершаться устойчиво без частичных пробуксовок, вестись в предельных условиях или же быть невозможной.

Используя энергетический метод, получено уравнение баланса мощностей при продольной прокатке полосы, в том числе и сортового профиля. По сравнению с использованием интегрирования уравнения Т. Кармана снимаются ограничения на плоское деформированное состояние и форму очага деформации. Из уравнения следует, что при положительной среднеинтегральной продольной силе $Q_{\text{ср}}^* > 0$ процесс устойчив. Предельным условием является $Q_{\text{ср}}^* = 0$, при отрицательных значениях процесс невозможен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грудев А.П. Теория прокатки / А.П. Грудев. – 2-е перераб. и доп. изд. – М.: СП Интермет Инжиниринг, 2001. – 280 с.
2. Максименко О.П. Продольная устойчивость полосы в валках с анализом контактных условий: монография /О.П. Максименко, Д.И. Лобойко, М.К. Измайлова. – Днепропетровск: ДГТУ, 2016. – 213 с.

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ КОНТАКТНИХ ЗАДАЧ АСИМПТОТИЧНИМ МЕТОДОМ

Ю.О. Білова, О.В.Білова*, Т.С. Кагадій

НТУ «Дніпровська політехніка»,

*Національна металургійна академія України**

Застосування методів лінійної механіки руйнування до композитів ускладнюється анізотропією та неоднорідністю структури таких матеріалів. Асимптотичний аналіз дозволяє спрогнозувати наступну поведінку матеріалу або конструкції, обрати найкращий обчислювальний метод. Необхідно відмітити, що відомі алгоритми прикладних контактних задач не є достатньо універсальними, оскільки орієнтовані на розв'язання задач певного класу. Спроби побудови загальних алгоритмів розв'язання такого роду задач зводяться, як за правило, до накладення друг на друга ряду ітераційних процедур. У цьому випадку обчислювальна схема задачі стає надзвичайно громіздкою, що впливає на збіжність процесу розв'язання та зводить до великих витрат машинного часу. По цьому, пошук простих і ефективних методів розв'язання контактних задач із урахуванням складної геометрії, фізичних властивостей сучасних матеріалів, умов навантаження і характеру деформувань, як і раніше, залишається актуальною задачею механіки деформівного твердого тіла.

Авторами методом збурень Павлинка-Маневича розв'язані контактні задачі о взаємодії ортотропної пластини із циліндричною анізотропією (напівнескінченої та кінцевих розмірів) та штампу. Згідно методу, асимптотичний аналіз рівнянь теорії пружності для ортотропних тіл виконується за допомогою параметрів, що характеризують анізотропію. При цьому вихідні задачі теорії пружності зводяться до рекурентної послідовності крайових задач теорії потенціалу.

Але при розв'язанні дуже складних систем диференціальних рівнянь сьогодні на допомогу приходять застосування існуючих математичних пакетів прикладних програм, зокрема, *Mathematica*, *Maple*, *MathCad*. Тобто встановлюється взаємозв'язок класичної та комп'ютерної математики. Сучасні інформаційні технології розв'язування задач обчислювальної математики допомагають авторам виконувати обчислення фрагментів деяких інтегральних виразів чи при побудові та опрацюванні графіків. Також це є доречним в управлінні точністю проміжних обчислень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маневич Л. І. Асимптотические методы в теории упругости ортотропного тела / Л. И. Маневич, А. В. Павленко, С. Г. Коблік. – К., Донецк: Вища школа, 1982. – 152 с.
2. Кагадій Т. С. Аналитический поход к решению некоторых контактных задач / Т. С. Кагадій, О. В. Білова, І. В. Щербина // Вісник Херсонського національного університету. – 2016. – №3 (58). – С. 104-110.

CAUSAL MODELS FOR LONGITUDINAL STABILITY OF THE ROLLING THE STRUCTURAL PROFILES

Nikulin A.V., Besarab A.N.
Dniprovsk State Technical University

A condition for sustainable development of Ukraine, including its industry, is the continuous modernization of education. In order to ensure the rapid development and application of technical sciences, it is advisable to deepen the systematic nature of the approaches and methods used, to modernize the content and education system [1]. As a result, the synergistic interaction of science, technology and production in a single developing complex is strengthened, for example, in the analysis and study of the longitudinal stability of rolling. In the practice of modernization of the named complex, it is advisable to use causal models [2].

The causal model (CM) in structure and functionally is combined, as it includes graphical and analytical components. For the scientific and technical problem under consideration, the longitudinal stability of the subsystem is determined by the tasks identified during decomposition, and the specific content is determined by the relevant facts used by models and patterns [3].

The CM graph is constructed as a network loaded along arcs. As a result, it is characterized by increased complexity with respect to operation graphs. However, an isomorphism to the research process is a natural advantage: the vertices correspond to the solutions of problems P_i , and the arcs correspond to transitions and actions within their boundaries when moving towards the solution S_k . In order to obtain objective assessments of the adequacy of the stages performed, such as movement along the graph, points n_i are affixed individually as the vertices pass.

When solving a problem using CM, the quality is ensured by passing a tuple of graph vertices, and the quantity is ensured by the sum of the points scored. The proposed control based on the results is distinguished by the objectivity of the assessment and the presented rating.

Using causal models has advantages. The truth of the logic of actions is decided at the stage of building the system, informational completeness is supported by quantitative estimates. According to the calculations, the imbalance of forces in the deformation zone with the subsequent slipping of the metal can also occur in the presence of an advance zone. The longitudinal stability of rolling characterizes the system properties of the technology: structural stability and adaptability. Its definition in the design and study of structural products is relevant.

REFERENCES

1. Семеріков С.О. Фундаменталізація навчання інформатичних дисциплін у вищій школі: Монографія / Наук. ред. акад. АПН України, д. пед. н., проф. М.І. Жалдак. – Кривий Ріг: Мінерал, 2009. – 340 с.
2. Губарев А.П. Причинно-следственная модель объектов гидропневмоавтоматики – особенности и свойства / А.П. Губарев. – К.: НТУУ «КПИ», 1999. – 107с.
3. Максименко О.П. Продольная устойчивость полосы в валках с анализом контактных условий: монографія / О.П. Максименко, Д.И. Лобойко, М.К. Измайлова. – Днепродзержинск: ДГТУ, 2016. – 213 с.

INNOVATION OF TECHNOLOGICAL DECISION CHOICE

Nikulin A.V., Bondarenko N.A.

Dniprovsk State Technical University

The development of metallurgical production in Ukraine is connected with the change of approaches to the corresponding technical tasks and evaluation of their decisions. The complexity of the study of rolling processes, which requires the use of diverse knowledge, leads to the need to develop a systematic approach. At present, when building models of rolling production systems, it is important to add the Tribonika block (friction and wear).

Effective methods for solving problems are based on the use of mathematical modeling. In general, the mathematical component of a problem is considered and solved as a nonlinear programming problem.

The mathematical formulation of each task involves two objects. First, the vector of design parameters:

$$\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n),$$

second, the target function $\Phi(\bar{x})$ for which you want to find the extremum in a specific set of parameters. That is to find \bar{x}^* among the element \bar{x} that satisfies the conditions

$$\Phi(\bar{x}^*) = \text{extr } \Phi(\bar{x}), \bar{x} \in \Omega,$$

where Ω is the range of admissible values (limitation of the type of equality-inequality).

As a rule, in the search for extreme values there is a need to solve a system of algebraic equations or a number of problems of analysis.

For example, to determine the stresses in the deformation cell when rolling, T. Karman's equation is solved

$$dp_x = \left(2k_{\text{cp}} - \frac{t_x}{\text{tg}\varphi} \right) \frac{dh_x}{h_x}.$$

In such cases, you may need to consider mathematical constraints on the object's state parameters. Tasks previously solved as static (quasi-static) [1] acquire Internally conditioned dynamism.

Obtained problem banks for their solution in the fields of metallurgy, mechanical engineering, etc. can be found in monographs [1, 2]. On their basis scientific activity of students of metallurgical specialties, course design and preparation of final works is carried out.

REFERENCES

1. Максименко О.П. Продольная устойчивость полосы в валках с анализом контактных условий: монография / О.П. Максименко, Д.И. Лобойко, М.К. Измайлова. – Днепродзержинск: ДГТУ, 2016. – 213 с.
2. Мамаєв Л.М. Дослідження динаміки, міцності і технологічності механічних систем: монографія / Л.М. Мамаєв, О.Д. Романюк, О.В. Нікулін та ін. – Кам'янське: ДДТУ, 2017. – 184 с.

**КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОДЕЛЮВАННІ КОНСТРУКЦІЇ
ТА РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ
ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ШИН**

Т.А. Чупілко, О.А. Погасій, С.І. Чупілко

*Університет митної справи та фінансів,
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

Тільки на основі комплексних розрахункових та експериментальних досліджень можуть бути розроблені технічні рішення в області конструювання великогабаритних шин, технології виготовлення та режимів експлуатації, що дозволяють на стадії проектування забезпечити зниження їх температури, що обумовлює підвищення ресурсу. Моделювання та розрахунок можливі тільки з використанням комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення.

Температура 100-120 градусів у великогабаритній шині досягається через масивний протектор товщиною до 12 см та багатошаровий каркас, де кількість шарів вздовж корони перевищує 50. Внаслідок дії температури підвищується повзучість гумовокордних матеріалів, що також є суттєвим при розношуванні та руйнуванні шин.

Вплив основних конструктивно-технологічних факторів на тепловий та напружено-деформований стан, а також на дієздатність великогабаритних шин вивчався за допомогою комплексного підходу. Проводилося моделювання шин з різними конструктивними та технологічними параметрами.

Для розрахунку напружено-деформованого стану в умовах високих температур використана математична модель нелінійної моментної анізотропної трьохшарової оболонки .

В умовах підвищених температур особливо виявляються релаксаційні та пластичні властивості корду та гуми і, внаслідок, композита каркаса в цілому. Шинні матеріали описуються реологічною моделлю середовища з урахуванням впливу температури .

Поведінка матеріалу шини описується нелінійною моделлю середовища [1]

$$\Psi(\sigma) = \varepsilon(t) - \int_0^t K(t - \tau) \varepsilon(\tau) T^\gamma(t) d\tau,$$

де ядро релаксації обрано у вигляді ядра Абеля:

$$K(t - \tau) = \frac{k}{(t - \tau)^\alpha}; \quad 0 < \alpha < 1,$$

где $\Psi(\sigma)$ - кривамиттевого деформування; α, k, γ - параметри, що визначаються за авторською методикою; $T(t)$ температура в момент часу t .

Для розрахунку розроблено пакет програмного забезпечення. При цьому алгоритм реалізується покроково при зміні часу на однакову величину. За визначеними переміщеннями знаходимо деформації в каркасі шини.

Використовується енергетичний спосіб розв'язування задачі, при якому мінімізується повна енергія оболонки шини. Розв'язування відбувається чисельним методом локальних варіацій.

У припущенні сталого розподілу температур у конструкції, розв'язуємо задачу покроковим методом. Пружні деформації визначаємо на першому кроці. На кожному наступному кроці використовуємо у якості вихідних деформації, що отримані на всіх попередніх етапах.

Повна енергія оболонки в момент часу t , враховуючи реологічні зміни напружень, описується функціоналом ($i, j, k = 1, 2, 3$):

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{uu}(t) = & \int_{V_{uu}} \left[\frac{1}{2} E_{ijkl}^{(u)} \varepsilon_{ij}^{(u)}(t) \varepsilon_{kl}^{(u)}(t) - \right. \\ & \left. - E_{ijkl}^{(u)} \varepsilon_{ij}^{(u)}(t) \int_0^t K^{(u)}(t-\tau) \varepsilon_{kl}^{(u)}(\tau) T^{(u)} \gamma d\tau \right] dV_{uu} - \\ & - \int_{F_c} q_i U_i(t) dF_c + q \Delta V \end{aligned}$$

Коефіцієнти пружності в рівнянні визначені у відповідності до теорії армування. Значення переміщень варіюються тільки на момент часу t , історія їх змінювання визначає стан матеріалів на даний момент.

Розрахунок проводимо для конструкції великогабаритної шини 40.00-57 у випадках: 1) холодної шини, що знаходиться під внутрішнім тиском $q_0 = -600$ кПа; 2) розігрітої шини під внутрішнім тиском $q_t = -750$ кПа.

Як показує розрахунок за допомогою програмного комплексу, близький до сталого розподіл полів переміщень та напружень, спостерігається через 100 хвилин від початку деформування. В програмі виконується цикл з кроком по часу, що дорівнює 5 хвилин, тож на 20-й ітерації значення переміщень та напружень майже не відрізняються від тих, що спостерігалися на попередньому кроці.

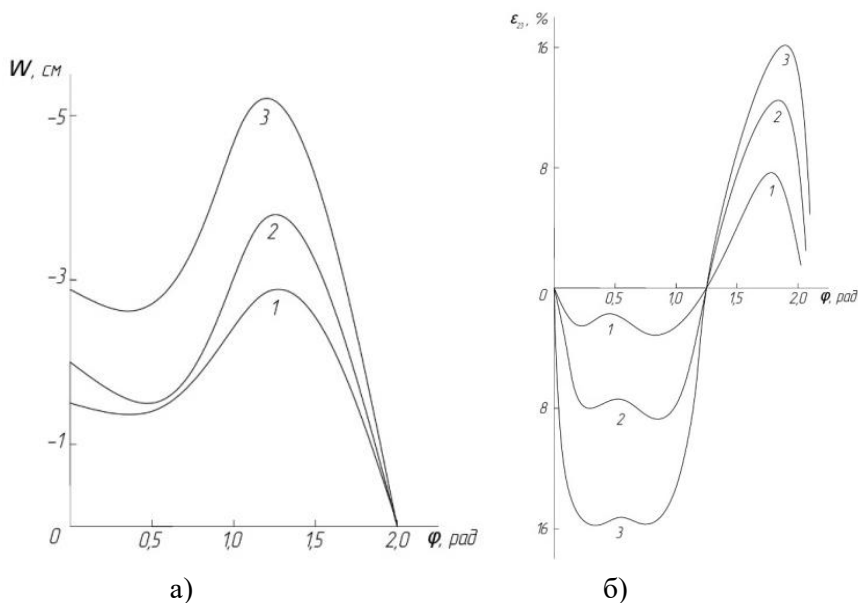


Рис.1. Прогин каркасу (а) та деформації зсуву між шарами (б) в меридіональному перетині (від корони до ободу) за умови пружного деформування ($q_0 = -600$ кПа) (1); за умов в'язкопружного деформування «холодної» ($q_0 = -600$ кПа, $t=100$ мин) (2) та в'язкопружного деформування Розігрітої шини ($q_t = -750$ кПа, $t=100$ мин) (3).

Розрахунком встановлено та експериментом підтверджено необхідність врахування зміни властивостей матеріалів конструкції шини в умовах розігріву. Моделювання шини багатошаровою оболонкою, властивостей матеріалу інтегральним

рівнянням з ядром повзучості, урахування температурного впливу на композитні матеріали конструкції шини та реалізація у часі з використанням чисельних методів можливе тільки за допомогою сучасних комп'ютерних технологій. Розрахунок при змінних параметрах та навантаженнях, тобто імітаційному комп'ютерному моделюванні, дозволяє оцінити властивості конструкції на етапі проектування.

АЛГОРИТМІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМ ПРОЦЕСОМ МАРШРУТНОГО РУХУ

О.Д.Фірсов

Університет митної справи та фінансів

Проблема зменшення витрат палива автобусами, маршрутними таксі та вантажними автомобілями завжди є актуальною. Ключові виробники транспортних засобів, такі як компанія Ford планують вирішувати цю проблему за допомогою системи керування Eco Guide. Головна задача Eco Guide полягає у тому, щоб прогнозувати ситуацію на дорозі, допомагаючи водієві здійснювати уповільнення та розгін з максимальною ефективністю. Комплекс використовує дані від системи супутникової навігації, дозволяючи водієві завчасно скидати газ при наближенні до поворотів, розвилок та інших дорожніх ділянок, де доведеться гальмувати. Eco Guide аналізує поведінку водія і дає рекомендації по вибору швидкісного режиму і передачі. В результаті відпадає необхідність в частих прискореннях і гальмуваннях, що позитивно позначається на витраті палива. Компанія Volvo пропонує систему I-Save на технічному рівні та систему I-See на інтелектуальному, яка спирається на мапи місцевості та аналізує рельєф дороги і адаптує рух автомобіля відповідно.

Задачею цієї роботи є визначення особливостей заданого маршруту пасажирських перевезень та розрахунок оптимального режиму руху маршрутного транспорту. Системи від Ford та Volvo пропонують універсальні технології, спрямовані працювати там де є зв'язок з глобальною системою позиціонування. У випадку руху по маршруту основний набір керованих параметрів залишається незмінним, отже виникає можливість налаштувати режими роботи двигуна більш відповідно умовам руху.

Метою роботи була розробка теоретичних положень та практичних рекомендацій щодо удосконалення технологічного процесу руху маршрутного пасажирського автотранспорту у межах міста.

Для досягнення зазначеної мети виконано наступні роботи:

- у рамках польових досліджень визначено характер та особливості міського маршруту;
- визначено технічні та експлуатаційні характеристики транспортного засобу, що виконують перевезення на маршруті;
- розраховано основні технічні та економічні показники роботи;
- визначено режим руху автобуса, який відповідатиме найменшим потужнісним та паливним витратам за заданими обмеженнями.

Таким чином розроблено концепцію алгоритмічного керування транспортним процесом маршрутного руху. Наступним кроком є втілення на апаратно-програмному рівні, саме тут виникає низка питань пов'язаних з реалізацією взаємодії водія та апаратною частиною, які дають декілька можливих варіантів керування.

АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

А.І. Кузьменко

Університет митної справи та фінансів

Одним з основних напрямків інновацій міжнародного транспортного процесу є удосконалення структури міжнародних транспортних систем. Адже сьогодні недостатньо просто забезпечити транспортування вантажу певної кількості, об'єму і маси з початкового до кінцевого пункту. Потрібно не лише грамотно підібрати необхідний транспортний засіб. Важливе значення приділяється моделюванню маршрутів, вживанню в області міжнародних перевезень останніх досягнень сфери інформатики і телекомунікацій з метою мінімізації фінансових витрат і часу на митне оформлення. Світовим транспортним співтовариством впроваджуються інноваційні інформаційно-управляючі технології, побудовані на моделюванні інтегрованих транспортних систем: «персонал – транспортна інфраструктура – транспортні засоби», активізується застосування інноваційних технологій у перевізному процесі, зокрема шляхом розвитку мультимодальних перевезень. Найбільш значущі інновації світового масштабу в транспортній галузі ґрунтуються на відкриттях та винаходах з математики, природознавства, технічних прикладних наук. Дані інновації є вектором розвитку транспортної галузі. На підприємствах транспорту інновації часто виникають і виростають з раціоналізаторських пропозицій працівників; досліджувані далі в проектних інститутах, вони доводяться до статусу винаходів або навіть відкриттів. Для того, щоб зробити Україну привабливою для іноземних перевізників, необхідно створити технічні, організаційно-технологічні, економічні, екологічні та правові умови, максимально наближені до європейських.

Питанням інноваційного розвитку транспортно-дорожнього комплексу України (ТДК) присвятили свої роботи такі провідні вітчизняні вчені, як Б. Буркинський, Т. Блудова, В. Коваленко, О. Котлубай М. Макаренко, А. Новікова, В. Щуріхін та інші. Водночас, в науковій літературі недостатньо висвітлені певні аспекти інноваційного розвитку транспортної галузі, зокрема останні досягнення та практичні результати впровадження інновацій на автомобільному транспорті та в дорожньому господарстві, вплив інноваційних рішень на модернізаційні процеси та подальший розвиток ТДК.

У якості технічних показників оцінки ефективності інновації на транспорті використовуються такі: пропускна здатність доріг, потужність і технічна швидкість автомобілів, вантажопідйомність, місткість, продуктивність різних машин, механізмів та устаткування, збільшення терміну служби і ряд інших технічних параметрів, але не в абсолютному вираженні, а їх приріст у результаті впровадження інновацій. Але є багато чинників, що гальмують інноваційний розвиток галузі, головні з них: нестача фінансових ресурсів для впровадження інновацій у підприємствах ТДК; відсутність фундаментальних наукових досліджень та недостатня кількість прикладних наукових досліджень, які спрямовані на здійснення якісних змін в транспортних технологіях; повільні темпи реалізації структурних реформ у сфері ТДК тощо.

Таким чином, можна зауважити, що створення умов для розвитку транспортно-дорожнього комплексу на інноваційній основі потребує активізації державної політики у напрямку посилення інноваційної складової державних програм розвитку транспортних підгалузей, стимулювання транспортних підприємств до впровадження інновацій, запровадження державної підтримки найважливіших інноваційних проектів та наукових досліджень у транспортній сфері.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

А.В. Сохацький

Університет митної справи та фінансів. м. Дніпро

Створення перспективних високошвидкісних транспортних засобів різноманітного призначення вимагає детальних досліджень аеродинамічних характеристик. Застосування математичного моделювання з використанням сучасних обчислювальних технологій у поєднанні з фізичними експериментами – це єдиний шлях розв'язування поставлених задач. У зв'язку з цим існує необхідність створення математичного та програмного забезпечення для розв'язування зв'язаних задач аеродинаміки та динаміки руху перспективних літальних апаратів, які б дозволили виконувати пошук раціональних аеродинамічних компонувань з придатними технічними та динамічними параметрами.

Накопичення даних статистичного характеру в аеродинамічних трубах та багатокомпонентним теоретичним аналізом на обчислювальних машинах допомагає вибрати раціональне аеродинамічне компонування. Проте еволюційний метод розробки аеродинамічних компонувань потребує великих часових затрат. Існує нагальна потреба створення більш ефективної методології формоутворення оптимальних аеродинамічних компонувань літальних апаратів.

Складна хвильова динаміка течій навколо транспортних апаратів, одночасна наявність поступального, обертального і деформаційного рухів складає значні труднощі їх моделювання та вивчення. Вважається, що на сьогодні найбільш досконалими моделями в'язких стисливої течії є моделі, що побудовані на основі рівняння Нав'є-Стокса. Правомірність їх використання підтверджується багаточисельними дослідженнями. Фундаментальною основою їх використання є те, що просторово-часові масштаби турбулентності істотно переважають просторово-часові масштаби молекулярного руху. Найбільш високорівневими підходами пряме числове моделювання (*Direct Numerical Simulation - DNS*) та моделювання великомасштабних вихрових структур (*Large Eddy Simulation-LES*).

Метод DNS дозволяє моделювати в загальному випадку рух в'язких стисливих газів з урахуванням хімічних реакцій, як ламінарних, так і, турбулентних режимів. Він не потребує додаткових рівнянь. При використанні методу DNS розрізняються усі масштаби турбулентності. Це дозволяє розрахувати амплітудно-частотні та середні характеристики потоку шляхом осереднення за достатньо довгим інтервалом часу. Використання DNS вимагає застосування потужних обчислювальних ресурсів. На сьогодні можливості застосування DNS обмежуються простою геометрією фізичної області та невеликими числами Рейнольдса ($Re=10^3 \div 10^4$)

Метод великих вихорів (LES) займає проміжне становище поміж прямим числовим моделюванням та осередненими рівняннями Нав'є-Стокса. Він базується на двох припущеннях:

1. Поле течії розділяється на рух великих та дрібних вихорів. Великі вихори розраховуються. Дрібномасштабна турбулентність вважається ізотропною і має універсальний характер.
2. Приймається гіпотеза про статичну незалежність великих та дрібних вихорів. Нелінійна взаємодія між великими та малими вихорами визначається через великі вихори з використанням підсіткових моделей.

В методі LES розв'язуються відфільтровані по простору рівняння Нав'є-Стокса і розрізняється рух тільки великих вихорів. Їх розміри визначаються межовими умовами. Великомасштабні компоненти турбулентності утворюються із середньої течії шляхом подолання в'язких напружень. Мілкі вихори мають більш універсальну структуру та характеристики, які визначаються швидкістю дисипації кінетичної енергії і в'язкістю. Вони порівняно слабо залежать від геометрії течії і зовнішніх умов. Їх моделюють за допомогою моделей підсіткового масштабу, які побудовані на основі концепції вихорової в'язкості або інших наближень процесу переносу. Для забезпечення розрізнення великих вихорових структур, що лежать за межами інерційного інтервалу, задовольняючого закону «п'яти третіх» потрібно використовувати надто дрібні сітки. Для врахування впливу вихорів, що менші розміру розрахункової комірки використовуються емпіричні співвідношення.

Поряд з методом LES та RANS використовується і моделювання з обмеженим та комбінованим використанням підсіткових моделей. Це псевдо-або квазіпряме числове моделювання (PDNS, QDNS), монотонне моделювання великих вихорів (Monotonically Integrated Large Eddy Simulation - MILES), неявний LES (Implicit Large Eddy Simulation - ILES). Ці методи мають високу обчислювальну ефективність, проте вони не мають відповідного фізичного обґрунтування.

Досвід застосування методу нестационарних рівнянь Нав'є-Стокса (Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes – (URANS) виявив цілий ряд протиріч. Намагання обґрунтувати правомірність URANS непереконливі, оскільки традиційні моделі турбулентності калібруються за осередненими за часом характеристиками течії. Моделювання зовнішнього обтікання з значними відривними зонами, де характерні квазіперіодичні режими течії, методом URANS вдається якісно описати фізичний процес та отримати відповідні фізичному експерименту кількісні параметри течії. В багатьох інших випадках результати розрахунків методом URANS не дають достатньо придатні результати. Залишаються відкритими питання меж його використання.

Взагалі використання підходів DES та LES пов'язано з великими труднощами обчислювального характеру. Ця проблема примушує дослідників використовувати більш прості методи, що використовують напівемпіричні моделі турбулентності. Вони розроблені для розрахунку стаціонарних і слабо стаціонарних течій. Їх калібрування обмежується вибором емпіричних констант для тонких зсувних шарів.

Складність моделювання турбулентних течій змусила дослідників звернути увагу на створення гібридних підходів. На сьогодні одним з найбільш поширених гібридних підходів є моделювання відокремлених вихорів (*Detached Eddy Simulation – DES*). Згідно з DES там, де масштаб сітки є достатнім для розрахунку великих вихорів, використовується LES. Якщо ж сітка груба, то виконується перехід до моделі RANS. Це дозволяє скоротити обчислювальні витрати та розв'язати поставлені задачі з придатною точністю.

В доповіді наводяться результати розробки методики, алгоритму та програмного забезпечення для моделювання турбулентних течій на основі використання осереднених за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса, замкнених моделлю турбулентності Спаларта-Аллараса в реалізації відокремлених вихорів (DES).

Приведено результати виконаних числових розрахунків.



МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

**“МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ТА
ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ – 2019”**

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА
МОДЕЛЮВАННЯ В СОЦІАЛЬНІЙ СФЕРІ, ЕКОНОМІЦІ
МОДЕЛІ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ КІБЕРБЕЗПЕКОЮ**

**МОДЕЛЬ УПРАВЛЕННЯ ПАРАМЕТРАМИ НАЦІОНАЛЬНОЇ
ІННОВАЦІОННОЇ СИСТЕМИ (НА ПРИМЕРЕ ГРУППИ СТРАН МИРА)**

В.С.Белозубенко, М.В.Корнеев

Університет таможенного дела и финансов

В современной экономике инновации стали одним из основных факторов устойчивого роста и конкурентоспособности. Важность этого фактора возрастает под влиянием современных глобальных технологических трендов и трансформаций экономики (становление цифровой, циклической, «зеленой» экономики и т.п.). Потребность в интенсивных и глубоких инновациях обусловила необходимость системного подхода, который проявился в создании национальных инновационных систем (НИС), наряду с региональными, секторальными, технологическими, корпоративными системами.

Высокий динамизм современной экономики, ее масштабные преобразования, связанные с переходом к новому долгосрочному циклу экономического развития, обуславливают необходимость не просто создания и запуска НИС, но и постоянного ее развития. Для оценки такого развития необходимы соответствующие подходы, в частности, связанные с описанием НИС как сложного объекта на основе соответствующим образом выбранной совокупности признаков (наряду с термином «признак» будем использовать его синонимы: параметр, показатель, свойство – в зависимости от контекста).

Однако пока структурирование НИС базируется на общих представлениях о ее элементах и функциях, а в управлении и совершенствовании доминируют субъективизм, trial-and-error approach, исторически-интуитивный, эмпирический, гипотетический или дискуссионный подходы. Опыт и чутье остаются решающими факторами в управленческой деятельности, в искусстве управления. Часто это ограничивает принятие эффективных решений в инновационной политике, так как необходимы более сложные подходы, адекватные задачам, и позволяющие управлять НИС. Поэтому актуальной задачей остается разработка научно обоснованных подходов

(моделей) управління параметрами НИС, позволяющих обеспечить высокое качество принимаемых решений при допустимой сложности оперирования с имеющейся информацией и данными. Такое управление основано на выделении ключевых параметров (норм, критериев, детерминант), что повышает его эффективность. Таким образом, важной проблемой является эффективное развитие национальных инновационных систем. Решению этой проблемы уделяется много внимания, однако пока для этого не хватает научных обоснований. В связи с этим, предлагается новый подход, основанный на использовании когнитивного моделирования. При этом элементы когнитивной модели выбираются не субъективно или экспериментально, а на основе методов DataMining.

На примере группы стран мира (стран Европейского Союза (ЕС))нами был составлен набор данных из 18 показателей оценки национальных инновационных систем. В результате кластеризации получены четыре кластера (класса) стран. Классификационный анализ позволил определить различия между кластерами и выделить группу ключевых параметров. После оценки значимости каждого из них предложена когнитивная модель управления параметрами национальной инновационной системы. Она позволяет не только концентрировать усилия и ресурсы на ключевых параметрах, но и выстраивать практические шаги управления, обеспечивая развитие инновационной системы и переход определенной страны в кластер более успешных.

Итак, предложенная методика позволила выделить из сформированного набора данных (признакового пространства) оценки НИС стран ЕС ключевые параметры. Для этого проведен кластерный анализ и выполнена классификация, то есть определены различия между кластерами. Также оценена значимость (информативность) каждого ключевого параметра. В целом это имеет практическую ценность в управлении развитием НИС, позволяет концентрировать усилия на главных направлениях изменений и таргитировать решения. Фокусируясь на решении задачи продвижения определённой страны в кластер более успешных, разработана когнитивная модель управления НИС. Предложенная модель может служить основой для государственной политики в сфере науки, образования и инноваций, а также направляет дальнейшие исследования в управлении инновационными системами.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ СВІТОВОЇ ТОРГІВЛІ

Галич М.К., Галич Є.К.

Університет митної справи та фінансів

Світова торгівля надає потужний стабілізуючий вплив на стан світової економіки та її загальне зростання. Дослідити динаміку та спрогнозувати майбутній стан торговельної тенденції на світовому ринку зручно за допомогою використання математичних методів: побудови економіко-математичної моделі динамічного ряду, оцінки її адекватності та якості за допомогою відповідних критеріїв та здійснення точкового та інтервального прогнозу за прийнятого рівня надійності (або імовірності).

Для дослідження було використано обсяги світової торгівлі товарами за період 2006-2018 років. Вихідний часовий ряд складається з даних обсягів (рівнів ряду) та відповідних років. Для даного ряду побудовано кореляційне поле (рис. 1) та розраховано числові характеристики: абсолютний та базисний ланцюгові прирости, темпи росту та приросту, середній рівень ряду.

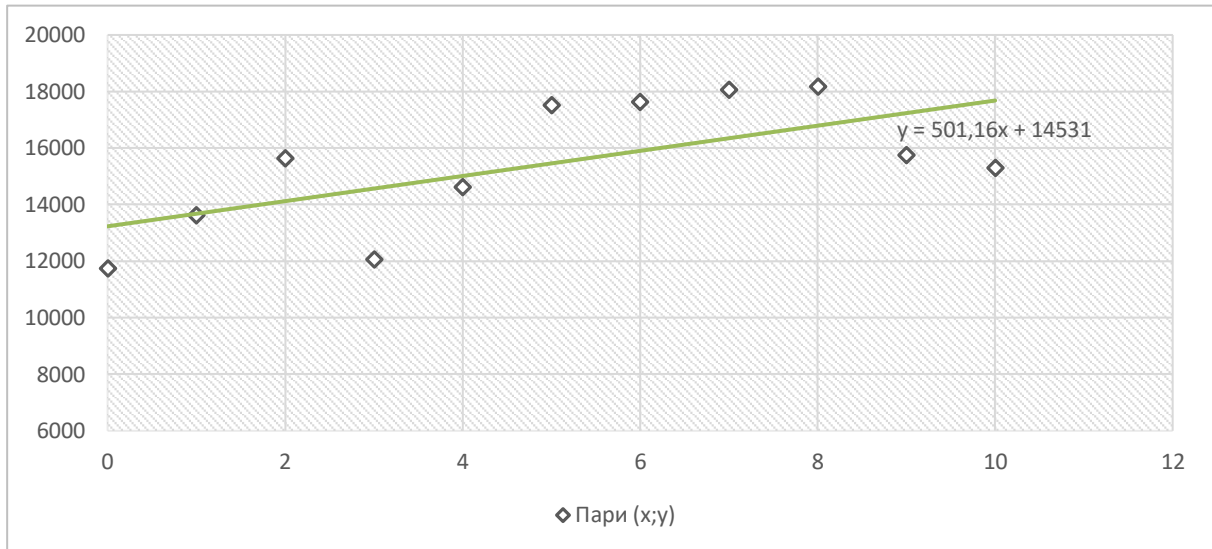


Рис. 1. Кореляційне поле та лінія тренду

Із візуального аналізу графіка загального тренду на кореляційному полі (рис. 1) можна зробити висновки: нахил лінії тренду показує, що тенденція є уповільнено зростаючою; рівні ряду y_i мають значні відхилення від загального тренду.

Для здійснення найбільш точного статистичного прогнозування необхідно перевірити заданий часовий ряд на наявність викривлень. Графік нового часового ряду та лінії тренду зображено на рисунку 2. На даному рисунку відображено також прогнозні показники. Надалі було обчислено загальні прирости коливань, а також регресійне середнє квадратичне відхилення, яке необхідне для знаходження інтервального прогнозу й визначення типу коливань. Далі було розраховано точкові та інтервальні прогнози на 2019-2023 роки шляхом екстраполяції виправленого загального тренду з урахуванням наявних коливань (рис.3).

Під час побудови моделі ми більш детально дослідили тенденцію світової торгівлі протягом 2006-2018 років. Лінійна модель загального тренду продемонструвала, що загальна тенденція є зростаючою, але незначно, тобто уповільнено.

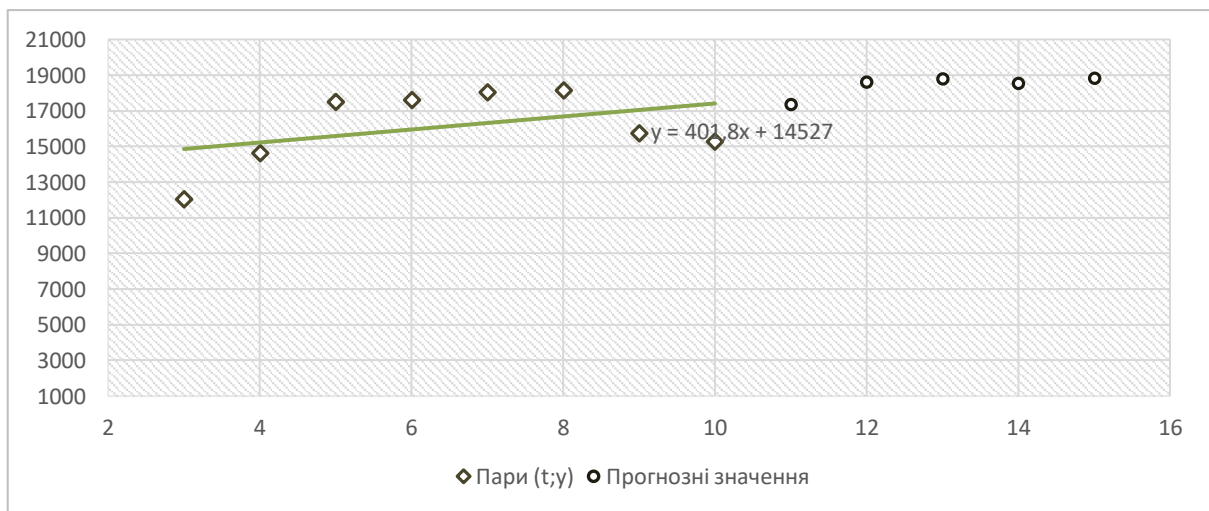


Рис. 2. Графік виправленого тренду та точкових прогнозів

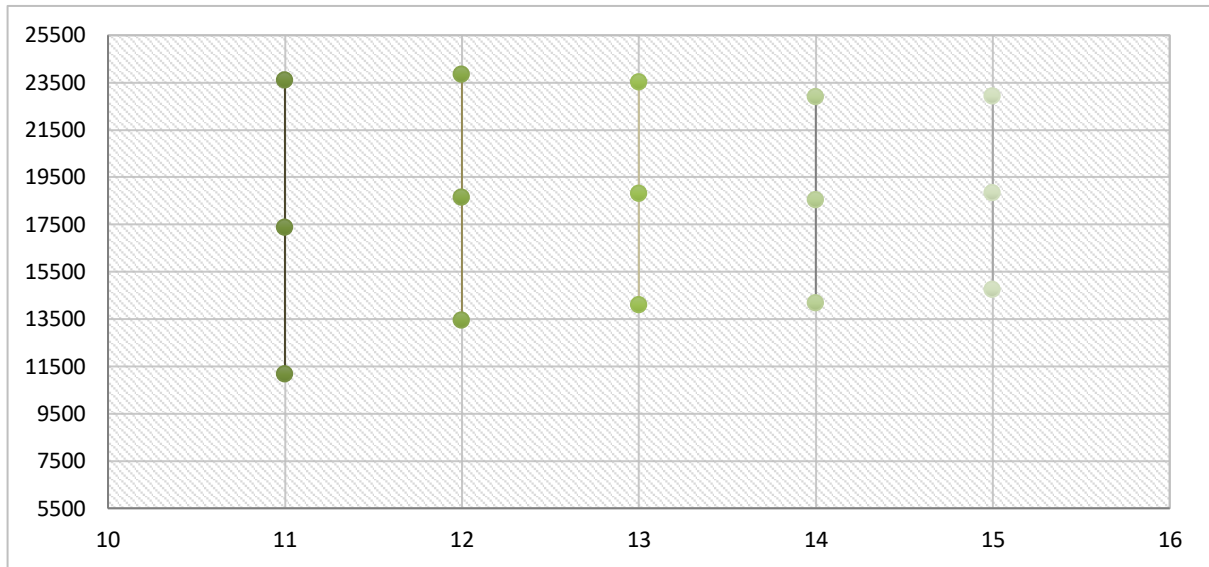


Рис. 3. Графік точкових та інтервальних прогнозів

Побудована модель показала лише усереднену тенденцію зміни обсягів торгівлі, оскільки ці обсяги дуже сильно відхиляються від середнього значення, а візуальний аналіз кореляційного поля дає змогу однозначно побачити істотні коливання показників. Найбільшим протягом досліджуваного періоду обсяг торгівлі був у 2014 році, а найбільше зростання відбулося у 2011 році відносно попереднього року, і в 2014 році відносно базисного – 2006 року, надалі таких значних зростань не спостерігалось. Натомість, найбільше падіння обсягів торгівлі сталося у 2009 році. Загалом за весь період обсяг світової торгівлі збільшився.

Наступним кроком дослідження було визначення рівняння тренду, яке має вигляд $f(t) = 1523,8 + 8,92 \cdot t$. Не можна однозначно говорити про пряму залежність між змінами обсягів торгівлі і плином часу, оскільки ряд містить значні коливання. Наступні розрахунки показали, що даний ряд містить коливання з періодом $T = 5$, що означає, що одна «хвиля» становить приблизно 5 років. За цей час спостерігається падіння та зростання обсягів торгівлі. Встановлено, що такі «хвилі» пройшли протягом 2009-2013 та 2014-2018 років, 2006-2008 роки потрапили до попередньої «хвилі» й також підтримують цю тенденцію. Виправлення часового ряду, зменшивши його до кількості тих періодів, які потрапили до повних «хвиль» дало змогу зробити точковий та інтервальних прогнози обсягів торгівлі на 2019-2023 роки. Було визначено обсяги світової торгівлі за умов незмінності виду і характеру загального тренду. Встановлено в кожному періоді максимальні відхилення обсягів світових торгівлі від загального тренду (усереднені значення).

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕРЖАВНОГО БОРГУ ТА ІНДЕКСУ СПОЖИВЧИХ ЦІН В УКРАЇНІ

Чупілко Т.А., Туряніна Н.А.
Університет митної справи та фінансів

Питання боргу та його обслуговування є дуже актуальним в будь-який час, проте особливої актуальності воно набирає за існуючої економічної кризи, оскільки тенденція розвитку боргових відносин виходить на глобальний рівень. На сьогодні, від врегулювання боргової проблеми в значній мірі залежить фінансова система України, а також безпека економіки в Україні.

Дослідження основних макроекономічних показників дає змогу оцінити основні процеси, які відбуваються в загальноекономічній ситуації в країні. Одним із макроекономічних показників, зокрема макроекономічної нестабільності, які дають змогу побачити тенденцію та динаміку функціонування економічної системи, є індекс інфляції.

Індекс споживчих цін (індекс інфляції) є одним з найважливіших показників і використовується для вирішення багатьох питань державної політики, перегляду грошових доходів населення, вирішення правових спорів тощо. Індекс інфляції - показник, що характеризує зміни загального рівня цін на товари та послуги, які купує населення для невиробничого споживання.

Сучасні теорії інфляції звертають увагу на зв'язок між темпами інфляції в країні і величиною її державного боргу. Механізми цьому зв'язку різноманітні. Зокрема, економічні агенти можуть очікувати, що держава в майбутньому профінансує виплати за боргами за рахунок грошової емісії, а це призведе до зростання цін, який через механізм раціональних очікувань призведе до зростання цін в сьогоденні. Нарощуючи внутрішній державний борг, держава стимулює інфляцію. Виплата внутрішнього державного боргу за рахунок збільшення пропозиції грошей на основі їх емісії може призвести до лавиноподібного зростання темпів інфляції, руйнівного для економіки.

Щоб проаналізувати залежність державного боргу та індексу споживчих цін та спрогнозувати індекс інфляції на короткостроковий період, розглянемо їх динаміку протягом 10 років (Рис.1), (Рис.2).

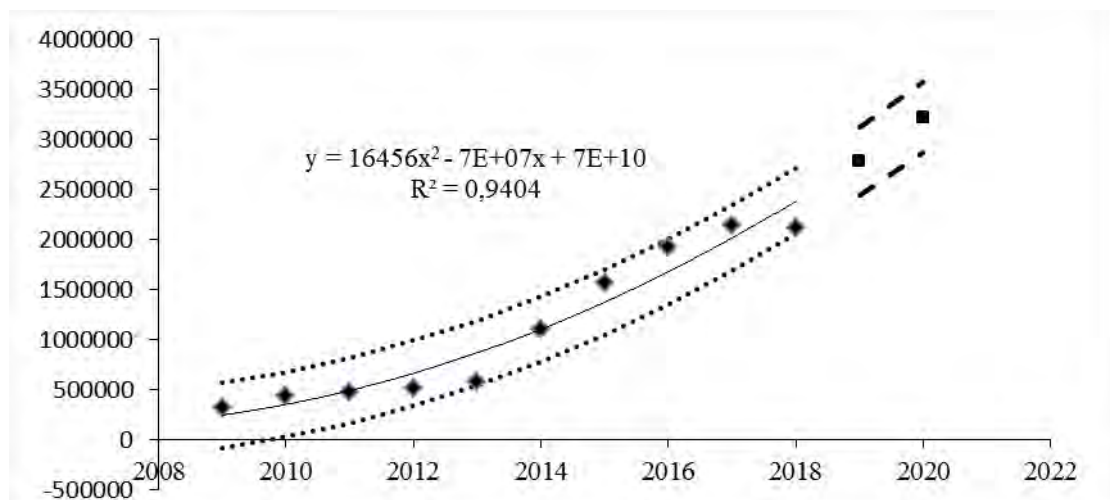


Рис.1. Динаміка державного боргу з 2009 по 2018 рр. та прогнозні оцінки на 2019 та 2020 р.р., визначені з надійністю 0,95

Починаючи з 2013 року спостерігаємо стрімке зростання державного боргу та індексу споживчих цін, в порівнянні з минулими роками. Найбільше значення індексу споживчих цін спостерігаємо в 2015 році. З 2016 року індекс цін має помірну динаміку спадання. В період з 2011 по 2013 рр. індекс інфляції мав тенденцію до спадання, проте вже в 2014 році спостерігається стрімке зростання показника, коли отримані дані перевищили показники минулого року на 24,4 %. Ця ситуація спричинена військовим конфліктом та погіршенням політичних та економічних стосунків. У 2015 році ріст індексу споживчих цін був вкрай стрімким у порівнянні з загальною динамікою за увесь період спостережень. Але вже починаючи з 2016 року йде поступове відновлення позитивної динаміки індексу споживчих цін, яка спостерігалася до 2014 року.

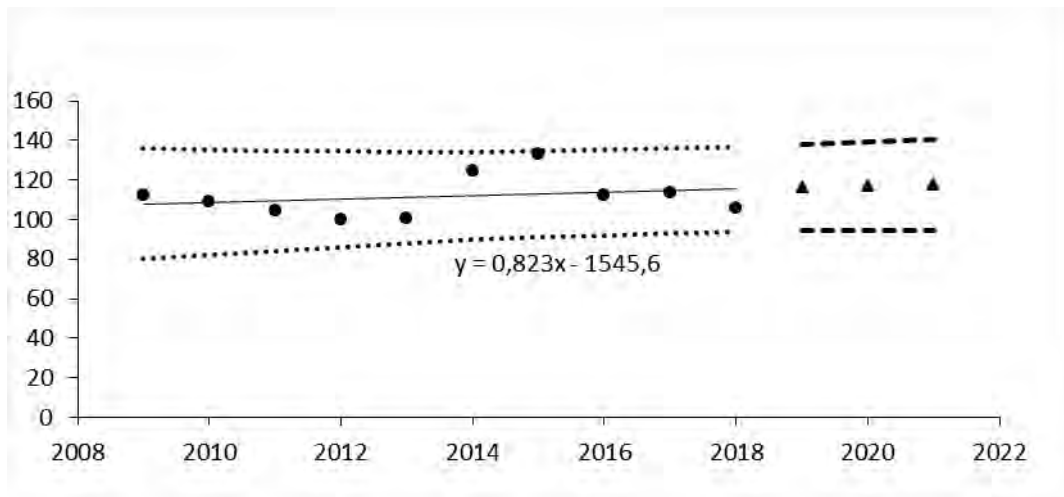


Рис.2. Динаміка індексу споживчих цін в Україні з 2009 по 2018 рр. та прогностичні оцінки на 2019, 2021 р.р., визначені з надійністю 0,95

За наявності нестабільного політичного і фінансового середовища в Україні, прогнозування індексу інфляції буде якісним на короткостроковий період.

За статистичними даними державного боргу та індексу споживчих цін були проведені дослідження економетричними методами. Побудовані відповідні моделі. Рівняння зазначені на Рис 1 та Рис 2. Перевірено якість економетричних моделей за критеріями Фішера та Стьюдента. Визначені інтервальні прогностичні оцінки державного боргу та індексу інфляції. Розраховані оцінки порівнюємо з прогнозованими за допомогою інших методів.

Прогностичні значення індексу споживчих цін в 2019 році - 100,36%, а вже починаючи з 2020 року індекс споживчих цін досягне даних 2012 року. В 2021 році очікується індекс споживчих цін 93,56 % (Рис.3).

Прогностичні значення індексу споживчих цін, визначені урядом, на 2019 – 2021 р.р., що становлять відповідно 100.366, 96.967, 93.57, знаходяться в довірчому інтервалі прогнозу моделі. Похибка дорівнює рівню значимості 0,05.

Отже, інфляція та державний борг є взаємодоповнюючими поняттями: державний борг впливає на зростання інфляції, а підвищення цін, у свою чергу, негативно впливає на виконання державного бюджету. При значному рості цін змінюється структура споживання, що призводить до порушення макроекономічної рівноваги та розбалансованості державного бюджету. За тривалої інфляції дефіцит бюджету накопичується і зростає внутрішня та зовнішня заборгованість держави.

МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНШІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Тхоржевський Д. О.

Університет митної справи та фінансів

Нинішня епоха є яскраво вираженою інформаційною епохою. Вона несе з собою значні очевидні блага, але з ними і притаманні цій епосі проблеми. На початку розвитку інформаційних технологій по причині малого поширення одночасно було «винайдено», багато тривіальних алгоритмів чи технічних рішень, таких вирішення задач пошуку, сортування, групування та інших подібних цим.

С поширенням інтернет знання стали більш доступними, і саме це дало змогу більш швидко створювати програмні продукти, тому що кожен новий програмний продукт включав в себе базові задачі, що були реалізовані десять і більше років тому. По причині такого обміну знаннями та готовими рішеннями(у вигляді кодової бази) ми зараз маємо саме такі темпи росту галузі. Тому можна сказати, що кожен сучасний програмний додаток базується на одному чи декількох інших, або на готових рішеннях. Такі готові рішення у різних мовах програмування підключаються по різному, але принцип завжди один: замінити реалізацію прототипуванням, що означає не робити самостійно реалізацію всього функціоналу продукту, а взяти готові рішення у вільному доступу(що можна безплатно взяти на таких ресурсах як github) і викростовивати лише виклики потрібних функцій замість реалізації.

С часом ми на проектах заснованих на інших проектах, будуються вже нові проекти, і ця ієрархія може бути майже бескінечною. Це і добре и погано одночасно.

Корінь проблеми в тому, що ми можемо відповідати за бібліотеки що підключаємо ми у свій продукт, але можливі ситуації коли ми і не маємо уявлення про те які бібліотеки підключають ті бібліотеки що ми підключили, це вже не кажучи про другий, третій і більш глибокі рівні ієрархії підключення.

Проблема дуже очікувана, із зростанням кількості інформації, закономірно постає питання у її актуальності. Я бачу тут наступні проблеми, які дуже легко упустити чи забути про них, але вони будуть впливати на ефективність роботи програмного продукту.

1. Сховані за рівнем ієрархії підключених бібліотек похибки в математичних розрахунках, фізичних константах, тощо.

2. Помилки зв'язані з сумісністю версій різних бібліотек, операційних систем, стеку технологій, тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бекетов Н. В. Информационная безопасность развития государства // Информационные ресурсы. 2004. № 6. С. 32–35
2. Урсул А. Д. Информатизация общества: социально-философские проблемы и перспективы // Теория и практика общественно-научной информации. 2000. № 1.

БЕЗЕХОВІ КАМЕРИ ЯК НЕСТАНДАРТИЗОВАНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ У ПРАКТИЦІ МИТНОГО КОНТРОЛЮ

Тарасенко Ю.С., Боздуган П.О., Вітюгова А.М.,
Дишко М.М., Філіпов М.С.

Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро

Проблема забезпечення достовірності інформаційної експертної бази як підсистеми інформаційної системи митного контролю фактично зводиться (з точки зору підтвердження заданим штатним вимогам при прийнятті рішень) до оцінки значень критерію достовірності контрольно-виміральної апаратури (КВА) з урахуванням методології менеджменту ризику [1]. Остаточний вибір рішення по використанню КВА (в першу чергу це відноситься до радіоапаратури) може бути оцінений тільки після її експериментальної апробації. При такій оцінці надійності та достовірності роботи КВА у практиці митного контролю пропонується використовувати режим безеховості, створюваний спеціальними методами і способами, які їх реалізують, наприклад, за допомогою безехових камер (БЕК) [2-5]. Будь-яка методика експериментального визначення якості БЕК може претендувати лише як на її алгоритм (на метрологічній мові це означає «програма») оцінки якості, а не на атестацію. У протилежному випадку необхідно задовольнити основні положення метрологічного забезпечення розробки, виготовлення й експлуатації не стандартизованих засобів вимірювань [6,7]. Безпосередньо сама програма метрологічної атестації таких нестандартизованих засобів вимірювань має включати не тільки вступну частину, але й такі розділи, як: - перелік метрологічних характеристик, що підлягають визначенню під час атестації; - операції й засоби метрологічних атестацій; - умови перевірки й підготовки метрологічної атестації; - порядок проведення метрологічних атестацій та обробка результатів вимірювання; - оформлення результатів метрологічних атестацій.

Відповідно до програми атестації необхідно визначити діапазон робочих частот безехової камери, її коефіцієнт безеховості, «уявну» ефективну площу розсіювання безехової камери, розміри безехової зони й ефективність екранування, застосовуючи, наприклад, методи визначення рівня відбитих сигналів у безеховій камері у процесі випробування конкретної спрямованої антени, а саме [8]: - метод порівняння діаграм; - метод визначення коефіцієнта стоячої хвилі у вільному просторі; - метод когерентної Фур'є – оптики або радіолографічний метод.

Таким чином, з наведених вище умов, нескладно визначити межу застосовності пропонованого режиму безеховості за допомогою БЕК, який не може варіюватися залежно від параметрів навколишнього простору й середовища утворення, не суперечать загальноприйнятим методам митного контролю, узгоджені з фізикою досліджуваних процесів та оцінки значень критерію достовірності КВА, і не погіршують прийняту для митного контролю похибку дослідження розсіювальних властивостей об'єктів у системах ближньої взаємодії, наприклад, реалізованих за допомогою ближньої та нелінійної радіолокації [9,10].

ЛІТЕРАТУРА

1. Строганова Е.П. Развитие принципа достоверности подтверждения соответствия. // Технологии информационного общества. Спецвыпуск Т-Comm, август 2009. С. 138-140.
2. Тарасенко Ю.С. Фізичні основи радіолокації. Дніпро: Пороги, 2011. 487 с
3. Маслов М.Ю., Самоков Л.М., Скачков Д.В. Испытательная безэховая камера диапазона 30..1200 МГц. Технологии информационного общества. Спецвыпуск Т-Comm, август 2009. С. 123-128.
4. Наконечный В.С., Присяжный А.Е., Побережный А.А. Электродинамическое моделирование с использованием безэховых камер СВЧ. Методика оценки коэффициента безэховости. Харківський університет повітряних сил. Системи обробки інформації. 2005, Вип. 9 (49). С.116-123.
5. Балабуха Н.П., Меньших Н.Л., Солосин В.С. Электромагнитное моделирование низкочастотной рупорной безэховой камеры. Пятнадцатая ежегодная научная конференция ИТПЭ РАН при поддержке IEEE-APS-LEOS-CHAPTER Сборник тезисов докладов. Под ред. д.ф.-м.н. В.Н. Киселя.– М.: ИТПЭ РАН. 2014. С. 51-53.
6. Метрологическое обеспечение разработки, изготовления и эксплуатации нестандартизованных средств измерений [Текст]: ГОСТ 8.326 – 78: введ. 01. 07. 79. – М: Изд-во стандартов, 1984.
7. Метрологическая аттестация средств измерений. State system for ensuring the uniformity of measurements. Metrological certification of measuring instruments. [Текст]: ГОСТ 8.326 – 89: введ. 01. 01. 91. – М: Изд-во стандартов, 1991.
8. Торгованов, В. А. Безэховые камеры [Текст] / В. А. Торгованов // Зарубеж. радиоэлектроника. 1974. № 12. – С. 20 – 46.
9. Каргашин В.Л., Ткач В.Н., Ткачев Д.В. Нелинейная ближняя радиолокация. Новые алгоритмы идентификации электронных устройств- Специальная техника, ОАО «Электрозавод». №6. 2006г. С. 42-48.
10. Мусабеков П.М., Паньчев С.Н. Нелинейная радиолокация: методы, техника и области применения . Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2000. № 5. С. 54-61.

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА АНАЛІЗ КОНТРОЛЮ ВПЛИВА
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ СИРОВИНИ І ГОТОВОГО
ПРОДУКТУ**

Білова Н.А., Сухацька І.Ю.

Університет митної справи та фінансів

Факторами, що впливають на псування продуктів харчування є волога, повітря, світло, температура і механічні дії при зберіганні і транспортуванні виробів.

У процесі зберігання більшість харчових продуктів піддається небажаним змінам, пов'язаним з погіршенням смаку і харчової цінності. Псування харчових продуктів найчастіше зумовлено: – розвитком мікроорганізмів, які виділяють токсини, що робить продукти небезпечними для людини. До таких мікроорганізмів належать, наприклад, *St botulinum*, спори якого відрізняються великою стійкістю до нагрівання; – біохімічними процесами, регульованими ферментами, які є природними каталізаторами хімічних реакцій. Ферменти виробляються живими організмами та не припиняють своєї діяльності після забою тварини або збирання плодів і овочів.

У контролі якості виділяють три сфери: контроль сировини, контроль власне виробничого процесу і контроль продукту.

Для запобігання харчових отруень велика увага приділяється, в даний час, мікробіологічним показникам (були випадки харчового отруєння через сальмонелу, кишкову паличку (*Escherichia coli*) і інших патогенних мікроорганізмів).

Необхідність контролю сировини зумовлена тим, що велика кількість його надходить не тільки від виробника, а також зі складів, та торгівельних підприємств, де воно може зберігатися певній час. Основний обов'язок відділів контролю якості - санкціонування застосування сировини для виробництва і контроль готового продукту. Перевірка - це не тільки контроль якості, вона має на увазі прийом сировини або вибраковування готового продукту.

Перевірка готового продукту повинна також включати обстеження запасів на складах і в сховищах. Багато підприємств включають в сферу обов'язків відділу контролю якості вивчення претензій і перевірку роздрібних торгових точок. Це дозволяє виявити можливі порушення вимог транспортування та зберігання, як сировини, так і готового продукту.

Контроль технологічного процесу виробництва є одним із основних засобів запобігання випуску нестандартної продукції, зміцнення технологічної дисципліни, зниження затрат і втрат на всіх стадіях виробництва.

Рівень якості харчових продуктів, їх безпечності та вартості виступають індикаторами соціальної стабільності держави. З погляду на це, перед харчовою промисловістю стоять завдання розробки та впровадження нових ресурсо- та енергозберігальних технологій для підвищення якості та харчової цінності продукції, яка б була конкурентоздатною не тільки на вітчизняному ринку, а й далеко за його межами. Досягти цього можна тільки за умови переходу галузі на інноваційну модель розвитку, яка може забезпечити відповідність якості вітчизняних харчових продуктів світовим стандартам.

Вирішення поставлених завдань неможливе без організації та ефективного здійснення вхідного контролю якості сировини й матеріалів, а також виробничого контролю напівфабрикатів і параметрів технологічного процесу та якості готової продукції. Закономірності змінення властивостей сировини під час її переробки, які відіграють вирішальну роль у формуванні показників якості готової продукції, лежать в основі методів і виборі приладів для визначення якості сировини.

МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ

Н. В. Халіпова

Університет митної справи та фінансів

В умовах швидкого зростання на ринку кількості логістичних підприємств проблема якісного обслуговування клієнтів набуває особливої актуальності. В останні роки активно розвиваються системи, методи та інструменти менеджменту якості та розширюється сфера їх застосування. Це обумовлено необхідністю виробництва конкурентних продукції та послуг, що неможливо без підвищення стандартів якості.

Покращення конкурентоспроможності та здатності динамічно реагувати на вимоги ринку, ефективне використання внутрішніх ресурсів транспортно-логістичних компаній неможливе без розвитку і впровадження процесного підходу в діяльності організації та застосування методів для статистичного управління якістю поставок.

Доповідь присвячено проблемі удосконалення якості транспортно-логістичних процесів на основі розвитку процесного підходу в діяльності організації та застосування методів для статистичного управління якістю процесів.

Сформовано двофазну модель для обґрунтування ефективних заходів управління якістю транспортно-логістичних процесів підприємства. Перша фаза передбачає впровадження та розвиток процесного підходу в організації. Супроводжувати бізнес на всіх етапах становлення та удосконалення процесного підходу дозволяє BPMS-система, механізм постійного поліпшення процесів якої дозволяє розвивати модель управління в компанії. Застосування можливостей BPMS-системи дозволяє не тільки збирати та упорядковувати статистичну інформацію по існуючим бізнес-процесам, а й контролювати чітко їх виконання. Друга фаза ґрунтується на застосуванні процесного підходу та включає статистичне управління якістю процесів шляхом оцінки параметрів та їх моніторингу. Передбачається отримання інформації про варіацію процесу, досягнення стану статистичної стабільності та одержання оцінок параметрів процесу в цьому стані з подальшим контролюванням стабільності процесів.

Запропоновано алгоритм для виявлення нестабільних процесів підприємства та визначення шляхів їх стабілізації на основі статистичного управління показниками якості та вдосконалення транспортно-логістичних процесів за допомогою контрольних карт. В основі алгоритму покладено застосування механізму покращення процесів, який впливає на розвиток моделі управління підприємством на основі повного циклу Демінга (PDCA). Функція контролю являє необхідний атрибут управління, який дозволяє виявити проблеми і скорегувати відповідно діяльність організації до того, як ці проблеми переростуть в кризу. Контроль здійснюється за допомогою попереднього аналізу виконуваних процесів.

Для статистичного управління процесами поставок логістичного підприємства проведено моделювання із використанням одного з головних модулів програмного пакету Statistica – промислової статистики та Шість Сигм. Моделювання із застосуванням контрольних карт дозволило виявити порушення стабільності процесів за контрольні межі.

Результати роботи сприятимуть прийняттю управлінських рішень, які стануть ключовими для успіху підприємства та можуть бути застосовані для подальших досліджень у напрямку вдосконалення якості роботи логістичних підприємств.

ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННА МОДЕЛЬ КІБЕРАТАКИ СИСТЕМИ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ

О.В. Іванченко

Університет митної справи та фінансів

На сьогоднішній день система корпоративного управління (СКРПУ) представляє собою сукупність комп'ютерного обладнання, програмного забезпечення, сервіс-орієнтованих хмарних ресурсів, засобів комунікації та обміну інформацією і розглядається як один з найважливіших об'єктів зловмисного втручання або впливів (ЗЛВ). Тому актуальним є завдання моделювання кібератак (КБА) на СКРПУ з урахуванням ЗЛВ на її фізичні (ФА), кібернетичні (КА) та хмарні (ХМА) активи. Будемо вважати, що КБА суттєво впливають на функціональну та інформаційну безпеку СКРПУ. На рис. 1 представлена схема реалізації окремої КБА на СКРПУ, яка проводиться шляхом ЗЛВ на ФА, КА та ХМА системи корпоративного управління.

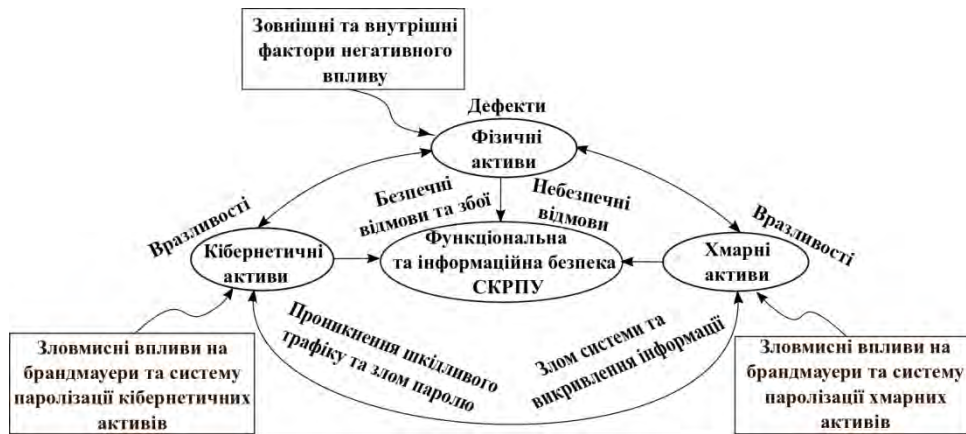


Рисунок 1 – Схема реалізації кібератаки на СКРПУ

Згідно рис. 1 загальна ТММ СКРПУ задається множиною декартових добутоків $CMS = \{H_{PhA}^{CMS}, H_{CbrA}^{CMS}, H_{CldA}^{CMS}, N_{CbrA}^{PhA}, N_{CldA}^{PhA}\}$ і записується у вигляді графіків відображень $\Omega(x_i)$, $\Omega(w_j)$, де $i = 1, 2, 3$ та $j = 1, 2$, що визначаються як:

$$H_{PhA}^{CMS} = \{(x_1, y_1) | x_1 \in M_{FF}^{PhA} \wedge y_1 \in M_{SS}^{CMS} \wedge \Omega(x_1) = y_1\}, \quad (1)$$

$$H_{CbrA}^{CMS} = \{(x_2, y_2) | x_2 \in M_{DMI}^{CbrA} \wedge y_2 \in M_{SS}^{CMS} \wedge \Omega(x_2) = y_2\}, \quad (2)$$

$$H_{CldA}^{CMS} = \{(x_3, y_3) | x_3 \in M_{DMI}^{CldA} \wedge y_3 \in M_{SS}^{CMS} \wedge \Omega(x_3) = y_3\}, \quad (3)$$

$$N_{CbrA}^{PhA} = \{(w_1, z_1) | w_1 \in M_{DMI}^{CbrA} \wedge z_1 \in M_{FF}^{PhA} \wedge \Omega(w_1) = z_1\}, \quad (4)$$

$$N_{CldA}^{PhA} = \{(w_2, z_2) | w_2 \in M_{DMI}^{CldA} \wedge z_2 \in M_{FF}^{PhA} \wedge \Omega(w_2) = z_2\}, \quad (5)$$

де M_{FF}^{PhA} – множина станів, що описують безпечні відмови та збої ФА; M_{DMI}^{CbrA} – множина станів, що описують ЗЛВ на КА; M_{DMI}^{CldA} – множина станів, що описують ЗЛВ на ХМА; M_{SS}^{CMS} – множина станів, що характеризують функціональну та інформаційну безпеку СКРПУ.

Моделювання пропонується виконувати в два етапи, а саме: на першому етапі – будується опорна ТММ кібератаки СКРПУ; перспективи реалізації другого етапу пов'язані з отриманням кількісних результатів марковського моделювання КБА.

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В АДМІНІСТРУВАННІ РОЗПОДІЛЕНИМИ БАЗАМИ ДАНИХ

В.Ю. Клим, О. В. Ісаєва

Університет митної справи та фінансів

Сучасні інформаційні системи із розподіленою архітектурою за останні роки стають все більш застосовними в області інформаційних технологій. Ця тенденція відбувається завдяки підвищеного запиту на збереження та управління базами даних

великого обсягу. І перш за все це стосується актуального питання створення та робочої реалізації державних інформаційних систем, направлені на основні функції держави: забезпечення соціальних послуг, супровід медичного обслуговування, митного контролю, роботи фіскальних служб, правоохоронних органів, судів і т.д. Саме такий тип складних інформаційних систем на основі розподілених баз даних (РБД) передбачає зв'язок і обмін даними між елементами на локальних рівнях (вузлах), які розташовані по всій території країни [1].

Водночас одна з головних переваг РБД – підвищення доступності даних – вельми ускладнює вирішення питання кібербезпеки інформаційної системи як на локальному рівні для кожного вузла, так і на глобальному рівні. Тобто складна структура РБД вимагає розгалуженої багаторівневої системи захисту інформації [2,3]. До відомих основних складових такої системи захисту інформації відносять наступні:

- до складу центрального серверу РБД включаються збережені процедури перевірки прав і повноважень користувачів, визначені моделями захисту, засобами контролю доступу, реалізованими у сервісі безпеки РБД;

- до складу кожного локального серверу БД включаються збережені процедури перевірки прав і повноважень локальних користувачів, визначені моделями захисту, засобами контролю доступу, реалізованими у сервісі безпеки БД локального рівня.

Вітчизняними спеціалістами з захисту інформації [4] проведено детальний аналіз NoSQL систем, який вказує на відсутність в деяких NoSQL функцій безпеки: підтримки автентифікації або авторизації. Тобто в таких випадках конфіденційні дані вимагають додаткових засобів захисту. До переваг РБД NoSQL автори відносять той факт, що у базах даних NoSQL основу системи безпеки складають технології шифрування і токенизації.

Таким чином, в роботі показано актуальність запиту на розробку складних інформаційних систем із розподіленою архітектурою; показано основні переваги і недоліки таких систем; сформульовані вимоги щодо захисту інформації в збереженні та управлінні РБД; розглянуто відомі методи і підходи щодо захисту сучасних РБД.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комплексна система захисту інформації – наступний рівень безпеки [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2803498-kompleksna-sistema-zahistu-informacii-nastupnij-riven-bezpeki.html> (14.10.2019)
2. Яковлев, Ю.С. О концепции построения и выбора распределенных баз данных информационно-поисковых систем / Ю.С. Яковлев // Математичні машини і системи. – 2003. – № 2. – С. 35 – 53.
3. Нетесін, І. Підхід до забезпечення безпеки розподілених баз даних / І. Нетесін // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2001. – Вип. 2. – С. 118 – 124
4. Спасітелева, С.О. Комплексний захист гетерогенних корпоративних сховищ даних / С.О. Спасітелева, В.Л. Бурячок // Сучасний захист інформації. – 2017. – №1. – С. 58 – 65.

USE OF NON-TRADITIONAL SMALL-SPREADED FRUIT PLANTS FOR EXPANSION OF HIGHLY BIOLOGICAL VALUE PRODUCTS

O.A. Lykholat, O.V. Vishnikina
University of Customs and Finance

Japanese quince is allocated in a separate genus *Henomeles* (*Chaenomeles*). *Henomeles* grows well in many countries of Europe, Central Asia. It is ubiquitous in Moldova. As a fruit crop, quince Japanese refers to the early. It begins to bear fruit for 3-4 years and with one bush, with good care, you can get up to 4-6 kg of fruits, and large-fruited varieties form an apple-shaped fruit weighing up to 50-70 g. The pulp of Japanese quince fruits is usually yellow or orange, and the skin is bright or pale yellow, sometimes white-pink flowers. *Henomeles* fruits are distinguished by an exquisite delicate aroma of lemon and other citrus fruits.

The content of vitamin C in *henomeles* fruits is several times higher than in lemon. They contain almost all groups of vitamins, including P, E, F, B, organic acids, macro- and micronutrients and other substances that are vital for a person.

The fruits of Japanese quince are used in official and traditional medicine. Due to the high potassium content, they have the ability to normalize blood pressure, prevent problems of the cardiovascular system. The combination of pectins with ascorbic acid in the fruits of *henomeles* promotes the excretion of heavy metals and radionuclides from the body, which is very important for areas with poor ecology. Tannins in combination with pectins have a therapeutic effect in inflammatory processes.

Due to the high content of stony cells in the pulp, the fruits of Japanese quince are very dense, have an astringent taste and are not used in raw form. When processed, they become an unrivaled delicacy. Stewed fruit, preserves, jellies, candied fruits, baked, in the form of medicinal decoctions, tinctures are so tasty and useful that they can occupy a worthy place in cooking.

The subjects of the study were 6 species of *henomeles*, namely, *Chaenomeles cathayensis* (Hemsl.) C.K. Schneid.), *Ch. Japonica* (Thunb.) Lindl. Ex Spach., *Ch. × californica* W. Clarke ex C. Weber, *C. × superba* (Frahm) Rehd.), *Ch. Japonica* var. *Maulei* (Mast.) Lavallee, *Ch. Speciosa* (Sweet.) Nakai.

The total antioxidant capacity of the fruit, which was expressed in mg equivalents of ascorbic acid / g dw was determined.

In the study of the biological value of fruits of different types of genome on the content of ascorbic acid, it was found that the fruits of the species *C. speciosa* antioxidant content is 565.8 ± 15.7 mg-ekivalent/ g dw, *C. cathayensis* - 1121.7 ± 27.5 , *C. japonica* - 885.6 ± 19.5 , *C. japonica* var. *maulei* - 872.3 ± 21.9 , *C. × superba* - 784.8 ± 16.8 , *C. × californica* - 937.7 ± 22.3 mg-ekivalent/ g dw.

Thus, among the fruits of the plants of the genus *Chaenomeles* Lindl. maximum antioxidant properties are fruits of *C. cathayensis* and *C. × californica* species. Fruits of *C. japonica*, *C. japonica* var. *maulei* and *C. × superba* also have high levels of ascorbic acid. As these species are determined by high resistance to the climatic conditions of Ukraine, they can be recommended for introduction into agricultural and individual gardening for the purpose of obtaining biologically valuable raw materials for the industrial production of functional products, and expanding the range of fruit products for owners of private plots.

INNOVATION TECHNOLOGY IN FUNCTIONAL FOOD PRODUCTION

O.A. Lykholat, O.V. Vishnikina, O.V.Sabirov
University of Customs and Finance

Functional foods are a new generation of foods, which wide assortment will allow consumers to optimize their diet due to balanced nutrients and provide real opportunities to reduce the risks of the nutrient deficiency of the organism, improve physical health and delay the onset of chronic non-communicable diseases and organism ageing.

Recently the scientific developments in the field of designing meat-based functional foods have been carried out by the following directions:

- organic raw materials that do not cause allergy;
- reduction of product calorificity, due to partial fat replacement in a recipe (inulin; plant fibers; chickpea protein isolate or starch; vegetables: boiled potato, Spanish salsify, celery and Jerusalem artichoke; leguminous; dietary fiber, products from seaweed; oil emulsion and powder of hazel; powder and extract of green tea; orange fiber; citrus pectin);
- modification of the fatty acid composition of raw materials and products (a reduction in the proportion of saturated fatty acids and an increase in the proportion of the monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids, natural trans-isomers, optimization of the ratio of w-6 and w-3 fatty acids) due to partial replacement of animal fat with vegetable oils (safflower, rapeseed, linseed, soybean, sunflower and corn oils) as well as marine lipids (extracts of fish lipids, fish oil); artificial fat tissue (blood plasma with polysaccharide additives);
- enrichment of raw materials and products with fat soluble vitamins and minerals (iodine, selenium, Cu, Mg, Mn, K and others);
- availability of biologically active substances in the product composition (by-product hydrolysates, biologically active peptides, carnosine, anserine, L-carnitine, glutathione, creatine or taurine);
- combined use of functional food ingredients in functional foods (pork collagen + wheat fibers; potato + carrageenan; inulin + wheat fibers+ broccoli or vegetable oil + broccoli sprouts; corn oil + seaweed fibers; linseed flour + kiwi flour; lyophilized parsley, parsnip, celery);
- functional foods with the antioxidant activity (lycopene, extracts of medicinal herbs, tea, citrus peel, sesame seeds, olives, grapefruit);
- enrichment of products with probiotics (lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*; *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*), prebiotics (xylooligosaccharides, oligosaccharides and dietary fiber, peptides), symbiotics;
- fermented meat products with long shelf-life (up to 6 months);
- «clean label» products, reduction in the level of carcinogens in meat products (replacement of sodium nitrite with vegetables having reducing substances/extract of *Puerariae radix*; replacement of phosphates with rice starch and/or fructooligosaccharides).

For the further development of the domestic industry of functional nutrition, it is necessary to intensify research aimed at the study of the mechanisms and acquisition of new knowledge about the means of imparting functional and special properties to foods, the conditions for preservation of these properties during the shelf-life and the study of the therapeutic effect of biologically active additives (vitamins, minerals and other substances), as well as other nutrients and their compatibility.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОГО СПРЯМУВАННЯ В ОПТИМІЗАЦІЇ СХЕМ ВИРОБНИЦТВА ТА ПОСТАЧАННЯ СИРОВИНИ

І.Ю. Леснікова

Університет митної справи та фінансів

Сучасний стан економічних відносин ставить перед галуззю транспорту не просто задачу з виконання переміщення вантажів, а й вимагає глибокої інтеграції в виробничі, постачальницькі та збутові процеси. Подібне розширення ролі зазначеної області приводить до впровадження задач транспортного спрямування для подальшої оптимізації виробничо-перевізного процесу і вимагає застосування інноваційних інформаційних технологій.

На стадії проектування необхідно виконати розрахунки і знайти оптимальний варіант будівництва промислового комплексу для виробництва металоконструкцій та складання їх у комплект для опор мереж електропередач. При цьому необхідно враховувати діючу транспортну мережу регіону та розміщення підприємств, що будуть постачати вихідну заготовку для проектувального промислового комплексу.

Питання моделювання виробничого процесу такого виду, що включає в себе процеси перевезення, важливе та перспективне у вирішенні поточних виробничих проблем та подальшого удосконалення процесу виробництва. Потребує розвитку підходів для вдосконалення існуючого виробничого процесу за рахунок розрахунку потужностей прокатних станів для забезпечення виробництва необхідної кількості комплектів протягом місяця з мінімізацією загального часу на підготовчі операції для складання комплектів металоконструкцій з урахуванням розміщення діючої транспортної мережі регіону.

Теоретичними проблемами оптимізації виробничої програми підприємства в різний час займалися такі відомі зарубіжні і вітчизняні учені, як А.Гранберг, Дж.Данциг, Л.Канторовіч, В.Новожілов, О.Орлов, В.Царьов та ін. Проте, не дивлячись на велику кількість фундаментальних праць і прикладних робіт по оптимальному плануванню, даний математичний апарат на сьогоднішній день так і не знайшов належного застосування в практиці планової роботи на підприємствах. Як показали проведені дослідження, широкому використанню оптимізаційних розрахунків в процесі формування виробничої програми в даний час перешкоджає наявність цілого ряду методологічних і методичних проблем, а також недостатнє опрацювання прикладних аспектів застосування методів оптимального планування на промислових підприємствах. Так, на сьогоднішній день немає чіткості у визначенні місця оптимізаційних розрахунків в процесі формування поточних і перспективних виробничих планів. Не визначена сфера застосування методів одноцільової і багатоцільової оптимізації виробничої програми. Відсутні теоретично обґрунтовані рекомендації щодо практичного використання багатоцільового підходу до оптимізації виробничої програми промислового підприємства.

Для розв'язання поставлених задач були використані математичні методи, що дозволяють оптимізувати виробничий процес та отримати позитивні економічні результати роботи підприємства з розгляданням питання оптимізації виробничих процесів за рахунок застосування задач транспортного спрямування. За допомогою задачі про максимальний потік можна визначити можливість поставки необхідного обсягу продукції від певної точки виробництва до конкретного складу відповідно до існуючих виробничих схем підприємства. У математичній моделі для вирішення поставленої проблеми запропоновано задачу лінійного програмування для знаходження

об'єму виробництва при використанні певного обладнання; за обмеження вказано можливість постачання заготовки певної продукції. За допомогою використання задачі про кільцевий маршрут знайдено послідовність проведення операцій з мінімізацією витрат на переналагодження обладнання у процесі виконання планового завдання підприємства. У розробленій методиці передбачено формування та системний аналіз базових факторів, таких як виробництво необхідної кількості певної продукції. Розроблено адаптовану під сучасні виробничі умови модель, яка включає вирішення питань, пов'язаних із вибором оптимального маршруту, побудовою економічно ефективних режимів постачання, знаходженням мінімальних простойв обладнання, попередньою оптимізацією транспортної існуючої транспортної мережі, виробництвом необхідної кількості продукції з мінімальними затратами.

Виконуючи аналіз отриманих результатів на кожному кроці рішення зазначеної проблеми з метою подальшої оптимізації, запропоновану математичну модель можна впроваджувати у виробничий процес будь-якого підприємства. Така модель дає змогу комплексно оптимізувати процеси підприємства та досягти поставлених цілей шляхом коригування існуючої транспортної мережі.

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ ПОСТАВОК ТА АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

В. В. Огліх¹, О. В. Шаповалов²

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

²Університет митної справи та фінансів

Розвиток економіки України неможливий без стабільного та ефективного функціонування транспортної системи. А втім, незважаючи на деяке покращення показників діяльності транспортної галузі, стан рухомого складу й інфраструктури засвідчують необхідність нагального реформування. Звертаємо увагу, що мова має йти саме про *digital transformation*, а не про інформатизацію і автоматизацію.

Необхідно знайти оптимальне число центрів постачання, місця їхнього розташування і прикріпити до них населені пункти для обслуговування, таким чином, щоб транспортні витрати між центральним складом, центрами постачання і пунктами обслуговування були мінімальними.

Математична модель задачі оптимального розміщення формується в такий спосіб.

Нехай зв'язний зважений граф $G(X^0, X, A^0, A)$ задано множинами вершин $X^0 = \{x^0\}$, $X = \{x_i\}$, $i = 1, \dots, N$ та множинами ребер $A^0 = \{a^0_{ij} = \{(x^0, x_i)\}$ $A = \{a_{ij} = \{(x_i, x_j)\}$, $i, j = 1, \dots, N$.

Центральному складу у графі G відповідає вершина $x^0 \in X^0$, а пунктам обслуговування вершини $x_i \in X$, $i = 1, \dots, N$. Ребра a^0_{ij} відповідають шляхам між центральним складом і пунктами обслуговування, а ребра a_{ij} – ділянкам автомобільних доріг між пунктами x_i і x_j , $i, j = 1, \dots, N$.

Кожній вершині $x_i \in X$, $i = 1, \dots, N$ приписана вага $V = \{v_i\}$, $i = 1, \dots, N$, v_i – сумарний попит у вершині x_i за період між поставками.

Кожному ребру a^0_{ij} множини A^0 приписана вага — вектор (l^0, v_i) , де l^0 – відстань між вершинами x^0 та x_i , а v^0 – тариф на перевезення вантажу даним видом транспорту на 1 км.

Кожному ребру a_{ij} множини A приписана вага — вектор (l_{ij}, v_{ij}) , де l_{ij} — відстань між вершинами x_i та x_j , а v_{ij} — тариф на перевезення 1 т вантажу даним видом транспорту на 1 км між вершинами (пунктами) x_i та x_j , $i, j = 1, \dots, N$.

Граф G потрібно покрити p -зірками $G_k (X_k^0, X_k, A_k^0, A_k)$ $k = 1, \dots, M$, таким чином, щоб одна вершина належала множині X^0 , а інші множині X .

Центр зірки k — вершина X_k^0 , де $k = 1, \dots, M$.

Покриття потрібно здійснити таким чином, щоб сумарні витрати на перевезення товарів до пунктів обслуговування були мінімальні. Функція витрат повинна досягати мінімуму

$$z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \xi_{ij} l_{ij} * p_{ij} * v_{ij}.$$

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо вершину } x_i \text{ приєднано до вершини } x_j; \\ 0, & \text{якщо інакше.} \end{cases}$$

за умов $\sum_{i=1}^N \xi_{ij} = 1$;

$$\sum_{i=1}^N \xi_{ii} = M;$$

$$\xi_{ij} \leq \xi_{ii} \quad \forall i, j = 1, \dots, N.$$

Задача розміщення складів є складною, належить до класу NP. Складність рішення практичних задач розміщення складів визначається не додатковими обмеженнями, а властива природі самої задачі про p — медіану.

ЩОДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

Тарасенко Ю.С., Кузьменко Д.С.

Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро

У сучасному світі поняття інформація можна трактувати як дещо в основі буття, що забезпечує достовірність і цілісність в пізнавальній, науково-практичній, виробничій, побутової та інших сферах життєдіяльності людини. Очевидно, що в залежності від конкретної сфери діяльності завжди можливе уточнення цього смислового поняття «інформація», - аж до введення конкретної кількісної та/або семантичної оцінки. Так наприклад, в сфері телекомунікацій за одиницю виміру інформаційної ємності і кількості інформації (повідомлення) прийнятий один біт, а у видавничій діяльності - один друкований аркуш. Інформація у вигляді будь-якого повідомлення є також і характеристикою співвідношення між цим повідомленням і його споживачем. Без наявності споживача, хоча б потенційного, говорити про інформацію безглуздо. Таким чином, можна констатувати, що в поняття «інформація» закладені відомості про об'єкти і явища навколишнього середовища, їх параметри, властивості і стан, які сприймають в процесі життєдіяльності людини і роботи інформаційних систем (ІС), - тобто систем, що реалізують інформаційні моделі конкретної предметної області, найчастіше - будь-якої сфери людської діяльності.

Будь-яке (випадкове або навмисне) спотворення достовірності або порушення цілісності інформації може призвести до дезінформації, яка реалізується без злого умислу або свідомо. В останньому випадку джерелом є завжди зловмисник. Тому ІС, засоби захисту інформації (ЗЗІ) та процес оптимізації їх використання в залежності від співвідношення потенційних загроз і можливостей знищення них підлягають захисту

и апіорі потребують серйозних економічних витрат. Величина таких витрат зазвичай визначається на фоні невизначеності як при розділенні інформаційних ресурсів на категорії, так і ЗЗІ по їх цінності при оцінюванні еквівалентної вартості експлуатації самих засобів, не виключаючи заходи щодо запобігання атак на них, наприклад, в процесі використання їх побічних електромагнітних випромінювань і наводок [1,2].

Невизначеність проявів ризиків завжди присутній при будь-якому прийнятті рішень (виборі) з оцінки (недооцінки / переоцінки) важливості інформації і потенційних для неї загроз, надмірності (недостатності) ЗЗІ та надійності використовуваних методів захисту і т.д. Оскільки ЗЗІ є невід'ємною частиною безпосереднього процесу захисту інформації (і головною при виявленні і відображенні інформаційних загроз і ліквідації наслідків їх прояву [3]), то ефективність і доцільність використання ЗЗІ з точки зору як їх кількісної оцінки, так і усієї використовуваної при реалізації комплексу систем захисту інформації від зловмисника в цілому, може бути оцінена фактично з імовірнісних позицій, наприклад, при використанні принципу невизначеності.

Принцип невизначеності добре відомий в квантовій механіці, радіолокації, при оптимальному прийомі і обробці сигналу, так званої оптимальної фільтрації, і навіть при поясненні «парадоксу брехуна», розглядаючи квантову механіку закономірності сприйняття [4].

Мінімізація негативних наслідків від впливу на захищену інформаційну інфраструктуру і від отримання критичної шкоди [5] залежить, перш за все, від найбільш вразливого компоненту захищеної ІС при оцінці потенційних ризиків в часовому інтервалі їх реалізації (впливі). Тоді пропонується, (задаючи імовірнісний рівень потенційної загрози і її тимчасову протяжність у вигляді деякого функціоналу), оцінювати поведінку конкретної загрози або всіх потенційно можливих загроз і ризиків (у том числі і від ЗЗІ) шляхом обчислення їх взаємно кореляційних інтегралів. Отримані таким образом значення оцінюються пороговим пристроєм (рівень якого обирається за критерієм Неймана-Пірсона або ідеального спостерігача і відповідає рівню допустимого ризику), що автоматичне забезпечують ранжування ефективності захисту. Останнє і сприяє прийняттю рішення щодо нівелювання рівня апіорної невизначеності в стратегічному і тактичному плані вибору ІС та ЗЗІ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кондратьев А.В. Техническая защита информации. Практика работ, по оценке основных каналов утечки. – М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – 304с.
2. Киреева Н.В., Семенов А.В. Утечка информации по каналам ПЭМИ и способы их защиты // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8-4. – С. 499-504
3. Кубанков А.Н., Кубанков Ю.А. Свойства процесса защиты информации, определяющие его качество // Стандарты и качество. 2016, № 9. С. 104-107
4. Букалов А.В. Мышление и квантовая физика: теоремы Геделя, Тарского и принцип неопределенности. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика», - 2001.
5. Кубанков А.Н., Кубанков Ю.А., Симонов П.И. Подходы к комплексному измерению качества защиты информации. // Технологии информационного общества. Тезисы докладов московской отраслевой научно-технической конференции. 2017, С. 280-281.

МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ



“МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ – 2019”

ТЕОРІЯ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ І МЕХАНІКИ, КОМП’ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

ПРИНЦИПИ, МЕТОДИ ТА ФОРМИ НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Крилова Т.В.

Дніпровський державний технічний університет

«Навчання – цілеспрямований процес передачі і засвоєння знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини» [1].

Навчання визначається, зокрема принципами, методами та формами.

«Принципи навчання – основні вихідні вимоги до організації навчального процесу» [2].

Принципами навчання є

- принцип єдності освітньої, розвивальної та виховної функцій навчання,
- принцип науковості змісту і методів навчання,
- принцип систематичності та послідовності,
- принцип міцності знань,
- принцип доступності,
- принцип свідомості й активності тих, хто навчається,
- принцип наочності,
- принцип зв’язку навчання з практикою,
- принцип індивідуалізації

Принципи навчання реалізуються через навчальні програми, плани, підручники, посібники, через використання технічних засобів навчання та комп’ютерної техніки, через систему лекцій, практичних занять та семінарів, через здійснення позанавчальної роботи зі студентами.

До нетрадиційних принципів навчання відносяться

- принцип демократизації навчання,
- принцип виховання здорової особистості,
- принцип диференціації навчального процесу,
- принцип навчально-виховного процесу,

- принцип нетрадиційності системи навчання.

Методи навчання поділяються на три групи [3] .

До першої групи відносяться методи організації навчально-пізнавальної діяльності студентів, а саме:

- словесні (словесно-інформаційні, словесно-евристичні, словесно-дослідницькі),
- наочні (наочно-інформаційні, наочно-евристичні, наочно-дослідницькі),
- практичні (практично-репродуктивні, практично-евристичні, практично-дослідницькі),
- проблемно-пошукові,
- індуктивно-дедуктивні.

До другої групи методів навчання відносяться методи стимулювання навчально-пізнавальної діяльності студентів, а саме: пізнавальні ігри, навчальні дискусії, емоційний вплив викладача, заохочення навчальної діяльності, тактовне покарання.

До третьої групи методів навчання відносяться методи контролю та самоконтролю в навчанні [4, 5]:

- опитування,
- контрольні та самостійні роботи,
- тестування,
- самоконтроль.

Прийоми навчання поділяються на дидактичні:

- порівняння,
- спростування,
- обґрунтований доказ,
- узагальнення,
- оцінка видів діяльності,
- виведення формули або закону на основі власних знань,

та методичні (розв'язання різних завдань за зразком).

Вибір методів навчання визначається педагогічною майстерністю викладача і залежить від теми лекції, віку студентів, рівня їх загального і математичного розвитку. Спираючись на науковий аналіз фактів і одержаних результатів навчання студентів, кожний викладач обирає свій власний підхід до використання традиційних або нетрадиційних методів навчання, щоб дати студентам широке коло знань, розвивати їх творчі здібності, щоб студенти добре та охоче навчалися.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко С.У. Український педагогічний словник. – К.:Либідь, 1997. – 376 с.
2. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України; головний ред. В.Г. Кремень. – К.: Юрінком Інтер, 2008. – 1040 с.
3. Крилова Т.В. Класифікації методів навчання // Дидактика математики: проблеми і дослідження: міжнар. збірник наук. робіт. – Вип. 40. – Донецьк: ДонНУ, 2013. – С. 23-28.
4. Крилова Т.В. Педагогічний контроль у вищій школі // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету / Дніпродзержинськ: ДДТУ.– 2015. – Випуск 1 (26). – С. 235-239.
5. Крилова Т.В. Самостійна робота студентів та контроль за її виконанням // Матеріали міжнар. наукової конференції «Проблеми математичної освіти» (ПМО-1017), м. Черкаси, 26-28 жлвтня 2017 р. – Черкаси: Вид. ФОН Гордієнко С.І., 2017. – С. 38-39.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КУРСІ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ ТА СОЦІАЛЬНІЙ СФЕРІ

Стеблянюк П.О.

Університет митної справи та фінансів

Прогнозування станів будь-яких об'єктів є актуальною і не розв'язаною на даний час проблемою. Більшість підручників та монографій присвячених прогнозуванню розглядають класичні методи та популярне середовище побудови прогнозних моделей Microsoft Excel. Всі вони розкривають передові досягнення сучасних методів, але їх не завжди легко повторити. Тому ціль даного курсу є огляд методів прогнозування, а також комп'ютерних та програмних засобів побудови таких моделей.

Одним із наслідків швидкого розвитку сучасних підходів до вивчення складних явищ і процесів різної природи, на основі методології системного аналізу, є виникнення нової наукової дисципліни про закономірності розробки прогнозів, яка отримала назву прогностика. В якості об'єктів прогнозування можуть виступати економічні процеси, явища, події, на які спрямована пізнавальна і практична діяльність людини. При цьому прогнозування розглядається як частина процесу управління, основне завдання якого зводиться до визначення попередньої орієнтації управління на можливі зміни станів об'єктів управління і їх функціонування в майбутньому. У міру розвитку прогностики отримали трактування такі поняття як «система прогнозування», «прогностичний комплекс», «прогностична модель», активно розробляються схеми класифікації як об'єктів, так і методів прогнозування, формуються нові проблеми прогнозування, відпрацьовується їх більш точна постановка і формулювання. Іншими словами, прогностика стала тісно пов'язаною з теорією систем і системним аналізом, за допомогою яких реалізується побудова «каркаса» методів і алгоритмів. Проводиться описання основних тенденцій та процесів еволюційного розвитку складних систем, виділення сукупності істотних факторів, що визначають динаміку розвитку, моделювання цільових вимог і можливих засобів реалізації цілей.

Зазвичай виділяють структурний та формалізований підходи до побудови прогнозних моделей. Під структурним підходом розуміють дослідження закономірностей безпосередньо об'єкта, який продукує часові ряди, а під формалізованим - побудова часових рядів, які є похідними певних процесів моделювання, які поділяють на лінійні та нелінійні. Застосовуються і такі підходи до прогнозування часових рядів, як нейронні мережі, теорія нечітких множин, адаптивні фільтри та ін.

У доповіді розроблено структуру навчально-методичного комплексу для поглибленого вивчення курсу **«Прогнозування та моделювання в економіці та соціальній сфері»** для майбутніх спеціалістів з кібербезпеки. Вона складається з навчальної програми, предметної моделі студента університету із питань математичного моделювання; методичного посібника **«Індивідуальні домашні завдання до курсу Прогнозування та моделювання в економіці та соціальній сфері»**; методичного посібника для самостійної роботи студентів та відповідного курсу лекцій.

НОВІТНІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕАЛІЗАЦІЇ ВИКЛАДАННЯ КУРСУ СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ

Стеблянко П.О., Петров О.Д., Демічев К.Е.

*Університет митної справи та фінансів,
Київський міжнародний університет*

Інтеграція України до європейської освітньої системи вимагає модернізації вітчизняної системи вищої освіти, що вмотивовано необхідністю переходу до прагматичної філософії освіти, спрямованої на підготовку випускників вищих навчальних закладів до конкретного ринку праці. Це означає, що в процесі навчання студенти повинні опанувати способи дій, притаманні їхній майбутній професійній діяльності.

Мета вищої освіти майбутніх спеціалістів з кібербезпеки полягає в підготовці кваліфікованого компетентного фахівця, конкурентоспроможного на ринку праці, який вільно володіє професією та орієнтується в суміжних галузях діяльності, засвідчує готовність до постійного професійного зростання, соціальної й професійної мобільності. Одним зі шляхів розв'язання окресленої проблеми є оновлення системи підготовки фахівців із вищою освітою, орієнтація змісту та організації навчання на компетентнісний підхід і пошук ефективних способів його впровадження.

Суттєву роль у цьому процесі відіграє математика як універсальна міждисциплінарна мова для опису інженерних об'єктів і процесів та як універсальний інструмент професійної діяльності спеціаліста з кібербезпеки. Якісний математичний складник вищої інженерної освіти – необхідна умова формування професійної компетентності випускника університету, що повинен володіти математичними методами: моделювання, оптимізації, прогнозування. З огляду на вимоги сьогодення й перспективи розвитку вищої освіти, навчання математики студентів технічних напрямів підготовки має вийти на новий якісний рівень.

У доповіді розроблено структуру навчально-методичного комплексу для поглибленого вивчення вищої та прикладної математики для майбутніх спеціалістів з кібербезпеки.

Вона складається з навчальної програми зі спеціальних розділів математики для студентів технічних напрямів підготовки, предметної моделі студента університету із математики; методичного посібника *«Індивідуальні домашні завдання по спеціальним розділам математики»*; методичного посібника для самостійної роботи студентів *«Тестові завдання по спеціальним розділам математики»*; навчального посібника *«СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ МАТЕМАТИКИ для спеціалістів з кібербезпеки»*.

Запропоновано системи завдань, спрямовані на послідовне опанування математичних навчальних дій за умови створення повної орієнтувальної основи діяльності й використання новітніх інформаційно-комунікаційних технологій.

ПИТАННЯ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКЛАДАННЯМ КУРСУ «МОДЕЛІ КОРПОРАТИВНОЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ»

Стеблянюк П.О.

Університет митної справи та фінансів

У роботі С. Zimmerman Ten Strategies of a World-Class Cybersecurity Operations Center (2014 Produced by MITRE Corporate Communications and Public Affairs International Standard, Printed in the United States of America. Book Number: 978-0-692-24310-7) детально описується десять ефективних стратегій, яких повинен дотримуватись оперативний центр кібербезпеки (CSOC - cybersecurity operations center **Центр операцій з кібербезпеки**). Детально описано кожний стратегічний напрямок, включаючи те, як вони поєднуються людьми, процесами та технологіями. Глибоко досліджуються конкретні сфери, що хвилюють CSOC, починаючи від кількості аналітиків, які необхідні, і те де розмістити сенсорні технології.

Це такі напрямки:

1. Консолідація функції моніторингу, виявлення, реагування, координація та класифікація інцидентів, експлуатація та обслуговування комп'ютерних мереж.

2. Досягнення балансу між розміром та швидкістю реагування, для ефективного виконання місії CSOC.

3. Надання CSOC повноважень виконувати свою роботу шляхом ефективного організаційного розміщення, а також для проведення відповідної політики та процедур.

4. Зосередженість на кількох основних заходах, які CSOC добре здійснює, і уникає тих, яких вона не може або не повинна робити.

5. Перевага якості персоналу над кількістю, використовуючи для роботи висококваліфікованих фахівців, які забезпечують баланс м'яких та твердих навичок і шукають можливості для зростання кваліфікації.

6. Реалізація усього потенціалу кожної технології шляхом ретельного інвестування та великої зацікавленості, обізнаності та компенсація обмежень кожного з таких інструментів.

7. Особлива увага до збору даних та розміщення датчиків з метою максимізації їх сигналів і мінімізації шумів.

8. Ретельний захист системи, інфраструктури та даних CSOC, забезпечуючи при цьому доброзичливість та ефективне спілкування з учасниками.

9. Бути витонченим споживачем та виробником розвідувальних даних про кіберзагрози. Надавати повідомлення про кіберзагрози, поради щодо інцидентів та інші приписи CSOC.

10. Відповідати на інциденти спокійно, розраховано та професійно.

З урахуванням всього цього основними завданнями викладання навчальної дисципліни «Моделі корпоративної кібербезпеки» є формування знань, умінь і навичок, необхідних для раціонального використання засобів сучасних інформаційно-комунікаційних технологій при розв'язуванні задач, пов'язаних з опрацюванням інформації, її пошуком, систематизацією, зберіганням, поданням, передаванням; вивчення принципів розробки інформаційних систем в сфері захисту інформації; формування навичок студентів в реалізації опції SEaaS, які пропонують інтернет-провайдери. Захист від DDOS, аутентифікація, спам захист, виявлення мережевих вторгнень, тестування на виявлення вразливостей, управління інцидентами.

Метою дисципліни «Моделі корпоративної кібербезпеки» є формування базису, який передбачає описання та роз'яснювання процесів, що відбуваються у сфері інформаційної та кібернетичної безпеки, формування розуміння закономірностей

процесів при захисті інформації в інформаційних й кібернетичних системах, а також формування знань про безпеку, як послугу (Security as a service - SEaaS), яка, з використанням SEaaS, дозволяє фахівцям з кібербезпеки розбудовувати глибоко ешелонований захист від атак із зовні, оскільки перевірка та фільтрація трафіку відбувається ще до того як він досягнув активного обладнання мережі призначення.

ЩОДО ДІАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, СФОРМОВАНИХ В ПРОЦЕСІ МАТЕМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 073 «МЕНЕДЖМЕНТ»

І.К. Карімов

Дніпровський державний технічний університет

Відповідно до стандарту вищої освіти за спеціальністю 073 «Менеджмент» випускники повинні набути ряд компетентностей, зокрема [1]:

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу;

ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК8. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Для забезпечення цих компетентностей до освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів вводяться відповідні навчальні дисципліни. Однією з них є дисципліна «Оптимізаційні методи і моделі» (ОММ), вивчення якої передбачає комплексне формування всіх вказаних компетентностей на рівні, що забезпечується попередньою підготовкою здобувачів освіти. Перевірка ступеню сформованості заявлених компетентностей здійснюється шляхом виконання студентами комплексної контрольної роботи (ККР ОММ).

ККР ОММ проводиться за тестовими технологіями. Кожне завдання містить сім питань: п'ять питань I рівня, одне питання II рівня і одне питання III рівня складності.

I рівень – це запитання репродуктивного характеру, які охоплюють всі розділи робочої програми дисципліни. До кожного такого завдання дано кілька варіантів відповідей, одна з яких правильна. Студенту досить вказати вірний варіант відповіді.

II рівень включає більш складні завдання на 2-4 логічних кроки, а їх розв'язання потребують дещо ширшого кола знань, вмінь і практичних навичок. Для відповіді на завдання II рівня необхідно записати основні викладки та остаточний результат. Задачі спрямовані на перевірку навичок формулювання і попереднього аналізу задач лінійного програмування.

III рівень включає найскладніші завдання, які передбачають побудову комп'ютерно орієнтованих моделей, їх реалізацію за допомогою сучасних інформаційних технологій і економічну інтерпретацію одержаних результатів.

Відповідь на кожне питання I рівня класифікується як правильна чи неправильна. За правильну відповідь нараховується 10 балів, за неправильну відповідь – 0 балів.

Відповідь на кожне питання II та III рівнів класифікується як правильна чи неправильна, повна чи неповна, точна чи неточна.

За правильну, повну і точну відповідь на питання II рівня нараховується 20 балів, на питання III рівня – 30 балів. Якщо відповідь неправильна, вона оцінюється в 0-5 бали для питання II рівня і 0-8 балів для питання III рівня в залежності від кількості правильно виконаних логічних кроків. За кожну неповну відповідь нараховується 6-15 балів для питання II рівня і 9-24 балів для питання III рівня. За кожну неточну відповідь – від 16 до 19 балів для питання II рівня і від 25 до 29 балів для питання III рівня.

Відповідь вважається правильною та повною, якщо розв'язання задач та прикладів виконано безпомилково, у правильній послідовності до остаточного результату; наведені необхідні схематичні креслення та графіки. Відповідь, яка має незначні математичні помилки або неточності, вважається неточною. Максимально можлива кількість балів, що може бути нарахована за завдання, дорівнює 100 балів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стандарт вищої освіти за спеціальністю 073 «Менеджмент» галузі знань 07 «Управління та адміністрування» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти // URL: https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni_standarty/12/21/073-menedzhment-bakalavr.pdf (дата звернення: 30.03.2019).

СТАНДАРТНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОДЕЛЮВАННІ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

О.О. Павлюченко, І.К. Карімов
Дніпровський державний технічний університет

Одним з основних методів дослідження економічних процесів є математичне моделювання. Воно полягає в створенні математичної моделі відповідного процесу з подальшою її реалізацією за допомогою математичних методів. Зрозуміло, що дослідник, який вдається до математичного моделювання, повинен мати серйозну математичну підготовку та стійкі практичні навички застосування найбільш вживаних методів та алгоритмів. З врахуванням реалій сьогодення процес моделювання можна суттєво спростити шляхом використання стандартних інформаційних технологій, зокрема, на основі математичних пакетів типу Mathcad та табличних процесорів типу MS Excel. В даній доповіді проведений порівняльний аналіз вказаних вище інструментальних засобів на прикладі двох типових для економістів та управлінців задач: оптимального розподілу обмежених ресурсів та прогнозування динаміки зміни економічних показників на основі статистичних даних.

Як відомо, перша з вказаних задач вирішується в два етапи. На першому етапі виконується математична постановка задачі, в процесі якої початковий словесний опис зводиться до суто математичної задачі пошуку максимуму цільової функції з врахуванням системи обмежень на незалежні змінні. На другому етапі вирішується власне математична задача і саме на цьому етапі можуть бути використані комп'ютерні пакети типу Mathcad або MS Excel. Використання передбачає проведення першого етапу в повному обсязі, оскільки в середовищі цієї програми перед зверненням до стандартної функції пошуку максимуму необхідно явно записати і цільову функцію, і відповідні обмеження. В разі використання табличного процесора MS Excel можна також спочатку формалізувати задачу, а потім записати цільову функцію і обмеження в відповідні поля вікна *Поиск решения* в середовищі MS Excel. Альтернативний варіант вирішення задачі за допомогою MS Excel передбачає представлення всіх відомих даних задачі у вигляді таблиці, в окремий рядок якої вводиться початковий план (певні значення шуканих змінних), а в окремий стовпчик – формули для обчислення обсягів сировини, необхідної для виконання даного плану. В таблиці виділяється також комірка, в яку вводиться формула для обчислення прибутку від реалізації плану, що розглядається. Далі заповнюються відповідні поля вікна *Поиск решения* і реалізується процедура пошуку оптимального плану. Таким чином, побудова математичної моделі

фактично зводиться до такої організації таблиці, при якій явно вказані всі дані, необхідні для прийняття рішення. Стандартний засіб *Поиск решения* використовується за принципом «чорної скриньки».

При прогнозуванні динаміки зміни економічних показників на основі статистичних даних в Mathcad спочатку будується регресійна залежність, яка потім використовується для розрахунку прогнозних значень для потрібних періодів. Як правило, при цьому використовуються спеціальні стандартні функції, зокрема, *exffit*, *pwrfit*, *logfit*, *medfit*, тощо. В MS Excel, окрім такого ж підходу, можуть бути використані функції, що обчислюють прогнозні значення без явної побудови регресійних залежностей (наприклад, ТЕНДЕНЦИЯ, ПРЕДСКАЗ, РОСТ), а ряд функцій для побудови регресійних залежностей (наприклад, ЛИНЕЙН, ЛГРФПРИБЛ) надають ще й додаткову статистику, яка використовується при оцінці якості побудованої моделі. Заслугує на увагу й підхід, заснований на безпосередній побудові ліній тренду засобами МАСТЕРА ДИАГРАММ.

Аналіз особливостей застосування Mathcad і MS Excel на прикладі розглянутих задач свідчить про відсутність принципових переваг одного з інструментальних засобів над іншим. В той же час можна відзначити простоту процедури вирішення багатьох задач в MS Excel, яка разом з доступністю цієї програми свідчить на користь застосування саме цього засобу.

ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ПРИНЦИПІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, СФОРМОВАНИХ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАТИКА ТА ПРИКЛАДНА ЛІНГВІСТИКА»

Волосова Н.М.

Дніпровський державний технічний університет

Завдяки інформаційному прогресу сучасне суспільство має дуже стрімкий розвиток. Враховуючи динамічність розвитку інформаційно-комунікаційних технологій, лише за кілька років знання стають застарілими та втрачають свою актуальність. Тому виникає необхідність у соціально і професійно активній особистості, яка володіє високою компетентністю, професійною мобільністю, самостійністю, вмінням постійно удосконалювати свої професійні навички, професійно реалізовувати подальше творче зростання.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти спеціальності 035 «Філологія» мають здобути наступні компетентності:

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі філології (лінгвістики, літературознавства, фольклористики, перекладу) в процесі професійної діяльності або навчання, що передбачає застосування теорій та методів філологічної науки і характеризується комплексністю та невизначеністю умов. Серед загальних компетентностей:

ЗК 6. Уміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК 13. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій, зокрема для вирішення стандартних завдань професійної діяльності.

Серед програмних результатів навчання є:

ПРН 8. Використовувати інформаційні й комунікаційні технології, зокрема для вирішення стандартних завдань професійної діяльності.

Питання розробки принципів та засобів діагностики сформованості компетенцій є найбільш складним, але в той же час важливим для практичного вирішення. Інструментарієм вимірювання та оцінювання компетенцій, крім традиційних методів контролю, є: контекстні завдання, тести, проекти, кейс-вимірювачі. До контекстних відносять завдання, які зустрічаються в тій чи іншій реальній ситуації. Їх зміст створює умови для застосування та розвитку знань при вирішенні проблем, здатних виникати в реальному житті.

При розробці контрольних завдань слід дотримуватися наступних принципів:

- завдання повинно мати особистісну значимість для студента, розглядати проблеми, які можуть виникати у повсякденному житті або бути пов'язаними з майбутньою професійною діяльністю;
- ситуація, описана в завданні, повинна забезпечувати можливість комплексної перевірки рівня підготовленості студента;
- контекст завдання не повинен містити підказки, спрямованої на вирішення поставленої проблеми;
- завдання може мати кілька варіантів рішення, з яких хоча б одне не відповідає умовам заданої ситуації.

Для діагностики набутих компетентностей студентів розроблений комплекс різнорівневих завдань з кожної теми дисципліни і комплексного творчого завдання, пов'язаного з майбутньою професійною діяльністю.

ДО ПИТАННЯ ДІАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, СФОРМОВАНИХ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ВСТУП ДО ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ»

Волосова Н.М.

Дніпровський державний технічний університет

Метою вивчення дисципліни «Вступ до теорії ймовірностей» студентами спеціальності 054 «Соціологія» є формування базових знань з основ застосування ймовірнісно – статистичного апарата, вивчення студентами основних питань ймовірнісного моделювання, методів обчислення ймовірностей та обчислення числових характеристик випадкових величин, основних розподілів випадкових величин, методів первинної статистичної обробки та методів оцінювання достовірності моделей та її параметрів, методів розрахунків основних статистичних характеристик із застосуванням ПЕОМ для розв'язування теоретичних і практичних задач.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти мають здобути ряд компетентностей, серед яких:

ЗК 3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ФК 4. Здатність продемонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів, необхідних в практиці професійної діяльності соціолога.

Серед програмних результатів навчання:

ПРН 2. Знання і розуміння історії, філософії, політології, психології, педагогіки, правознавства, економіки, математики тощо на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПРН 3. Розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Соціологія».

ПРН 12. Вміти використовувати обчислювальну техніку та сучасне програмне забезпечення в професійній діяльності.

Застосування інноваційних технологій на заняттях при підготовці майбутніх спеціалістів сприяє підвищенню рівня пізнавальної самостійності, високому ступеню наочності й безперервному самоконтролю, засвоєнню знань та умінь, формуванню необхідних професійних компетенцій.

Застосування інформаційних технологій в освіті базуються на мультимедійних засобах навчання. Це комплекс програмних засобів, що дозволяють користувачу спілкуватися з комп'ютером, використовуючи різноманітні середовища: графіку, гіпертексти, звук, анімацію, відео. Прикладом застосування мультимедійних засобів для навчального призначення може бути електронний підручник, посібник, електронний довідник, тренажерний комплекс тощо. Застосування кожного з цих прикладів дозволяє ефективно реалізувати можливості інформаційних технологій. Важливою у таких системах є організація зворотного зв'язку, яка реалізується через завдання практичного характеру, також стратегію критичного аналізу взаємодії зі студентом, орієнтованої на його конкретні потреби.

Вимоги реформування освіти потребують також і від майбутніх фахівців правильної організації свого інформаційного простору шляхом накопичення компетентностей. Ефективним засобом модернізації освіти є впровадження «хмарних» технологій у навчальний процес. Хмарні технології надають користувачам Інтернету доступ до комп'ютерних ресурсів сервера та використання програмного забезпечення як онлайн-сервіса. Одним із таких середовищ є Google-сервіс. Застосування Google-диску забезпечує зберігання файлів, папок, архівів; створення онлайн-ових текстових документів, книг Excel, презентацій, малюнків та форм опитування; завантаження файлів на комп'ютер; конфіденційність та захист даних. Google-сервіс – це хмарна система зберігання інформації у вигляді папок або файлів, доступ до яких ви маєте з будь-якого комп'ютера або мобільного пристрою, що підключений до Інтернету.

У традиційному навчанні контроль результатів навчання здійснює викладач. При компетентнісному підході дану задачу може виконувати сам студент. Здатність до самооцінки - це необхідна умова і ознака компетентності в даній області. Специфічні особливості компетенцій призвели до необхідності зміни самої технології контролю результатів освіти, що призвело до використання автентичних форм оцінювання. У цьому випадку традиційні оцінювальні засоби доповнюються системою інноваційних засобів.

Для здійснення діагностики набутих компетентностей студентів підготовлений комплекс різнорівневих завдань згідно навчальної програми дисципліни «Вступ до теорії ймовірностей».

КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД ДО КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ ВНЗ

Худа Ж.В., Тонконог Є.А.

Дніпровський державний технічний університет

Одним із пріоритетних завдань вищої освіти є зростання значення компетентності майбутнього фахівця. Вимоги сьогодення потребують від випускника не лише володіння певними знаннями, умінями та навичками, що необхідні для його успішної професійної діяльності, а й уміння застосовувати їх у своїй роботі, прагнення до самоосвіти та постійного професійного зростання, соціальної та професійної мобільності. Тому закладам вищої освіти необхідно змінити аспекти своєї діяльності

щодо підготовки фахівців: переглянути зміст освіти, методи навчання та методи діагностики компетенцій майбутніх спеціалістів.

Необхідність зміни технології контролю результатів освіти призводить до використання автентичних форм оцінювання. У цьому випадку традиційні оцінювальні засоби доповнюються системою інноваційних засобів. Питання розробки критеріїв і показників сформованості компетенцій є доволі складним, але в той же час важливим для практичного вирішення. Індикаторами сформованості компетенцій можуть виступати: міцність знань, їх функціональність, готовність вирішувати виникаючі навчальні або життєві проблеми в різних ситуаціях, позитивна мотивація до саморозвитку. Основною умовою при виборі засобів вимірювання та оцінювання компетенцій студентів є можливість за допомогою цих засобів проводити комплексне оцінювання, визначати інтегровані якості особистості. Інструментарієм вимірювання та оцінювання компетенцій, крім традиційних методів контролю, є: контекстні завдання, тести, проекти, кейс-вимірювачі. До контекстних відносять завдання, які зустрічаються в тій чи іншій реальній ситуації. Їх контекст забезпечує умови для застосування та розвитку знань при вирішенні проблем, які можуть виникати в реальному житті. Завдання повинно мати особистісну значимість для студента, або бути пов'язаним з майбутньою професійною діяльністю. А також завдання, повинно забезпечувати можливість комплексної перевірки рівня підготовленості студента.

До інноваційних засобів діагностики відносяться кейс-вимірювачі, які отримують все більше поширення в навчальному процесі. Кейс-це сукупність матеріалів, що розглядають практичні проблеми які передбачають колективний або індивідуальний пошук їх вирішення. Зміст кейса відповідає поставленим освітнім завданням і тематиці курсу, в рамках якого він пропонується. У поданих матеріалах міститься достатня кількість інформації для аналізу проблеми та визначення шляхів її вирішення.

Засоби оцінювання поділяються на ті, які більшою мірою направлені на контроль навчальної складової компетенцій (тести), інші оцінюють діяльнісну сторону (кейс, контекстні завдання). Однак вони взаємопов'язані, оскільки контроль здійснюється комплексно, а самі компетенції є інтегрованими якостями. Крім того, виникає необхідність застосування рейтингової системи обліку результатів, що дозволяє проводити оцінювання за допомогою всіх перерахованих форм. Оскільки при цьому результати оцінювання за допомогою різних вимірників відрізняються один від одного своїм рангом і значимістю, то при обчисленні рейтингу з дисципліни слід враховувати коефіцієнт кожного вимірювача.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОБІЛЬНОГО НАВЧАННЯ ПРИ НАВЧАННІ ВИЩОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТІВ СКОРОЧЕНОГО ТЕРМІНУ НАВЧАННЯ

Дерець Є. В.

Дніпровський державний технічний університет

Однією з проблем, що потребує подальшого педагогічного дослідження, є забезпечення цілісного навчального процесу при навчанні вищої та прикладної математики студентів скороченого терміну навчання. Особливості навчання студентів скороченого терміну полягають у тому, що для них викладання курсу є більш інтенсивним, новий матеріал спирається на вже набуті знання. Отже, актуальною педагогічною проблемою є створення такої методики навчання вищої та прикладної

математики, яка забезпечує наступність у вертикалі «технікум – вищий навчальний заклад». Виникає потреба у короткий час повторити та систематизувати набуті у технікумі знання, визначити прогалини у підготовці, створити умови для корекції індивідуальної освітньої траєкторії кожного студента.

Багато авторів у зв'язку з скороченням аудиторного часу зосереджують увагу в першу чергу на самостійній роботі студентів, проте на початку впровадження самостійної роботи у студентів прискореного терміну навчання часто виникають значні труднощі. У багатьох випадках психологічний бар'єр, що виникає на початку впровадження самостійної роботи при вивченні курсу вищої математики, виявляється занадто великим. Загальний рівень математичної підготовки частини студентів є низьким, як наслідок, такі студенти мають певні труднощі з довгостроковим використанням знань, тому навіть вже засвоєний раніше матеріал може при самостійному опрацюванні сприйматись як занадто складний. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання технології мобільного навчання. Термін «мобільне навчання» (mobile learning або m-learning) [1] з'явився у педагогічній літературі у зв'язку з поширенням використання мобільних пристроїв у навчальному процесі. Безперечною перевагою такої методики навчання є простота використання власних гаджетів студентів (немає залежності викладача від наявних в аудиторії технічних засобів), можливість продемонструвати складні графічні ілюстрації, анімаційні ефекти тощо, проте, на нашу думку, при навчанні студентів прискореного терміну головною перевагою є можливість за допомогою мобільного навчання значно інтенсифікувати навчальний процес.

За допомогою спеціально створеного навчального матеріалу, який студенти можуть переглядати на мобільних пристроях, викладач стисло нагадує вивчені раніше розділи курсу, основні поняття, методи розв'язання задач. При цьому не потрібно багато часу, студенти мають можливість повністю зосередитись на змісті матеріалу, оскільки зникає потреба писати і осмислювати матеріал одночасно. За потреби викладач може додатково роз'яснювати окремі питання на дошці, використовувати коротку бесіду, проводити опитування, зокрема, з використанням мобільних пристроїв. Розглянуті питання залишаються у пам'яті гаджетів, таким чином, в подальшому студенти можуть переглядати їх знову, користуватись опорним конспектом, навчальними тестами та презентаціями під час самостійної роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Alli, M. What is the future of mobile learning in education? / M. Alli, J. Prieto-Blázquez // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2014. – Vol.11, N 1. – P. 141– 151.

РОЗВИТОК КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ В ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТІВ ЕКОНОМІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Дерець Є. В.

Дніпровський державний технічний університет

Одним зі шляхів оновлення змісту освіти й навчальних технологій, узгодження їх із сучасними потребами, інтеграції до світового освітнього простору є орієнтація навчальних програм на компетентнісний підхід і створення ефективних механізмів його запровадження [1]. Набуття знань і набуття компетенцій є не конкурентними, а

взаємопов'язаними підходами, адже набуття знань і їх застосування – це теж важливі компетенції [2].

Згідно з вимогами освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів економічних спеціальностей одним з завдань вивчення курсу вищої та прикладної математики є набуття студентами здатності до гнучкого мислення та компетентного застосування набутих знань в широкому діапазоні практичної роботи за фахом та в повсякденному житті. Формування вказаних якостей відбувається насамперед під час вивчення професійно орієнтованих задач.

З метою спрямованого розвитку у студентів відповідних компетенцій пропонуються наступні заходи: створення достатнього банку задач практичного змісту, до яких надаються відповіді та довідниковий матеріал, таким чином спрощується реалізація самоконтролю під час самостійної роботи студентів; розвиток міжпредметних зв'язків при розробці змісту індивідуальних завдань; використання методу проектів та кейсів та їх елементів. Пропонується наступна методика роботи зі студентами.

Студенти поділяються викладачем на групи, кожна група отримує тему для пошукової роботи. Далі за заданою темою студенти здійснюють самостійний пошук практичних задач, або створюють такі задачі самостійно, користуючись знайденими матеріалами та відповідними ситуаціями з реального життя (наприклад, реальний практичний досвід може бути використаний у задачах, пов'язаних з нарахуванням відсотків за вкладом). Зазначимо, що при пошуковій роботі можуть бути опрацьовані як вітчизняні, так і іншомовні джерела інформації. Обрані задачі узгоджуються з викладачем, після чого студенти самостійно доповнюють їх відповідним довідниковим матеріалом (відбирають конкретні теоретичні відомості, формули, табличні дані, приклади розв'язання інших задач тощо). Далі групи обмінюються задачами і працюють над їх розв'язанням, при цьому студенти, що були авторами завдання, виступають у ролі консультантів - оцінюють правильність розв'язку, доповнюють створені матеріали в залежності від питань та труднощів, що виникають при розв'язанні.

Таким чином організована робота сприяє розвитку не тільки навчальних, а й особистісних компетенцій, оскільки студенти вчаться критичному мисленню та набувають досвід колективної конкурентної роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антонюк Л. Л., Василькова Н. В., Ільницький Д. О., Кулага І. В., Турчанинова В. С. Компетентнісний підхід у вищій освіті: світовий досвід. КНЕУ, Київ, 2016. 62 с..
2. Mulder M., Gulikers J., Biemans H. J., Wesselink R. (2010). The new competence concept in higher education: error or enrichment? / In: Münk D., Schelten A. (Hrsg.) Kompetenzermittlung für die Berufsbildung, Verfahren, Probleme und Perspektiven im nationalen, europäischen und internationalen Raum. – Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung; P. 189-204.

ОДНО РАВЕНСТВО В ТЕОРИИ ПРИБЛИЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ

Давидчик А.Н.

Индустриальный колледж УДХТУ

Обозначим через Z_{2n-1} множество всех линейных операторов $L_n(f)$, отображающих L_1 в T_n (множество тригонометрических полиномов порядка ≤ -1), вида

$$L_n(f, t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(u) \cdot l_n(t-u) du,$$

где

$$l_n(t) = \frac{1}{2} + \sum_{k=1}^{n-1} \rho_k^n \cos kt,$$

а через Z_{2n-1}^+ – множество всех положительных операторов из Z_{2n-1} .

Для того чтобы оператор $L_n \in Z_{2n-1}$ был положительным, необходимо и достаточно, чтобы нашлись числа x_0, x_1, \dots, x_n такие, что

$$\rho_k^n = \left(\sum_{i=0}^{n-k-1} x_i x_{i+k} \right) / \sum_{i=0}^{n-1} x_i^2.$$

Обозначим через $L_n^\phi(f)$ оператор из Z_{2n-1}^+ , у которого

$$\rho_k^n = \sum_{i=0}^{n-k-1} \phi\left(\frac{i}{n-1}\right) \cdot \phi\left(\frac{i+k}{n-1}\right) / \sum_{i=0}^{n-1} \phi^2\left(\frac{i}{n-1}\right).$$

Имеет место теорема: пусть $\phi(x)$ имеет первую производную, удовлетворяющую условию $Lip\alpha$, при некотором $\alpha > 0$ на отрезке $[0, 1]$ и удовлетворяет следующим требованиям:

$$\phi(x) = \phi(1-x), \quad \phi(0) = \phi(1) = 0.$$

Тогда имеет место равенство:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_{0,1} \left(L_n^\phi, \frac{\pi}{n} \right) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi^2} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi/2} \left(\frac{1}{x} - ctgx \right) \frac{dx}{x} + \frac{1}{\pi} \int_0^1 (1 - \rho(x)) \cdot \frac{ctg \frac{\pi}{2}}{x} dx,$$

где

$$\rho(x) = \frac{\int_0^{1-x} \phi(y) \phi(x+y) dy}{\int_0^1 \phi^2(z) dz}.$$

EDUCATIONAL INNOVATIVE AS A COMPLEX SYSTEM

Velichkin V.A., Dubina A.P.

The holistic design of an innovative system has its own system-forming factor. Yes, the laboratory system (pilot) is based on the principle of individualization of learning, independent research work; project system (project method) - training organizations by which learners acquire knowledge and skills in the planning and execution of project tasks; integrated (complex) - training on certain topics-complexes containing material of related subjects; cooperative learning is based on mutual activity, mutual understanding and humanism, unity of interests and aspirations; Waldorf system - training in understanding human development as a holistic interaction of physical, mental and spiritual factors, etc. Obviously, a characteristic feature of the innovation systems described above is person-centred education.

Based on the theory of cognition and modern achievements of the psychological and pedagogical sciences in didactics, a number of concepts of learning, mastering of knowledge, skills and abilities have been developed and actively used. Authoritative scholars, such as V. Okon and I. Podlasy, define these concepts as didactic systems, since pedagogical concepts "concept" and "didactic system" are identical in content. Didactic systems are characterized by the intrinsic integrity of structures created by the unity of goals, organizational principles, content, forms and methods of teaching. On this basis, I. Podlasiy distinguishes two didactic systems that are fundamentally different from each other: the didactic system of JF Herbart; J. Dewey's didactic system.

According to the stages of designing and implementation of the pedagogical process, and taking into account the orientation of all principles for the formation of personality, at the present stage of pedagogical science it is possible to outline an updated set of principles of teaching:

- the developmental and educational character of training;
- the fundamental and professional orientation of content, methods and forms of education (for the vocational, in particular higher education);
- the scientific content and the methods of the educational process, its approximation with the modern scientific knowledge and social practice;
- the cultural expediency, as a correspondence of teaching to the world and regional culture, as the unity of the conscious and the subconscious;
- the systematic in mastering the achievements of science and culture, the systematic nature of the educational activities, theoretical knowledge and practical skills;
- an activity, an independence and the consciousness of the students in educational work, the interconnection and the unity of reproductive (reproductive) and the creative activity, educational and research work, education and self-education;
- the unity of the concrete and the abstract (partly revealed in the requirement of clarity), the rational and emotional, reproductive and productive as an expression of a comprehensive approach;
- accessibility, taking into account the level of preparedness, age and individual abilities and characteristics of students, in accordance with the level of difficulty;
- validity and strength of mastering key elements, logic, structure of disciplines, practical skills and competences;
- rational combination of collective and individual forms and methods of educational work that ensure the development of the individual, his individual self-realization.

These principles are of a general nature and, unlike requirements and rules, operate in any learning systems and situations and, most importantly, act systematically, interacting with

one another to achieve a beneficial result that has an educational and developmental effect. The need for interaction limits the degree of freedom in identifying each individual principle on the one hand, and the specificity of its functioning on the other. The system of didactic principles of learning also has the ability to fully reflect the learning process. It is "cemented" by the interdependence and interpenetration of principles. Each of them acts only under the condition of the action of the rest, manifests in them and absorbs them to themselves. It is important to pay attention to the fact that the system must have a central, system-forming principle, which, based on the modern concept of learning, is the principle of developmental and educational education. It is closely linked first of all to the principle of socio-cultural and natural conditionality of learning, and for vocational education to the principle of fundamentality and professional orientation.

Thus, research into the innovation potential of the main elements of the education system at all levels indicates that the use of a systematic approach in decision-making and effective management in the education sector is evident. Our analytical review of educational innovation based on a systematic approach makes it possible to identify (specify) the general provisions in the form of a list of principles used in the study of systems: the principle of unity, the principle of connectedness, the principle of development, the principle of ultimate goal, the principle of functionality, the principle of decentralization, the principle of modular construction, the principle of hierarchy, the principle of collapsing information, the principle of uncertainty. Therefore, a promising area of our further research is to unravel the essence of a systematic approach as a component of educational innovation by expressing its basic principles in vocational education, which is a major component of the macro-level education system.

ЛИТЕРАТУРА

1.Северзин Г.К. Теоретический анализ понятия «Инновационное развитие в университетском образовании» / Г.К.Северзин // Мир науки, культуры, образования.- №4(47).-2014, 165-170.

2.Инновационные технологии в образовании // Материалы IV МНТК, 30.11.2016.- Тюмень.-2016.-216 с.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ

Смирнов В.В., Гревцов Н.Е.

Университет таможенного дела и финансов

Считается, что различные формы преподавания математики можно условно разделить на две альтернативные группы: стандартные и новые. В самой формулировке такой классификации скрывается методологическая ошибка.

Доминирующим стандартным методом преподавания математики в ВУЗах является групповая работа в аудитории, сочетающая лекции и практические занятия, а также внеаудиторная самостоятельная работа студентов. Самым слабым местом традиционного обучения является пассивность студентов при высокой односторонней активности преподавателя. Как правило, на лекциях учебный материал должен подаваться в формате компьютерной презентации и сопровождаться дискуссией, построенной на базе активной модели V-model, имеющей своей целью установить

обратную связь с аудиторией и фиксировать уровень внимания и усвоения учебного материала студентами.

Целесообразно модифицировать стандартную методику чтения лекций и широко использовать современные информационные технологии в виде электронных досок, компьютеров, ролевые игры и студийные подходы. Другое направление модификации методики преподавания – «дистанционное» обучение, служащее заменой или дополнением аудиторного преподавания. Следует отметить, что реализация «дистанционного» обучения является нетривиальной задачей.

Для студентов, находящихся в географически различных местах, взаимодействие «преподаватель-студент» реализуется через скоростной интернет в режимах online и offline, в виде двухсторонней аудио- и видеосвязи, а также через интернет-чат и e-mail.

Целесообразно для поддержания этого типа преподавания на университетских web-сайтах размещать онлайн-базу максимального количества типовых задач и примеров их решения. Выдача заданий студентам может осуществляться по электронной почте или через университетские/кафедральные web-сайты.

Учитывая и используя объективно существующее различие как в темпах, так и в уровнях усвоения учебного материала полезно организовать и стимулировать совместную работу студентов в единой команде, опыт которой пригодится им в профессиональной деятельности. При этом преподавателю не стоит уповать на то, что команда студентов сможет сама эффективно взаимодействовать, используя электронную почту, чаты, блоги и электронные группы новостей. Преподавателю надлежит запланировать и реализовывать видео- и телеконференции для сквозного контроля результатов работы над учебным материалом. Другой серьезной проблемой является дистанционная оценка индивидуальной успеваемости студентов. Как правило, это связано с подтверждением личности экзаменуемого и наблюдения за ходом экзамена.

Для студентов-заочников и работающих студентов, занимающихся по индивидуальным графикам обучения, хорошим подспорьем могут служить записанные на видео лекции, электронные копии презентаций, опорные конспекты и консультации через электронную почту, чаты, блоги и электронные группы новостей. Несмотря на очевидные трудности, для этой категории студентов также является актуальным приобретение практического опыта работы в команде.

Теория памяти в психологии утверждает, что личность преподавателя, воспринимаемая студентом как «учитель-друг», способствует установлению эмоциональных взаимосвязей и ускоряет процесс перемещения информационного материала в цепи «мгновенная – оперативная – долговременная» память.

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ GPSS НА КАФЕДРІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ УНІВЕРСИТЕТУ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ

Разгонов С.А.

Університет митної справи та фінансів, Дніпро

У світі транспортних технологій імітаційне моделювання переживає друге народження. Інтерес до цього виду комп'ютерного моделювання поживався в зв'язку з істотним технологічним розвитком систем моделювання, які на сьогоднішній день є потужним аналітичним засобом, що увібрали в себе весь арсенал новітніх інформаційних технологій, включаючи розвинені графічні оболонки для цілей

конструювання моделей та інтерпретації вихідних результатів моделювання, мультимедійні засоби і відео, що підтримують анімацію в реальному масштабі часу, об'єктно-орієнтоване програмування, Internet - рішення і ін.

Щодо бізнесу, то імітаційне моделювання стає все більш поширеним і використовується як системоутворююче і найбільш цінне ланка процесу прийняття рішення.

При вивченні математичних методів в транспортних технологіях широке поширення набула система імітаційного моделювання GPSS. Остання версія GPSS WorldStudentVersionfor Windows, що вільно розповсюджується в Інтернет, має ряд переваг в порівнянні з іншими версіями.

При аналізі складних транспортних систем імітаційне моделювання є найбільш універсальним інструментом в області стратегічного планування, управлінні виробництвом, проектуванні і реінженерінгу, та багатьох інших сферах науки управління і дослідженні операцій. Протягом останніх двох років для студентів-магістрантів спеціальності «Транспортні технології» викладається дисципліна «Моделювання транспортних систем і процесів». У ній розглядаються методологічні та практичні питання створення і використання імітаційних моделей при аналізі і проектуванні складних транспортних систем. Вивчаються способи опису і формалізації модельованих систем, етапи та технологію побудови і використання імітаційних моделей, питання організації цілеспрямованих експериментальних досліджень на імітаційних моделях. Метою вивчення дисципліни є освоєння студентами сучасної методології та технології моделювання, а також комплексне застосування отриманих знань з моделювання складних систем і планування експерименту при дослідженні технічних систем.

Практичні заняття присвячені освоєнню моделювання систем масового обслуговування на основі процесно-орієнтованого підходу. Магістранти самостійно моделюють різноманітні системи масового обслуговування транспортного призначення і виробничо-складські системи.

Великою перевагою системи моделювання GPSS для навчального процесу є наочні, легко інтерпретуються діаграми, що представляють поточну і накопичується статистику по функціональним і статистичними об'єктів GPSS.

Використання системи моделювання GPSS не тільки значно прискорює процес моделювання і дослідження найрізноманітніших систем масового обслуговування і безперервних процесів, але і дозволяє проводити оптимізаційні експерименти.

В ході виконання кваліфікаційної магістерської роботи, студенти застосовують моделювання в середовищі GPSS при розробці різноманітних моделей транспортних систем.

ЗМІСТ

МЕХАНІКА ДЕФОРМОВАНОГО ТВЕРДОГО ТІЛА, МЕХАНІКА РІДИНИ,
ГАЗУ ТА ПЛАЗМИ

Амуров А. В., Бразалук Ю. В., Губин А. И., Евдокимов Д. В. ДИНАМИКА САМОГРАВИТИРУЮЩИХ МАСС ЖИДКОСТИ В ТОПЛИВНЫХ БАКАХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....	5
Мещанінов С.К., Довгалюк Б.П., Ларичева Л.П., Демченко Д.В., Сорока Д.В. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АСУ ТП ДОМЕННОЇ ПЕЧІ.....	6
3. Мещанінов С.К., Ларичева Л.П., Літовченко В.В., Носач Є.О., Волошин Р.В. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОНІТОРИНГУ ГІДРАВЛІЧНИХ СПОРУД.....	8
4. Мещанінов С.К., Сай О.В., Волошин Р.В. ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	9
5. Авер'янов В.С., Шматко Д.З., Коржавін Ю.А., Радченко Д.Г. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ РІДИН ВІД МЕХАНІЧНИХ ДОМШОК.....	11
6. Чернета О.Г., Ярема О.М., Донуш А.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ КУЛАЧКА РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛУ ІЗ СТАЛІ 45 ДВИГУНА ПІСЛЯ ЗМІЦНЕННЯ.....	12
7. Трикіло А.І., Грицяй А.О., Волошин Р.В. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ «ЛЮДИНА- ОПЕРАТОР» НА ОСНОВІ НЕВЕРБАЛЬНИХ ЕКСТРАЛІНГВІСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЮДИНИ.....	13
8. Мещанінов С.К., Кривенцов Д.С., Волошин Р.В. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СКОРОЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ПАУЗ МІЖ ПРОПУСКАМИ У ПРОЦЕСІ РЕВЕРСИВНОЇ ПРОКАТКИ.....	15
9. Мещанінов С.К., Лі М.А., Волошин Р.В. МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ ПРОКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	17
10. Мещанінов С.К., Макачук С.І., Волошин Р.В. ПОКАЗНИК ЛЯПУНОВА ЯК ПОКАЗНИК ОЦІНКИ ЗНОСУ РІЗЦІВ.....	19
11. Тормахов Н.Н. НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБЧАТЫХ ОБРАЗЦОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ.....	21
12. Ковура Г.А. СИНХРОНИЗАЦИЯ ВРАЩЕНИЯ НЕУРАВНОВЕШЕННЫХ РОТОРОВ НА ПОДВИЖНОЙ ОПОРЕ.....	22
13. Бабешко М.Е., Савченко В.Г. О РЕШЕНИИ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОРАДИАЦИОННОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ДЛЯ СЛОИСТЫХ ОБОЛОЧЕК ИЗ ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	23
14. Багно О.М., Щурук Г.І. ПРО ВПЛИВ СКІНЧЕННИХ ПОЧАТКОВИХ ДЕФОРМАЦІЇ НА ПОВЕРХНЕВУ НЕСТІЙКІСТЬ ГІДРОПРУЖНОЇ СИСТЕМИ: ШАР В'ЯЗКОЇ СТИСЛИВОЇ РІДИНИ НА ПРУЖНОМУ ПІВПРОСТОРІ.....	24

15. Сторожук Е.А., Максимюк В.А., Чернышенко И.С. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ВОКРУГ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ В НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОЙ ОРТОТРОПНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ.....	25
16. Сторожук Є.А. ДЕЯКІ ПІДХОДИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ГЕОМЕТРИЧНО НЕЛІНІЙНИХ ЗАДАЧ ДЛЯ КОМПОЗИТНОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ НЕКРУГОВОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ	26
17. Panin K. SOLUTION OF THE BOUNDARY PROBLEMS OF THE THEORY OF PLASTICITY TAKING INTO ACCOUNT MICROSTRAINS UNDER COMPLEX THERMAL LOADING.....	27
18. Козлов В.И., Зинчук Л.П., Карнаухова Т.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ СЛОИСТЫХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК	28
19. Гарт Е. Л., Терьохін Б. І. ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ПІДКРІПЛЮЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ З ПРЯМОКУТНИМ ОТВОРОМ	29
20. Галишин А.З., Склепус С.Н. ПОЛЗУЧЕСТЬ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	31
21. Сенченков И.К., Червинко О.П., Доля Е.В. ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ШЕПЕРИ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ВЯЗКОУПРУГОСТИ.....	32
22. Сенченков И.К., Червинко О.П., Якименко С.Н. РАСЧЕТ ПРОГИБА ПРИЗМАТИЧЕСКИХ ПЛАСТИН ПРИ ДВУХСЛОЙНОЙ НАПЛАВКЕ.....	33
23. Безверхий О.І., Корнієнко В.Ф. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПІДВОДНОЇ БУКСИРУВАНОЇ СИСТЕМИ.....	34
24. Бабич С.Ю., Борисов Е.Н., Шушарин Ю.В. КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ ПОЛОСЫ, УСИЛЕННОЙ БЕСКОНЕЧНО НЕОДНОРОДНОЙ УПРУГОЙ НАКЛАДКОЙ (СТРИНГЕРОМ).....	35
25. Боков И.П., Бондаренко Н.С., Стрельникова Е.А. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН НА БАЗЕ УТОЧНЕННОЙ ТЕОРИИ.....	37

**КОМП'ЮТЕРНА МЕХАНІКА І ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В
МАШИНОБУДУВАННІ, МЕТАЛУРГІЇ ТА БУДІВНИЦТВІ.
ГЕОТЕХНІЧНА МЕХАНІКА**

26. Бразалук Ю. В., Губин А. И., Евдокимов Д. В., Малая Ю. А. К ВОПРОСУ О СТРУКТУРЕ ПОГРЕШНОСТИ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ.....	38
27. Багрій В.В., Пономарь М.Ю. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ШВИДКІСТЮ СЕКЦІЇ РОЛЬГАНГУ ОХОЛОЖДЕННЯ ДРОТЯНОЇ ЛІНІЇ СОРТОПРОКАТНОГО СТАНУ.....	40

28. Багрій В.В., Устименко В.О., Усенко В.Г. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ПОДАЧІ ПРУТКА СТАНУ ПОПЕРЕЧНО- КЛИНОВОЇ ПРОКАТКИ.....	41
29. С'янов О.М., Багрій В.В., Устименко В.О., Білоус С.Г. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРОФІЛІВ РІЗЬБЛЕННЯ.....	42
30. Багрій В.В., Гулеша О.М., Гричанівський Р.О. МОДЕРНІЗАЦІЯ КЛЕЙМОВОЧНОЇ МАШИНИ ВІСЕПРОКАТНОГО ЦЕХУ.....	44
31. Никулин А.В., Волошин Р.В., Железняков М.О. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОКАТКИ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ.....	45
32. Білова Ю.О., Білова О.В., Кагадій Т.С. ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ КОНТАКТНИХ ЗАДАЧ АСИМПТОТИЧНИМ МЕТОДОМ.....	46
33. Nikulin A.V., Besarab A.N. CAUSAL MODELS FOR LONGITUDINAL STABILITY OF THE ROLLING THE STRUCTURAL PROFILES	47
34. Nikulin A.V., Bondarenko N.A. INNOVATION OF TECHNOLOGICAL DECISION CHOICE.....	48
35. Чупілко Т.А., Погасій О.А., Чупілко С.І. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОДЕЛЮВАННІ КОНСТРУКЦІЇ ТА РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ШИН.....	49
36. Фірсов О.Д. АЛГОРИТМІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТРАНСПОРТНИМ ПРОЦЕСОМ МАРШРУТНОГО РУХУ.....	51
37. Кузьменко А.І. АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ.....	52
38. Сохацький А.В. СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	53

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В
СОЦІАЛЬНІЙ СФЕРІ, ЕКОНОМІЦІ.
МОДЕЛІ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ КІБЕРБЕЗПЕКОЮ**

39. Белозубенко В.С., Корнеев М.В. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ ГРУППЫ СТРАН МИРА)	55
40. Галич М.К., Галич Є.К. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ СВІТОВОЇ ТОРГІВЛІ.....	56
41. Чупілко Т.А., Туряніна Н.А. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕРЖАВНОГО БОРГУ ТА ІНДЕКСУ СПОЖИВЧИХ ЦІН В УКРАЇНІ.....	59
42. Тхоржевський Д. О. МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНШІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	61

43. Тарасенко Ю.С., Боздуган П.О., Вітюгова А.М., Дишко М.М., Філіпов М.С.	
БЕЗЕХОВІ КАМЕРИ ЯК НЕСТАНДАРТИЗОВАНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ У ПРАКТИЦІ МИТНОГО КОНТРОЛЮ.....	62
44. Білова Н.А., Сухацька І.Ю.	
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА АНАЛІЗ КОНТРОЛЮ ВПЛИВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ СИРОВИНИ І ГОТОВОГО ПРОДУКТУ.....	63
45. Халіпова Н. В.	
МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ.....	64
46. Іванченко О.В.	
ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННА МОДЕЛЬ КІБЕРАТАКИ СИСТЕМИ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ.....	65
47. Клим В.Ю., Ісаєва О. В.	
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В АДМІНІСТРУВАННІ РОЗПОДІЛЕНИМИ БАЗАМИ ДАНИХ.....	66
48. Lykholat O.A., Vishnikina O.V.	
USE OF NON-TRADITIONAL SMALL-SPREADED FRUIT PLANTS FOR EXPANSION OF HIGHLY BIOLOGICAL VALUE PRODUCTS.....	68
49. Lykholat O.A., Vishnikina O.V., Sabirov O.V.	
INNOVATION TECHNOLOGY IN FUNCTIONAL FOOD PRODUCTION.....	69
50. Леснікова І.Ю.	
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОГО СПРЯМУВАННЯ В ОПТИМІЗАЦІЇ СХЕМ ВИРОБНИЦТВА ТА ПОСТАЧАННЯ СИРОВИНИ.....	70
51. Огліх В.В., Шаповалов О.В.	
ОПТИМІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ ПОСТАВОК ТА АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	71
52. Тарасенко Ю.С. , Кузьменко Д.С.	
ЩОДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ.....	73

ТЕОРІЯ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ І МЕХАНІКИ, КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

53. Крилова Т.В.	
ПРИНЦИПИ, МЕТОДИ ТА ФОРМИ НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	74
54. Стеблянюк П.О.	
ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КУРСІ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ ТА СОЦІАЛЬНІЙ СФЕРІ.....	76
55. Стеблянюк П.О., Петров О.Д., Демічев К.Е.	
НОВІТНІ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕАЛІЗАЦІЇ ВИКЛАДАННЯ КУРСУ СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ.....	77
56. Стеблянюк П.О.	
ПИТАННЯ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИКЛАДАННЯМ КУРСУ «МОДЕЛІ КОРПОРАТИВНОЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ».....	78

57. Карімов І.К. ЩОДО ДІАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, СФОРМОВАНИХ В ПРОЦЕСІ МАТЕМАТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 073 «МЕНЕДЖМЕНТ»	79
58. Павлюченко О.О., Карімов І.К. СТАНДАРТНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОДЕЛЮВАННІ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.....	80
59. Волосова Н.М. ДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ПРИНЦИПІВ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, СФОРМОВАНИХ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАТИКА ТА ПРИКЛАДНА ЛІНГВІСТИКА»	81
60. Волосова Н.М. ДО ПИТАННЯ ДІАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, СФОРМОВАНИХ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ «ВСТУП ДО ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТЕЙ».....	82
61. Худа Ж.В., Тонконог Є.А. КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД ДО КРИТЕРІЇВ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ ВНЗ.....	83
62. Дерезь Є. В. ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МОБІЛЬНОГО НАВЧАННЯ ПРИ НАВЧАННІ ВИЩОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТІВ СКОРОЧЕНОГО ТЕРМІНУ НАВЧАННЯ.....	84
63. Дерезь Є. В. РОЗВИТОК КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ В ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНО ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТІВ ЕКОНОМІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ.....	85
63. Давидчик А.Н. ОДНО РАВЕНСТВО В ТЕОРИИ ПРИБЛИЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ.....	87
64. Velichkin V.A., Dubina A.P. EDUCATIONAL INNOVATIVE AS A COMPLEX SYSTEM.....	88
65. Смирнов В.В., Гревцов Н.Е. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ.....	89
66. Разгонов С.А. ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ GPSS НА КАФЕДРІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ УНІВЕРСИТЕТУ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ.....	90

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЗЧИК

А			
Авер'янов В.С.	11	Довгалюк Б.П.	6
Амуров А.В.	5	Доля Е.В.	32
		Донюш А.В.	12
		Дубина А.Р.	88
Б		Є	
Бабешко М.Е.	23	Євдокімов Д.В.	5, 38
Бабіч С.Ю.	35	Ж	
Багно О.М.	24	Железняков М.О.	45
Багрій В.В.	40, 41, 42, 44	З	
Безверхий О.І.	34	Зинчук Л.П.	28
Белозубенко В.С.	55	І	
Бесараб А.Н.	47	Іванченко О.В.	65
Білова Н.А.	63	Ісаєва О.В.	66
Білова О.В.	46	К	
Білова Ю.О.	46	Кагадій Т.С.	46
Білоус С.Г.	42	Карімов І.К.	79, 80
Боздуган П.О.	62	Карнаухова Т.В.	28
Боков І.П.	37	Клим В.Ю.	66
Бондаренко Н.А.	48	Ковура Г.А.	22
Бондаренко Н.С.	37	Козлов В.І.	28
Борисов Е.Н.	35	Коржавін Ю.А.	11
Бразалук Ю.В.	5, 38	Корнеев М.В.	55
В		Корнієнко В.Ф.	34
Велічкін В.А.	88	Кривенцов Д.С.	15
Вішнікіна О.В.	68, 69	Крилова Т.В.	74
Волосова Н.М.	81, 82	Кузьменко А.І.	52
Волошин Р.В.	8, 9, 13, 15, 17, 19, 45	Кузьменко Д.С.	72
Г		Л	
Галич Є.К.	56	Ларичева Л.П.	6, 8
Галич М.К.	56	Леснікова І.Ю.	70
Галишин А.З.	31	Лихолат О.А.	68, 69
Гарт Е.Л.	29	Лі М.А.	17
Гревцов Н.Е.	89	Літовченко В.В.	8
Грицйя А.О.	13	М	
Губин А.И.	5, 38	Макарчук С.І.	19
Гулєша О.М.	44	Максимюк В.А.	25
Гречанівський Р.О.	44	Малая Ю.А.	38
Д		Мещанінов С.К.	6, 8, 9, 15, 17, 19
Давидчик О.М.	87	Н	
Демічев К.Е.	77	Нікулін О.В.	45, 47, 48
Демченко Д.В.	6		
Дерець Є.В.	84, 85		
Дишко М.М.	62		

Носач Є.О.	8	Тхоржевський Д.О.	61
О			
Огліх В.В.	71	У	
П			
Павлюченко О.О.	80	Усенко В.Г.	41
Панін К.	27	Устименко В.О.	41, 42
Петров О.Д.	77	Ф	
Погасій О.А.	49	Філіпов М.С.	62
Пономарь М.Ю.	40	Фірсов О.Д.	51
Р			
Радченко Д.Г.	11	Х	
Разгонов С.А.	90	Халіпова Н.В.	64
С			
Сабіров О.В.	69	Худа Ж.В.	83
Савченко В.Г.	23	Ч	
Сай О.В.	9	Червинко О.П.	32, 33
Сенченков І.К.	32, 33	Чернета О.Г.	12
Склепус С.Н.	31	Чернышенко І.С.	25
Смирнов В.В.	89	Чупілко С.І.	49
Сохацький А.В.	53	Чупілко Т.А.	49, 59
Стеблянко П.О.	76, 77, 78	Ш	
Стрельникова Е.А.	37	Шаповалов О.В.	71
Сторожук Є.А.	25, 26	Шматко Д.З.	11
Сушацька І.Ю.	63	Шушарин Ю.В.	35
С'янов О.М.	42	Щ	
Т			
Тарасенко Ю.С.	62, 72	Щурук Г.І.	24
Терьохін Б.І.	29	Я	
Тонконог Є.А.	83	Якименко С.Н.	33
Тормахов Н.Н.	21	Ярема О.М.	12
Трикіло А.І.	13		
Турянніна Н.А.	59		

Матеріали конференції

МАТЕМАТИЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ – 2019 ЧАСТИНА 2

Редактор і коректор к.т.н., доц. Волосова Н.М.