

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ ХІХ МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
З МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ,  
ПРИСВЯЧЕНОЇ 250 – РІЧЧЮ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ  
ЖАНА БАТИСТА ЖОЗЕФА ФУР'Є



Херсон – 2018

**МАТЕРІАЛИ ХІХ МІЖНАРОДНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ З МАТЕМАТИЧНОГО  
МОДЕЛЮВАННЯ, ПРИСВЯЧЕНОЇ ПРИСВЯЧЕНОЇ 250 – РІЧЧЮ З ДНЯ  
НАРОДЖЕННЯ  
ЖАНА БАТИСТА ЖОЗЕФА ФУР'Є**

**МАТЕРИАЛЫ ХVІІІ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО  
МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ, ПОСВЯЩЕННОЙ 250 - ЛЕТИЮ СО  
ДНЯ РОЖДЕНИЯ  
ПРИСВЯЧЕНОЇ 250 – РІЧЧЮ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ  
ЖАНА БАТИСТА ЖОЗЕФА ФУРЬЄ**

**MATERIALS OF 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF MATHEMATICAL  
MODELLING  
IS DEDICATED TO 250 ANNIVERSARY FROM  
THE BIRTHDAY JEAN-BAPTISTE JOSEPH FOURIER**

Збірка матеріалів конференції

**17-21 вересня 2018 року  
Херсон, Україна**

**17-21 сентября 2018 года  
Херсон, Україна**

**September 17-21, 2018  
Kherson, Ukraine**

## **Організатори конференції**

Херсонський національний технічний університет  
Українська асоціація з прикладної геометрії  
Чорноморський національний університет ім. П. Могили (м. Миколаїв)  
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна  
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
Institute of Nuclear Chemistry and Technology (Warsaw)  
Брестський державний технічний університет (м. Брест)  
Херсонська державна морська академія

## **Організаційний комітет:**

**Голова** Бардачов Ю.М. – д.т.н., професор, зав. кафедри ВМ і ММ, ректор ХНТУ;  
**Заступники** Астionenко І.О. – к.ф.-м.н., доцент кафедри ВМ і ММ ХНТУ;  
**голови** Литвиненко О.І. – к.т.н., доцент кафедри ВМ і ММ ХНТУ.

## **Програмний комітет**

**Голова:** Хомченко А.Н. – д.ф.-м.н., професор, зав. кафедри П і ВМ ЧНУ ім. П. Могили;  
**Заступники** Тулученко Г.Я. – д.т.н., професор кафедри ВМ і ММ ХНТУ;  
**голови:** Рудакова Г.В. – д.т.н., професор, зав. кафедри ТК ХНТУ.

## **Члени комітету:**

Абрамов Г.С. к.ф.-м.н. (Україна);	Найдиш А.В. д.т.н. (Україна);
Андрейцев А.Ю. к.ф.-м.н. (Україна);	Несвідомін В.М., д.т.н. (Україна);
Babichev S.A. PhD (Czech Republic);	Parkes E.J. PhD (UK);
Бень А.П. к.т.н. (Україна);	Петрик М.Р. д.ф.-м.н. (Україна);
Ванін В.В. д.т.н. (Україна);	Пилипака С.Ф. д.т.н. (Україна);
Вахненко В.О. д.ф.-м.н. (Україна);	Підгорний О.Л. д.т.н. (Україна);
Вирченко Ю.П. д.ф.-м.н. (Россія);	Плоский В.О. д.т.н. (Україна);
Гвоздева І.М. д.т.н. (Україна);	Поливода О.В. к.т.н. (Україна);
Гнатушенко В.В. д.т.н. (Україна);	Пугачов Є.В. д.т.н. (Україна);
Guchek P., Dr.Sc. (Poland);	Редчиць Д.О. к.ф.-м.н. (Україна);
Жолткевич Г.М. д.т.н. (Україна);	Рожков С.О. д.т.н. (Україна);
Комяк В.М. д.т.н. (Україна);	Розов Ю.Г. д.т.н. (Україна);
Корчинський В.М. д.т.н. (Україна);	Савіна Г.Г. д.е.н. (Україна);
Куценко Л.М. д.т.н. (Україна);	Самохвалов С.Є. д.т.н. (Україна);
Лазурик В.Т. д.ф.-м.н. (Україна);	Smolarz A. Prof. dr hab. inż. (Poland);
Лебеденко Ю.О. к.т.н. (Україна);	Свешников В.М. д.ф.-м.н. (Россія);
Литвиненко В.І. д.т.н. (Україна);	Смирнов І.В. д.т.н. (Україна);
Ляшенко В.П. д.т.н. (Україна);	Стрельнікова О.О. д.т.н. (Україна);
Мазманішвілі О.С. д.ф.-м.н. (Україна);	Тарасов С.В. к.т.н. (Україна);
Марасанов В.В. д.т.н., (Україна);	Хачапуридзе М.М. к.т.н. (Україна);
Мельник І.В. д.т.н. (Україна);	Човнюк Ю.В. к.т.н. (Україна);
Миргород В.Ф. д.т.н. (Україна);	Шоман О.В. д.т.н. (Україна);
Михайленко В.Є. д.т.н. (Україна);	Шуть В.Н. к.т.н.(Білорусь);
Михальов О.І. д.т.н. (Україна);	Wojcik W. Prof. dr hab. inż. (Poland);
Мусій Р.С. д.ф.-м.н. (Україна);	Zimek Z. PhD (Poland).

У збірнику представлено матеріали ХІХ міжнародної конференції з математичного моделювання МКММ-2018, яка відбулася з 17 по 21 вересня 2018 року в ХНТУ і була присвячена актуальним питанням математичного моделювання, прикладної геометрії та інформаційних технологій.

ХІХ Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2018) [Збірка тез (17-21 вересня 2018 р., м. Херсон)]. – Херсон: ХНТУ, 2018. – 144 с.

**СЕКЦІЯ:**  
**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ І**  
**ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ**

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ЧАСТИЦ ОКИСЛОВ В ЗОНЕ ВНУТРЕННЕГО ОКИСЛЕНИЯ БИНАРНЫХ СПЛАВОВ

Моделирование процесса внутреннего окисления, основанное на компьютерной реализации достаточно полной математической модели процесса, рассматривающей полную систему трёхкомпонентных диффузионных уравнений и эволюцию функции распределения частиц по размерам, позволяет выявить основные закономерности кинетики процесса и прогнозировать структуру зоны внутреннего окисления, в том числе распределение дисперсных частиц окислов по глубине зоны внутреннего окисления.

Моделирование показало, что пересыщение твердого раствора при внутреннем окислении пластины бинарного сплава имеет максимум вблизи поверхности, который с течением времени смещается в центр пластины. При больших временах в центре пластины формируется медленно релаксирующая область с максимальным пересыщением твердого раствора. Скорость релаксации пересыщения в каждом более глубоком сечении пластины уменьшается. Кинетика изменения пересыщения в каждом сечении сплава в процессе внутреннего окисления имеет следующие стадии: рост пересыщения до некоторого максимального значения, стадия быстрого снижения пересыщения и продолжительная стадия асимптотического приближения к состоянию равновесия. Соответственно можно выделить и стадии формирования двухфазной области: бурное зарождение и рост частиц; интенсивный рост частиц с затуханием зарождения новых частиц; на асимптотической стадии зарождение отсутствует (пересыщение стремится к нулю), и рост частиц новой фазы за счет вещества твердого раствора постепенно уступает место росту по механизму коалесценции.

В работе проведено качественное сравнение результатов моделирования процесса внутреннего окисления и некоторых экспериментальных результатов по внутреннему окислению сплавов  $Ni-Cr$  и  $Ni-Ti$ , и выявлены закономерности распределения частиц по глубине зоны внутреннего окисления.

Моделированием и экспериментально показано, что зависимость распределения  $N(x)$  по сечению пластины имеет экстремальный характер и не может быть однозначно описана выражением вида  $N \sim x^n$ , так как при этом показатель степени  $n$  оказывается зависимым и от координаты  $x$  и от времени  $t$ . Теории, предсказывающие зависимость типа  $N \sim x^{-1}$  и  $N \sim x^{-3}$  для распределения числа частиц по сечению пластины, имеют локальный характер и, в общем случае, далеки от реального распределения, особенно на ранних стадиях процесса и в приповерхностных слоях пластины. Моделирование показало, что вид распределения  $N(x)$  имеет более сложный характер и зависит от конкретных кинетических и термодинамических параметров, определяющих процесс внутреннего окисления в пластине бинарного сплава данной толщины.

Проведенное в работе сопоставление результатов численного моделирования с экспериментом показывает, что полученные из предложенной математической модели результаты соответствуют экспериментальным данным по внутреннему окислению сплавов  $Ni-Ti$  и  $Ni-Cr$  и объясняют наблюдавшееся во многих работах неоднородное распределение размера дисперсных частиц по глубине зоны внутреннего окисления.

Таким образом, распределения числа частиц  $N$ , среднего радиуса  $\bar{R}$  и объема фазы  $V_\phi$  по толщине пластины имеет немонотонный характер. Показано, что зависимость  $N$  имеет сложный экстремальный характер и не может быть однозначно описана выражением вида  $N \sim x^n$ , так как показатель  $n$  при этом зависит и от координаты  $x$  и от продолжительности процесса  $t$ . Следовательно, теории, предсказывающие  $n = -3$  и  $n = -1$  имеют ограниченный характер и не описывают реальное распределение  $N(x)$ , особенно на ранних стадиях процесса и вблизи поверхности пластины.

## ЕКОНОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ВАЛОВОГО ПРОДУКТУ І ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ТА ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У ряді галузей, включаючи такі, як авіаційно-космічна або оборонна промисловість, створювані об'єкти є настільки складними, що робота над ними можлива тільки за допомогою економіко-математичного моделювання, тому що відносно прості функції управління проектами не можуть урахувати досить велику кількість деталей і інформації. Попередній аналіз необхідний для того, щоб уникнути несподіванок на подальших етапах роботи над проектом і досягти результату найекономічнішим способом. Дешевше призупинити неефективний проект на початку його реалізації, ніж наприкінці, коли ресурси витрачені, а результат неадекватний.

Для побудови виробничих функцій залежності сумарного валового продукту в цілому по області від капітальних витрат (сума матеріальних і амортизаційних видатків) і трудових витрат використані статистичні дані з 2006 по 2013 рік, засновані на офіційних даних, опублікованих у щорічниках статистичної інформації Головного управління статистики в Херсонській області.

В роботі виконані дослідження потенціалу й стану транспортної галузі України й Херсонської області зокрема – метою такого дослідження можуть бути рекомендації до розширення галузі в областях, де її обсяг недостатній, так і скорочення її обсягів у переважаних галузях.

На підставі аналізу статистичних даних витрат і обсягу валової продукції по Україні й Херсонщині були побудовані виробничі функції для країни, регіону й окремих галузей економіки. У даній роботі представлені результати економіко-математичного моделювання за обсягом валової продукції в цілому по країні й регіону й по галузі транспорту й зв'язку Херсонської області й України.

З використанням методів кореляційно-регресійного аналізу за допомогою функції «ЛІНЕЙН» у редакторі MS Excel побудовано кілька регресійних моделей виробничих функцій: лінійну адитивну (взаємозаміщуючу) модель і мультиплікативну степеневу модель неокласичного типу, які дали найбільш високі показники коефіцієнта детермінації  $R^2$  і найменші значення середньквдратичної помилки регресії  $\sigma$ .

Оскільки мультиплікативна степенева модель більш інформативна й задовольняє більшій кількості вимог, пропонується до виробничих функцій, для побудови й аналізу наступних виробничих функцій була обрана саме модель такого виду.

Порівняння виробничих функцій галузі транспорту й зв'язку Херсонської області й України показує, що нарощувати обсяг виробництва галузі має сенс у цілому по країні. У той час як для даної галузі Херсонщини має сенс трохи скоротити обсяги виробництва.

У результаті аналізу побудованих функцій і графіків встановлено, що в Херсонській області, як і в цілому й по Україні, є потенціал для розширення обсягів виробництва, (насамперед за рахунок збільшення трудових витрат), тому що сума коефіцієнтів еластичності змінюваних факторів (капітальних і трудових витрат) більше 1. При цьому в галузі транспорту й зв'язку Херсонського регіону слід трохи знизити обсяги виробництва (надаваних послуг), у зв'язку з тим, що сума коефіцієнтів еластичності аналогічних факторів менше 1, що говорить про перенасичення ринку й деякої надмірності (надлишковості) цієї галузі виробництва в регіоні. При цьому в рамках України нарощування обсягів виробництва в даній галузі доцільно провадити за рахунок збільшення трудових витрат.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ ПУАЗЕЙЛЯ В КАНАЛАХ СЛОЖНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Течение Пуазейля [1, 2] – установившееся ламинарное течение вязкой жидкости в трубе или канале неизменного по длине поперечного сечения – является одним из наиболее распространенных случаев течения в современной инженерно-технической практике. В то же время, математическая модель течения Пуазейля – задача Дирихле для уравнения Пуассона, сформулированная в поперечном сечении канала, – является линейной и весьма простой по сравнению с математическими моделями других течений.

Для каналов с канонической формой поперечного сечения (круговая, эллиптическая, прямоугольная, кольцевая) в рамках указанной математической модели удалось получить достаточно простые аналитические решения задачи о течении Пуазейля, которые вошли во многочисленные учебники по гидромеханике и гидравлике и, фактически, стали общеизвестны [3]. Однако развитие современной техники и технологий по разным побудительным причинам все чаще заставляет прибегать к каналам с неканонической формой поперечного сечения. Хотя для таких каналов математическая модель течения Пуазейля сохраняет свою простоту, весьма сложная форма области решения ведет к заметным вычислительным трудностям. Чтобы преодолеть указанные трудности, в настоящей работе был применен метод граничных элементов, как в традиционных алгоритмических решениях [4, 5], так и в виде расчетных схем, предложенных ранее авторами настоящей работы [6].

Применение метода граничных элементов дало возможность не только эффективно рассчитывать течение Пуазейля в каналах сложного поперечного сечения, но и разработать эффективные вычислительные приемы качественного и количественного анализа течений Пуазейля. Предложенный здесь расчетный подход легко интегрируется как с существующим, так и с вновь разрабатываемым программным обеспечением на основе метода граничных элементов.

Эффективность предложенного подхода продемонстрирована на численных решениях для серии иллюстративных тестовых задач, а точность численных решений анализировалась по специальной методике, предложенной в предыдущих работах авторов. Разработанные в ходе настоящего исследования расчетные методики и вычислительные схемы могут быть использованы в гидротехнике, энергетике, транспортном машиностроении, металлургической и химической промышленности.

1. Кочин Н. Е. Теоретическая гидромеханика / Н.Е. Кочин, И.А. Кибель, Н.В. Розе. – М.: Физматгиз, 1965. – Т. 1. – 758 с., Т. 2. – 772 с.
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1970. – 904 с.
3. Деменок, С. Л. Теплообмен и гидравлическое сопротивление в трубах и каналах / С. Л. Деменок, В. В. Медведев, ; науч. ред. В. В. Медведев. – Санкт-Петербург : Н-Пром Бюро, 2012. – 285 с.
4. Бреббия К. Методы граничных элементов / К. Бреббия, Ж. Теллес, Л. Вроубел // – М.: Мир, 1987. – 524 с.
5. Бенерджи П. Метод граничных элементов в прикладных науках / П. Бенерджи, Р. Баттерфилд // – М.: Мир, 1984. – 494 с.
6. Евдокимов Д.В. Разработка прямых регулярных алгоритмов вычислительной теории потенциала с точками коллокации внутри области решения / Д.В. Евдокимов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2015, №2/7 (74). – С. 16-25.

## НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МЕТАМОДЕЛЬ ЦИЛІНДРИЧНОГО НАКЛАДНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЯК СКЛАДОВА СУРОГАТНОГО ОПТИМАЛЬНОГО СИНТЕЗУ

Задача оптимального синтезу вихрострумів перетворювачів (ВСП) передбачає багатократне рішення задачі аналізу для структури котушок збудження (КЗ), забезпечуючи апіорі заданий розподіл щільності вихрових струмів (ЩВС) в сукупності точок, що розташовані в зоні контролю на поверхні об'єкту (ОК) [1]. Проте ця задача досить складна в реалізації, оскільки вимагає значних затрат обчислювальних та часових ресурсів для проведення розрахунків функції цілі, а саме заданого розподілу ЩВС, як функції від сукупності параметрів:  $J = f(x, y, z, l_1, l_2, f, i_0, r_1, r_2, \mu_i, \sigma_i, d, v_x, v_y)$ , де  $x, y, z$  - просторові координати;  $l_1, l_2$  - висота розташування перетворювача над ОК;  $r_1, r_2$  - внутрішній та зовнішній радіуси КЗ;  $d$  - загальна товщина ОК;  $f, i_0$  - частота та щільність струму в КЗ;  $\mu_i, \sigma_i$  - електрофізичні параметри  $i$ -го шару матеріалу;  $v_x, v_y$  - складові швидкості руху ВСП відносно ОК по координатах  $x, y$ .

Застосуванням технології сурогатної оптимізації можна уникнути проблеми необмеженого збільшення обчислювальних ресурсів. Тобто для формулювання функції цілі в рамках задачі оптимального синтезу можна використати метамодель ВСП, яка значно простіша в реалізації і менш ресурсоемна [2].

Мета роботи: побудова RBF-метамоделі циліндричного вихрострумів перетворювача, яку можна використовувати для розрахунку розподілу щільності вихрових струмів в області контрольної зони та придатної для використання в задачах оптимального синтезу. Для реалізації задачі створення регресійної моделі використовується евристичний спосіб побудови за допомогою нейронної мережі. В якості апроксиматора використовується штучна RBF-нейронна мережа. План експерименту реалізовано за допомогою рівномірного комп'ютерного заповнення точками багатовимірного простору пошуку, а саме, з використанням ЛП<sub>τ</sub>-послідовностей Соболя. Розглядається задача неруйнівного контролю, де струмопровідний ОК нескінченного розміру у вигляді двошарової пластини має товщину з відповідними електрофізичними параметрами матеріалу. В якості системи збудження ВСП використовується котушка з прямокутним перетином та відповідними радіусами. Середовище вважається лінійним, ізотропним, однорідним. Взаємодія перетворювача із об'єктом контролю визначається співвідношеннями, що отримано із рівнянь Максвелла.

**Висновки.** Результати чисельних експериментів свідчать про можливість використання запропонованої обчислювальної технології побудови RBF-метамоделей для апроксимації точних функцій розподілу ЩВС циліндричних накладних ВСП із збуджуючою котушкою з прямокутним перетином. Використання метамоделі дозволяє провести сурогатний оптимальний синтез ВСП.

1. Гальченко В.Я. Застосування метамоделей для вирішення задач синтезу вихрострумів перетворювачів з однорідним розподілом щільності струму в зоні контролю [Текст] / В.Я. Гальченко, Р.В. Трембовецька, В.В. Тичков // Приладобудування: стан і перспективи: матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції, 15-16 травня 2018 р., м. Київ: ПБФ, НТУУ "КПІ", 2018. С. 146-147.
2. Трембовецька Р.В. Вирішення складних задач оптимізації з використанням метамоделей [Text] / Р.В. Трембовецька, В.Я. Гальченко, В.В. Тичков // Information Technologies in Education, Science and Technology" (ITEST-2018): Conference proceedings of IV International Scientific-Practical Conference: Cherkasy, May 17-18, 2018 – Cherkasy: ChSTU, 2018. – pp. 37-42.



## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В'ЯЗКОПРУЖНОГО ДЕФОРМУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ ВІБРОІЗОЛЯТОРІВ

Проектування нових і удосконалення існуючих конструкцій неможливе без застосування композиційних матеріалів. Одним із найбільш поширених видів композитів є волокнистий композиційний матеріал, що знаходить застосування у різних виробничих сферах. Так, розвиток сучасного будівництва, машинобудування, транспорту та інших галузей потребує створення нових та удосконалення існуючих методів віброзахисту. Одним із перспективних методів віброзахисту є застосування гумових та гумовокордних віброізоляторів, які ефективно захищають споруди та обладнання від вібрацій як техногенного (транспорт, метро тощо), так і природного характеру (сейсмічна активність). Конструкції віброізоляторів мають низку модифікацій: гумові, гумометалеві, гумовокордні.

Поєднання гумових та гумовокордних частин у конструкції віброізоляторів дозволяє зменшити матеріаломісткість конструкції, надає широкі можливості до керування жорсткостними характеристиками. При проектуванні таких віброізоляторів необхідно визначити напружено-деформований стан.

При використанні гумовокордного матеріалу треба врахувати низку специфічних характеристик, таких як неоднорідність матеріалу, в'язкопружність гуми та інші. При створенні математичних моделей описати механічні властивості окремого волокна та матриці практично неможливо, це приводить до громіздких моделей. Одним із ефективних способів представлення механічних характеристик неоднорідного матеріалу є їх гомогенізація. Тоді волокнистий композит представляється трансверсально-ізотропним однорідним матеріалом із площиною ізотропії, перпендикулярній напрямку волокна, а механічні характеристики композиту описують п'ять пружних сталей [1].

Гума також має ряд специфічних властивостей, що не дозволяє застосовувати при розрахунках класичні методи. Підходи до визначення напружено-деформованого стану базуються на модифікації методу скінченних елементів – моментній схемі скінченного елемента, що полягає у потрійній апроксимації полів переміщень, компонентів тензора деформацій та функції зміни об'єму [2]. Ця модифікація дозволяє врахування слабку стисливість гуми.

Як гумовий матеріал, так і гумовокордний мають реологічні властивості, які досить адекватно описуються спадковою теорією Больцмана-Вольтера із експоненціальним ядром релаксації, що містить в якості параметрів миттєвий та тривалий модулі пружності.

Усі описані підходи реалізовані на основі методу скінченних елементів у програмному комплексі «МІРЕЛА+» [2], за допомогою якого визначено напружено-деформований стан композитного віброізолятора.

**Висновки.** Запропонована на основі методу скінченних елементів методика дозволяє врахувати специфічні властивості матеріалів композитних віброізоляторів при визначенні напружено-деформованого стану. Ці підходи можна використати при проектуванні віброізоляторів для вибору марок матеріалів та схем армування у гумовокордному матеріалі.

1. Гребенюк С.М. Напружено-деформований стан просторових конструкцій на основі гомогенізації волокнистих композитів Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 319 с.

2. Метод конечных элементов в вычислительном комплексе «МІРЕЛА+». Киричевский В.В., Дохняк Б.М., Козуб Ю.Г., Гоменюк С.И., Киричевский Р.В., Гребенюк С.Н. – К.: Наук. думка, 2005. – 416 с.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІЖНАРОДНОЇ КОНКУРЕНЦІЇ

Глобальне поширення інформаційно-комунікаційних технологій загострює міжнародну конкуренцію, актуальну для України. Гетерогенність країн спонукає фірми до більшого рівноважного (за Нешем) податку в (більшій) країні 1 (до податкової асиметрії), а відтак до звітування фірмами більшого прибутку в (меншій) країні 2. Якщо країна 1 підвищує свою податкову ставку  $t_1$ , то збільшує податкову базу країни 2 і стимул країни 2 до підвищення своєї податкової ставки  $t_2$ , і навпаки: податки країн  $i=1, 2$  є стратегічними доповнювачами. Податкова конкуренція веде до втрати податкової бази країни 1. При цьому (сумарний) звітний прибуток фірм у країні 1 перевищує звітний прибуток у країні 2, а фіскальні надходження у країні 1 перевищують фіскальні надходження у країні 2.

Менше значення параметра  $\delta$  вартості зсуву прибутку між країнами означає нижчі податкові ставки в країнах, меншу різницю між ними і вищу податкову конкуренцію, менші спільні фіскальні надходження  $R(t_1, t_2) = R_1(t_1, t_2) + R_2(t_1, t_2)$ . Це створює стимули до кооперації (фіскальної гармонізації) держав. Тоді, за відсутності трансфертів між країнами, виникає питання про достатність цих стимулів, або про порогове значення  $\delta$ , при якому  $R_i(t_1, t_2) \leq R_i(1, 1)$ . Виявляється, що при  $\delta \in (\delta_2, \delta_1]$  країна 1 має стимул до кооперації, а країна 2 – ні. Потенційна перевага меншої країни 2 полягає у нижчій рівноважній податковій ставці  $t_2 < t_1$ , яка дозволяє збільшувати звітний прибуток на своїй території (свою податкову базу) за рахунок країни 1. Оскільки кооперація усуває цю перевагу, то при  $\delta > \delta_2$  країна 2 більше схильна до податкової конкуренції, ніж до кооперації. На міжнародних ринках капіталу менша країна має нижчу ринкову владу, а тому вступає у податкову конкуренцію, встановлюючи нижчу податкову ставку для капіталу на своїй території: при конкуренції вигреш країни 2 більший, ніж країни 1, а при кооперації вигреші країн 1 і 2 однакові.

Отже, податкова конкуренція веде до заниження податків, при якому у більшій країні фіскальні надходження вищі, ніж у меншій країні. Оскільки податкова кооперація не завжди вигідна меншій країні, то виникає питання про частку  $\alpha \in [0, 0.5)$  власних фіскальних надходжень країни  $i$ , яку вона віддає країні  $j$ . Уряд країни  $i$  вибирає рівень  $t_i$ , що максимізує фіскальні надходження на її території  $R_i(\alpha)$ , звідки впливають функції реакції  $t_i(t_j)$ . Показано, що функція  $R_i(\alpha)$  увігнута по  $t_i$ .

Наслідком посиленої стратегічної доповнюваності податків країн 1 і 2 є зростання податкових ставок в обох країнах. Аналогічно до податкової конкуренції на міжнародному ринку капіталу зниження рівня  $R_i(\alpha)$  веде до збільшення рівня  $R_j(\alpha)$  та мотивації встановлення вищої ставки  $t_j$ ,  $i \neq j$ . Міжнародна ціна капіталу вбирає частину вищої податкової ставки країни з ринковою владою. У більшій країні податкова база менш еластична до своєї власної податкової ставки, що підвищує рівноважні податкові ставки. Вплив підвищення  $\alpha$  більший для країни 2, ніж для країни 1. Це зсуває податкову базу (звітний прибуток) від країни 2 до країни 1. Оскільки величина зсуву (звітного) прибутку від країни 2 до країни 1 пропорційна різниці  $(t_1 - t_2)$ , то звуження цієї різниці мотивує фірми до зменшення такого зсуву.

**Висновки.** Зважаючи на вартість зсуву прибутку, поділ фіскальних надходжень має ту перевагу, що не потребує ресурсів фірм для такого зсуву. При цьому трансферти ресурсів від країни 2 (юрисдикції з нижчим податком) до країни 1 (юрисдикції з вищим податком) збільшуються. Із зростанням параметра  $\alpha$  поділу фіскальних надходжень додатна податкова база країни 1 збільшується, а країни 2 – зменшується, а сумарні фіскальні надходження обох країн збільшуються. Ці результати математичного моделювання свідчать на користь недосконалої конкуренції та застосування поняття ступеня кооперації.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЁМКОСТЯХ (СИЛОСЫ/БУНКЕРЫ): МОНИТОРИНГ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ И АНАЛИЗ ИСТЕЧЕНИЯ ПО ВТОРОЙ ФОРМЕ В ОБЩЕЙ ПОСТАНОВКЕ**

Вторая форма истечения сыпучего материала из вертикальной ёмкости характеризуется перемещением всей его массы единым столбом, сверху до низа ёмкости. При этом не происходит образования самостоятельных линий тока с видимым их смещением друг относительно друга, т.е. скорости движения всех частиц среды, попадающих в одно горизонтальное сечение, равны между собой. Решение задачи об истечении сыпучего материала из вертикальной ёмкости имеет весьма важное значение. При истечении сыпучего именно по второй форме возникает повышенное давление на стенки силосов, значительно превосходящее расчётные значения давлений, найденных по теории Янсена – Кенена. Вначале рассмотрена задача в такой постановке, когда фактор движения не играет по существу никакой роли. Сыпучая среда при этом принимается несжимаемой, а движение – установившимся. Главная цель, которую преследует решение задачи в такой постановке, – это исследование статического напряжённого состояния в предельном равновесии и точное удовлетворение граничным условиям на вертикальных стенках ёмкости (силоса/бункера). Одним из главных недостатков теории Янсена – Кенена является именно неудовлетворение граничным условиям на стенках, так как они являются там одновременно и площадками скольжения, и площадками минимальных главных напряжений. Дано решение задачи о второй форме истечения сыпучего материала в наиболее общей постановке – с учётом сжимаемости среды и неустановившегося характера движения. Рассматриваются плоские ёмкости (бункеры) и ёмкости круглые (силосы). Получены в первой постановке задачи асимптотические решения. В общей постановке задачи о неустановившемся движении сжимаемой сыпучей среды учтены наряду с её переменной плотностью также переменный коэффициент трения сыпучего материала о стенку ёмкости и переменный угол внутреннего трения в материале. Подчёркнута необходимость существования специальной системы мониторинга (с использованием средств мехатроники), которая отслеживает статическое напряжённое состояние сыпучего материала и способствует предотвращению сводообразований, приводящих при выгрузке материала из ёмкости к её разрушению. Определены закономерности адаптации и управления сводоразрушающими устройствами при выгрузке сыпучих (например, зерновых) материалов из глубоких бункеров.

### **ВЫВОДЫ**

1. Обоснована физико-механическая модель истечения сыпучих материалов из глубоких бункеров и силосов по второй форме, позволяющая установить основные закономерности этого истечения, а также основные характеристики потока материала из ёмкости хранения при его выгрузке.
2. Предложена система мониторинга основных характеристик истекающего материала, позволяющая избегать образований внутри ёмкости сводов, препятствующих выгрузке из неё хранящегося материала. Эта система может функционировать на основе специальных датчиков и аппаратурного обеспечения современной мехатроники.
3. Создание управляемых адаптивных сводоразрушающих устройств с регламентированными характеристиками возможно при определении оптимального диапазона частоты их режимов на основе взаимодействия частот истечения реальных сыпучих (зерновых) материалов и сводоразрушающих устройств. Для этого необходимо определить реальные диапазоны частот колебаний сводоразрушающих устройств  $\omega_\lambda$ , их попадания в характерные зоны, возможные собственные частоты  $\omega_0$  стабильного истечения сыпучих (зерновых) материалов из силосов/бункеров, их соотношения и задаваемые на их основе режимы работы сводоразрушающих устройств, частоты их вибрации.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИЗНАЧЕННЯ ПИЛУ В РОБОЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Проблема вимірювання пилу з часом не втрачає своєї актуальності, оскільки виробничий пил дуже шкідливий для організму людини. Деякі види пилу обумовлюють отруєння і це приводе до функціональних змін ряду органів і систем. Шкідливі речовини, що надходять до організму через дихальні шляхи, мають підвищену небезпеку, тому що безпосередньо потрапляють у кров'яну систему людини.

Основною проблемою вимірювання пилу на підприємстві є досить тривалий процес вимірювання і розрахунку концентрації пилу в повітрі робочої зони. В умовах сучасних виробництв різних галузей промисловості лабораторні методи вимірювання концентрації пилу і прилади з індикаторними трубками не завжди забезпечують ефективний контроль стану повітряного середовища, оскільки небезпечні концентрації газів і парів у повітрі можуть утворюватися за короткий час і процес виникнення небезпечної ситуації носить випадковий характер. Тому автоматичний контроль вмісту шкідливих речовин в повітрі за допомогою автоматичних газоаналізаторів є необхідним елементом контролю й управління технологічними процесами.

Для отримання математичної моделі розрахунку пилу в робочих приміщеннях було обрано гравіметричний метод вимірювання концентрації пилу. Після визначення основних значимих факторів, які впливають на об'єм та концентрацію повітря, а це барометричний тиск та температура, було побудовано математичну модель залежності концентрації пилу в робочих приміщеннях від цих факторів. З огляду на, що  $F_{\text{табл}} > F_{\text{розр}}$  рівняння регресії:  $y_0 = 0.0057449 - 0.0025859399x_1^2 - 0.0025866899x_2^2$  можна вважати адекватними з 95% ймовірністю. За отриманим рівнянням побудовано залежність концентрації пилу в повітрі виробничих приміщень після очищення від температури та барометричного тиску (рис.1).

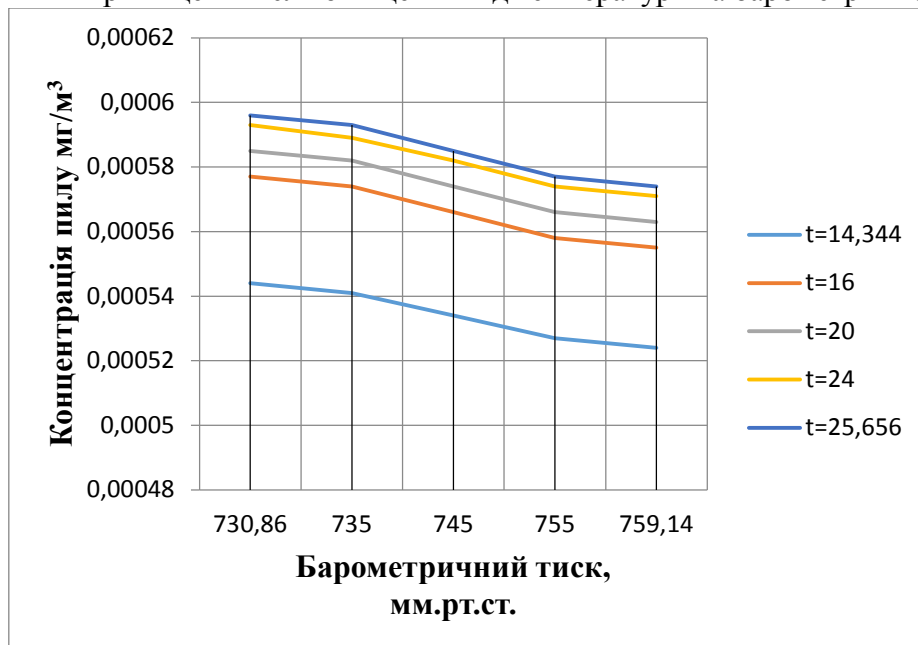


Рис.1. Результати впливу факторів на концентрацію пилу

**Висновки.** Отримано математичну модель залежності концентрації пилу в робочих приміщеннях від дії температури та барометричного тиску. Математична модель підтверджена результатами експериментальних досліджень, які проводились на ПАТ «Оболонь». Похибка результатів вимірювання та теоретичних досліджень 4,8%, що не перевищує норми для таких досліджень.

**ДЕЯКІ ПРИЙОМИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЛІНІЙНИХ ТА НЕЛІНІЙНИХ ЗАДАЧ МЕХАНІКИ**

Швидкий розвиток та активне застосування сучасних анізотропних і композиційних матеріалів постійно диктує пошук нових підходів до вивчення напружено-деформівного стану та руйнування конструкцій з таких матеріалів. Зокрема, у випадках, коли точне рішення знайти неможливо, застосовуються асимптотичні методи розв'язання задач механіки. У роботах Маневича Л.І., Павленка А.В. запропоновано метод, де у якості малого параметру використовується відношення жорсткостей матеріалів в різних напрямках.

Для дослідження можливих співвідношень між компонентами вектора переміщень і швидкостями їх змінення уздовж координат запропоновані афінні перетворення, що залежать від вказаного параметру. Розв'язки відповідних систем рівнянь, отриманих при асимптотичному інтегруванні, мають різні властивості. Кожна з граничних систем рівнянь має нижчий порядок, ніж вихідна система. Ці граничні системи, а також відповідні їм асимптотичні процеси, розглядаються як взаємно додаткові. Розв'язки крайових задач розшукуються у вигляді суперпозиції складових, відповідних вказаним типам напружено-деформівного стану. Кожна із складових представляється у вигляді ряду по дробових степенях малого параметра. Отримані рекурентні співвідношення відносно коефіцієнтів вказаних розвинень. Конкретний вигляд асимптотичної послідовності визначається структурою самих рівнянь рівноваги і крайовими умовами. Показано, що невизначені коефіцієнти в перетвореннях Лайтхіла можуть бути вибрані таким чином, що основні рівняння у кожному наближенні стають однорідними і збігаються з рівняннями Лапласа.

Таким чином, ефективність методу залежить від того, чи вдається сформулювати відповідні крайові задачі для основних рівнянь. Показано, що це дійсно можна зробити і, таким чином, крайові задачі теорії пружності для плоских ортотропних тіл зводяться до послідовного розв'язання крайових задач теорії потенціалу. Це відкрило нові можливості дослідження багатьох практично важливих задач, які не мали не лише аналітичних, але і чисельних розв'язків.

Основні ідеї методу узагальнені авторами на випадки плоских задач для ортотропних тіл з криволінійною анізотропією, відповідні задачі для лінійно в'язкопружних матеріалів; геометрично і фізично нелінійні матеріали. Розглянуті деякі задачі про адгезійну міцність і руйнування волокнистих композитів. За допомогою методу збурень авторами розв'язані, наприклад, плоскі задачі теорії пружності. Отримано точне рішення задачі для анізотропної пластини з круговим отвором та доданою періодичною навантаженням на його контурі, а також завдання про одноосьовому розтягуванні анізотропної пластини, ослабленої круговим отвором. Останнє завдання також розв'язується асимптотичним методом. При цьому отримано розв'язок у формі ряду за ступенями обраного малого параметра, який характеризує анізотропію. Показано, що перші члени розкладання в ряд за ступенями малого параметра отриманого точного розв'язку збігаються з отриманим асимптотичним розв'язком. Встановлено, що у разі ізотропного матеріалу пластини цей розв'язок переходить у відомий для задачі Кірша.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Маневич Л. И. Асимптотический метод в теории упругости ортотропного тела / Л. И. Маневич, А. В. Павленко, С. Г. Коблик. – К. : Вища школа, 1982. – 152 с.

## АНАЛІЗ СХЕМ ПРИКЛАДАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ МІЦНОСТІ ЗВАРНИХ ШВІВ З УРАХУВАННЯМ ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ РІЗНИХ ДЕФЕКТІВ

Розвиток сучасної техніки потребує створення нових конструкцій, робота яких проводиться під дією багаторазових, несиметричних силових і температурних факторів. Найбільш навантаженими в таких конструкціях є зони максимально остаточних деформацій, які часто знаходяться між порами та включеннями у зварних швах. В роботі [1] запропоновано підхід, який заснований на використанні метода кінцевих елементів для розрахунку термопружної поведінки конструкції, тут розглядається зв'язана постановка задачі термопружності. Серед робіт присвячених вирішенню зв'язаних задач термопружності, відмічаємо дослідження [2-3].

В даній статті проведено дослідження різних схем застосування температур і тиску в розрахунку зварних швів конструкції в умовах нестационарних температурних і силових впливів в пов'язаній термопружній постановці з урахуванням взаємного впливу різних дефектів.

В якості матеріалу пластинок розглядається сталь 10ХСНД. Модуль пружності та коефіцієнт Пуассона відповідно рівняються  $E = 2.1 \times 10^6 \text{ кгс/см}^2$ ;  $\nu = 0.3$ . Щільність матеріалу пластин рівняється  $\rho = 0.0079 \text{ кг/см}^3$ .

Різні дефекти знаходяться у зварному шві, що з'єднує дві пластини товщиною 4 см кожна.

Побудована базова кінцево-елементна модель короба з використанням трьохмірних елементів типу «solids».

У даній роботі вивчена не стаціонарна задача.

В роботі досліджуємо взаємний вплив пор, включень, раковин діаметром (0,0015- 0,0025 м) на розкриття тріщин різної довжини (0,006- 0,012 см), використовуючи різні схеми прикладання навантажень до пластин становить короб.

Для кожної моделі були проведені 3 розрахункових схеми. Розрахункова схема 1 - на пластині діє максимальне значення тиску і температур по всій поверхні короба. Розрахункова схема 2 - величина тиску змінюється як по висоті, так і по ширині пластини в кожен момент часу, температура максимальна по всій пластині. Розрахункова схема 3 - величина температури змінюється як по висоті, так і по ширині пластини в кожен момент часу, значення тиск максимально по всій пластині

Взаємний вплив дефектів типу пора, включення, раковина на розвиток тріщини в звареному шві значно при мінімальній відстані між дефектами та максимальну довжину тріщини.

Як показав розрахунок, розрахункова схема 1 дає найбільші значення напруг і переміщень. Розрахункові схеми 2 і 3 приводять до зміни поведінки розкриття тріщин.

1. Даутов Р.З., Карчевский М.М. Введение в теорию метода конечных элементов. – Казань.: Казанский государственный университет, 2004.–239 с.
2. Алтухов Е.В. Метод И.И. Воровича в трехмерной теории термодинамики пластин. //Теорет. и прикл. механика. Донецк, 2005, вып. 41. С. 3-8.
3. Бородин П.Ю. Динамическая связанная задача термоупругости в различных пространственных приближениях. Мат. моделирование.- 1998.-Т. 10, №3.-С. 61-82.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕТОДОМ АВТОРЕГРЕССИИ СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО

В данной статье авторами проведено моделирование акустического шума, генерируемого электромеханическими комплексами в режиме реального времени. Детальное исследование звуковых сигналов работающего оборудования имеет большое значение для функциональной диагностики электрооборудования. Каждому состоянию работоспособности системы соответствует свой характерный спектр акустического сигнала. По зарегистрированным данным, полученным в результате эксперимента, возможно, определить техническое состояние контролируемого объекта. В статье разработана методика выделения доминантной информационной составляющей сигнала на фоне внешних и внутренних возбуждений работы объекта.

Осуществлен тщательный обзор моделей и методов прогнозирования временных рядов, выявлены достоинства и недостатки каждого класса [1–4]. На базе измерений, полученных в результате проведения опыта, выбрана модель максимально точно описывающая акустический процесс. Параметры модели авторегрессии идентифицированы при помощи метода наименьших квадратов [3]. Определена зависимость коэффициентов акустического процесса от порядка модели. Проведены вычисления дисперсии и математического ожидания модели.

При помощи спектрального анализа [5], который является достаточно объективным критерием, авторы вычислили максимальные частоты спектра случайных процессов. На основании проведенных расчетов выяснен шаг дискретизации измерений, в анализе авторы использовали теорему Котельникова. Спектральную плотность амплитуд случайного процесса нашли при помощи преобразования Фурье корреляционной функции [6]. Добротность полученной модели авторегрессионного скользящего среднего оценено по 6 критериями качества. Комплексный подход к изучению методов акустического анализа позволил не только проанализировать данные, но сделать конкретные выводы на основе полученной информации.

**Выводы.** Перспективно использовать авторегрессионные модели скользящего среднего для анализа звуковых сигналов генерируемых электрооборудованием. Параметры модели можно рассчитать методом наименьших квадратов, но для идентификации в режиме реального времени целесообразно применять рекуррентный метод. Для уменьшения объемов перерабатываемой информации без потери точности используют агрегированные значения. Длительность процесса агрегирования стоит определять на основе спектрального анализа акустического сигнала. Все это открывает возможности для обеспечения безопасности и надежности эксплуатации электрооборудования за счет своевременного обнаружения и предотвращения аварийных сбоев работы в режиме реального времени.

1. Рунова Л.П. Модель авторегрессии и скользящего среднего (ARMA) / Л.П. Рунова. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2013. – 59 с.
2. Королев А.Л. Компьютерное моделирование / А.Л. Королев. – М.: БИНОМ. ЛЗ, 2013. – 230 с.
3. Савиных В.Н. Математическое моделирование производственного и финансового менеджмента: Учебное пособие / В.Н. Савиных. – М.: КноРус, 2013. – 192 с.
4. Бидюк П.И. Моделирование и прогнозирование нелинейных динамических процессов/ И.В. Баклан, Я.И. Баклан, Л.О. Коршевнюк, В.И. Литвиненко, М.Ю. Минин, В.В. Петренко, О.О. Петренко, Ю.М. Селин, А.А. Фефелов // К.:ЕКМО, 2004 – 120с.
5. Дмитриев В.И. Прикладная теория информации / В.И. Дмитриев. – М.: Высшая школа, 1989. – 320 с.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1964. – 576 с.

## УТОЧНЁННЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИОННОЙ ФОРМЫ С БЕТОННОЙ СМЕСЬЮ ПРИ РАЗНОНАПРАВЛЕННЫХ КОЛЕБАНИЯХ

Составлены математические модели взаимодействия бетонной смеси с днищем вибрационной формы при вертикальных и горизонтальных колебаниях, а также с вертикальными стенками вибрационной формы при горизонтально направленных колебаниях. Уплотняемая среда представлена в виде сплошной среды с распределёнными параметрами. В результате решения уравнения колебаний уплотняемой среды в частных производных, удовлетворяющего заданным граничным условиям при разнонаправленных колебаниях, определена закономерность деформирования уплотняемой среды в зависимости от нарастающей во времени плотности формируемой смеси, её физико-механических характеристик, толщины уплотняемого слоя, массы вибрационной формы, частоты и амплитуды возмущающей силы. Определены приведенные массы, жёсткостные характеристики и коэффициент сопротивления бетонной смеси при разнонаправленных колебаниях, действующих на днище и вертикальные стенки вибрационной формы. Определены амплитуды колебаний вибрационной формы и напряжения, возникающие в уплотняемой среде. Исследованы основные характеристики свободных колебаний, возникающих в системе.

Для решения динамических задач по уплотнению цементобетонных смесей использованы подходы математической физики [1] и методы теории колебаний/волн механики сплошной среды [2]. В решённой задаче фигурируют две подсистемы: обрабатываемая цементобетонная смесь (подсистема с распределёнными параметрами) и собственно вибрационная форма, моделируемая как подсистема со сосредоточенными параметрами.

Анализ полученных результатов позволяет установить условия, при которых в системе «вибрационная форма – цементобетонная смесь» возможны субгармонические резонансные колебания. Кроме того, определены и условия формования указанных смесей, при которых жёсткость обрабатываемой среды приобретает бесконечные (случай абсолютно твёрдого тела) и нулевые значения (случай абсолютно податливого тела).

### ВЫВОДЫ

1. Разработана и обоснована корректная в математическом смысле этого слова модель, адекватно описывающая процессы взаимодействия вибрационной формы с бетонной смесью при разнонаправленных колебаниях.

2. Исследованы свободные и вынужденные колебания в системе «вибрационная форма – обрабатываемая цементобетонная смесь» и установлены их основные характеристики в процессе уплотнения.

3. Полученные в работе результаты могут быть в дальнейшем использованы для уточнения и совершенствования существующих инженерных методов расчёта вибрационных машин для уплотнения бетонных (цементобетонных) и строительных смесей как на стадиях их проектирования/конструирования, так и в режимах реальной эксплуатации.

1. Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики/Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов. – М.: Высшая школа, 1970. – 712с.

2. Маслов А.Г. Вибрационные машины для приготовления и уплотнения бетонных смесей/А.Г. Маслов, А.Ф. Иткин, Ю.С. Саленко. – Кременчуг: ЧП Щербатых А.В., 2014. – 324с.



## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКОСТИ В ПРИЗМАТИЧЕСКОМ РЕЗЕРВУАРЕ

Герметичные оболочечные конструкции с жидкостью явились предметом интенсивных исследований в течение последних 50 лет; научная литература в этой области обширна. Большое количество различных типов новых модельных тестовых задач разного уровня, с разными постановками решено в последнее десятилетие в этой исследовательской области. Оболочечные конструкции широко используются в технике как резервуары для хранения жидкости. Среди них – топливные баки и контейнеры различной формы, которые используются в различных областях, таких как аэрокосмическая, нефтегазовая промышленность, энергетическое машиностроение и транспорт. Зачастую такие резервуары работают при повышенных эксплуатационных нагрузках. Плескание жидкости - это интересный физический феномен огромнейшего практического значения, имеющий приложения в широком спектре технологий и технических дисциплин. Это явление наблюдается в движущихся резервуарах, содержащих жидкость, таких как топливные баки ракет, баки, применяющиеся в морском и космическом транспорте, в хранилищах, плотинах, находящихся под сейсмическим воздействием, а также в реакторах и атомных судах. Когда топливный бак заполнен частично, большое количество топлива движется внутри бака с поступательным и вращательным ускорением, и генерирует плескания. Контроль плесканий топлива крайне необходим для обеспечения устойчивости космического корабля. Ряд катастроф в полетах произошел именно вследствие неустойчивости, вызванной плесканиями.

В данной статье предложен метод исследования свободных и вынужденных колебаний жидкости в жестком призматическом резервуаре. Предполагается, что жидкость в резервуаре идеальная, несжимаемая, а её течение, вызванное действием приложенной нагрузки, безвихревое. Давление жидкости на стенки резервуара определяется из интеграла Коши-Лагранжа. Рассмотрен случай периодического внешнего воздействия в горизонтальном направлении. Определены собственные значения и формы колебаний жидкости в призматическом резервуаре. Задача о вынужденных колебаниях жидкости в резервуаре решена с использованием форм свободных колебаний в качестве базисных функций. Определены резонансные частоты.

Для моделирования области, занятой жидкой средой, разработана математическая модель, основанная на следующих гипотезах: жидкость несжимаемая и невязкая, движение жидкости безвихревое, необходимо рассматривать только малые колебания (линейная теория). Поэтому можно ввести скалярный потенциал скоростей  $\Phi(x,y,z,t)$ , Изучено влияние скорости перемещения в призматическом резервуаре на частоты и формы колебаний жидкости.

Из полученных результатов видно, что вещественная часть частот колебаний для всех рассмотренных случаев равна нулю, что свидетельствует о устойчивости движения резервуара. С увеличением скорости мнимые части наименьших частот стремятся к нулю. Такое явление соответствует потере устойчивости по дивергентной форме.

Проведен расчет призматического резервуара с жидкостью при действии периодической горизонтальной нагрузки. Определена зависимость уровня подъема жидкости в резервуаре от времени. Установлен характер поведения жидкости в резервуаре в зависимости от частоты вынуждающей силы. В дальнейшем предполагается изучить рассматриваемую задачу в нелинейной постановке с учетом нелинейных составляющих в интеграле Коши – Лагранжа.

В.Ю.КЫЛЫННЫК<sup>1</sup>, В.И.ГНИТЬКО<sup>2</sup>, Ю.В.НАУМЕНКО<sup>2</sup>, Л.В.РОЗОВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

<sup>2</sup>Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного Национальной академии наук  
Украины

<sup>3</sup>Харьковский политехнический институт “Национальный технический университет”

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКОСТИ В СОСТАВНЫХ ОБОЛОЧКАХ ВРАЩЕНИЯ ПРИ ПЕРЕГРУЗКАХ

Герметичные оболочечные конструкции для хранения и транспортировки жидкости явились предметом интенсивных исследований в течение последних 50 лет. Анализ исследований, посвященных проблемам плескания жидкости в резервуарах, дан в работах R. A. Ibrahim's [1,2]. Оболочкам, состоящим из цилиндрических и конических частей, в научной литературе уделено меньшее внимание, несмотря на то, что такие тонкостенные конструкции широко используются в разных отраслях техники.

В данной работе рассмотрена задача о колебаниях жидкости в составной оболочке вращения. Предполагается, что оболочка может состоять из цилиндрической и конической частей.

Для моделирования области, занятой жидкой средой, разработана математическая модель, основанная на следующих гипотезах: жидкость является несжимаемой и невязкой, движение жидкости безвихревое, необходимо рассматривать только малые колебания. Давление жидкости, действующее на смоченной поверхности, получено из линеаризованного уравнения Бернулли для потенциального потока. Для решения задачи о колебаниях жидкости использован метод заданных форм. На основе методов теории потенциала построена система граничных интегральных уравнений. Численное решение полученной в процессе системы осуществлено методом граничных элементов. Использован редуцированный метод граничных элементов. Этот метод существенно сокращает время расчетов и открывает новые качественные возможности для моделирования динамического поведения оболочечных конструкций.

В данной работе проведено сравнение частот осесимметричных колебаний жидкости в цилиндрической оболочке, полученных с использованием разработанного метода и аналитической формулы. Также подсчитаны значения первых семи частот колебаний составных оболочек при разных длинах цилиндрической части.

Численный анализ продемонстрировал, что при увеличении перегрузок происходит рост частот свободных колебаний жидкости. Из полученных результатов можно заключить, что частоты колебаний заполненных и незаполненных упругих оболочек отличаются существенно, как для цилиндрической, так и для цилиндрико-конической оболочек. Заметим, что третья форма колебаний является крутильной и не оказывает влияния на гидроупругое взаимодействие, так как идеальная жидкость создает лишь нормальное давление на смоченные поверхности. Частоты колебаний цилиндрической оболочки меньше соответствующих частот цилиндрико-конической оболочки.

Разработан метод определения частот и форм колебаний составных оболочек вращения. Исследованы свободные колебания жидкости в составных оболочках вращения, состоящих из цилиндрической и конической частей. Дан анализ влияния перегрузок на частоты колебания составных оболочек. В дальнейшем предполагается учесть эффект упругости стенок.

- 1.R.A. Ibrahim, V.N. Pilipchuck, T. Ikeda., Recent Advances In Liquid Sloshing Dynamics. Applied Mechanics Reviews, Vol. 54, No. 2, pp. 133-199, 2001.
- 2.R.A. Ibrahim. Liquid Sloshing Dynamics. Cambridge University Press, New York, 2005.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ВОЛОГОСТІ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕРНА В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ

Задача контролю вологовмісту та температури зерна виникає при оперативному керуванні зерносушильним обладнанням на хлібоприймальних та борошномельних підприємствах. Сушка зерна дозволяє як продовжити термін його зберігання без можливості утворення осередків самозігрівання, так і надати оптимальну вологість при сортовому помелі зерна, що зумовить найкращі результати переробки, рентабельність роботи борошномельного підприємства й конкурентоспроможність отриманого борошна з погляду стабільності його хлібопекарських достоїнств [1]. Щоб не допустити пересушування або перезволоження зернової маси і запобігти втраті цінних властивостей продукту, необхідно контролювати вологість та температуру зерна в реальному часі з метою підтримки оптимальних параметрів процесу сушіння.

Для контролю вологості зернової маси традиційно використовують різні методи і засоби вимірювання, що засновані на зміні фізичних характеристик зерна (електропровідність, діелектрична проникність, поглинання та відбиття інфрачервоного випромінювання та ін.) при зміні його вологості, але їх неможливо використовувати в автоматизованих системах керування для вимірювання вологості зерна в потоці.

Сучасні системи керування зерносушильним обладнанням передбачають наявність автоматизованої системи моніторингу вологості та температури зерна, розробка яких повинна здійснюватися на основі об'єктивних даних про стан зерна в кожній точці зернового шару. Тому метою досліджень є розробка математичної моделі процесу сушіння зерна, що враховує основні особливості конструкції зерносушильного обладнання, стан шару зерна та кількісні характеристики теплофізичних і термодинамічних властивостей зерна, що впливають на процес тепло- і масопереносу [2].

Для досягнення поставленої мети в роботі проаналізовано параметричну схему процесу сушіння зерна та визначено вхідні, вихідні та керуючі параметри для зерносушильного обладнання. Вхідними параметрами є початковий вологовміст та початкова температура зерна. Вихідними параметрами є кінцевий вміст вологи та кінцева температура зерна. До керуючих параметрів віднесено початкову температуру, вміст вологи, швидкість і витрату агента сушіння, швидкість руху стрічки та висоту шару зернової маси. Запропоновані моделі кількісних характеристик зерна, таких як коефіцієнт дифузії вологи зерна, теплопровідність, теплоємність та температуропровідність.

Розроблено модель динаміки температури та вологості зерна на основі рівнянь тепло- і масопереносу з використанням методу кінцевих різниць, яка дає можливість обчислювати вологість та температуру зерна на наступний момент часу через теплофізичні і термодинамічні характеристики у попередній момент. Наведено сітку вузлів та обчислювальний шаблон, що відповідає рівнянню динаміки вологості.

**Висновки.** Отримана модель динаміки вологості та температури зернової маси після вибору характерних параметрів для конкретного типу зерна і зерносушильного обладнання може бути використана для рішення багатьох задач, таких як визначення статичних та динамічних характеристик зерносушильного обладнання, вибір та оптимізація режимних параметрів сушіння, рішення задач контролю та керування процесом.

1. Хосни Р.К. Зерно и зернопереработка / Р.К. Хосни; пер. с англ. под общ. ред. Н.П. Черняева. – СПб: Профессия, 2006. – 336 с.

2. Остапчук Н.В. Математическое моделирование технологических процессов хранения и переработки зерна / Н.В. Остапчук. – М.: Колос, 1977. – 240 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ У ВАЛКОВОМУ КРИСТАЛІЗАТОРІ

Розвиток металургії ставить нові завдання по підвищенню якості продукції, зниженню витрат матеріалів та енергоресурсів на одиницю продукції, що випускається, збільшенню впуску продукції. Усе це потребує подальшого удосконалення технологічних процесів виробництва [1,2].

В роботі досліджуються теплові процеси під час отримання металевої стрічки на прокатних станах та при об'єднанні процесів лиття-прокатування у валкових кристалізаторах (ВК). Особливо перспективним є отримання стрічки у валкових кристалізаторах. Товщина стрічки визначається відстанню між валками кристалізатора, а ширина - бічними стінками ВК, які можуть переміщатися відносно краю бочки валків (Рис.1)

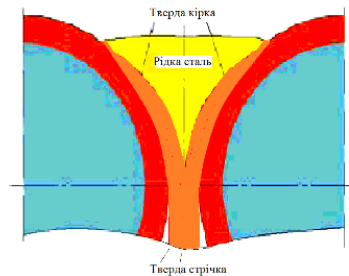


Рис.1 Схема формування сталевих стрічки у валковому кристалізаторі

Метою дослідження було створення математичної моделі процесу теплообміну між розплавленим металом та валками ВК під час формування металевої стрічки у ВК; проведенні чисельних експериментів та побудова графіків температурних розподілів із залученням систем комп'ютерної математики. Математична модель процесу теплообміну побудована у вигляді крайової задачі для однорідного рівняння теплопровідності у дво та три шарових циліндричних областях з умовами спряження імпедансного типу на границях шарів.

Для визначення температурного розподілу  $T(r, z, \varphi, t)$  приходимо до наступної крайової задачі на спряження в області  $\Omega \times t = \{(r, z, \varphi, t) | 0 < r < r_0, 0 < z < l, 0 < \varphi < 2\pi, t > 0\}$

$$\lambda_{1,2} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \lambda_{1,2} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \lambda_{1,2} \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} - c_{1,2} \rho_{1,2} \frac{\partial T}{\partial t} = \begin{cases} -w, & \forall |\varphi| < \varphi_1, r_0 - \Delta + 0 \leq r < r_0, \\ 0, & \forall 0 < r < r_0 - \Delta - 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$T(r, 0, \varphi, t) = T(r, z, \varphi, 0) = T_0, \quad T(r, l, \varphi, t) = T_0, \quad (2)$$

$$\lambda_1 T_r(r_0 - \Delta - 0, z, \varphi, t) = \lambda_2 T_r(r_0 - \Delta + 0, z, \varphi, t), T(r_0 - \Delta - 0, z, \varphi, t) = T(r_0 - \Delta + 0, z, \varphi, t) \quad (3)$$

$$\lambda_1 T_r(r_0, z, \varphi, t) = -\alpha(T - t_c) - \varepsilon \sigma (T^4 - t_c^4), T_r(0, z, \varphi, t) = 0, T(r, \varphi + 2\pi, t) = T(r, \varphi, t) \quad (4)$$

**Висновки.** Результати роботи можуть бути використані для розробки нових технологій прокатки металевої стрічки.

1. Губін Г.В., В.О. Півень Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза– Кривий Ріг: ПП «Видавничий дім», 2010. – 366 с.

1. 2. Ляшенко В.П., Кобильська О.Б., Дем'яненко О.П. Математичні моделі теплообміну з умовами імпедансного типу у багатошарових областях Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2017. – Вип. 6/2017 (107). Частина 1. – С. 37–43.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДИССИПАТИВНЫХ КВАЗИБРИЗЕРОВ  
 В ОБОБЩЁННОЙ МОДЕЛИ ОДНОМЕРНОЙ РЕШЁТКИ ХИРОТЫ**

Рассмотрены нелинейные локализованные колебания – дискретные бризеры (или внутренние локализованные моды) в одномерной ангармонической цепочке атомов. Численно исследована эволюция дискретных квазибризеров в обобщённой модели одномерной решётки Хироты, состоящей из атомов и учитывающей такие физические эффекты, как диссипация и внешняя накачка. Разработан алгоритм решения уравнения обобщённой решётки Хироты, основанный на методе Рунге-Кутты 4-го порядка. Показана устойчивость дискретных квазибризеров в обобщённой решётке Хироты при малых диссипациях. В этом случае происходят незначительные изменения со временем формы и физических характеристик, таких как амплитуда, частота и скорость огибающей квазибризера. Характерные времена таких изменений намного больше периода осцилляций квазибризера. При больших коэффициентах диссипации наблюдается излучение квазибризером линейных волн и резкое его затухание.

На рисунке снизу приведены трёхмерные графики зависимостей смещений атомов в цепочке от времени и номера узла, а сверху – соответствующие этим случаям начальные условия. Были взяты следующие значения параметров: количество атомов  $N = 50$ , время счёта  $t_{\max} = 10$ ,  $\kappa = 0.8$  (близкие к единице значения этого параметра соответствуют сильной локализации бризера), координата центра бризера  $n_c = 25$ , квазиволновое число и начальная фаза  $k = 0.01$ ,  $\alpha = 0$ , (слева) и  $k = \pi$ ,  $\alpha = \pi/3$  (справа). Для таких бризеров периоды колебаний составляют 581.20 и 2.91.

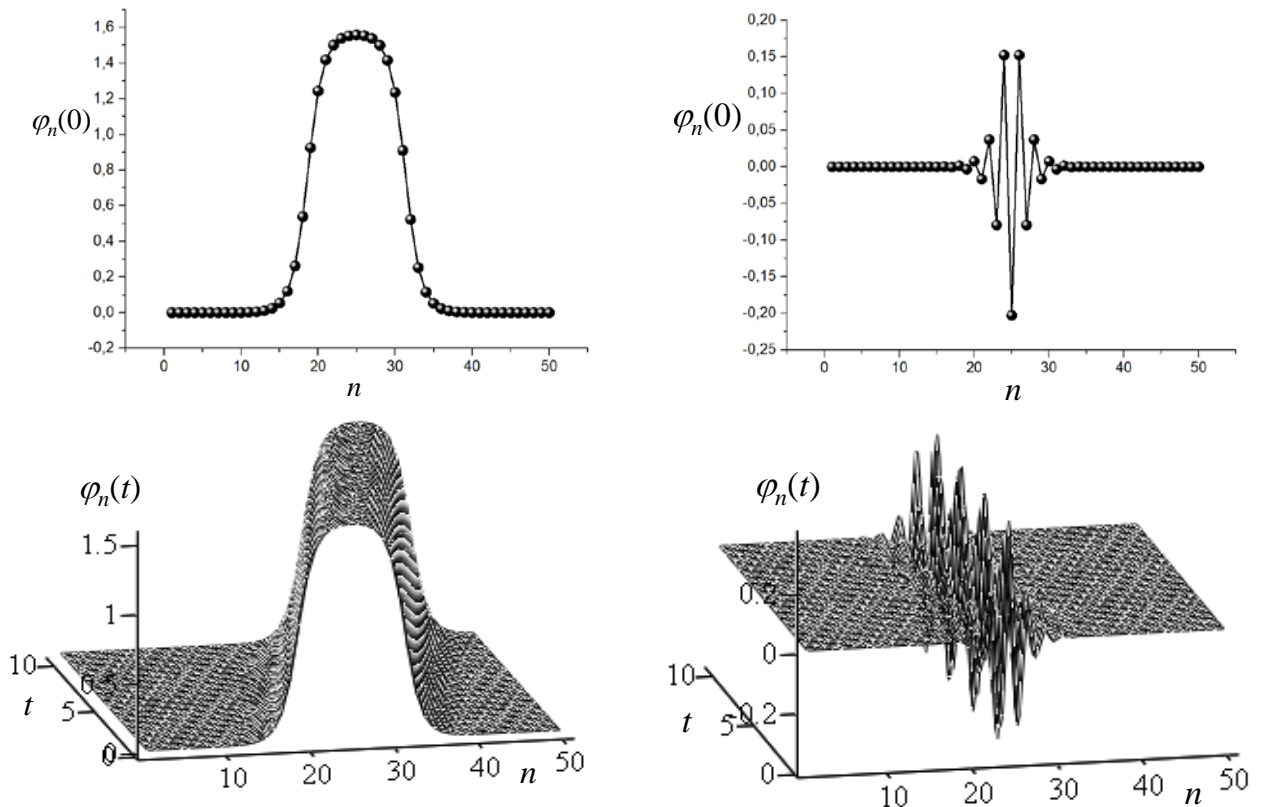


Рис. 1. Динамика ангармонической цепочки.

Параметры:  $n_c = 25$ ,  $\kappa = 0.8$ ; слева:  $k = 0.01$ ,  $\alpha = 0$ , справа:  $k = \pi$ ,  $\alpha = \pi/3$

## MODELING OF AN ELECTROMAGNETIC RESPONSE OF SINGLE-LAYER NANOCOMPOSITE COATINGS

The rapid development of modern science and technology necessitates the research and development of new materials with given electromagnetic properties [1]. However, many issues related to the design and manufacture of such materials remain unresolved.

A promising option for solving these problems is the use of metal-dielectric composite materials containing nanoscale metal inclusions, which are distributed in the dielectric matrix. By varying the material and microstructure of the matrix and the filler, it is possible to change the electrophysical properties of the composite [2].

The purpose of this work is the numerical modeling of the spectral characteristics of the electromagnetic response of single-layer coatings on the basis of nanocomposite metal-dielectric structures using the proposed model that taking into account the electromagnetic parameters of its components.

The results of numerical modeling of the spectral characteristics of response of the nanocomposite coating on the example of its absorption coefficient  $A$  are shown in Fig. 1.

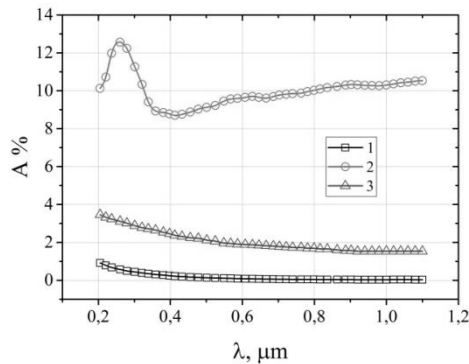


Fig. 1. Spectral Dependences of absorption coefficient: 1 – model composite coating calculated on the basis of experimental values of electromagnetic parameters of nanosized particles of Ni; 2 – model composite coating calculated on the basis of values of characteristic Ni in macroscopic volume; 3 – experimental curve for composite coatings in the form of nanosized film of Ni with a weight thickness of 0.9 nm that deposited on the dielectric substrate

**Conclusions.** The model of electromagnetic response of single-layer nanocomposite coatings is presented, taking into account electromagnetic and microstructural parameters of their components. Taking into account the reliable experimental values of the parameters of the metal nanoinclusions when calculating the response of nanocomposite metal-dielectric coatings to external electromagnetic influence increases the accuracy of the obtained results. Thus, the necessity of studying the electromagnetic properties of metals in the nanosized phase is shown in order to increase the accuracy of prediction of the electromagnetic response of nanocomposite metal-dielectric coatings. Research results are of interest for the development and optimization of single-layer composite coatings and functional devices based on them with given electromagnetic characteristics.

1. E. Moulin, J. Sukmanowski, P. Luo et al. "Improved light absorption in thin-film silicon solar cells by integration of silver nanoparticles," *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 354, pp. 2488–2491, 2008.

2. Rodionov M. Energy-efficient optically transparent coating based on a metal-dielectric composites: [text] / M. Rodionov, V. Verbitskiy, Y. Yakimenko [et al.] // *Proceedings of the IEEE 35th International Scientific Conference "Electronics and Nanotechnology"*. – Kyiv, 21–24 April 2015. – P. 93–96.

## ТРЕНДОВЫЕ СТАТИСТИКИ ПРИ НЕГАУССОВОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ДАННЫХ РЕГИСТРАЦИИ СОСТОЯНИЯ СЭУ

Проблема перевода судовых энергетических установок (СЭУ) на эксплуатацию по техническому состоянию осуществляется на основе создания интегрированных систем управления с полной ответственностью, составной частью которых являются автоматизированные системы контроля и диагностики (АСКД). Важная научно-прикладная задача состоит в повышении надежности статистических выводов о техническом состоянии СЭУ в реальных условиях эксплуатации.

Характерной особенностью анализируемых в АСКД выборок данных о техническом состоянии СЭУ в виде временных рядов термогазодинамических и вибропараметров является тот факт, что они не удовлетворяют опорной гипотезе о принадлежности к генеральной совокупности некоррелированных нормально распределенных случайных величин (СВ) [1,2]. В таких условиях применяемые в АСКД трендовые критерии могут потерять эффективность, что обычно сопровождается ростом потока ложных тревог.

Целью работы является численно-аналитическая оценка смещения уровней значимости и значений доверительных вероятностей трендовых статистик в зависимости от параметров априорного негауссового распределения выборок данных.

Принятая при исследованиях априорная статистическая модель порождения данных (СМПД) выбрана в виде модели разложения распределения исходных данных в ряд Эджворта. Для анализа свойств статистики Хальда-Аббе использован известный факт ее статической эквивалентности  $g$ -критерию некоррелированности СВ и известная связь указанного критерия со статистикой Стьюдента. Статистика  $F$  – критерия сводится к распределению Фишера. Центральным вопросом является определение вида статистики хи-квадрат для априорного распределения, поскольку статистики Стьюдента и Фишера основаны на статистике хи-квадрат. Определение вида статистики хи-квадрат выполнено получением плотности вероятности квадрата СВ, распределенной по негауссовому закону, с последующей  $N$ -мерной последовательной сверткой. Связанные с хи-квадрат статистики Стьюдента и Фишера получены соответствующими нелинейными преобразованиями.

Смещение квантилей статистики Стьюдента в диапазоне (0,9...0,95), составляет доли процента. Вычисления пороговых уровней для трендовой статистик кумулятивных сумм, Хальда-Аббе показало высокую степень устойчивости исследуемой статистики к эксцессу распределения в области доверительных вероятностей (0,9... 0,95) и числа степеней свободы более 20. Критерии, основанные на статистике Фишера, для негауссовых выборок могут сопровождаться потерей уровней значимости, достигающих 5% и более, например для оценок равенства дисперсий и равенства средних.

**Выводы.** Отличие принятой априорной СМПД от фактически реализуемой приводит, в общем случае, к существенному смещению уровней значимости трендовых статистик и, как следствие, – к снижению достоверности статистических выводов о техническом состоянии СЭУ.

1. Hvozdeva, I. The Metod of Trend Analysis of Parameters Time Series Gas-turbine Engine State / I. Hvozdeva, V. Myrhorod, Y. Derenh / 9th International Conference for Promoting the Application of Mathematics in Technical and Natural Sciences - AMiTaNS'17, AIP Conference Proceedings; 2017, 1895, pp. 030002-1-030002-9, DOI: 10.1063/1.5007361
2. Миргород, В.Ф. Особенности применения трендовых статистик при обработке данных в системах технической диагностики / В.Ф. Миргород, Г.С. Ранченко // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2005. – №4. – С. 25-27.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ С УЧЕТОМ СКОРОСТИ НАПЫЛЕНИЯ

Современный уровень развития технологий характеризуется использованием функциональных покрытий, обладающих заданными поверхностными свойствами [1, 2]. Важным свойством, определяющим множество параметров покрытия, является структура поверхности. При этом фрактальные структуры позволяют достигать значений параметров, недостижимых для структур с регулярным рельефом. На сегодняшний день фрактальные структуры широко применяются в электронике, оптике, медицине. Для образования фрактальных структур на поверхности твердого тела, применяются различные способы, например, поверхностная модификация материалов сильноточными электронными и ионными пучками, охлаждение подложки при нанесении, специально сконструированные магнетронные системы и т.п.

В настоящей работе исследуется новый способ формирования неоднородных структур обладающих фрактальными свойствами на поверхности твердого тела, а также приводятся результаты исследования зависимости фрактальной размерности структуры от скорости нанесения. Для оценки влияния параметров нанесения на свойства поверхности был поставлен физический эксперимент. В ходе эксперимента на стеклянную подложку наносился тонкий слой железа (рис.1). Способом нанесения было выбрано термическое нанесение в вакууме. Нанесение производилось в вакуумном универсальном poste (ВУП-4) с использованием созданного приспособления для термического напыления в вакууме.



Рис. 1– Пленка железа, нанесенная на стеклянную подложку при минимальной скорости испарения

В ходе эксперимента, было выявлено, что при низкой скорости испарения железа в вакууме, возможно получение неоднородной поверхности, проявляющей фрактальные свойства. Были приведены микрофотографии структур, а так же измерены их фрактальные размерности.

**Выводы.** Исходя из этого, для получения функциональных покрытий, в основе которых лежат фрактальные структуры, имеет смысл применять данный метод получения этих структур. Управление скоростью нанесения возможно как путём регулирования температуры, так и заданием геометрических параметров установки для нанесения. При этом уменьшение скорости испарения приводит к образованию функциональных фрактальных покрытий.

1. Иванова В.С. Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С. Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин, А.А. Оксогоев. // М.: Наука, 1994. – 382 с.
2. Бунин И.Ж. Концепция фрактала в материаловедении. / И.Ж. Бунин, А.Г. Колмаков, В.Г. Встовский, В.Ф. Тереньтьев // Материаловедение. – 1999. – № 2 . – С. 19 – 26.



## **КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОЛГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРОТУРБІННОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА НАЯВНІСТЮ ДЕФЕКТІВ ТИПА ТРІЩИН**

Розв'язано задачу визначення довговічності елементів проточної частини гідротурбін при наявності дефектів у вигляді ланцюжка тріщин під дією циклічного навантаження. Втомна довговічність, що обумовлена числом циклів до руйнування при змінних напругах, складається з числа циклів до зародження тріщини і числа циклів її поширення. Час досягнення тріщиною критичних розмірів залежить від рівня напружень в зоні виникнення тріщини, її орієнтації по відношенню до діючих змінних напружень, механічних властивостей основного металу, а також від її розмірів (довжини і глибини). Цей час і служить для визначення довговічності конструкції і термінів міжремонтного періоду. Беручи до уваги те, що в процесі експлуатації елементи гідротурбін підпадають під вплив ряду факторів, пов'язаних з їх роботою (корозія, кавітація, ерозія) відзначимо, що навантаження на елементи енергетичного обладнання, а також напруження і деформації в них не можуть бути визначені шляхом використання простих аналітичних залежностей. Іншими словами, поведінка енергетичного обладнання не може бути описана за допомогою якоїсь однієї математичної моделі. З розвитком сучасних обчислювальних методів і появою комп'ютерів нового покоління стало можливим розробити достовірні методики оцінки ймовірності руйнування конструкцій з дефектами. Стало можливим і дослідження тріщин різної конфігурації, ланцюжків тріщин, дефектів в околиці конструктивних вирізів, зовнішніх і внутрішніх несучих поверхонь конструктивних елементів.

Головною метою цього дослідження є розроблення методу оцінки довговічності елементів конструкцій за наявності ланцюжків тріщин в умовах дії циклічно змінних навантажень, що дозволяє з'ясувати, за яку кількість циклів дефекти в ланцюжку підростуть до неприпустимих розмірів а також визначити критичні розміри початкових дефектів. Визначено кількість циклів навантаження, при якому тріщини підрастають до критичних розмірів, і відбувається руйнування. Для визначення такого критичного кількості циклів використана модифікована залежність Періса.

Для елементів конструкцій, послаблених періодичною системою колінеарних тріщин, береги яких навантажені довільним навантаженням, що розтягує, отримано гіперсингулярне інтегральне рівняння щодо переміщень берегів тріщини. Отримано аналітичний розв'язок цього рівняння.

За цим розв'язком обчислюється коефіцієнт інтенсивності напружень, що входить в критерій Періса. Дана оцінка часу до руйнування для елементів конструкцій з тріщинами різної початкової довжини. Вивчено різні випадки: коли тріщини в ланцюжку зливаються, і коли розвитку тріщин не відбувається.

Розроблено метод оцінки довговічності елементів конструкцій за наявності ланцюжків тріщин в умовах дії циклічно змінних навантажень. Метод засновано на використанні гіперсингулярних інтегральних рівнянь для визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень. Методика дозволила з'ясувати, за яку кількість циклів дефекти в ланцюжку підростуть до неприпустимих розмірів за нормами технічного контролю. Такі розрахунки необхідно проводити для визначення тривалості міжремонтних і міжоглядових періодів. Отримані дані свідчать про обґрунтованість рекомендацій та технічних вимог до зварних швів в гідравлічних турбінах.

## УДАРНА ВЗАЄМОДІЯ КРУГЛОГО ТІЛА ТА ПОВЕРХНІ ІДЕАЛЬНОЇ НЕСТИСЛИВОЇ РІДИНИ

Теорія гідродинамічного удару належить до класичних задач механіки рідини. Задачі удару тіла об рідину часто зустрічаються на практиці: саме до такого типу зводяться проблеми визначення силової взаємодії води з поверхнями гідролітаків, космічних літальних апаратів при їх посадці на воду, взаємодії води з днищами суден. Також ударні задачі взаємодії рідини і швидкісного проникаючого тіла виникають в різних технологіях при термічній обробці, охолодженні тощо.

Однак, до теперішнього часу, теоретичні методи розв'язання задач зазначеного типу продовжують удосконалюватися з причини того, що удар може відбуватися з відривом рідини від поверхні тіла в одній або декількох зонах, або без відриву. З виникненням зазначених зон, положення яких заздалегідь невідомо, задача стає нелінійною і суттєво ускладнюється - саме з подоланням цих труднощів пов'язаний розвиток сучасних аналітичних і чисельних методів. Визначення місцеположення зони або зон відриву принципово важливо для коректного визначення приєднаних мас рідини до тіла при ударі.

Об'єктом дослідження є ударна взаємодія поверхні ідеальної нестисливої рідини та твердого тіла, частина якого занурена у рідину, а занурена частина має форму кругового сегменту. У мить удару тіло має довільну поступальну та кутову швидкість. Задача розв'язується за допомогою конформного відображення області рідини на верхню допоміжну півплощину та зведенням до класичної змішаної задачі Келдиша-Седова для комплексного потенціалу руху рідини. Отримано розподіл імпульсного тиску по поверхні тіла, що дає можливість розрахувати імпульсивні сили та моменти, що діють на тіло у мить удару. Показано, що після удару рідина може почати рухатись як безвідривно, так і з відривом при деяких комбінаціях компонентів поступальної та кутової швидкості. У разі впливу з боку тіла тільки вертикальної компоненти швидкості при кутах сегмента менше  $90^\circ$  відрив рідини від поверхні тіла виникати не буде.

1. Гахов Ф. Д. Краевые задачи / Ф. Д. Гахов. – М.: Наука, 1977. – 640 с.
2. Гоман О. Г. Ударное взаимодействие несжимаемой жидкости и вертикальной пластины, плавающей на ее поверхности, в условиях образования одной зоны отрыва и наличия вращения / О. Г. Гоман, В. А. Катан. // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Механіка», 2013, Вик. 17, т. 1. – С. 191-205.
3. Кочин Н. Е. Теоретическая гидромеханика в 2-х частях / Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н.В. Розе – М.: Гостехиздат, ч. 1. – 1948. – 536 с.
4. Лаврентьев М. А. Методы теории функций комплексного переменного / М. А. Лаврентьев, Б. В. Шабат. – М.: Наука, 1973. – 736 с.
5. Мусхелишвили Н. И. Сингулярные интегральные уравнения / Н. И. Мусхелишвили – М.: Наука, 1968. – 512 с.
6. Норкин М.В. Смешанные задачи гидродинамического удара / М.В. Норкин – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2007. – 136с.
7. Седов Л. И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики /Л. И. Седов. – М.: Наука, 1966. – 448 с.

## ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ЗАДАЧІ РЕТРОСПЕКТИВНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КІНЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВІДТИСКУ В СЕРЕДОВИЩАХ ЧАСТИНОК МІКРОПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ

Моделювання технологічних систем зневоднення матеріалів біологічної природи, що містять вологонасичені мікропористі частинки, вимагає визначення ряду причинних характеристик, що визначають фізичні властивості так параметри початкові і граничні умови [1]. Зважаючи на зміни напружено-деформованого стану волого-пористого середовища під дією зовнішніх градієнтів тиску, актуальними є граничні і особливо, звернені назад в часі зворотні задачі вологомасопереносу, що полягають у знаходженні функцій і параметрів, що входять в початкові і граничні умови, які визначають основні стадії консолідації та витіснення вологи.

В дослідженні розглядаються обернена в часі гранична задача ідентифікації в інтегральній формі для систем масопереносу в стискуваних біологічних середовищах вологонасичених мікропористих частинок, що дозволяє отримувати явні аналітичні вирази компонентів градієнтів функціоналів-нев'язок через функції впливу початкових і крайових умов прямої задачі. Використовуючи градієнтний метод мінімізації похибки для ідентифікації функцій початкових умов  $P_{e_1}$ ,  $P_{e_2}$ , і граничної умови, побудовано регуляризаційні вирази для n-го кроку ідентифікації [2].

Проведено числовий аналіз, і зокрема отримано процес збіжності кривих розподілу безрозмірного потоку рідини на виході з стисненого шару вологомістких частинок на поверхні спостереження  $z = 0$  до кривої спостереження  $\delta$  при реалізації процедури покрокової ідентифікації параметрів функцій початкових умов.

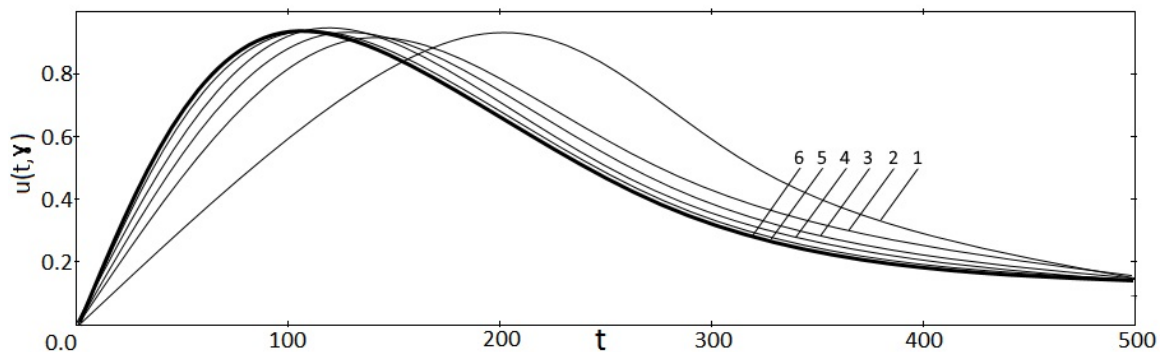


Рисунок 1 - Процес збіжності кривих розподілу безрозмірного потоку рідини на виході з стисненого шару вологомістких частинок на поверхні спостереження

Висновки. Сформульовано задачу ретроспективної ідентифікації початкових тисків в міжчастинковому та внутрішньочастинковому просторах і тиску в рідкій фазі на фільтрувальній перегородці для моделей фільтрації-консолідації біологічних середовищ частинок мікропористої структури, що стискаються. Розроблено високопродуктивні методи реалізації задачі граничної ідентифікації на основі аналітичних розв'язків прямих задач та виразів компонентів градієнтів функціоналів-невязки. Отримані аналітичні залежності використано для проведення чисельної ідентифікації та аналізу деяких параметрів моделі.

1. Petryk M., Vorobiev E. Numerical and Analytical Modelling of Solid-Liquid Expression from Soft Plant Materials. AICHE J. Wiley USA., 2013 - 59(12), 4762–4771.
2. Petryk M. High Velocity Identification Methods of the Model Parameters of Filtration-Consolidation of Compressible Media of Moisture-Saturated Micro-Porous Particles. Journal of Automation and Information Sciences. Begell House (USA). Vol. 48. Issue 1. 2016. p.69-83

## ПЕРЕХОДНЫЕ РЕЖИМЫ ПРОДОЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА

В современных условиях, констатируется экспоненциальное нарастание интенсивности развития социума. Не менее интенсивно должны развиваться обслуживающие транспортные средства. Исключительное значение приобретает проблема радикального повышения их динамических качеств в сочетании с категорическим требованием безусловного соблюдения условия безопасности движения. Магистральным направлением развития наземного транспорта, позволяющим гармонично сочетать эти, достаточно антагонистичные требования, являются комплексы с магнитолевитирующими поездами (МЛП).

Основное предназначение таких поездов – грузопассажирские перевозки. Их качество является ключевым критерием потребительской ценности поездов. Определяющее влияние на это качество оказывает динамика механической подсистемы (МП). Особо критичны переходные режимы её движения. Они являются лимитирующими и подлежат первоочередному исследованию. Его проведение – основная задача работы. Рассмотрено одномерное продольное движение МП МЛП в состоянии электродинамической левитации. Учитывается действие на неё продольных составляющих возмущений: аэродинамического – со стороны окружающей воздушной среды, электродинамического – со стороны путевых контуров подвешивания, гравитационного – вследствие продольного уклона пути. Управляется подсистема продольной составляющей тягового усилия – со стороны линейного синхронного двигателя (ЛСД). Приведены выражения, описывающие возмущения и управление. Рассматриваемая динамика описана уравнением второго закона Ньютона. Эта математическая модель преобразована в релевантную компьютерную модель. Её элементы программированы на входном языке системы компьютерной математики Mathematica и подразделяются на расчётную и графическую части. Первая из этих частей решает прямую задачу динамики исследуемой подсистемы, а вторая из частей – преобразует результаты расчётов в графическую форму. Исследование осуществлено путём экспериментов с компьютерной моделью. Их результатом, в каждом из рассмотренных режимов движения, явились графики зависимостей от времени порождающих и характеризующих движение величин. Было исследовано движение в следующих переходных режимах: набор скорости, проход тоннеля, служебное и экстренное торможение. Найдены рациональные способы управления, обеспечивающие дополнительное повышение плавности электромагнитных процессов в ЛСД и механических – в МП, для всех рассмотренных режимов движения. В качестве таких способов принято регулирование амплитуды, а также начальной фазы якорного напряжения двигателя. На основе анализа результатов моделирования, в каждом режиме движения избран наиболее рациональный способ управления им.

**Выводы.** Путём компьютерного моделирования, изучена динамика магнитолевитирующего поезда, подверженного естественным возмущениям и управляемого линейным синхронным двигателем, в режимах разгона, прохода тоннеля, а также служебного и экстренного торможения. Анализ полученных результатов позволил оценить динамические качества поезда в рассмотренных переходных режимах движения, а также его нагруженность в их процессе. Этим решена задача настоящей части исследования.

В.Н. СЕМЕНЕНКО<sup>1</sup>,  
А.Ю. АНДРЕЙЦЕВ<sup>2</sup>, Т.В. КРИЖАНОВСКАЯ<sup>2</sup>, Т.Н. СЕМЕНЕНКО<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Институт гидромеханики НАН Украины  
<sup>2</sup>Государственный университет инфраструктуры и технологий

## УПРАВЛЕНИЕ КРЕНОМ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОДВОДНЫХ СУПЕРКАВИТИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

Доклад посвящен проблеме управления движением высокоскоростных подводных аппаратов. При скоростях  $V > 100$  м/с аппарат движется в режиме суперкавитации, когда вокруг него с помощью специального носового кавитатора образуется полость, заполненная водяным паром или газом. При этом сопротивление движению резко падает. Для разгрузки веса аппарата он должен глиссировать своей хвостовой частью по нижней поверхности суперкаверны. В настоящее время актуальной и до конца не решенной является проблема управляемости и маневренности суперкавитирующих аппаратов (сокращенно СК-аппаратов).

Динамика СК-аппаратов весьма сложна, причиной чего является нестационарное поведение образуемой телом каверны и сложный разрывный характер взаимодействия тела со стенками каверны. Для ее исследования мы применяем метод компьютерного моделирования. При этом используется аппроксимационная математическая модель нестационарной суперкаверны, основанная на принципе независимости расширения сечений каверны Г.В.Логвиновича, полная система уравнений пространственного движения твердого тела и соотношения для расчета действующих гидродинамических сил и моментов.

Ранее было показано, что приемлемыми практически являются два метода управления движением СК-аппаратов: 1) наклон кавитатора с двумя степенями свободы ( $\delta$ -управление) и 2) использование гидродинамических рулей, проникающих из каверны в воду ( $f$ -управление). Для достижения требуемых радиусов циркуляции  $\delta$ -управление часто оказывается недостаточным, поскольку угол наклона кавитатора ограничен некоторым максимальным значением. При  $f$ -управлении вследствие несимметрии каверны боковые силы на вертикальных и горизонтальных рулях обычно различны, вследствие чего возникает осевой момент, который приводит к увеличению угла крена аппарата  $\theta$  и, как следствие, к неблагоприятному изменению направления действия управляющих сил.

В докладе предлагается и исследуется новый метод  $\theta$ -управления движением СК-аппарата путем регулирования угла крена аппарата  $\theta$ , аналогичный известному в авиации типу управления “bank-to-turn”. Метод состоит в использовании специального вертикального руля крена, который расположен в донной хвостовой части аппарата в области глиссирования аппарата по нижней границе каверны. Его размеры должны быть значительно меньше, чем размеры гидродинамических рулей, так как он служит не для создания боковой силы, а только для создания осевого момента. Регулирование угла отклонения руля крена  $\delta_{fb}$  осуществляется с помощью автоматической системы управления с обратной связью

Описан алгоритм активной стабилизации нулевого угла крена и алгоритм установления и поддержания заданного угла крена модели  $\theta_2$ . Закон обратной связи для автоматической системы регулирования угла отклонения руля крена  $\delta_{fb}$  для поддержания заданного угла крена  $\theta = 0$  или  $\theta = \theta_2$  задается в виде известного в авиации и судостроении “простого автопилота”.

Приведены результаты компьютерного моделирования маневрирования СК-аппарата по курсу при  $f$ -управлении и при  $\theta$ -управлении при одновременной активной  $\delta$ -стабилизации его движения по глубине. Показано, что предложенный метод управления креном СК-аппарата с целью его маневрирования по курсу является достаточно эффективным и в ряде случаев оптимальным.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДГУКУ БАГАТОШАРОВОГО СКЛА НА ВИБУХОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ФАЗИ РОЗРІДЖЕННЯ

При аналізі міцності елементів конструкцій при різноманітних вибухах необхідно враховувати відразу кілька вражаючих факторів: удар первинними й вторинними уламками, температурні впливи, а також вплив повітряної ударної хвилі. Усе це швидкоплинні процеси, які для оцінки міцності конструкції потребують розгляду динамічних процесів деформування. Дослідження впливу повітряних ударних хвиль на елементи конструкцій зазвичай проводяться тільки з урахуванням дії лише надлишкового тиску, а фаза розрідження зовсім не враховується. Останнім часом з'явився цілий ряд робіт [1, 2], у яких зазначається значний вплив саме фази розрідження на динамічний відгук багатошарового скла.

Метою дослідження є створення методу розрахунку та проведення дослідження відгуку багатошарового скла на вплив повітряної ударної хвилі з урахуванням фази розрідження. Математична модель, що описує вплив повітряної ударної хвилі на оскління, базується на експоненційній залежності і враховує не тільки вплив фази підвищеного тиску, а й фази розрідження. Поведінка оскління описується на основі узагальненої теорії пластин [3]. Розв'язок рівнянь отримано аналітико-чисельним методом.

Наведено результати розрахунку НДС тришарових стекол на вплив повітряної ударної хвилі без урахування та з урахуванням фази розрідження. Результати порівнювалися із даними, отриманими L.R. Dharani, J. Wei (рис 1). Спостерігається хороше узгодження результатів, що підтверджує працездатність запропонованого підход.

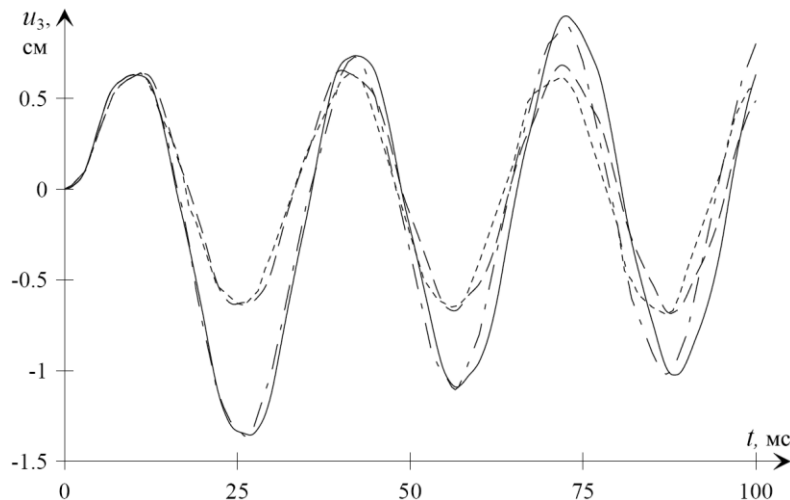


Рис. 1. Зміна прогинів за часом

**Висновки.** Встановлено, що для деяких типів оскління врахування фази розрідження є необхідним. Показано, що врахування впливу цієї фази може приводити до збільшення прогинів і напружень у шарах скла майже у два рази. Запропонована методика може бути використана при проектуванні не тільки багатошарового оскління, але й інших елементів конструкцій спецтехніки МО та МНС.

1. Krauthammer T. Negative phase blast effects on glass panels / T. Krauthammer, A. Altenberg // Intern. J. of Impact Engineering. – 2000. – Vol. 24(1). – P. 1-17.
2. Wei J. Dharani. Response of laminated architectural glazing subjected to blast loading / J. Wei, L. R. Dharani // Intern. J. of Impact Engineering. – 2006. – Vol. 32(12). – P. 2032–2047.
3. Ugrimov S. V. Generalized theory of multilayer plates // Intern. J. of Solids and Structures. – 2002. – Vol. 39, № 4. – P. 819-839.

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ СИММЕТРИЧНЫХ И НЕСИММЕТРИЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ**

На сегодняшний день в качестве профиля лопасти ротора Дарье вертикально-осевой (ВО) ветроэнергетической установки (ВЭУ) применяют симметричные профили замкнутого контура. Это обусловлено известными аэродинамическими характеристиками по данным профилям и хорошим пониманием физики обтекания. Для увеличения коэффициента использования энергии ветра ВО ВЭУ с Н-ротором Дарье целесообразно использовать профили лопастей с улучшенными аэродинамическими свойствами. К таким можно отнести профили несимметричной формы замкнутого и разомкнутого контура.

Основной целью данных исследований было определение влияния степени замкнутости несимметричного J-профиля на его аэродинамические характеристики и сравнение их со значениями для симметричных профилей, а также с экспериментальными данными.

Математическое моделирование аэродинамики лопастей ротора Дарье замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы проведено с использованием нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (URANS), замкнутых дифференциальной однопараметрической моделью турбулентности (SALSA).

На основе компьютерного моделирования получена картина течения и установлены особенности турбулентного обтекания лопастей ротора Дарье различной формы. Проведено детальное сравнение полей течения при обтекании профилей замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы. Выделены стационарные и нестационарные режимы обтекания профилей. Установлено влияние степени замкнутости J-профиля на коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы, а также на структуру обтекания в целом.

Турбулентное обтекание профилей замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы в зависимости от угла атаки носит как стационарный, так и нестационарный отрывной характер. Во внутренней полости разомкнутых профилей формируется отрывная зона с одним либо двумя макровихрями. Интенсивность этих вихрей уменьшается с увеличением степени закрытости J-профиля.

Установлены зависимости коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы от угла атаки. Увеличение угла атаки приводит к резкому возрастанию коэффициента лобового сопротивления у несимметричных профилей. Это связано с наличием больших вихревых структур в подветренной зоне профилей, которые приводят к резкому падению давления в донной области. Как следствие большой перепад давления между наветренной и подветренной сторонами профиля приводит к высоким значениям коэффициента лобового сопротивления. Причем чем меньше степень закрытости J-профиля, тем выше эти значения. Такая же картина наблюдается и по значениям коэффициента подъемной силы.

Проведено сравнение полученных результатов численных расчетов с имеющимися экспериментальными данными. Результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Выработаны рекомендации по применению данных профилей к лопастям вертикально-осевой ВЭУ с Н-ротором Дарье. Использование в качестве лопасти ротора Дарье профиля с относительно большой толщиной может привести к снижению эффективности работы вертикально-осевой ВЭУ из-за большого лобового сопротивления. В тоже время несимметричные профили с разомкнутым контуром обладают гораздо большими значениями коэффициентами подъемной силы. Поэтому направлением дальнейших исследований может быть оптимизация формы J-профиля с целью снижения коэффициента лобового сопротивления и увеличения коэффициента подъемной силы.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОТИВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОБУЧАЕМЫХ, РАССМАТРИВАЕМЫХ В РАМКАХ СЛОЖНЫХ, НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ

Задача поиска резервов повышения эффективности процессов обучения чрезвычайно актуальна, что обусловлено непрерывным возрастанием требований к профессиональной подготовке специалистов всех сфер деятельности. Мотивация играет огромную роль в процессах обучения: только осознанное стремление к познанию теории и практики приносит ощутимый результат [1,2]. Вопросам исследования и формализации процессов мотивации обучения посвящено немало научных трудов теоретического и прикладного характера, однако моделированию динамики мотивации обучаемых, рассматриваемому под углом зрения задачи сложной и нестационарной, последнее время не уделялось должного внимания. Целью работы является рассмотрение таких задач моделирования динамики формирования мотивации обучаемых, где формирование мотивации обучения исследуется как сложная и нестационарная задача [3,4]. Основное содержание работы (метод, результаты, область ее применения) состоит в следующем. В системе, главным управляющим звеном которой является обучающий, изначально превалирует функция цели обучающего, формируемая на основе прошлого опыта и прогноза на будущее. В процессе обучения, цели обучающего и обучаемых динамично изменяются, а вопрос о качестве обучения отражается в направлении движения точки оптимума целевой функции обучаемого. В данной связи: в основу концепции мотивации обучаемых положено представление о "разумности", как о стремлении обучаемых выбирать оптимальную стратегию поведения в процессе обучения; изучены задачи изменения мотивации обучаемых в процессе обучения; разработана модель формирования индивидуальной функции цели и анализа динамики изменения мотивации обучаемых. В среде программного пакета MATLAB выполнено моделирование динамики изменения мотивации обучаемых, при этом, в оптимизационной процедуре модели был использован метод градиента; осуществленное моделирование показало, что частные целевые функции обучаемых сходятся к целевой функции обучающего.

**Выводы.** Предложенные модели реализованы программно и практически исследованы в процессе решения задач моделирования динамики мотивации обучаемых на кафедре информационных технологий Херсонского национального технического университета. Проведенный эксперимент позволил подтвердить на практике работоспособность предложенного концептуального и математического аппарата, обосновать целесообразность его применения для достижения в итоге более эффективного моделирования и реализации процессов обучения. Основной перспективой развития осуществленных исследований является увеличение количества классов рассматриваемых моделей динамики мотивации обучаемых и подтверждающих компьютерных экспериментов, оптимизация их программных реализаций.

1. Петров Э. Г. Современные технологии обучения в высшей школе / Э. Г. Петров, Л. Н. Радванская, Н. В. Шаронова. – Харьков: Коллегиум, 2007. – 172 с.
2. Шаронова Н. В. Организационное поведение: Учеб. пособие / Н. В. Шаронова. – Харьков: ХПИ НУА, 2001. – 187 с.
3. Карпенко А. П. Популяционные методы аппроксимации множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации Обзор. / А. П. Карпенко, А. С. Семенихин, Е. В. Митина // Электронное издательство НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ: Издатель ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана». – Эл № ФС 77 – 48211. – 2012.
4. Лутманов С. В. Курс лекций по методам оптимизации / С. В. Лутманов. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 368 с.



## **ABOUT METHODS OF RESEARCH OF STABILITY OF STREAM PARAMETERS OF PRODUCTION LINES**

A production line is a dynamic distributed system [1]. Models using partial differential equations (PDE-models) are becoming increasingly common in the design of control systems for the flow production. The main parameters in these models are the size of the inter-operational reserves and the value of the rate of the processing the object of labour [2]. Their values depend on the time and place in the technological route (technological position of the product processing) [3]. The production line constantly experiences fluctuations in the flow parameters [4]. The presence of fluctuations in the flow parameters in some cases leads to a stop of the production process due to the lack of blanks in the inter-operative reserve before the technological operation or due to the overflow of the inter-operative hopper after the technological operation [2]. Since the stoppage of the production process is an unacceptable fact in most cases, ensuring the stability of the production line parameters with respect to the normative unperturbed state is one of the main requirements for the production system [5, 6]. In this regard, an important issue is the definition of criteria or relationships between the flow parameters of the production system, which allow predicting the stop of the production process. The article describes the methods of research of the stability of the flow parameters of the production lines and discusses the criteria in the form of a ratio between the flow parameters that allow determining the modes of smooth operation of the production process. The influence of small perturbing factors on the state of flow parameters of production lines is considered. It is shown that the stability of the flow parameters of the production line is one of the main requirements for ensuring the regulatory regime of its operation. The necessary and sufficient conditions for the stability of stream parameters of production lines are recorded. Analysis of the stability of flow parameters for common modes of operation of production lines is carried out and stability criteria are obtained. Further studies of the stability of the parameters of the production process must be carried out taking into account the terms of a higher order of smallness.

1. Pihnastyi O.M. Statistical theory of production systems / O.M Pihnastyi. – Kharkiv: KhNU, 2007. – 388 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18903.78244>
2. Razumov I.M. Organizacija i planirovanie mashinostroitel'nogo proizvodstva. / I.M.Razumov, L.Ja.Shuhgalter – M.: Mashinostroenie, 1974. – 592 p.
3. Vlasov V.A. Modelirovanie tehnologicheskikh processov izgotovlenija promyshlennoj produkcii. / V.A.Vlasov, I.A.Tihomirov, I.I.Loktev – Izd. GTPU, 2006. – C. 300.
4. Azarenkov N.A. Kinetic theory of fluctuations of the parameters of a production line / N.A. Azarenkov, O.M. Pihnastyi, V.D. Khodusov // Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2014. No. 12. - P. 36 - 43. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2014.12.036>
5. Pihnastyi O.M. The stability problems of macroscopic parameters of technological processes with mass production output / V.P.Demutsky, O.M.Pihnastyi // Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. - Kіiv: Vidavnichij dim "Akademperiodika". - 2006. -№ 3. - P. 63-67. – <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18778.03525>
6. Pihnastyi O.M. Analiz ustojchivosti makroparametrov tehnologicheskogo processa proizvodstvenno-tehnicheskoy sistemy / O.M.Pihnastyi, V.Ja.Zaruba, S.N.Novak // Problemi i perspektivi rozvitku bankivs'koї sistemi Ukraїni. – Sumi. DVNZ “UABS NBU”. 2009. - № 27 - S. 200-206. –Available at: <https://goo.gl/3HcT8P>

### НЕПОЛІНОМІАЛЬНІ АНАЛОГИ ПОЛІНОМІВ ЕРМІТА-КУНСА ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ

Лінійчаті поверхні (коноїди) відіграють виняткову роль у задачах відновлення функцій двох аргументів. Технологічні особливості формоутворення коноїдів давно приваблюють архітекторів і будівельників. Коноїди мають переважну більшість в базисах стандартних серендипових скінченних елементів. Коноїд Ерміта-Кунса можна сконструювати із кривих третього порядку (напрямні):

$$F_0(x) = 2x^3 - 3x^2 + 1, \quad F_1(x) = -2x^3 + 3x^2. \quad (1)$$

і кусково-лінійних функцій-«напівкришок» (твірні):

$$L_0(y) = 1 - y, \quad L_1(y) = y.$$

Існують неpolіноміальні аналоги кубічних поліномів. Наприклад, замість напрямних (1) можна взяти наступну пару тригонометричних функцій (рис.1):

$$T_0(x) = \cos^2 \frac{\pi x}{2}, \quad T_1(x) = \sin^2 \frac{\pi x}{2}.$$

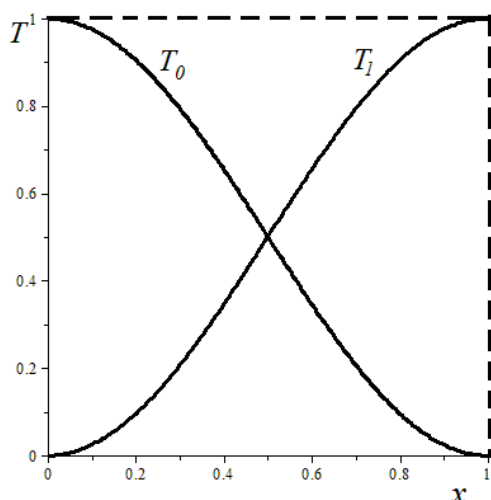


Рис. 1. Тригонометричні напрямні на канонічному квадраті ( $0 \leq x, y \leq 1$ )

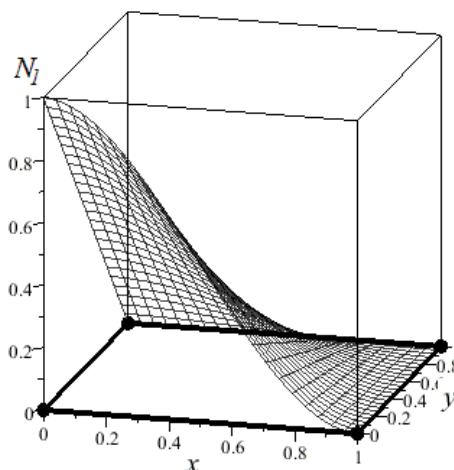


Рис. 2. Візуалізація коноїда  $N_1(x, y)$  на канонічному квадраті ( $0 \leq x, y \leq 1$ )

В цьому випадку на одиничному квадраті рівняння коноїда для  $N_1(x, y)$  має вигляд (рис. 2):

$$N_1(x, y) = \cos^2 \frac{\pi x}{2} (1 - y). \quad (2)$$

Когнітивно-графічний аналіз і тестування поверхонь (2) підтвердили припущення, що коноїд Ерміта-Кунса успадковує майже усі властивості функції-«пагоди» [1].

1. Хомченко А. Н. Функция «пагода»: известная и неизвестная / А. Н. Хомченко // Materials Intern. research and practice conf. «Cutting – edge science – 2015», April 30 – May 7, 2015. – Sheffield : Science and education Ltd. – P. 16–21.

## ЗАСТОСУВАННЯ MARLE ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ КОНТАКТНОЇ ЗАДАЧІ ПРО ТИСК ЖОРСТКОГО КІЛЬЦЕВОГО ШТАМПА НА ПІВПРОСТІР З ПОЧАТКОВИМИ НАПРУЖЕННЯМИ

Прикладні потреби природознавства, сучасної техніки і новітніх технологій, пов'язані із необхідністю прогнозування контактної поведінки різноманітних конструкцій, стимулювали в останні десятиліття розвиток різних математичних моделей і методів контактної механіки тіл з різними властивостями. А використання інформаційних технологій під час дослідження та розв'язку сучасних задач механіки та техніки, що постають перед науковцями, дозволяє значно полегшити цей процес.

Під час розв'язку інженерних задач вагоме місце займає дослідження контактної взаємодії твердих деформованих тіл, що пов'язане із проблемою визначення їх напружено-деформованих станів. Аналіз результатів цих досліджень дозволяє сформулювати умови на межі поверхонь контактуючих тіл, що відповідають дійсності. Праць з контактної взаємодії жорстких штампів із попередньо напруженим півпростором навіть у лінійній теорії пружності досить мало. Це пояснюється тим, що їх дослідження зводяться до одних із найважчих рівнянь математичної фізики, розв'язок яких пов'язаний із великими математичними труднощами. Тому дана робота присвячена застосуванню інформаційних технологій в одній із задач механіки деформівного твердого тіла. Це дозволяє полегшити дослідження проблеми передачі навантаження, пов'язаної із врахуванням початкових напружень у тілах, на закон розподілу тиску в місцях їх дотику. А розрахунок важливих елементів конструкцій дозволить більш ефективно враховувати міцність матеріалів шляхом її правильної оцінки, зберігаючи у цілому необхідну функціональність.

У роботі з використанням співвідношень лінеаризованої теорії пружності представлено розв'язок осесиметричної задачі про контактну взаємодію жорсткого циліндричного кільцевого штампа на пружний півпростір з початковими (залишковими) напруженнями без врахування сил тертя у випадку рівних коренів визначального рівняння в загальному вигляді для теорії великих початкових деформацій та двох варіантів теорії малих початкових деформацій при довільній структурі пружного потенціалу. Розроблено алгоритм та комп'ютерну програму [1] числового обчислення компонент напружено-деформованих станів контактуючих тіл.

Вплив початкових напружень на контактну взаємодію пружного півпростору та жорсткого кільцевого штампа представлений на прикладі гармонійного потенціалу та потенціалу Бартенєва–Хазановича. А розроблений алгоритм числового обчислення компонент напружено-деформованого стану дозволяє використовувати його при інженерних розрахунках та полегшує складність проведених досліджень. Тому він може безпосередньо використовуватись для дослідження різноманітних ізотропних, трансверсально-ізотропних або композитних матеріалів при моделюванні технологічного обладнання, деталей машин, колон будівель та іншого.

**Висновки.** Числова реалізація дала змогу графічно відобразити вплив початкових напружень на закон розподілу контактних характеристик тіл, для потенціалів найпростішої структури.

Виявлено, що вплив початкових напружень є суттєвим і повинен враховуватися при розрахунках на міцність у деталях конструкцій.

1. А. с. JKS\_PZPN\_RK. Комп'ютерна програма "Розрахунок компонентів напружено-деформованого стану для контактної задачі про тиск жорсткого кільцевого штампа на півпростір з початковими (залишковими) напруженнями" / Н. О. Ярецька. – № 74505 ; заявл. 03.11.2017 ; опубл. 26.01.2018, Бюл. №47, 2018р.

**СЕКЦІЯ:**  
**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ**  
**ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ. ПРОГНОЗУВАННЯ**  
**ТА ЗАПОБІГАННЯ ТЕХНОГЕННИХ І ЕКОЛОГІЧНИХ**  
**КАТАСТРОФ. ЕЛЕКТРОНІКА І ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ІНЖЕНЕРНІ**  
**НАУКИ. ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ.**

## КОНЕЧНО-РАЗНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Оценка динамических характеристик механических колебательных систем (в частности зубчатых передач) осуществляется путём построения и компьютерной реализации их математических моделей, при этом детализация моделей, состав и количество их параметров являются определяющими факторами, влияющими на точность динамического расчёта [1]. Большинство из разработанных на сегодня математических моделей динамики колебаний зубчатых передач, описывают колебательный процесс в непрерывном времени. Значительно расширить возможности моделирования колебательных процессов в механических системах класса зубчатых передач представляется возможным за счёт создания математических моделей динамики, решение которых представлено в дискретном времени, с учётом коэффициентов трения. Переход к такой модели возможен на основе применения метода конечных разностей (МКР) по отношению к математической модели в виде одного или нескольких (системы) дифференциальных уравнений. МКР можно рассматривать как эффективный инструмент для численного анализа колебательных процессов, благодаря высокой алгоритмичности метода при компьютерной реализации, чему в значительной мере способствует использование матричных операций.

В методе конечных разностей (МКР), на область колебательного тела условно наносится сетка линий, точки пересечения которых называются *узлами* [2]. Неизвестными считаются значения функций в узлах, относительно которых справедливы известные дифференциальные уравнения динамики тел колебания. Производные в дифференциальных уравнениях при этом, аппроксимируются приближенными алгебраическими формулами, на основе известных соотношений [3], между операторами дифференцирования и операторами конечных разностей. Полученные алгебраические формулы называются *конечно-разностными*, и неизвестными в них являются значения функций в узлах. Замена производных в дифференциальном уравнении конечно-разностными формулами, приводит к системе линейных алгебраических уравнений. Граничные условия, которые содержат производные, с помощью конечно-разностных формул также заменяются алгебраическими уравнениями. Решение системы линейных алгебраических уравнений даёт возможность найти распределение смещений координат точек колебательного тела, относительно положения равновесия, изменения его положения и формы. По сути, МКР даёт возможность в заданном интервале изменения значений независимой переменной, получить конечно-разностную аппроксимацию дифференциальных уравнений системой алгебраических рекуррентных формул, или уравнений.

**Выводы.** В работе показана возможность применения метода конечных разностей для преобразования математических моделей динамики колебательных процессов механических систем к конечно-разностному виду, с учётом членов, учитывающих диссипацию энергии.

1. Аугустайтис К.В. Автоматизированный расчет колебаний машин / К.В. Аугустайтис, П. К.Мозура, К.Ф. Сливинскас, Э. Р. Ставяцкене; Под ред. К. М. Рагульскиса – Л. : Машиностроение, 1988. 103 с.

2. Жермен-Лакур П. Математика и САПР: В 2-х кн. Кн. 2. Пер. с франц. / П. Жермен-Лакур, П. Л. Жорж, Ф. Пистр, П. Безье // М.: Мир, 1989. – 264 с.

3. Самарский А. А. Введение в численные методы. Учебное пособие для ВУЗов. 3-е изд., стер. ЛАНЬ, 2005. – 288 с.

## ОСНОВИ ПОБУДОВИ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ РОЗПОДІЛЕНОЇ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

Розроблено методологічний підхід для вирішення трудомістких та погано формалізованих задач з екстремним реагуванням на критичну зміну стану досліджуваного об'єкта у розподіленому середовищі. В рамках побудови методології вирішені: задача надання сервісу; задача діагностики та моніторингу досліджуваного об'єкта на основі обробки його зображень та одержуваної інформації від підключених до об'єкту різноманітних вимірювальних приладів; задача узгодження дій для адекватного прийняття рішень за рахунок використання організаційної мультиагентної структури; задача персоналізації веб-ресурсу, що здійснюється шляхом підстроювання контенту під переваги користувачів; задача оперативного реагування на критичну зміну стану досліджуваного об'єкта з використанням високопродуктивних обчислень.

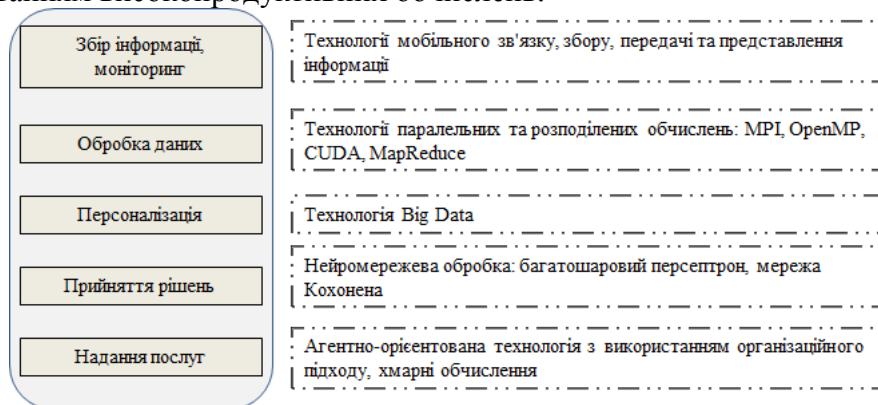


Рис.1 Технології реалізації мультиагентної системи оперативного реагування на основі розподіленої нейромережевої обробки великих даних

Була запропонована модель процесу оперативного реагування на зміни досліджуваного об'єкта, яка описує взаємодію веб-інтерфейсу, процедурного блоку, агентського блоку, блоку накопичення та аналізу досвіду. Така взаємодія виконана завдяки поєднанню розподіленої нейромережевої класифікації даних для вирішення задач надання сервісу, персоналізації веб-ресурсу, узгодження дій для адекватного прийняття рішень. Це дозволяє поліпшити якість обслуговування, екстрено реагувати на критичне змінення стану досліджуваного об'єкта, підвищує швидкодію при рішенні складних задач, а також довше затримувати клієнтів завдяки врахуванню переваг користувачів.

Побудовано експериментальний кластер, розроблено програмне забезпечення та веб-ресурс, що реалізують запропонований методологічний підхід, який використовується при проведенні обчислювальних експериментів по верифікації моделей, для оцінки адекватності та для дослідження властивостей моделей та методів.

Застосування методологічного підходу може бути використано для поліпшення узгодження дій користувачів та різноманітних систем для адекватного та оперативного реагування на зміни стану досліджуваного об'єкту у реальному часі, а також для забезпечення якісних сервісів або окремих його складових, для розвитку бізнесу.

Проведені експерименти підтвердили працездатність моделей і методів, на основі яких реалізована сукупність завдань запропонованої методології.

**Висновки.** Вирішена актуальна проблема оперативного реагування на критичну зміну стану досліджуваного об'єкту на основі аналізу зображень та показників різноманітних датчиків.

## МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ЕПОКСИДНИХ ПОКРИТТІВ

Важливе значення при експлуатації і ремонті засобів транспорту, у тому числі й річкового та морського, має застосування полімерних композитних матеріалів (КМ) та захисних покриттів на їх основі. У першу чергу актуальними є питання, що стосуються підвищення надійності роботи і відповідно експлуатаційних характеристик елементів технологічного обладнання, які піддаються статичним та динамічним навантаженням, що є першопричиною їх зношування і корозії. Такі композити не лише є перспективними з технологічної точки зору (можливість формування і нанесення на поверхні деталей за підвищеної вологості та градієнту температур), але й відзначаються екологічністю та підвищеними експлуатаційними характеристиками у критичних умовах роботи засобів транспорту.

Як основний компонент для зв'язувача при формуванні епоксидних КМ вибрано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78). Як модифікатор використано парааміноазобензол (ПААБ). Хімічна формула парааміноазобензолу має наступний вигляд:  $C_{12}H_{11}N_3$ .

Попередньо експериментально досліджено фізико-механічні властивості модифікованої ультразвуковою обробкою вихідної епоксидної матриці, які є наступними: модуль пружності при згинанні –  $E = 2,8$  ГПа, руйнівні напруження при згинанні –  $\sigma_{32} = 48,0$  МПа, ударна в'язкість –  $W = 7,4$  кДж/м<sup>2</sup>.

Надалі досліджували залежність фізико-механічних властивостей КМ від вмісту модифікатора парааміноазобензолу. Встановлено, що максимальне значення модуля пружності при згинанні ( $E = 3,9$  ГПа) спостерігали при введенні модифікатора ПААБ за вмісту  $q = 1,00$  мас.ч. Вважали, що за такого критичного вмісту добавки у композиті утворюється максимальна кількість хімічних зв'язків і формується матеріал з найвищим ступенем зшивання серед усього досліджуваного діапазону КМ. При цьому на кінцевому етапі зшивання утворюється композит з гомогенною структурою, яка відзначається рівномірним розподілом зв'язків у об'ємі, що передбачає не лише поліпшення когезійних властивостей, але й зниження залишкових напружень. Останнє є важливим для підвищення надійності експлуатації розроблених матеріалів у критичних умовах (знакозмінні навантаження і широкий градієнт температур).

Крім того, максимум ( $\sigma_{32} = 51,8$  МПа) на кривій залежності руйнівних напружень при згинанні від вмісту модифікатора спостерігали за концентрації добавки  $q = 1,00$  мас.ч. Отримані дані симбатно корелюють з аналогічною залежністю модуля пружності при згинанні від вмісту ПААБ, де аналогічно виявлено максимальні показники  $E$  за такої ж кількості введеної добавки.

Додатково доведено, що розроблені матеріали є стійкими до ударних навантажень, оскільки введення у епоксидний олігомер ЕД-20 модифікатора ПААБ за незначного вмісту ( $q = 1,00$  мас.ч. – максимум на кривій залежності ударна в'язкість ( $W$ ) – вміст модифікатора ( $q$ )) забезпечує підвищення показників міцності при ударі стосовно вихідної матриці у 1,6 разів (від  $W = 7,4$  кДж/м<sup>2</sup> до  $W = 11,9$  кДж/м<sup>2</sup>).

**Висновки.** Експериментально доведено, що для формування матеріалів з поліпшеними когезійними властивостями необхідно використовувати композицію наступного складу: епоксидний олігомер марки ЕД-20 ( $q = 100$  мас.ч.), твердник поліетиленполіамін ПЕПА ( $q = 10$  мас.ч.), модифікатор парааміноазобензол ( $q = 1$  мас.ч.). Такий матеріал відзначається наступними властивостями: руйнівні напруження при згинанні –  $\sigma_{32} = 51,8$  МПа, модуль пружності при згинанні –  $E = 3,9$  ГПа, ударна в'язкість –  $W = 11,9$  кДж/м<sup>2</sup>.

## ПОВЫШЕНИЕ КОНТРАСТА ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ И АНАЛИЗА НЕЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТ

Низкий контраст – наиболее распространенный дефект изображений, используемых в самых различных областях деятельности человека. Улучшение контраста предполагает перераспределение исходных яркостных характеристик, обеспечивающее повышение достоверности выявления объекта/областей интереса.

Для решения задачи повышения контраста может применяться сегментации исходного изображения, одним из способов выполнения которой является кластеризации с последующей визуализацией ее результатов. В настоящее время популярным методом кластеризации является применение нечетких алгоритмов, например, FCM (Fuzzy C-Means). Недостатком данного подхода является неоднозначность процесса дефазификации, которая порождает сложности с визуализацией конечного результата. В работе [1] было предложено использование анализа независимых компонент для автоматического определения значимых столбцов нечеткой функции принадлежности, получаемой при нечеткой кластеризации.

В данной работе предложен метод повышения контраста цветных снимков на основе выполнения анализа независимых компонент цветного изображения и матрицы функций принадлежности, полученной в результате его нечеткой кластеризации, с автоматическим отбором наиболее значимых столбцов матрицы независимых компонент и композицией с исходным снимком, что позволяет сохранить цветовой баланс.

Предложенный в данной работе алгоритм состоит из следующих шагов.

1. Выполняется нечеткая кластеризация исходного цветного изображения  $I$ , в результате чего формируется матрица нечетких функций принадлежности  $U$ .
2. Формируется матрица  $I^1$ , содержащая матрицы  $I$  и  $U$ .
3. Полученная матрица  $I^1$ , подвергается разложению на основе анализа независимых компонент (алгоритм FastICA). В результате формируются матрицы  $A$  и  $U_{ica}$ , удовлетворяющие выражению  $I^1 = AI_{ica}^1$ .
4. Вычисляется вектор коэффициентов  $C_{ica}$  по формуле:  $(C_{ica})_i = \left| \sum_{j=1}^c W_{i,j} \right| \cdot \sum_{j=1}^c A_{j,i}, i \in [1, c_{ica}]$ .
5. Формируется вектор  $C_{ica}^{\max}$ , который содержит упорядоченные по убыванию неотрицательные элементы вектора  $C_{ica}$ . На основе вектора  $C_{ica}^{\max}$  формируется вектор  $C_{ica}^0$ , значения элементов которого не будут превышать 1.
6. На основе матриц  $I_{ica}^1$  и вектора  $C_{ica}^{\max}$  формируется матрица  $I^2$ , размерность которой совпадает с размерностью исходного изображения.
7. Выходное изображение формируется путем слияния матриц  $I$  и  $I^2$  с использованием вектора  $C_{ica}^0$ .

Экспериментальные результаты были получены при применении предложенного метода для обработки различных цветных изображений, в том числе медицинских.

**Выводы.** Предложенный алгоритм позволяет достичь повышения контраста с сохранением цветового баланса по сравнению с исходным изображением. При этом не обеспечивает необходимого повышения яркости для темных изображений.

1. Ахметшина Л.Г. Независимый компонентный анализ одномерных цифровых изображений / Л.Г. Ахметшина, А.А. Егоров // Системні технології №1(114), – 2018. – С.17-24.



## ЯК МОЖНА ПОЧУТИ ЧАСОВИЙ РЯД

В 1966 році була опублікована стаття Марка Каца “Чи можна почути форму барабана” [1], яка подала ідею порівняння барабанів через музичне відтворення. Саме вона наштовхнула на ідею використовувати музичний ряд, як проміжний для порівняння часових рядів різноманітної природи.

Відображення множини значень часового ряду до звукових частот, які є музичними звуками можна за допомогою лінгвістичного моделювання [2-5].

Алгоритм перетворення часового ряду до ряду звукових частот може бути наступним.

1. Ввести дані з файлу до вхідного масиву  $X$  (дані з часового ряду).
2. Знайти максимальне та мінімальне значення вхідного масиву  $X$ .
3. Отримати новий масив  $Y$  за наступною формулою:

$$Y_i = Y_{min} + (X_i - X_{min}) * \frac{Y_{max} - Y_{min}}{X_{max} - X_{min}},$$

де  $Y_{max} = 5587.65$ ,  $Y_{min} = 16.3516$ .

4. Ввести масив  $Y^*$ , який є значеннями частот музичних звуків:

5587.65	1661.22	493.883	146.832	43.6535
5274.41	1567.98	466.164	138.591	41.2034
4978.31	1479.98	440.000	130.813	38.8909
4698.64	1396.91	415.305	123.471	36.7081
4434.92	1318.51	391.995	116.541	34.6478
4186.111	1244.51	369.994	110.000	32.7032
3951.71	1174.66	349.228	103.826	30.8677
3729.31	1108.73	329.628	97.9989	29.1352
3520.00	1046.50	311.127	92.4986	27.5000
3322.44	987.767	293.665	87.3071	25.9565
3135.96	932.328	277.183	82.4069	24.4997
2959.96	880.000	261.626	77.7817	23.1247
2793.83	830.609	246.942	73.4162	21.8268
2637.21	783.991	233.082	69.2957	20.6017
2489.21	739.989	220.000	65.4064	19.4454
2349.32	698.456	207.652	61.7354	18.3540
2217.46	659.255	195.998	58.2705	17.3239
2093.00	622.254	184.997	55.0000	16.3516
1975.53	587.330	174.614	51.9131	
1864.66	554.365	164.814	48.9994	
1760.00	523.251	155.563	46.2493	

5. Побудувати новий масив  $Z$  шляхом заміни кожного елементу  $Y_i$ , який  $Y_j^* < Y_i < Y_{j+1}^*$  на

$$Z_i = \begin{cases} Y_j^*, \text{ якщо } Y_i < \frac{Y_j^* + Y_{j+1}^*}{2} \\ Y_{j+1}^*, \text{ якщо } Y_i > \frac{Y_j^* + Y_{j+1}^*}{2} \end{cases}$$

Тобто ми будемо відображення  $M$  вхідного часового ряду  $X$  на ряд частот:

$$M: X \rightarrow Y$$

Отриманий ряд частот буде звуковим відображенням вхідного часового ряду.

**Висновки.** Таким чином ми отримали універсальну нормалізовану форму, до якої можна відображувати часові ряди різноманітної природи.

1. Кас, Mark (April 1966). «Can One Hear the Shape of a Drum?». *American Mathematical Monthly* 73 (4, part 2): 1—23.

2. Баклан І. В. Лінгвістичне моделювання: основи, методи, деякі прикладні аспекти / І. В. Баклан // Систем. технології. — 2011. — № 3. — С. 10-19.

3. Баклан І. В. Інтервальний підхід до побудови лінгвістичної моделі / І. В. Баклан // Системні технології. - 2013. - Вип. 3. - С. 3-8.

4. Баклан І.В. МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОГО ПОШУКУ ЗВУКОВОГО ФРАГМЕНТА В АУДІО-ФАЙЛІ // Баклан І.В., Шемседінов Т.Г., Бланк О.І., Дзюба В.В., Нечай Д.О / Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ІТММ'2017: тези доповідей Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 28 – 30 березня 2017 р.) / Міністерство освіти і науки України, Національна металургійна академія України, Дніпропетровський національний університет імені О.Гончара, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна та ін. – Дніпро: НМетАУ, 2017. - С.134-135.

5. Гончаров О.А., Баклан І.В. СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ МЕЛОДІЇ ЗА ЗАПИСОМ НА МОБІЛЬНОМУ ТЕЛЕФОНІ // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики / Під ред. В.В. Марасанова та ін. – Херсон: ХНТУ, 2016. – С.43-46.

## ЗАДАЧІ АНАЛІЗУ ТА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРУЖНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ЗАСТОСУВАННЯ ОСНОВНИХ ОЗНАЧЕНЬ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

В доповіді подано методика застосування основних означень теорії нечітких множин, таких як: нечіткі множини,  $\alpha$  - рівні, композиція та декомпозиція, функція належності, фазифікація та дефазифікація, в задачах аналізу та оптимального проектування стрижневих систем. Важливою рисою сучасного проектування будь-якої технічної системи є розробка такої стратегії, в результаті якої можна отримати найкращий проект системи із заданими наперед можливостями.

При розробці цієї стратегії враховуються сучасні досягнення в тих чи інших напрямках науки, технологій, особливо комп'ютерних і інформаційних.

Проектування вже не ґрунтується на емпіричних формулах. Використання аналітичних комп'ютерних комплексів зараз є загально прийнятним явищем. Сучасні конструкції, як і машини, змінюються дуже швидко. Розміри конструкції її вартість збільшуються і, відповідно, представляють більш суворі вимоги до таких характеристик: матеріаломісткість, надійність, довговічність, витривалість, бути "терплячими" до можливих пошкоджень (толерантність) та інші. В теорії проектування конструкцій, в тому числі й оптимальному, де домінує детермінований підхід, викликає інтерес до розгляду більш загальних задач, в яких були б враховані невизначеності. Для формулювання і розв'язання їх потрібен такий математичний апарат, який мав би можливість апріорно врахувати ту чи іншу невизначеність. Таким апаратом про дії факторів випадкової природи в механіці стала теорія ймовірності і математична статистика [1]. Крім випадкових факторів в проектуванні можуть бути також фактори іншої невизначеності, а саме: нечіткі і неточні.

Дана доповідь присвячена розробці методів застосування основних понять теорії нечітких множин до задач аналізу та оптимального проектування пружних систем [2]. Розглядається деяка технічна пружна система, яка описується таким рівнянням стану

$$(x, v): f(x, v) \rightarrow y, \quad (1)$$

де вектори  $x, v$  утворюються, відповідно, з незмінних та змінних вихідних параметрів, а  $y$  - вектор результатів. Функція  $f$  - дійснозначна, яка визначається елементами  $x, v$  на множинах  $X$  і  $V$ , приймає значення елементів на множині  $Y$ . При цьому  $x \in X \subseteq R^n$ ;  $v \in V \subseteq R^m$ . Перетворення  $f$  може бути задано аналітичним виразом або обчислювальною комп'ютерною програмою, диференціальним рівнянням або їх системою, скінченно-різницеvim або скінченно-елементним підходом, аналітичними або чисельними процедурами оптимального проектування конструкцій. Нехай вектор  $v$  містить в собі елементи  $v_i = \xi_i$ ;  $i = 1, 2, \dots, t$ , які мають невизначену природу, зокрема нечітку, тобто

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_r, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_t); \quad r + t = m. \quad (2)$$

Характерною рисою в означенні нечітких множин є уведення до розгляду так званої функції належності елемента  $\xi_i$  до нечіткої множини  $\Omega$ , яка визначена на універсальній множини  $U$ , тобто  $v \in \Omega \subseteq U \subseteq R$ . В ТНМ змінні, що уводяться за допомогою словесних квантифікаторів виду "приблизно", "близько до числа", "в інтервалі", "декілька більше (менше)", "майже дорівнює", "величина ледве.." інтерпретуються як нечіткі множини.

Розглянуто приклади проектування балки, ферми та розтягнутої полоси з крайовою тріщиною.

1. Болотин В.В. Применение методов теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1971. - 255 с.

2. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы -М.: Горячая линия- Телеком.- 2008.-383 с.

## ПРЯМІ МАРТЕНСИТНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Нині практично в усіх галузях промисловості використовуються різні сталеві вироби і конструкції. Вибір сталі в якості основного матеріалу для виготовлення деталей обумовлений, передусім, найкращим поєднанням таких технологічних властивостей, як міцність, зносостійкість, надійність і довговічність, а висока різноманітність сталевих сплавів і низька собівартість залізної руди дають величезну перевагу при застосуванні цього матеріалу.

Термічна обробка металевих виробів є дуже складним технологічним процесом, що полягає в нагріві металу (сплаву) до певної температури, витримці при цій температурі впродовж заданого часу і подальшому охолодженні з метою отримання необхідної мікроструктури і, відповідно, необхідних властивостей виробу для використання в конкретних умовах.

Величезна різноманітність металевих сплавів робить завдання термообробки дуже індивідуальним процесом, що вимагає ретельного підбору температурних режимів, способів нагріву і охолодження, часу витримки залежно від хімічного складу конкретного матеріалу.

Тема не є новою, оскільки відомі теорії Л. Ландау фазових перетворень, та А. Колмогорова, Дж. Крістіана – кристалізації.[1,2] Однак всі вони не завжди можуть бути використані для опису експериментальних результатів.

Стаття присвячена дослідженню можливості використання моделі індукованих переходів у дворівневих системах для опису фазових перетворень в кристалічних середовищах. У статті розглянуто попередні теорії фазових перетворень вуглецевих сталей, проаналізовано розбіжності експериментів з аналітичними даними та запропоновано нову модель опису фазових перетворень.

У даній роботі запропонована заснована на принципі детальної рівноваги фізична модель мартенситних перетворень у кристалічних середовищах.

У роботі аналізуються фазові перетворення вуглецевих сталей на основі принципу детальної рівноваги. На основі даного підходу отримано розв'язок системи рівнянь, що описує як атермічні, так і ізотермічні прямі мартенситні перетворення вуглецевих сталей. У статті порівнюються аналітичні залежності, що описують ізотермічний ПМП, з експериментальними даними такого ж процесу для одного з видів легованої сталі. Отримана відповідність вказує на можливість використання заснованої на принципі детальної рівноваги моделі ПМП для опису процесів ПМП в легованих сталях в області високих і низьких температур.

Наведено графічний матеріал, що підтверджує справедливість запропонованої моделі у діапазоні як високих температур та великої кількості фононів так і низьких температур та малої кількості фононів.

**Висновки.** Порівняння аналітичних залежностей, що описують ізотермічний ПМП одного з видів легованої сталі, з експериментальними даними в області високих і низьких температур показують гарну кількісну відповідність. Така відповідність вказує на можливість використання заснованої на принципі детальної рівноваги моделі ПМП для опису процесів ПМП легованих сталей в області високих і низьких температур.

1. Ландау Л.Д. К теории фазовых переходов / Л.Д. Ландау // ЖЭТФ. – 1937. – Т. 7. – С. 19 – 32.

2. Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах / Дж. Кристиан. – Ч. 1. – М.: Мир, 1978. – 806 с.

## РОЗРОБКА 3D ПЕРСОНАЖА КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ

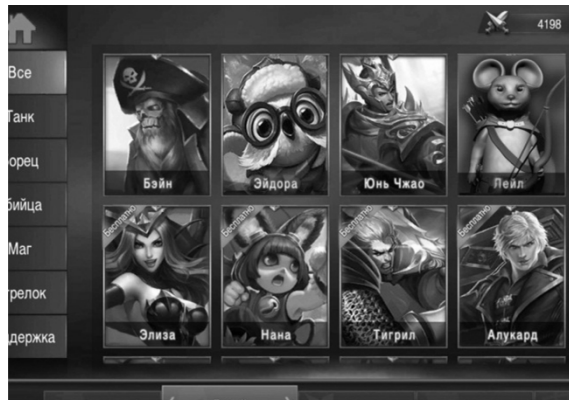
В останні роки гейм індустрія розвивається дуже потужно та з великою швидкістю. Одним з найважливіших етапів створення комп'ютерних ігор є геометричне моделювання персонажа ігри, що уявляє собою складний процес, першим етапом якого є розробка загальної концепції моделі.

В ході аналізу робіт сучасних художників-концепторів [1, 2, 3] були виявлені основні етапи створення концепт-арту: історія та характер персонажа, силует та видимість усіх елементів персонажа, тоновий поділ та підбір кольорової палітри. На основі отриманих знань було створено власну концепцію персонажа. Було вирішено, що модель буде уявляти собою мишеня-воїн, який характером схожий на Робін Гуда та проживає в полі між гір України. За допомогою програмного забезпечення AdobePhotoshop було розроблено варіанти силуетної плями з опрацюванням сприйняття круглої геометричної форми персонажа. Силует з луком був пріоритетним, бо найменше саме цієї зброї запропоновано у грі. Після вибору найкращого варіанту було розроблено лайн і тоновий поділ. Далі, здійснювався підбір кольорової палітри. Натхнення щодо кольорових рішень було взяте із картин та фотографій природи (зелений, оливковий, бежевий та жовтий).

В ході роботи спираючись вже на виявлений концепт-арт персонажа здійснювалось створення 3D моделі (рис.1,а). В роботі були застосовані наступні програмні пакети: Autodesk Maya, ZBrush, Marmoset. За допомогою програмного комплексу AdobePhotoshop отримана модель була представлена в меню комп'ютерної гри (рис.1,б).



а



б

Рисунок 1 – Результат рендеру персонажа

**Висновки.** В роботі проаналізовано сучасні вимоги, методи та підходи створення загальної концепції цифрових сцен. На основі отриманих знань розроблена концепція персонажа комп'ютерної гри та створена геометрична 3D модель мишеня-воїну за розробленим концепт-артом.

1. Gurney J. Imaginative Realism: How to Paint What Doesn't Exist/ J. Gurney.– Series: James Gurney Art (Book 1). – К. :McMeel Publishing, 2009– 224 с.
2. Solariski, C. Drawing Basics and Video Game Art / C. Solariski К. : Watson-Guptill, 2012. – 240 с.
3. Методика розвитку творчого мислення майбутніх дизайнерів для підготовки до дипломного проектування [Електронний ресурс] / Т. С. Козак // Науковий вісник НЛТУ України. - 2017. - Вип. 27(4). - С. 181-185.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ЗАЛУЧЕННЯ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ДО ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

З метою підвищення мотивації вивчення інформатики на першому курсі студенти спеціальності 014-середня освіта (математика та фізика) були залучені до дистанційних форм консультування учнів 6 та 7 класів. Проект був представлений як для студентів, так і для учнів ЗОШ №73 м. Одеси під назвою "Використання інформаційних технологій у навчанні". Для студентів це була можливість перевірити свої навички використання інформаційних технологій для виконання роботи вчителя [1], а для учнів – це була можливість одержати досвід використати інформаційні технології поза межами курсу інформатики. Актуальність цього експериментального дослідження полягає в продовженні перевірки методик впровадження інформаційних технологій в навчальний процес та реалізації дуальної освіти [2] при підготовці майбутніх учителів.

Метою роботи є розвиток соціально-інформатичних компетентностей майбутніх вчителів та учнів через формування відповідних педагогічних умов: форма спілкування студентів-викладачів та учнів виключно дистанційна, опосередкована сучасними інформаційно-комунікаційними засобами; контроль за роботою студентів відбувався на парах з інформатики в педагогічному університеті лектором та викладачем, що вів лабораторні роботи в межах консультування виконання самостійної роботи студентів; контроль за роботою учнів відбувався на уроках інформатики в загальноосвітній школі в межах актуалізації закріплення вивченого матеріалу протягом другого семестру (за рекомендаціям протягом другого семестру доцільно кожного уроку повторювати навчальний матеріал, що був вивчений раніше). В результаті роботи над проектом досліджувались мотивація учнів до дистанційного навчання; мотивація студентів до вивчення інформаційних технологій; активність виконання поточних навчальних завдань учнів з математики та фізики. Для досягнення мети були поставлені задачі для студентів та для учнів. Для студентів: сформувати віртуальний навчальний простір та забезпечити педагогічні умови спілкування в цьому просторі з навчальною метою; розробити пояснення навчального матеріалу за допомогою он-лайн презентацій та тести для перевірки знань учнів за розглянутим матеріалом. Для учнів: скористатися протягом семестру наданою можливістю за допомогою телекомунікаційних засобів консультуватися з поточних завдань з математики, алгебри, геометрії та фізики; ознайомитись з наданими студентами електронними навчальними матеріалами; прийняти участь у дистанційних опитуваннях.

**Висновки.** Результати роботи можуть бути використані для вдосконалення програми курсу "Інформатика" для студентів першого курсу спеціальності 014-середня освіта (математика; фізика), а також для планування заходів щодо впровадження змішаних форм навчання в підготовку учнів загальноосвітніх навчальних закладів. Незважаючи на наявність низки проблем, і студентами, і учнями, робота в цілому була оцінена як корисна. До цього часу студенти Південноукраїнського педагогічного університету проходили практику у школі з 4 курсу, але виходячи з навчальних планів, з 2018-19 навчального року практика у школі буде уведена з першого курсу. За нашим дослідженням це підвищує мотивацію студентів до вивчення перспективних методик та технологій та реалізує усі переваги дуального навчання.

1. Навчання в школі + онлайн-навчання = змішане навчання – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.prosvitcenter.org/uk/navchannya-v-shkoli-onlayn-navchannya-zmi/> (03.07.2018).

2. Дуальна освіта – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/profesijno-tehnicna-osvita/dualna-osvita> (03.07.2018).

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ЛОКАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЛЕЖНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

Існуючі способи керування агробіологічним станом ґрунтового середовища та відбором проб ґрунту за наявними методиками не враховують варіабельності їх параметрів по площі сільськогосподарських угідь. Для реалізації технології диференційованого внесення технологічного матеріалу, переважно використовується спрощений спосіб рівномірного розбиття поверхні поля на рівні квадрати (переважно площею 5-15 га) для подальшої діагностики та керування полем з використанням такої диференціації. З однієї сторони такий поділ обумовлений зручністю та простотою даного методу, з іншого - відсутність достовірних оперативних даних про поле та, відповідно, інструменту для поділу поля за іншими критеріями на основі вихідних даних. За цією методикою до умовно рівного квадрату на полі можуть потрапляти ділянки з принципово різними параметрами, середнє значення яких не відображатиме реальних параметрів даної ділянки.

Найбільш ефективним способом оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь є вимірювання електропровідних характеристик ґрунтового середовища. Електропровідні властивості ґрунтового середовища є комплексним показником його агробіологічного стану, який враховує твердість вологість, вміст поживних речовин у ґрунті, насиченість основами, смність катіонного обміну тощо.

Високий вміст вологи, солей та поживних речовин у ґрунті сприяють підвищенню показників електропровідності ґрунтового середовища у межах одного поля, які реєструється інформаційно-технічною системою локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. Така інформація дозволяє виділити зони варіабельності ґрунтового середовища та у подальшому здійснювати керування агробіологічним станом сільськогосподарських угідь з врахування зон неоднорідності.

Інформаційно-технічну систему локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь використовують: перед виконанням технологічної операції, одночасно з виконанням технологічної операції (сівба, внесення мінеральних добрив тощо); протягом вегетації та після збирання врожаю.

Запропонована математична модель для визначення залежності якості виконання технологічних операцій від граничної бистої інформаційно-технічних систем локального оперативного моніторингу стану сільськогосподарських угідь. Дана модель дає можливість забезпечити ефективне керування якістю виконання технологічними операціями. Це відкриває нові перспективи до ведення органічного землеробства з використанням таких «розумних» сільськогосподарських машин.

## ПРОГРАМНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ФЛЮЇДУ ПОРИСТИМ СЕРЕДОВИЩЕМ В ПОЛІ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ

Дослідження дії акустичних хвиль на фільтрацію флюїду в пористих середовищах має важливе наукове та прикладне значення, зокрема для розробки технологій підвищення дебіту нафтогазових свердловин.

До перспективних, екологічно безпечних та мало затратних методів інтенсифікації видобутку вуглеводнів слід віднести способи, які ґрунтуються на впливі пружних коливань на нафтонасичені породи. Результати дослідів з акустичними хвилями свідчать про зміну поверхневого натягу та в'язкості рідини; зменшується ефективне тертя між породою та флюїдом і як наслідок – підвищується рухливість флюїду [1]-[5]. Деякі автори вважають, що може мати місце резонансний характер взаємодії акустичних хвиль з пористим середовищем та вказують на можливість кавітації на стінках капілярів; різні точки зору вказують на складність механізмів взаємодії акустичних хвиль з середовищем пластів і на необхідність проведення подальших експериментальних та теоретичних досліджень.

З метою дослідити механізми впливу акустичних хвиль на швидкість фільтрації рідини в реальних кернах пористих середовищ розроблена та виготовлена в металі експериментальна установка, як інструмент дослідження фільтрації в широкому діапазоні тисків (десятки атмосфер) та частот хвиль.

З метою чисельного моделювання була побудована скінченноелементна модель процесів, що відбуваються в умовах експерименту, обрахована динамічна задача руху в'язкої рідини навколо і всередині піщаника на фоні створюваного випромінювачем Ланжевена поля тиску. Розраховані поля напружень в пісковіку та тисків в рідині для різних частот: 20 КГц, 40 КГц, 2 МГц.

**Висновки.** Розроблена конструкція та виготовлена в металі експериментальна установка для дослідження дії акустичних хвиль на фільтрацію рідини кернами пористих середовищ (піщаник, вапняк і т.п.). Побудована числова модель цієї установки та проведена її апробація. Для пісковика виконані тестові вимірювання залежності об'єму фільтрованої рідини від тиску в кернотримачі, для розглянутих тисків до 10 бар має місце лінійна залежність об'єму фільтрованої рідини від тиску, для малих тисків  $P < 2$  бар фільтрація практично відсутня.

1. Beresnev I.A. and Johnson P.A.(1994).Elastic wave stimulation of oil production: A review of methods and result. Geophysics 59(6),1000-1017.
2. Poesio P., Ooms G. (2002). An investigation of the influence of acoustic waves on the liquid flow through a porous material. Journal of Acoustical Society of America 111(5),2019-2025.
3. Poesio P., Ooms G. Theoretical and experimental investigation of acoustic streaming in a porous material. Physical Review E66:016309,2002.
4. О.І. Гутак. Експериментальні дослідження впливу пружних коливань на зміну фільтрації нафтоводяної суміші. ISSN 1993-9965.Науковий вісник ІФНТУНГ.2011.3(29).
5. Я.М.Бажалук та ін.Удосконалення технічних засобів імпульсно-хвильової дії на нафтоносні пласти. ISSN 1993-9973.Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ.2010.1(34).



## КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОИСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕРАЦИИ ТЕКСТОВ

Проблема оптимального пути поиска информации является одной из ключевых в области компьютерной науки. Процесс разработки большинства программных продуктов рано или поздно приводит к реализации механизмов добавления, сохранения и получения информации для ее последующей обработки. Главным решением этой задачи становятся разнообразные системы баз данных, прекрасно справляющиеся с этими задачами на программном уровне. Однако, если в функционале системы присутствует необходимость работать непосредственно с пользовательским запросом, зачастую состоящего из нескольких критериев, то обработка полученных результатов, полностью ложится на плечи пользователя. В этой работе описана и реализована, в виде прикладного программного продукта, система семантического поиска, позволяющая автоматически формировать программную семантическую модель как отдельного документа, так и всего корпуса документов в целом. Первым этапом в процессе разработки семантической поисковой системы становится построение программной модели текста – семантической сети. текста. Кроме того, происходит сокращение рабочего множества слов благодаря стеммингу и очистке текста от служебных частей речи. Заключительным этапом синтаксического анализа становится взвешивания стемм, в результате чего каждой стемме соответствует количество ее повторений в тексте и взвешивание предложений, где под весом предложения подразумевается суммарный вес всех стемм в нем. Размеченный таким образом текст должен пройти этап частотного анализа, в результате которого текстовым данным будут соответствовать некоторые числовые характеристики. Размеченный таким образом текст должен пройти этап частотного анализа, в результате которого текстовым данным будут соответствовать некоторые числовые характеристики. Для этого предлагается составить матрицу, строки которой соответствуют предложением, столбцы - стеммам, а значения формируются как число вхождений стемы в предложение. Над полученной таким образом матрицей выполняется операция сингулярного разложения. Поскольку сингулярное разложение является устойчивым, становится возможно убрать значения левой и правой матрицы, соответствующие низким сингулярным значениям, оставив только два наибольших, после чего использовать их как координаты для отображения на двухмерную плоскость. После получения частотной числовой картины текста, необходимо привести полученные данные к некоторой семантической картине, на основе которой возможна генерация семантической сети. Для этого, над полученными данными проводится операция кластеризации по алгоритму k-means. Для каждого кластера – стеммы определяется его вес – количество содержащихся в нем точек, на основе которого формируется каркас будущей семантической сети: кластеры-стеммы связываются между собой в порядке увеличения их веса. Множества кластеров-стемм формируют семантические метки документа, по которым, и будет генерироваться результирующий ответ. При поступлении пользовательского поискового запроса в систему, над каждым кластером-сетеммой производится проверка вхождения его элементов в пользовательский запрос. Если для текущего кластера стеммы такое вхождение найдено – то кластер-предложений, связанный с данным кластером стеммой становится кандидатом для включения в результирующий ответ. Если таких связанных кластеров несколько, то в множество кандидатов попадает кластер с максимальным весом связи. Помимо самого текста предложения, в кластере содержатся данные о номере предложения и его весе относительно обрабатываемого документа.

1. Волковский О.С. Компьютерная система автоматического анализа промышленных инструкций. /Волковский О.С., Ковылин Е.Р. // Системные технологии. Региональный сборник межвузовских научных трудов, 2018. - №3(116). -С. 28-37.

## НОВЫЙ АДАПТИВНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ БЬЕФА ИРРИГАЦИОННОГО КАНАЛА

Совершенствование современных систем управления процессами перераспределения водных ресурсов, повышения их эффективности является сложной комплексной технологической задачей. Решение таких задач требует определения оптимальных режимов работы, как отдельных гидротехнических сооружений, так и гидроэнергетических систем в целом. Для создания таких систем управления необходимы достаточно точные математические модели технологического процесса, соответствующие методы и алгоритмы, которые можно реализовать программно-аппаратными средствами [1, 2]. Следует отметить, что известные методы синтеза структур системы управления, регуляторов, алгоритмов управления, которые в явной или неявной форме используют полиномиальную модель объекта управления (движения воды в бьефе канала), имеют ограничения размерности, связанных с порядком полинома. При этом пределом является система 9 – 10 порядка, следовательно, бьеф канала может быть разделен только на 4 – 5 участков. Таким образом, очевидно, что для протяженных бьефов ирригационных каналов с переменными по длине морфометрическими и гидравлическими характеристиками, имеющих боковых потребителей, использование вышеуказанных методов становится неэффективно. Это поясняется ненаблюдаемостью и неуправляемостью модели из-за большой размерности системы управления и объекта управления [2, 3].

Целью работы является разработка нового адаптивного метода синтеза закона управления бьефа ирригационного канала без ограничений размерности модели, пригодного для работы в реальном масштабе времени.

В качестве модели движения потока воды в ирригационном канале использована полная нелинейная система дифференциальных уравнений гиперболического типа Сен-Венана [1]. Разработанный метод использует прогнозирующие модели, решаемые как прямые и обратные задачи динамики. Адаптивность метода синтеза закона управления обусловлена актуализацией модели перед каждым шагом прогнозирования. Адаптивный метод рассчитан на работу в реальном масштабе времени в системе поддержки и принятия решений (СППР) оперативного управления водораспределения на ирригационных каналах.

**Выводы.** Проверка метода проведена путем постановки численных экспериментов, моделирующих отдельные этапы с использованием как гипотетических, так и реальных объектов. При этом реализация метода требует полную водомерность граничных створов и полную или частичную промежуточных створов бьефа и боковых потребителей, при наличии ретроспективных данных по этим створам. Метод синтеза закона управления может быть эволюционно внедрен на реальном объекте по мере наращивания оснащенности канала программно-аппаратными средствами.

1. Воцелка С. А. Новый метод идентификации ирригационного канала / С. А. Воцелка, С. А. Рожков // Вісник Херсонського національного технічного університету. – №03(62). – 2017. Т. 1 – С. 132–137.

2. Malaterre, P.-O., Rogers D.C., Schuurmans J. Classification of Canal Control Algorithms//Journal of Irrigation and Drainage Engineering, January/February 1998. –Vol. 124. – No. 1, –P.3-10. – Режим доступа: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1998\)124:1\(3\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1998)124:1(3)).

3. Modisette J.P. State estimation in online models - Atmos International PSIG Annual Meeting held in Galveston Texas USA. 12 May – 15 May 2009. Режим доступа: <https://atmosi.ru/media/1405/stateestimation-in-online-models.pdf>

## РОЗРОБКА ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Задача планування споживання електроенергії завжди була важлива для процесу отримання та використання електроенергії.

Метою роботи було проаналізувати існуючі методи прогнозування часових рядів та розробити технологію для здійснення прогнозу споживання електроенергії з різною часовою перспективою.

Аналіз існуючих методів показав що найперспективнішим є використання нейронних мереж, так як споживання електроенергії залежить від безлічі параметрів, це можуть бути робочий день або вихідний, сезон, час року, температура, похмурість, вологість та інші.

Для розв'язання задачі прогнозування було прийняте рішення об'єднати мережу Кохонена та багатoshаровий перцептрон для попередньої класифікації даних за результатами якого буде виконуватися прогноз споживання електроенергії. Схема отриманої нейронної мережі наведена на Рис. 1.

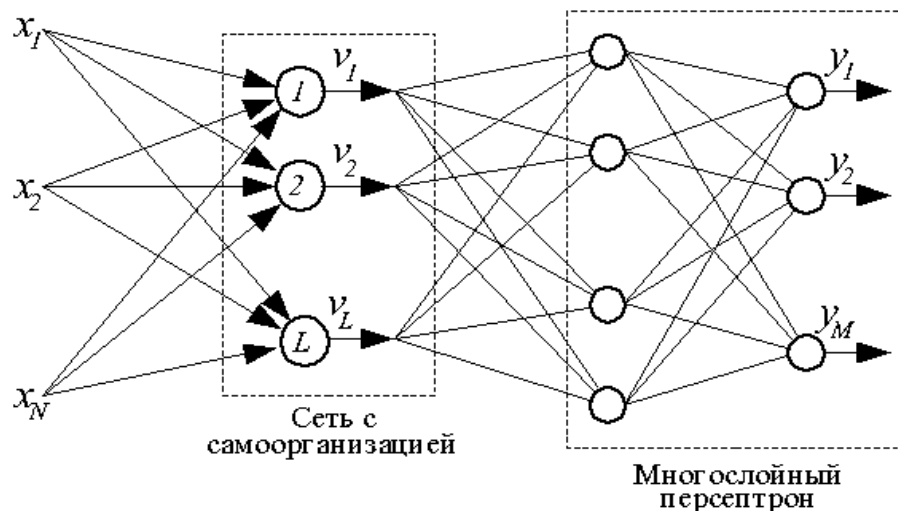


Рис. 1. Схема модернізованої нейронної мережі

Під час дослідження було проведено аналіз існуючих методів прогнозування часових рядів. Здійснена модифікація нейронної мережі для прогнозування споживання електроенергії та виробітки за допомогою альтернативних джерел енергії. Розроблені структури баз даних для зберігання інформації про користувачів та налаштування штучних нейронних мереж. Реалізована програма на мові Java у вигляді веб-додатку зі застосуванням служби Jenkins, та розподіленої системи контролю версій Git та проведено тестування на реальних даних.

1. Хайкин С.В. Нейронные сети полный курс, 2 издание.
2. Кей Хорстманн, Гари Корнелл, "Java. Библиотека профессионала. Том 1"
3. Блинов И.Н. Java. Промышленное программирование.
4. Марк Гранд, "Шаблоны проектирования в Java".

## РОЗРАХУНОК ОКУПНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Одним з напрямків економічної політики державних установ і приватних компаній є окупність впровадження нетрадиційних енерготехнологій. Розрахунок окупності включає в себе ціну станції, виробітку енергії, споживання енергії, ціну за зеленим тарифом та інші показники, які використовуються для розрахунку окупності впровадження нетрадиційних енерготехнологій. В зв'язку з цим, створення системи для розрахунку окупності впровадження нетрадиційних енерготехнологій є одним з актуальних та перспективних напрямків сьогодення.

Дослідження в області сонячної енергетики представлені в роботах [1-3].

Дана робота присвячена розробці та програмній реалізації системи розрахунку окупності впровадження нетрадиційних енерготехнологій. Розроблена система дозволяє користувачам, які не володіють спеціальними знаннями з нетрадиційної енергетики, за мінімальний проміжок часу, підібрати найбільш оптимальний варіант сонячної електростанції, а також отримати інформацію щодо її окупності. На підставі введених даних, а саме регіону, потужності окремого фотомодуля та сумарної потужності електростанції, система розраховує загальну площу, яку займає дана електростанція. Також в системі окупності реалізована можливість розрахунку середньомісячної та річної виробки сонячної електростанції, яка відображається у вигляді відповідної діаграми. Крім цього, система дозволяє розрахувати економічну складову впровадження сонячної електростанції, на підставі якої розраховує вартість і відображає діаграму періоду окупності електростанції (рис. 1). Система, завдяки обліку економічної складової, надає користувачу реальну вартість впровадження обраної сонячної електростанції.

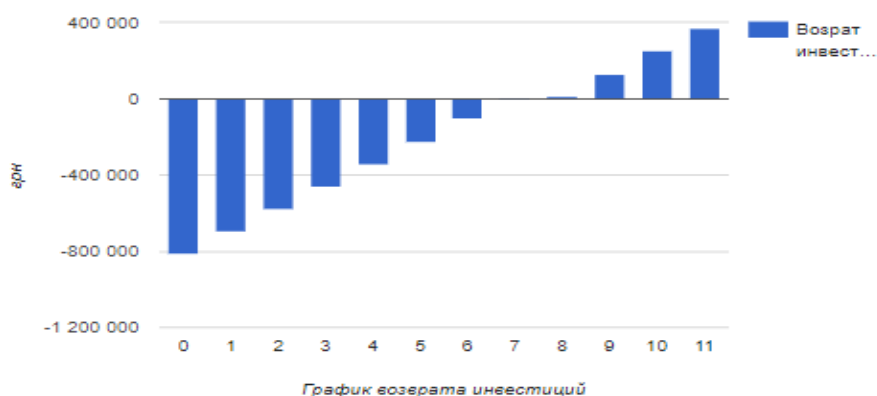


Рис. 1. Діаграма окупності впровадження сонячної електростанції

Дана система є корисним інструментом на шляху до переходу від традиційних до альтернативних джерел енергії.

1. *Сабади П.Р.*, Солнечный дом. – Изд. Стройиздат, Москва. – 1981 г. – С. 111.
2. *Харченко Н.В.*, Индивидуальные солнечные установки. – Изд. Энергоатомиздат, Москва. – 1991 г. – С. 208.
3. *Gevorkian P.*, Alternative energy systems in building design. – The McGraw-Hill Companies. – 2009. – P. 545

## ВИКОРИСТАННЯ РАДАРНОЇ ЗЙОМКИ SENTINEL-1 ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЛІСІВ

Сучасні супутникові системи спостереження є основним інструментом для вирішення широкого кола задач, серед яких контроль за веденням лісгосподарства та моніторинг вирубування лісів і стану дерев. Отримані дані дозволяють оперативно вилучати необхідну інформацію про стан великих і важкодоступних лісових насаджень, що є необхідним для визначення та проведення політики захисту навколишнього середовища [1]. Але, внаслідок складних погодних умов, таких як щільна хмарність, тумани та ін., частина оптичних зображень може бути вкрита хмарами або тінями, що в свою чергу зменшує інформативність даних та унеможливує якісне розпізнавання земної поверхні.

У роботі розглядається практичне застосування супутникових радіолокаційних зображень високої роздільної здатності зі супутника Sentinel-1. Основною метою дослідження є визначення потенціалу радіолокаційних супутникових даних для моніторингу стану лісових насаджень.

У роботі пропонується метод дешифрування вирубки лісів за радарними знімками для лісгосподарства України на території Закарпатської області, який включає радіометричну калібровку та Spek1-фільтрацію отриманих зображень. Період спостереження - серія різночасових зображень – травень 2015 року та квітень 2016 року. На підставі проведених досліджень у роботі [2], було вирішено проводити аналіз збезліснених територій у весняно-літній період зйомки та використовувати радіолокаційні знімки з подвійною поляризацією VV+VH. Для зручності візуальної оцінки були сформовані псевдокольорові композитні RGB зображення та побудовано маски вирубки лісів. Загалом у 2015 році кількість ділянок, на яких втрачено рослинність, становить 253. У 2016 році ця кількість зросла вдвічі і становить 427. Візуальна експертиза оптичних супутникових зображень Landsat-8 дозволила зробити висновок, що у 2014 році визначені ділянки лісу були повністю покриті рослинністю. Крім візуальної експертизи було розраховано нормалізований індекс вегетації (NDVI) за радарними даними на основі порогу чутливості (threshold).

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що супутникові радіолокаційні знімки дають можливість якісно визначати області вирубки лісових насаджень та оцінювати стан рослинності із застосуванням нормалізованого вегетаційного індексу. Порівняння серій різночасових знімків дає можливість проводити оперативний моніторинг у важко доступній місцевості. З іншої сторони, у ході роботи було виявлено такий недолік радарних зображень як зашумленість даних, що потребує додаткових досліджень.

1. Hnatushenko V.V. Satellite monitoring of deforestation as a result of mining / V.V. Hnatushenko, D. K. Mozgovyi, V. V. Vasyliiev/ Scientific bulletin of National Mining University. - State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnipro, 2017. No 5 • 2017. С. 94-99

2. Kleynhans, W.; Olivier, J.C.; Wessels, K.J.; Salmon, B.P.; van den Bergh, F.; Steenkamp, K. Detecting land cover change using an extended kalman filter on MODIS NDVI time-series data. IEEE Geosci. Remote Sens. Lett. 2011, 8, 507–511.

3. Hansen, M.C.; Stehman, S.V.; Potapov, P.V. Quantification of global gross forest cover loss. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2010, 107, 8650–8655.

## СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЗАВДАНЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕПОХИ 4-І ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ

### 1. Вступ. Постановка проблеми.

Сьогодні проблеми ШІ, котрі вважалися невіршуваними ще декілька років назад вже вирішені: розпізнавання голосу, обличчя, номерних знаків, самокеровані авто тощо – реальність. Усе це показує, що еволюція (теоретичні, прикладні розробки) дійшли до того моменту, коли в прогнозі розвитку людства однією із найбільш ймовірних моделей розвитку є та модель, при якій люди повністю або на 99% втрачають контроль за розвитком подій.

### 2. Постановка задачі

У роботі буде послідовно розглянуто усі три згадані фактори, їхні комбінації, виведено найбільш ймовірний наслідок і можливі варіанти реакції. Робота стимулювати шляхи пошуку варіантів співіснування, оскільки в умовах, коли у найближчі кілька десятиліть ШІ може в рази перевершувати можливості людини, така постановка проблеми є найкращим підходом. Але основною задачею є спроба накреслити напрямок до ситуації в якій не люди (інший вид розумного) будуть перевершувати людей по основній якості людини, яка дозволила людині опинитися на вершині харчового ланцюжка.

### 3. Дослідження проблеми

Побудуємо послідовність розвитку виробничих технологій. Перша промислова революція призвела до переходу від ручного до механізованого виробництва через використання парового двигуна, Друга промислова революція спричинила перехід до масового виробництва, через використання електродвигуна і конвеєра, Третя промислова революція призвела до переходу на автоматизоване виробництво через використання комп'ютерів та інформаційних технологій.

Промислова революція 4.0 – це перехід на повністю автоматизоване цифрове виробництво і обслуговування, що реалізується (управління і виконання) інтелектуальними системами в режимі реального часу при постійній взаємодії із зовнішнім середовищем і глобальною інтеграцією впродовж усього життєвого циклу продукції (речі чи послуги).

### 4. Висновки

Аналізуючи пройдені етапи та теперішній стан (Інтернет речей (IoT), Industrial Internet of Things (IIoT), Інтернет цінностей (IoV), Інтернет усього (IoE)) автор (враховуючи що він живе в Україні, а не в країні, що знаходиться на вістрі технологічних розробок) пробує дати прогноз на розвиток технологій у цій роботі бачить результатом революції екстремальну автоматизацію у всіх сферах життя – методи штучного інтелекту будуть застосовуватися в усіх сферах людського життя. Зауважу, що результатом буде впровадження «слабкого ШІ» або систем та їх інтелектуальних компонентів, що вирішуватимуть локальні задачі.

Однак, такий висновок (зі слабким штучним інтелектом у всіх сферах життя) є цінним лише для класичних форм. Основна проблема, може полягати у альтернативних рішеннях. Наприклад, гіпотеза про те, що інтелект і раціональна поведінка не виникають у нематеріальних (не впроваджених) системах, таких як системи доведення теорем чи традиційних експертних системах. Інтелект є продуктом взаємодії певної багатопшарової системи зі своїм оточенням (Рис.1). А інтелектуальна поведінка виникає із взаємодії архітектур, які організовані, з більш простих сутностей.

Головною ідеєю цього підходу є припущення, що „при побудові великих інтелектуальних систем представлення є неправильною одиницею абстракції”. Таким чином явні представлення світу можна реалізувати лише на нижчих рівнях інтелекту. Категоріальна архітектура передбачає побудову завершеної системи на кожному рівні програмної архітектури і забезпечити надійність її функціонування.

Отже, по завершенні «індустріальної революції» є висока ймовірність появи штучного інтелекту високого рівня.

## ПОРІВНЯННЯ ФРАГМЕНТАРНИХ МЕТОДІВ ЗНАХОДЖЕННЯ ВІДОБРАЖЕНЬ ОНТОЛОГІЧНИХ КОНТЕКСТІВ

Сьогодні програмні рішення, що ґрунтуються на знаннях, є важливою частиною сучасних корпоративних інформаційних систем. Ці рішення зазвичай включають в себе специфікації знань у формі різних онтологій. Однак сучасні інформаційні системи неминуче стикаються з проблемою гетерогенності знань і для ефективного їх використання необхідно мати узгодження відповідних онтологій. Одним з ефективних (з точки зору якості результатів) підходів до узгодження онтологій є підхід заснований на знаходженні відображень онтологічних контекстів. Цей підхід детально описаний автором в роботах [1], [2]. Однак методи засновані на цьому підході мають високу обчислювальну складність, що ускладнює їх використання в промислових умовах [1].

У даній роботі автор презентує еволюційно-фрагментарний (EVF) підхід до узгодження онтологій та пропонує нові методи для знаходження відображень онтологічних контекстів, а саме – жадібний фрагментарний та еволюційно-фрагментарний методи. Метою роботи є експериментальне порівняння якості результатів та продуктивності запропонованих методів із залученням реальних промислових онтологій. На рис. 1 показано порівняльну продуктивність цих методів (за умови відповідної якості отриманих відображень).



Рис. 1. Порівняння методів знаходження відображень онтологічних контекстів.

**Висновки.** Експеримент показав, що взагалі найкращим за продуктивністю є метод EVF, але в той же час за певних умов прямий та жадібний алгоритми можуть давати суттєво вищу якість результатів. Отримані результати експериментального порівняння дозволяють позитивно оцінити якість результуючих відображень онтологічних контекстів та застосовність запропонованих методів у промислових умовах. Запропоновані методи можуть бути реалізовані у промислових інформаційних системах, що використовують різні моделі подання знань, а також у децентралізованих та розподілених системах, основаних на знаннях.

1. Davidovsky M., Ermolayev V., Tolok V. Evaluation of the Ontology Instance Migration Methodology and Solution in Industrial Settings. // In: Ermolayev, V., et al. (Eds.) ICT in Education, Research, and Industrial Applications. Rev. Sel. Papers of ICTERI 2013, CCIS, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. – 2013. – V. 412. – P. 163–189.

2. Давидовський М. В. Фрагментарная модель задачи согласования онтологий // Материали 18-го международного научно-практического семинара "Комбинаторные конфигурации и их применение", 15-16 апреля 2016 г., КНТУ – КЛІА НАУ, Кировоград, 2016. – С. 43–52.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА МОЩНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС

Давидченко Д.В.,  
к.т.н., доцент каф. АТП Беглов К.В.  
Одесский Национальный Политехнический Университет, УКРАИНА

В настоящее время мощность энергоблоков с реакторами ВВЭР-1000 регулируется с помощью органов регулирования системы управления и защиты ядерного реактора (ОР СУЗ). Однако последние исследования показывают, что с точки зрения надежной эксплуатации ТВЭЛов лучшим методом регулирования является изменение концентрации жидкого поглотителя в теплоносителе первого контура. Однако пока система автоматического регулирования мощности энергоблока, с помощью которой можно провести суточное маневрирование мощностью, не реализована.

В ряде работ были показаны результаты исследований энергоблока АЭС с ВВЭР-1000 [1, 2, 3] с точки зрения влияния изменения концентрации раствора борной кислоты на его мощность. Показано, например, что с точки зрения управления реактор по каналу «расход борной кислоты – электрическая мощность энергоблока» является нелинейным объектом.

Нелинейность состоит в том, что статические и динамические свойства объекта управления существенно отличаются друг от друга при изменении направления управляющего воздействия. Другой фактор, который необходимо учитывать при маневре мощностью – это йодная яма, такое состояние ядерного реактора после снижения его мощности, которое характеризуется накоплением коротко живущего изотопа ксенона  $^{135}\text{Xe}$ . Этот процесс приводит к временному появлению значительной отрицательной реактивности и делает невозможным вывод реактора на проектную мощность в течение определённого периода. С другой стороны отравление ксеноном  $^{135}\text{Xe}$  позволяет уменьшить мощность реактора не нанося управляющее воздействие с помощью ОР СУЗ.

В работе рассматривается синтез ПИ-регулятора, управляющего нелинейным объектом. Расчет коэффициентов регулятора выполняется по правилам нечеткой логики в режиме реального времени.

После синтеза АСР было проведена серия модельных экспериментов по маневру мощностью. Как показано, электрическая мощность снижалась в соответствии с задающим значением и без статической ошибки. Отставание в изменении наблюдается при переходе от периода снижения мощности к периоду поддержания её сниженного значения.

### Литература.

1. Maksimov, M. V. A model of a power unit with WWER-1000 as an object of power control [Text] / M. V. Maksimov, K. V. Beglov, T. A. Tsiselskaya // works of the Odessa Polytechnic University. — Odessa, 2012. — Rel. 1(38). — P. 104-106.;
2. Медведєв Р.Б., Санґінова О.В. Оптимальне керування процесом зміни концентрації борної кислоти в теплоносії першого контуру АЕС з ВВЕР-1000 // Наукові вісті Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. – 2002. – № 2 (22). – С. 22
3. Беглов К.В., Волошкіна О.О., Плахотнюк О.А. Дослідження регулятора концентрації рідкого поглинача енергоблоку АЕС // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. – 2015. – №4. – С. 18–24.



## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПОМЕЩЕНИЙ МУЗЕЕВ: ПРИМЕНЕНИЕ FUZZY-КОНТРОЛЛЕРОВ, ПОДДЕРЖАНИЕ ЖЕЛАЕМОГО ИНДЕКСА ДИСКОМФОРТА (ПОСЕТИТЕЛЕЙ, ЭКСПОНАТОВ, САМОГО ПОМЕЩЕНИЯ)**

Для систем управления микроклиматом в музейных помещениях рассмотрен алгоритм управления на основе поддержки желаемого индекса дискомфорта с использованием нечёткого логического регулятора. Для оценки влияния среды на человека (посетителя музея), представленные в помещении экспонаты необходимо определить не только количественную величину отдельных параметров микроклимата, а и результат их общего влияния на человеческий организм, на представленные в помещениях музея экспонаты. Исследованы существующие методы комплексного управления микроклиматом музейных помещений с позиции методов регулирования. Проанализирован подход относительно определения индекса дискомфорта. Значения индекса дискомфорта (для человека/посетителя, экспонатов и самого помещения музея) разбиты на диапазоны в зависимости от усреднённых восприятий комфортности условий в помещении музея для человека, экспоната и самого помещения. Рассмотрены основы теории нечётких множеств. Проведен синтез нечёткого логического регулятора. Разработана база данных правил на основе рассчитанных значений индекса дискомфорта (для каждого компонента системы, т.е. для человека, экспоната и самого помещения). Теоретически спроектирована интеллектуальная система автоматической поддержки комфортных микроклиматических условий в помещении музея для всех составляющих системы «музейное помещение – экспонаты – посетители». На основе рассчитанных значений индекса дискомфорта для всех возможных вариантов значений температур сухого и увлажнённого термометров (гигрометра) построена база правил для fuzzy-контроллера. Компьютерное моделирование полученной системы управления микроклиматом в музейном помещении возможно на основе функций передачи температур сухого и увлажнённого термометров. Результаты математического моделирования показывают эффективность использования предложенного алгоритма управления. Управляющее действие вырабатывается после обработки агрегированной информации сразу со всех (обычно двух) датчиков, тем самым, уменьшая количество ненужных включений при незначительных колебаниях каждого отдельно взятого параметра. По результатам моделирования можно отметить соответствие требованиям полученной системы управления относительно поддержания желаемого уровня индекса дискомфорта в помещении музея, минимальное число включений исполнительного механизма, отсутствие перерегулирования и экономию электроэнергии.

### **ВЫВОДЫ**

1. Рассмотренная система регулирования микроклимата в помещении музея на основе определения обобщённого индекса дискомфорта обеспечивает комфортные условия пребывания в данном помещении не только выставленных здесь экспонатов, но и потока возможных посетителей, пребывающих в данном месте и в данный момент времени, одновременно удовлетворяя всем нормам эксплуатации музейных помещений, изложенным в специальных инструкциях для музеев Украины.
2. Полученные в данной работе результаты могут быть в дальнейшем использованы для уточнения и совершенствования инженерных методов расчёта параметров систем управления микроклиматом помещений музеев с помощью НЛР как на стадиях их проектирования/конструирования, так и в режимах реальной эксплуатации с обеспечением минимальных энергозатрат.

**ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АЛЮМИНИЕВОГО  
ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА**

Метод получения алюминия методом электролиза был разработан в 1886 году и применяется до сих пор. Получение первичного алюминия (чистого металла) является более трудоемким и сложным, в сравнении с другими металлами, так как его руды обладают очень высокой температурой плавления. Замещение в соединении с углеродом так же не применяется, так как коэффициент восстановления алюминия выше, нежели чем у углерода. Сейчас активно разрабатывается способ промежуточного замещения с разложением при температуре 2000 градусов, но это пока что будущая технология, не применяемая в реальном производстве первичного алюминия. В отличие от железа алюминий не подвержен коррозии, поэтому изделия из него можно переплавлять и использовать металл бесконечное количество раз. При этом переработка алюминия требует всего 5% энергии, затраченной на изготовление алюминия впервые. В виду выше сказанного появляется задача о расчете всех ключевых параметров алюминиевого электролизера при заданных входных условиях (сила тока, размеры печи, ее производительность, электрические расчеты и т.д.).

В данной работе рассмотрена задача расчета алюминиевого электролизера с самообжигающимся анодом и верхней подачей тока.

Алюминий электролитическим способом производится из криолито-глиноземных расплавов в специальных ваннах, которые называются электролизерами. Футеровка электролизных ванн изготавливают из углеродсодержащих материалов. На подине ванны накапливается слой жидкого алюминия, а над ним находится слой электролита. Сверху на ванну установлен анод, который частично погружен в электролит. В роли катода выступает расплавленный алюминий. Электролит представляет собой расплавленный криолит, в котором растворен глинозем –  $Al_2O_3$ . В состав электролита также входят фториды и целый ряд оксидов, которые поступают в него с исходными продуктами. Температура процесса электролиза составляет примерно 950–965 °С [1].

После расчета тестового примера было разработано приложение в среде App Designer, которое реализуем все приведенные выше расчеты и пользовательский интерфейс с возможностью построения графиков различных зависимостей.

App Designer - это среда для создания и разработки приложений, представленная в версии R2016a. Имеет большой набор элементов управления: кнопки, датчики, выпадающие списки, регуляторы, переключатели, таблицы и т.д. Синтаксис App Designer максимально схож с синтаксисом MATLAB [2].

В данной работе рассмотрена задача расчета алюминиевого электролизера с самообжигающимся анодом и верхней подачей тока. Рассмотрен процесс плавки и алгоритм расчета печи.

Средой разработки был выбран App Designer, из-за его простого синтаксиса и удобства построения пользовательского интерфейса. С помощью данного программного продукта реализовано приложение для расчета все ключевые параметры электролизера, распределены все данные по вкладкам для удобства дальнейшего исследования, реализована возможность построения зависимости и т.д.

1. Акулич Н. В. Процессы производства черных и цветных металлов и их сплавов / Н. В. Акулич. – Гомель, 2008. – 270 с.

2. Методический материал по App Designer [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <https://www.mathworks.com/>.

## ХАРАКТЕРИСТИКА JSXGRAPH-БІБЛІОТЕКИ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У ВЕБ-ДОДАТКУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Робота присвячена розробці веб-додатку для аналізу часових рядів. Результатом дослідження часових рядів є масив даних, виникає інтерес до інструментів для візуалізації даних у графічному вигляді. Одним з таких інструментів є JSXGraph-бібліотека [1].

В роботі надано загальну характеристику можливостям JSXGraph-бібліотеки та показано її використання у веб-додатку для досліджень часових рядів.

JSXGraph – бібліотека для інтерактивної геометрії, побудови графіків функцій та візуалізації даних в web-браузері. JSXGraph реалізована на JavaScript, вона не посилається на будь-яку іншу бібліотеку і використовує SVG (Scalable Vector Graphic) та VML (Vector Markup Language). Вона надає API (application programming interface), який використовується в скриптах для імпортування файлів геометричних креслень на сторінку.

JSXGraph-бібліотека дозволяє надавати геометричні об'єкти, графіки та діаграми. Можливості JSXGraph-бібліотеки: геометрія Евкліда (точки, лінії, кола, перетини, перпендикулярні лінії, кути), графіки (параметричні криві, полярні криві, ділянки даних, криві Безьє), диференційні рівняння, слайдери, анімація, поліноміальна інтерполяція, сплакни, нормалі, вектори.

На рис. 1 представлено відображення результатів вирішення звичайного диференціального рівняння за допомогою модуля JSXGraph-бібліотеки [2].

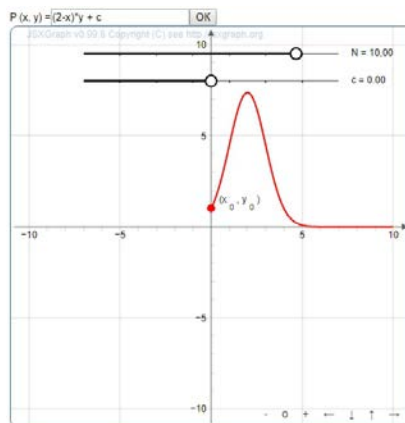


Рис. 1. Вирішення рівняння  $y' = (2-x)y + c$

Розроблено веб-додаток для досліджень часового ряду з використанням HTML, CSS, JavaScript. Реалізовано: завантаження та перегляд даних, експоненціальне згладжування, нелінійне перетворення Бокса-Кокса, графічна візуалізація результатів з використанням функцій бібліотеки JSXGraph, довідкова інформація. Роботу веб-додатку продемонстровано на часовому ряді, що характеризує сонячні плями, період дослідження з 1750 року по 1849 рік. Дані взяті з файлу SUNSPOTS.dat [3] і є відомим тестовим сигналом.

**Висновки.** Досліджено модулі JSXGraph-бібліотеки. Наведено приклади її використання. Розроблено веб-додаток для аналізу часових рядів. Використано функції бібліотеки JSXGraph. Виконано аналіз часового ряду «Сонячні плями».

1. Інтернет-ресурс <https://jsxgraph.uni-bayreuth.de/wp/index.html>
2. Інтернет-ресурс [http://jsxgraph.uni-bayreuth.de/wiki/index.php/Differential\\_equations](http://jsxgraph.uni-bayreuth.de/wiki/index.php/Differential_equations)
3. Peter J. Brockwell, Richard A. Davis. Introduction to Time Series and Forecasting: 2002.–449с.

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Способность беспилотного наземного транспортного средства (БНТС) отслеживать и передвигаться за движущейся целью востребована в самых различных приложениях, особенно в ситуациях, когда необходима координация нескольких БНТС. Одной из наиболее распространенных задач, в которых требуется кооперация БНТС, является передвижение в колонне. Das [1] дал определение этой задачи как проблемы управления относительной позицией и ориентацией роботов в группе.

При реализации системы поддержки принятия решений в управлении БНТС в колонне одним из важнейших модулей является модуль визуального отслеживания. Он позволяет распознавать и впоследствии отслеживать силуэт цели на изображении.

Распознавание объектов является чрезвычайно сложной задачей в области компьютерного зрения и одной из основных проблем, возникающих при разработке практических систем визуального отслеживания.

Weng в своей работе [2] предложил алгоритм улучшения производительности распознавания объектов. В этой работе использована улучшенная версия SURF – метода для извлечения уникальных точек на изображении.

Redmon в своей работе [3] предложил новый подход к распознаванию объектов (YOLO – you only look once). Отличительной чертой данного подхода является то, что распознавание объектов рассматривается как единая регрессионная проблема. Это позволило сделать прямой переход от пикселей на изображении к координатам ограничивающего прямоугольника и классификации объектов.

Danelljan в своей работе [4] представил корреляционный фильтр для многомерных уникальных точек. В данном методе объединены гистограммы направленных градиентов с локального максимума интенсивности на изображении. Для оценки изменения масштаба используются одномерные фильтры, для оценки геометрических преобразований используются двумерные фильтры, и для локализации объекта на изображении используются трехмерные фильтры.

**Выводы.** Поддержка принятия решений в управлении БНТС является достаточно сложной задачей, поскольку само БНТС является объектом повышенной опасности. В дальнейшем предлагается использование одновременно нескольких методов распознавания и отслеживания: метод распознавания объектов YOLO для классификации объектов, метод распознавания уникальных точек SURF для идентификации объекта в пространстве класса и корреляционный фильтр для отслеживания объекта на видеопоследовательности. Использование комбинации данных методов позволит повысить отказоустойчивость системы к исчезновению образа мастера с изображения или его частичной окклюзии.

1. Das A.K. A vision based formation control framework / A.K. Das, R. Fierro, R.V. Kumar, J.P. Ostrowski J. Spletzer, C.J. Taylor // IEEE Transactions on Robotics and Automation. – 2002. – P. 813 - 825.
2. Weng, E.N.G. Objects Tracking from Natural Features in Mobile Augmented Reality. / E.N.G. Weng, R.U. Khan, S.A.Z. Aduce, O.Y. Bee // Procedia - Soc. Behav. Sci. – 2013, – P. 753–760.
3. Redmon J. You only look once: Unified, real-time object detection. / J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi// – 2015. – P. 1-11. – Режим доступа: <https://pjreddie.com/media/files/papers/yolo.pdf>
4. Danelljan M. Accurate Scale Estimation for Robust Visual Tracking. [Электронный ресурс] / M. Danelljan, G. Häger, F. S. Khan, and M. Felsberg // Proceedings of the British Machine Vision Conference. – 2014. – №24. – P. 1-11. – Режим доступа: <http://www.bmva.org/bmvc/2014/files/paper038.pdf>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОН ДЕФОРМАЦИИ ПОКРЫТИЙ ИЗ ФЭМ С ИЗМЕНЕННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ОСНОВАНИЯ

С целью улучшения качественных характеристик покрытий тротуаров, пешеходных дорожек и площадок разработаны новые конструктивно-технологические решения покрытий из фигурных элементов мощения (ФЭМ) с измененными геометрическими параметрами. В отличие от традиционных ФЭМ, имеющих плоское основание, в предложенных вариантах основание ФЭМ рифленое, состоящее из одного, пяти или девяти зубчатых элементов пирамидальной формы [1]. Такие покрытия имеют ряд преимуществ. За счет увеличения площади основания внешняя нагрузка перераспределяется на больший объем нижележащего конструктивного слоя, что способствует увеличению несущей способности. Пирамидальные элементы в основании плитки препятствуют ее горизонтальному смещению при приложении продольных нагрузок, например, от торможения автотранспорта. Исследования зон деформации ранее предложенного конструктивно-технологического решения покрытия из ФЭМ с пирамидальным основанием указали на возможность уменьшения толщины нижележащего конструктивного слоя [2]. Следовательно, можно сократить затраты на материалы для покрытия.

Целью работы является разработка плана и методики проведения экспериментов по исследованию зон деформации, образующихся в покрытиях из ФЭМ с рифленным основанием из зубчатых пирамидальных элементов под воздействием вертикально приложенной нагрузки для определения толщины нижележащего конструктивного слоя.

Наиболее значимыми факторами, влияющими на работу покрытия, выбраны: форма основания ФЭМ, величина вертикально приложенной нагрузки и время ее воздействия. Величинами выходных параметров, характеризующих зоны деформации, выбраны: среднее значение осадки экспериментального образца после воздействия нагрузки, ширина, глубина и объем зоны деформации. Такой параметр, как осадка характеризует несущую способность покрытия при воздействии на него вертикально приложенной нагрузки. Тот образец, у которого при прочих равных условиях средняя осадка меньше, тем выше его несущая способность. А такой параметр, как глубина зоны деформации укажет на необходимую толщину конструктивного песчаного слоя каждого варианта покрытия.

В пределах зоны уплотнения вокруг боковых граней зубчатых элементов будет формироваться объем зоны деформации. У плитки с плоским основанием объем зоны деформации формируется под ее подошвой. Если зона деформации выходит за зону уплотнения, возможны недопустимые осадки ФЭМ. Обработав результаты исследований, определим необходимую толщину песчаного слоя для каждого варианта покрытия.

**Выводы.** Результаты анализа экспериментов по исследованию зон деформации, образующихся под покрытиями из ФЭМ с измененной геометрической формой основания, помогут определить необходимую толщину нижележащего конструктивного слоя предложенных вариантов покрытий и выбрать оптимальный вариант одного из конструктивно-технологических решений.

1. Dumanska V. Studies of coatings from FEP with corrugated base from toothed elements of pyramidal shape on the horizontal and inclined surfaces / V.Dumanska, L.Vilinska, V Marchenko. // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. : зб. наук. праць. – Полтава : ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2017 – Вип. 1 (48). – С. 265 – 272.

2. Думанская В. В. Влияние зоны деформации основания под ФЭМ на выбор конструктивно-технологического решения покрытия пешеходных дорожек / В. В. Думанская, Е. В. Паламарь // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. праць. – Одеса : Зовнішрекламсервіс, 2008. – Вип. 32. – С. 147 – 150.

## ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ДИСКРЕТНИХ АВТОМАТІВ ПРИ ПРОГРАМУВАННІ ПРОГРАМОВАНИХ ЛОГІЧНИХ КОНТРОЛЕРІВ

Задачі дискретного управління поділяються на дві основні групи – комбінаційні автомати та автомати з пам'яттю або послідовнісні [1]. Автомати першої групи формують вихідні сигнали, що не залежать від попереднього стану пристрою і визначаються лише комбінацією сигналів на вході пристрою.

А Автомати другого типу описуються відомими моделями Мура і Мілі. На відміну від автомата Мура, автомат Мілі відображає стан входу  $X$  управляючого автомата на його вихід  $Y$  без затримки, що підвищує швидкість системи в цілому. Водночас відсутність затримки з боку операційного автомата може призвести до помилки в управляючому автоматі. У такому випадку доцільно використовувати автомат Мура. Для усунення подібних протиріч застосовують моделі, що об'єднують властивості обох автоматів.

У сучасній теорії дискретних автоматів розробляється модель нового класу що належить до дискретних динамічних систем - дискретні подійні системи ДПС. Зазвичай для проектування систем з використанням моделі ДПС застосовуються мережі Петрі та їхні розширення. Попри свою універсальність моделі, створені на основі зазначеної методики при дослідженні паралельних процесів мають складну реалізацію. Натомість застосування недетермінованих автоматів (НДА) дає можливість досліджувати знаходження автомата в кількох локальних станах при активації кількох переходів [2]. Структура відомих НДА є одномірною, що не дозволяє досліджувати складні ієрархічні системи автоматизації. В роботі [3] запропонована ієрархічна модель НДА з модульною структурою - ІМНДА. Ідея запропонованого метода полягає у створенні складних структур недетермінованих автоматів з базових модулів уніфікованої структури.

Базові ієрархічні модулі дозволяють створювати комбінації з кількох модулів (складені модулі), або модульні мережі. Таким чином, запропонована структура недетермінованого автомата дозволяє доволі легко розробляти програми для ПЛК на основі LD або FBD мов стандарту IEC 61311-3.

Для реалізації запропонованої двотактної моделі НДА на мові LD використовуються релейні структури для моделювання елементів пам'яті, що представляють стан. Відповідно до двокомпонентних побудов стану реалізаційної форми НДА виділяють реле першого ступеня для реалізації перших компонентів станів і реле другого ступеня відповідно для реалізації других компонентів. Для формування базового модуля НДА застосовується графічний редактор АСAD.

**Висновок.** У статті досліджуються перспективні моделі дискретних автоматів, сумісні з мовами програмування ПЛК. Розглянуто методи і засоби проектування й реалізації систем управління дискретними подійними системами на основі програмованих логічних контролерів з використанням ієрархічних модульних недетермінованих автоматів (ІМНДА).

1. Соловьев В. В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем / В. В. Соловьев. - М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 635с.
2. Cassandras, C. G. Introduction to Discrete Event Systems / C, S. Lafortune. - Springer, 2008. – 772 с.
3. Дубинин, В. Н. Проектирование и реализация систем управления дискретными событийными системами на основе иерархических модульных недетерминированных автоматов (Ч. 1. Формальная модель) / В. Н. Дубинин, Д. Н. Дроздов, Д. В. Артамонов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. - 2016. – № 1 (37). – С. 28-39.

## ВИЗНАЧЕННЯ СТАЦІОНАРНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ РОТОРНОЇ МАШИНИ

Вимірювані параметри роторних машин повинні задовольняти вимогам вірогідності одержуваних значень і припускати участь оператора в процесі оцінки вірогідності параметрів. Наявність декількох режимів роботи працюючого агрегату впливає на вибір застосовуваних методів діагностування. Введення до складу систем керування роторних машин модулів обробки даних дозволяє виконувати діагностування агрегату під час його роботи, та не потребує його зупинки на час аналізу [1-3].

Методика була реалізована для аналізу даних від газотурбінного двигуна, отриманих після попередньої обробки (рисунок 1). З урахуванням параметрів конкретного агрегату були задані наступні параметри алгоритму: нижня границя СКВ - 0.5% або 1% від максимального значення параметра; верхня границя СКВ - 2% від максимального значення параметра; нижня границя подвійного розмаху - 2% від максимального значення параметра; верхня границя подвійного розмаху - 4% від максимального значення параметра; довірна ймовірність для критеріїв стаціонарності - 0.95.

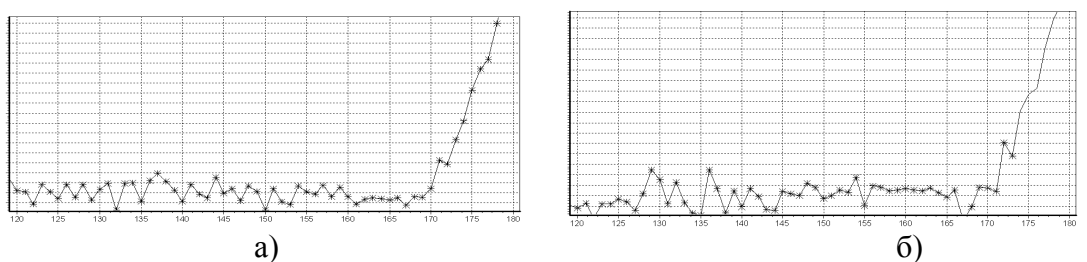


Рис. 1 – Порівняння рішень алгоритмів оцінки стаціонарності параметра  
а) відсутність контролю; б) наявність контролю за величиною СКВ і подвійного розмаху

Практичне застосування алгоритму показало його ефективність у виявленні інтервалів незмінності вимірюваних параметрів агрегату (рисунок 2), мітками у вигляді зірочок відзначені праві границі інтервалів часу:

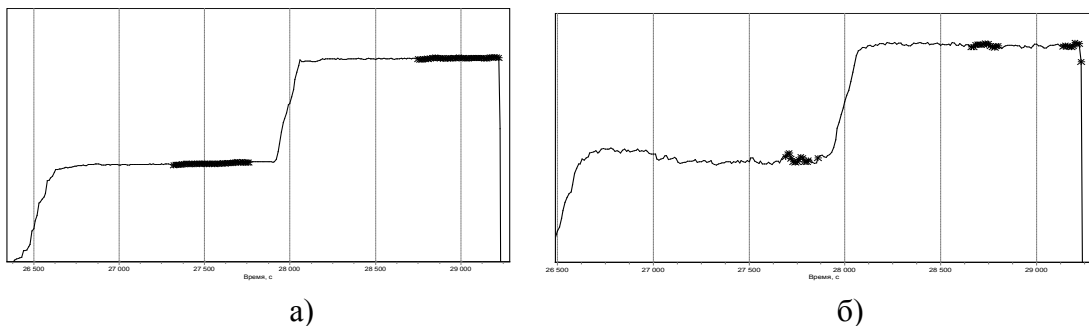


Рис. 2 – Відображення моментів часу, у яких виконувалися умови незмінності для різних параметрів на заданому інтервалі часу (експериментальні дані)

З аналізу графіків видно, що алгоритм стійко виявляє завершення зони тренда (рисунок 2, а) і наявність ділянок зі значними коливаннями параметра (рисунок 2, б), у тому числі й початок зміни режиму роботи (крайня права мітка).

### Список використаної літератури

1. Кулик М. С., Моца В. Г., Шпакович М. Т. Теория компрессоров и газотурбинных установок. – К.: НАУ, 2002, 220 с.
2. Хашемиан Х. М. Датчики технологических процессов: характеристики и методы повышения качества. М.: Издательство Бином, 2008. – 336 с.
3. ГОСТ Р 52782-2007

## УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННІ

Суттєвий вплив на стан організму працівника, його працездатність чинить мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях, під яким розуміють умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточенням. Всесвітня організація здоров'я (ВОЗ) ставить досить жорсткі вимоги до додержання нормованих показників мікроклімату у виробничих приміщеннях [1]. Найбільша увага приділяється додержанню у виробничому приміщенні показників температурного режиму. Недотримання параметрів повітряного середовища у виробничому приміщенні призводить до негативних явищ, які мають вплив на самопочуття і здоров'я працюючих: сонливість, швидка втомлюваність, роздратованість, послаблення імунітету і т.д. [2].

Метою роботи є розробка програмного та інформаційного забезпечення для системи автоматизованої підтримки оптимальних параметрів мікроклімату у виробничому приміщенні, яке дозволило би виробляти і реалізувати управляючі впливи на засоби забезпечення мікроклімату у відповідності з прийнятими критеріями управління, в якості яких використовується температура і концентрація вологості в приміщенні.

У роботі розглянуто систему автоматизованої підтримки оптимального мікроклімату виробничого приміщення, головним завданням якої є підтримка заданих параметрів мікроклімату у нормованих межах. В якості основного параметру мікроклімату прийнята температура повітря. Запропонована система є замкнутою системою і виконує інформаційну, управляючу та допоміжну функції. Зокрема, запропонований алгоритм роботи даної системи, який включає в себе два блоки: блок проектування та, власне, саму систему оптимізації мікроклімату виробничого приміщення (рис.1). Блок проектування призначений для видачі рекомендацій щодо встановлення у заданому просторі кількості кондиціонерів.

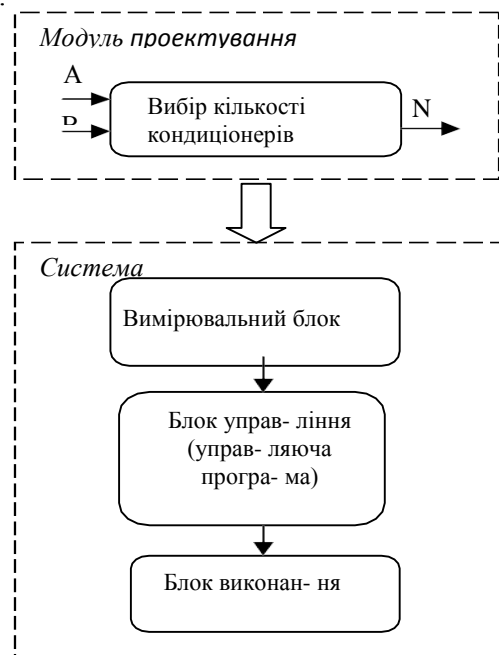


Рис. 1. Функціональна схема системи

**Висновки.** Результати роботи є основою для подальшої розробки програмного забезпечення для системи автоматизованої підтримки оптимального мікроклімату виробничого приміщення, за допомогою якого система без втручання людини сама забезпечуватиме показники параметрів мікроклімату у нормованих межах.

1. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: ДСН 3.3.6.042-99. - [Чинний від 01.12.99]. – К.: МОЗ України, 1999. – 10 с.
2. Системи вентиляції і кондиціонування. Теорія і практика. М.:Євроклімат, 2000 р.



## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЦІЛІСНОСТІ ПРОГРАМНОГО КОДУ FPGA- БАЗОВАНИХ ПРИСТРОЇВ

Мікросхеми FPGA (Field Programmable Gate Array) є елементної базою, яка широко використовується для побудови цифрових обчислювальних та керуючих пристроїв [1]. Програмний код (конфігураційна інформація, bitstream) FPGA задає функції всіх блоків мікросхеми, визначає комутацію блоків між собою та з'єднання блоків з виводами мікросхеми. Як і для інших цифрових пристроїв, що керуються програмно, для мікросхем FPGA характерна проблема забезпечення цілісності програмного коду. Особливої уваги ця проблема потребує по відношенню до FPGA-базованих пристроїв, які забезпечують керування об'єктами підвищеного ризику [2].

Існує ефективний підхід до контролю цілісності програмного коду, який базується на тому, що еталонна контрольна хеш-сума вбудовується в інформаційний об'єкт програмного коду у вигляді цифрового водяного знака (ЦВЗ) [3]. Такий підхід приховує факт наявності в об'єкті інформації, яка може використовуватися для контролю цілісності об'єкта.

Відомий базовий метод [4] та його модифікації, призначені для вбудовування ЦВЗ в інформаційний об'єкт програмного коду FPGA. В межах цього метода для всього програмного коду мікросхеми FPGA обчислюється хеш-сума, призначена для контролю цілісності. Обчислена хеш-сума вбудовується у вигляді ЦВЗ в програмний код блоків LUT (Look-Up Table). Вбудовування виконується за допомогою еквівалентного перетворення програмного коду на множенні послідовно з'єднаних пар блоків LUT. При цьому для виконання задачі контролю цілісності метод забезпечує відновлення первісного стану програмного коду при добуванні ЦВЗ з нього. В роботі пропонується розробка підходу до практичної реалізації зазначеного методу [4]. Підхід полягає в: а) визначенні процедури вбудовування контрольної інформації в інформаційний об'єкт програмного коду мікросхем FPGA; б) формуванні структури та загальних принципів функціонування програмного забезпечення, призначеного для реалізації запропонованої процедури.

**Висновки.** В роботі запропонована процедура вбудовування ЦВЗ в інформаційний об'єкт програмного коду FPGA-базованих пристроїв з метою контролю цілісності інформаційного об'єкта. Процедура являє собою послідовність етапів обробки глобального інформаційного об'єкта та локальних програмних кодів окремих програмованих блоків FPGA-базованого пристрою. Також запропонована модульна структура програмного забезпечення, що втілює зазначену процедуру вбудовування ЦВЗ. Відповідно до даної структури розроблено програмне забезпечення, в середовищі якого проведено тестування, що показало доцільність використання пропозицій роботи. Запропоновані в роботі процедура та програмне забезпечення, що її реалізує, можуть знайти застосування при організації підсистеми вбудовування ЦВЗ у складі системи контролю цілісності програмного коду мікросхем FPGA.

1. Andina J. FPGAs: Fundamentals, Advanced Features, and Applications in Industrial Electronics / J. Andina. – CRC Press, 2017. – 266 p.

2. Green Experiments with FPGA / A. Drozd, J. Drozd, S. Antoshchuk, V. Antonyuk, K. Zashcholkin, M. Drozd, O. Titomir // Green IT Engineering: Components, Networks and Systems Implementation / eds. V. Kharchenko, Y. Kondratenko, J. Kacprzyk. – Berlin: Springer Publishing. – 2017. – Vol. 105, P. 219-239.

3. Shih F. Digital Watermarking and Steganography: Fundamentals and Techniques, 2nd edition / F. Shih. – CRC Press, 2017. – 292 p.

4. Zashcholkin K. The Control Technology of Integrity and Legitimacy of LUT-Oriented Information Object Usage by Self-Recovering Digital Watermark / K. Zashcholkin, O. Ivanova // CEUR Workshop Proceedings. – 2015. – Vol. 1356. – pp. 486-497.

## ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ИММУННОЙ СЕТИ И НЕЧЕТКОЙ ПОДХОДА

Использование принципов нечеткой логики при решении задачи классификации является одним из наиболее распространенных методов повышения точности. В [1] предложен алгоритм автоматической классификации на основе модели клонального отбора и нечеткого подхода. При этом классификация и выделение кластеров происходит при использовании нечеткой гауссовой функции принадлежности. Для повышения скорости и точности классификации вместо модели клонального отбора предлагается использовать модифицированную модель искусственной иммунной сети aiNETma [2]. Предлагаемая гибридная модель aiNETmaf реализует автоматическую классификацию и использует гауссовы функции при определении принадлежности классифицируемых объектов исходным классам и формируемым кластерам. В aiNETmaf предлагается модифицированная функция принадлежности, в которой определение коэффициента концентрации происходит на основе пороговых аффинностей популяции антигенов, и объектов, принадлежащих классу:

$$\mu_{ij} = e^{\frac{-(aff_{ij}-1)^2}{2(2-NAT-NAT_j)^2}}, \quad (1)$$

где  $\mu_{ij}$  – принадлежность  $i$ -го объекта  $j$ -у классу или кластеру;  $aff_{ij}$  – аффинность между  $i$ -м классифицируемым антителом и целевым объектом  $j$ -го класса или кластера;  $NAT$  – средняя аффинность между антигенами обучающей выборки;  $NAT_j$  – средняя аффинность между объектами  $j$ -го класса или кластера.

В качестве коэффициента концентрации функции используется сумма обратных значений средних аффинностей между обучающими антигенами  $1-NAT$  и объектами, принадлежащими исследуемому классу или кластеру  $1-NAT_j$ . Для повышения скорости работы в aiNETmaf используется состояние условной принадлежности классу, определяемое входным параметром  $B$ , изменяемым в диапазоне вещественных значений  $[0.51; 1.00]$ . Классификация объекта происходит при условии:

$$\forall ab_i \in C_j : \mu_{ij} \geq B. \quad (2)$$

В случае выполнения условия (2) антитело определяет свою принадлежность к  $j$ -у классу и не подвергается действию иммунных операторов в процессе иммунного обучения (ИМО). После завершения этапа ИМО для всех классифицируемых антител при использовании функции (1) происходит определение принадлежности к каждому исходному классу и сформированному кластеру для получения более детальной информации о разбиении множества объектов.

Проведены экспериментальные исследования, подтверждающие эффективность предложенной гибридной модели автоматической классификации объектов.

1. Кораблев Н.М. Нечеткая классификация объектов на основе искусственных иммунных систем / Н.М. Кораблев, А.А. Фомичев, М.В. Кушнарев // Комп'ютерні системи та компоненти. – 2010. – Том 1. – Вип.2. – С. 88–94.

2. Кораблев Н.М. Нечеткая кластеризация данных на основе искусственных иммунных систем / Н.М. Кораблев, А.А. Фомичёв // Вестник ХНТУ. – 2010. – № 2 (38). – С. 323–328.

## ПРОСТОРОВО-ІНВАРІАНТНЕ ПОДАННЯ БАГАСПЕКТРАСПЕКТРАЛЬНИХ ВИДОВИХ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

На даний час одним з основних засобів отримання даних щодо фізичного стану навколишнього середовища є аналіз багатоспектральних зображень (БСЗ) дистанційного зондування Землі з аерокосмічних носіїв. Одна з перспективних, але повністю нерозв'язаних проблем інтерпретації таких видових даних полягає у їх інформаційному поданні, інваріантному до спотворень, зумовлених неминучими у реальних умовах зйомки нестабільностей позиційних умов формоутворення зображень та фізичних характеристик траси передачі даних, які впливають на інформативність тематичного аналізу таких зображень..

У представленій роботі запропоновано новий метод інформаційного подання розподілів яскравості БСЗ, зафіксованих у довільній кількості спектральних інтервалів проміння - носія видової інформації. Метод забезпечує інваріантність прийняття рішень щодо розпізнавання просторових форм таких зображень незалежно від їхніх спотворень, спричинених нестабільністю позиційних умов формоутворення, характеристик траси передачі даних, їхнього просторового та спектрального розрізнення на основі подання зображень множиною інтегральних інформаційних ознак, яка забезпечує аналіз усієї множини зображень спектральних каналів, що утворює єдиний геометричний об'єкт – багатоспектральне зображення (БСЗ), та інваріантна до його афінних перетворень. В основу багатовимірною координатного опису розподілів яскравості БСЗ покладено їхнє подання матрицями  $M_{nm \times k}$  з ортогоналізованими стовпцями, кожний з яких відповідає зображенню окремого спектрального каналу  $k$ ; рядки – пікселю відповідного растрового зображення, заданого на растрі  $n \times m$  пікселів та упорядкованого за стовпцями / рядками растру; елементи  $M_{nm \times k}$  подають рівні яскравості відповідних комірок растру.

Власне інваріантні інформаційні характеристики БСЗ означені на множині безрозмірних семінваріантів (кумулянтів) зазначених матричних представлень на основі інтегрального перетворення Хартлі та мають вигляд квадрик у евклідовому просторі  $R^N$ . Визначені потужності множин інформаційних характеристик, достатніх для подання БСЗ з контрольованим рівнем достовірності.

Численні обчислювальні експерименти стосовно зображень з різним просторовим розрізненням, отриманими у різних спектральних каналах зондування свідчать про високий ступінь стабільності до афінних перетворень БСЗ, спричинених нестабільностями позиційних параметрів фіксації зображень, та різною просторовою розрізненістю зображень окремих спектральних каналів.

**Висновки.** У роботі запропоновано новий ефективний метод ідентифікації просторових розподілів яскравості багатоспектральних цифрових зображень, інваріантної до геометричних спотворень зображень, зумовлених позиційними нестабільностями їх формоутворення та просторової розрізненості. У порівнянні з існуючими методами ідентифікації зображень на основі їх інтегральних інформаційних ознак запропонований метод забезпечує аналіз усієї множини зображень спектральних каналів, яка утворює єдиний геометричний об'єкт – багатоспектральне зображення. Результати роботи можуть бути використані для розробки нових інформаційних технологій ідентифікації багатоспектральних цифрових зображень дистанційного зондування.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ, ОСНОВАНИХ НА КОДІ ГРЕЯ, ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ПРИЛАДІВ

В даний час широко застосовуються методи планування експериментів, які дозволяють вирішувати задачу побудови математичних моделей різноманітних об'єктів за мінімальні вартісні та часові витрати. При цьому вартість реалізації експерименту суттєво залежить від порядку чергування дослідів у розробленому плані. В зв'язку з цим виникає задача оптимізації планів експериментів за вартісними (часовими) витратами на їх проведення.

Мета роботи – показати на ряді реальних прикладів працездатність та ефективність методів оптимізації за вартісними (часовими) витратами планів багатофакторних експериментів, основаних на застосуванні коду Грея.

В роботі оптимізовані плани дробного і повного факторних експериментів, композиційного плану для дослідження таких технологічних процесів і приладів, як лиття під тиском на термопластоавтоматах, пресування корпусу катера із склопластика, фотоелектричний перетворювач кутових переміщень, напівпровідниковий терморегулятор.

Проведено порівняльний аналіз результатів оптимізації методами, основаними на застосуванні коду Грея, із результатами, що отримані методами аналізу перестановок, випадкового пошуку, серійних послідовностей (табл.).

Таблиця

### Порівняння результатів оптимізації планів експериментів, отриманих перерахованими методами

Об'єкт дослідження	Методи оптимізації			
	Аналіз перестановок	Випадковий пошук	Серійні послідовності	Код Грея
	Вартість реалізації плану, ум. од.			
Лиття під тиском на термопластоавтоматах	998,0	–	–	862,0
Пресування корпусу катера із склопластика	219,5	–	–	171,0
Фотоелектричний перетворювач кутових переміщень	22,2	–	–	22,2
Напівпровідниковий терморегулятор	–	247,8	214,5	193,4

**Висновки.** Результати роботи підтвердили працездатність та ефективність запропонованих методів оптимізації за вартісними (часовими) витратами планів багатофакторних експериментів, основаних на застосуванні коду Грея. Розроблені методи можуть бути використані для оптимізації планів експериментів при дослідженні різноманітних технологічних процесів, приладів і систем.

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОГО УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Уточнена существующая и предложена более общая энергетическая гипотеза процесса вибрационного уплотнения бетонных смесей, применимая для описания вибрационного процесса уплотнения и обработки бетонных сред различными вибрационными механизмами, рабочими органами и машинами.

Получены аналитические зависимости, позволяющие определить закон нарастания плотности уплотняемой среды и продолжительность вибрационного воздействия в зависимости от величины и вида удельной работы уплотнения.

Оценена эффективность вибрационного процесса уплотнения и обработки, а также установлены рациональные режимы вибрационного воздействия на уплотняемую среду.

Определены основные параметры вибрационных машин различного технологического назначения.

В отличие от расчётов, приведенных в [1], в данном исследовании использовано представление о системе «вибрационная форма – цементобетонная смесь» как о системе с распределёнными, а не со сосредоточенными параметрами. Именно такой подход позволяет учесть все нюансы самого способа внешнего воздействия на уплотняемую среду, а именно: направление (горизонтальное относительно поверхности дна вибрационной формы, либо вертикально к данной поверхности), способы осуществления вибрационного воздействия на обрабатываемую среду (поверхностное, объёмное), инерционные свойства возмущающей поверхности, через которую осуществляется взаимодействие со смесью, характеристики волнообразований в смеси (частота, волновой вектор, дисперсионное соотношение между ними, амплитуда, фаза, скорости распространения волн – фазовая и групповая, т.к. именно последняя ответственна за процесс переноса энергии, а не самого возмущения в бетонной смеси).

Граничные условия и решение конкретной динамической задачи взаимодействия вибрационной формы с обрабатываемой бетонной смесью осуществляются с помощью методов и подходов математической физики [2], т.к. именно таким образом можно корректно учесть все возникающие в цементобетонной смеси виды колебаний (свободные/собственные и вынужденные).

### ВЫВОДЫ

1. Полученные в работе результаты могут быть в дальнейшем использованы для уточнения и совершенствования существующих инженерных методов расчёта вибрационных машин для уплотнения бетонных (цементобетонных) и строительных смесей как на стадиях их проектирования/конструирования, так и в режимах реальной эксплуатации.

2. Обоснована научная концепция процессов вибрационного уплотнения цементобетонных смесей, позволяющая корректно определять основные энергосиловые и кинематические характеристики обрабатываемой среды при учёте переменного значения плотности этой смеси при её уплотнении.

1. Жанар Батсайхан. Теоретические основы вибрационного уплотнения бетонных смесей/Батсайхан Жанар//Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2017. – Вип. 6(107). Частина 1. – С. 99- 104.

2. Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики/Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов. – М.: Высшая школа, 1970. – 712с.

## МЕТОДИ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ У ЗАДАЧАХ МАШИННОГО СЛУХУ

Розробка комп'ютерних систем, які б могли сприймати, аналізувати та розуміти зміст звукових даних є доволі складною задачею комп'ютерних наук. На даний момент, можна виділити досить велику кількість публікації з даної тематики [1], досягнуто досить вагомих результатів на прикладі таких систем як iOS Siri, Amazon Alexa та Google Now, однак, задача розробки систем комп'ютерного слуху [3] ще далека від остаточного вирішення.

Однією з задач цього напрямку є розробка ефективних методів класифікації звуків різного походження, наприклад, мови, музики, природних звуків тощо. Іншою задачею яка досить часто розглядається авторами є виявлення звукових подій. Ця задача спрямована на обробку неперервного акустичного сигналу та перетворення його в символічні описи відповідних звукових подій, присутніх на слуховій сцені [3].

В загальному вигляді, процес аналізу цифрових акустичних даних зазвичай складається з декількох етапів. На початковому етапі виконується попередня обробка неперервного акустичного сигналу з метою представлення його у дискретному цифровому вигляді. При цьому зазвичай використовується ряд стандартних підходів. Далі, виділяються ознаки акустичного сигналу, суттєві для розв'язання поставленої задачі аналізу. Серед найбільш широко вживаних ознак використовуються коефіцієнти перетворення Фур'є та автокореляції, мел-кепстральні коефіцієнти, хромограми. Після цього, отримані ознаки використовуються як вхідні параметри математичної моделі (наприклад, алгоритму класифікації, кластеризації, нейронної мережі). На заключному етапі, виконується верифікація отриманих результатів та впровадження розробленої системи акустичного аналізу [1, 2].

В останні два десятиліття для аналізу акустичних даних все частіше застосовуються підходи глибинних нейронних мереж. Часто це згорткові нейронні мережі, на вхід яких можуть подаватися як дані без попередньої обробки, так і набори ознак акустичних даних. Ефективність такого підходу пояснюється багат шаровою архітектурою згорткових нейронних мереж. Передбачається наявність декількох типів шарів: шари згортки, в яких виділяються певного виду ознаки, агрегувальні шари, в яких відбувається зменшення розмірності та декілька повністю зв'язних шарів, в яких виконується класифікація. До недоліків такого підходу можна віднести складність налаштування нейронних мереж зі складною архітектурою та вимогливість до обчислювальних ресурсів.

**Висновки.** На основі наведеного в роботі аналізу публікацій та методів, що в них застосовуються, можна запропонувати можливий варіант подальшого розвитку систем машинного слуху. Такий підхід може використовувати різні види ансамблевого навчання із застосуванням класифікаторів на основі ознак та глибинних нейронних мереж. Таким чином, різні класифікатори, на вхід яких подаються різні вектори ознак або дані без попередньої обробки, можуть бути більш менш ефективними на різних даних, але об'єднуватися в один ефективний класифікатор-ансамбль. Перевагою такого підходу може бути його адаптивність з точки зору вимогливості до обчислювальних ресурсів, оскільки, за необхідністю, можна коректувати кількість класифікаторів, які приймають участь в аналізі.

1. Alias F. A review of physical and perceptual feature extraction techniques for speech, music and environmental sounds / F. Alias, J.C. Socoro, X. Sevillano // J. Appl. Sci., 2016. – 6(5), 143. P. 1–44.
2. Camastra F. Machine learning for audio, image and video analysis / F. Camastra, A. Vinciarelli – London, Springer-Verlag, 2015. – 561 p.
3. Lyon R.F. Machine Hearing: An Emerging Field / R.F. Lyon // IEEE Signal Process. Mag, 2010. – Vol. 27. – P. 131–139.

Куніцин М. В., Усов А. В.  
Україна, м. Одеса,  
Одеський національний політехнічний університет,  
кафедра Вищої математики та моделювання систем

## ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЦИЛИНДРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Рассмотрены возможности повышения надёжности и долговечности цилиндрической группы технологическими методами, в том числе использование покрытий из износостойких материалов на рабочие поверхности цилиндров. Финишные обработки изделий с износостойкими покрытиями приводят к образованию дефектов на обрабатываемых поверхностях, снижают эксплуатационные характеристики этих изделий. Анализ причин образования сколов и трещин на обрабатываемых поверхностях указанных изделий показал, что появление этих дефектов связана с тепловыми процессами, которые сопровождают механическую обработку. Разработана аналитическая модель по определению термомеханического состояния рабочей поверхности цилиндра с износостойким покрытием. Проведено трибокоррозионные исследования композиционных материалов на основе Ni/Ni-TiO<sub>2</sub>, полученных методом электрохимического осаждения.

Повышение долговечности машин непосредственно связано с износостойкостью деталей машин. Таким образом, повышение износостойкости деталей машин является актуальным направлением исследований. Долговечность многих машин определяется износостойкостью деталей, имеющих внутренние цилиндрические поверхности, работающие в условиях трения скольжения.

Найдены при каких технологических параметрах, связанных с шероховатостью рабочей поверхности цилиндра и его геометрической погрешностью, а также физико-механических свойств покрытия и материала цилиндра, происходит разрушение собственно покрытия.

Для обеспечения требуемой надёжности и долговечности цилиндрической группы с покрытием необходимо при нанесении покрытий на их рабочих поверхностях обеспечить шероховатость  $0,8 \leq R_a \leq 1,2$ . Такую шероховатость можно достичь за счёт операций финишного шлифования и последующего отделочного полирования.

Разработка технологических критериев для управления процессом бездефектного шлифования осуществлена на базе установленных функциональных связей между физико-механическими свойствами обрабатываемых материалов цилиндрической группы и покрытий и основными технологическими параметрами.

Качество обрабатываемых поверхностей цилиндрической группы будет обеспечено, если с помощью управляющих технологических параметров подобрать такие режимы обработки, смазочно-охлаждающие среды и характеристики инструмента, что текущие значения температуры шлифования и теплового потока, напряжений не будут превосходить своих предельных значений.

Предложена система ограничивающих неравенств по величинам самой температуры и глубине её распространения, позволяющая подбирать технологические параметры таким образом чтобы избежать образования шлифовочных прижогов и может послужить основой для проектирования циклов шлифования по тепловому критерию.

Обработку материалов и сплавов без шлифовочных трещин можно обеспечить, если ограничить формирующиеся в зоне интенсивного охлаждения напряжения предельными значениями.

Для подтверждения адекватности аналитической модели были проведены трибокоррозионные исследования композиционных материалов на основе Ni/Ni-TiO<sub>2</sub>, полученные методом электрохимического осаждения.

После проведения трибокоррозионных исследований материалов Ni/Ni-TiO<sub>2</sub> определено, что для покрытия Ni заметно увеличение глубины и ширины трещин в зависимости от увеличения нагрузки при неизменном времени воздействия. При этом профиль трещин для покрытия Ni-TiO<sub>2</sub> с увеличением нагрузки не меняется.

Разработана аналитическая модель по определению термомеханического состояния рабочей поверхности цилиндра с износостойким покрытием, позволяющая осуществить рациональный выбор технологических параметров обработки этих изделий по приведённым критериям для обеспечения бездефектной обработки. Адекватность полученной модели проверялась экспериментальными исследованиями композиционных материалов на основе Ni/Ni-TiO<sub>2</sub> полученные методом электрохимического осаждения.

### Список использованной литературы

1. Kunitsyn M. V., Usov A. V. Tribocorrosion research of NI-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> composite materials obtained by the method of electrochemical deposition. Сучасні технології в машинобудуванні. Харків, 2017. вип. 12. С. 61-70.

## МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ З НЕЛІНІЙНОСТЯМИ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ БЕЗСІТКОВИМИ МЕТОДАМИ

Застосування атомарних радіальних базисних функцій в численних алгоритмах рішення диференціальних рівнянь в часткових похідних досліджувався в роботах Колодяжного В.М. і Рвачева В.А., в яких була встановлена можливість досить точно апроксимувати розподілені дані без використання процедур перерахунку сітки. Увага до АРБФ з компактними носіями багато в чому обумовлено потребами практики при побудові ефективних обчислювальних алгоритмів, які є альтернативними методу скінченних елементів. Цим обумовлений інтерес до дослідження алгоритмів розв'язання задач теплопровідності із застосуванням в якості базисних атомарних функцій багатьох змінних [3].

Атомарні функції багатьох незалежних змінних складають особливий клас радіальних базисних функцій. Такі функції є нескінченно диференційованими фінітними рішеннями функціонально-диференціальних рівнянь (ФДУ) спеціального виду [1, 2]

Безсіткові методи з використанням радіальних базисних функцій показують свою ефективність при вирішенні великого класу важливих задач, у яких використання методів сіток є малоефективним. Вони демонструють свою ефективність також у таких задачах, де традиційно реалізовано і метод сіток. Методи вирішення задач на основі атомарно радіальних базисних функцій також є досить ефективним та вдало реалізованим. Це дозволяє використовувати їх для вирішення інженерних задач у складних машинобудівних конструкціях.

Математична постановка задачі про розповсюдження тепла у розрізі сталеві заготовки

при нагріванні включає диференціальне рівняння теплопровідності:  $\rho c \frac{\partial u}{\partial t} = k \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$ ,

де  $\epsilon$  – залежність питомої теплоємності від температури,  $\rho$  – залежність щільності від температури,  $k$  – закон зміни теплопровідності.

Початкові умови:  $u(0, x, y) = \varphi(x, y)$ ,  $(x, y) \in (\Omega + \partial\Omega) = \bar{\Omega}$ , граничні умови:

$\alpha u + \beta \frac{\partial u}{\partial n} = g(x, y, t) \Big|_{\partial\Omega}$ ,  $t > 0$ , де  $\Omega$  – обмежена область із  $E^2$ ,  $\partial\Omega$  – границя області.

**Висновки.** Було досліджено особливості реалізації безсіткового методу вирішення двовимірних крайових змішаних задач теплопровідності з зовнішньою нелінійністю, вирішено двовимірні крайові змішані задачі теплопровідності в багатозв'язних областях з використанням безсіткового методу і АРБФ. Також було виконано порівняльний аналіз використання РБФ і АРБФ при реалізації процедури пошуку рішення двовимірної мішаної задачі теплопровідності. Встановлено джерела формування похибки при реалізації безсіткового методу на основі використання АРБФ при вирішенні крайових задач теплопровідності.

1. Колодяжний В.М. Фінітні розв'язки функціонально-диференціальних рівнянь з частинними похідними / В.М. Колодяжний, В.О. Рвачов // Доповіді НАН України. – 2004. – № 5 – С. 17–22.
2. Колодяжний В.М. Щодо утворення сімейств атомарних радіальних базисних функцій / В.М. Колодяжний, О.Ю. Лісіна // Доповіді НАН України. № 8. – 2011. – С. 16-22.
3. Колодяжний В.М. Численные схемы решения краевых задач на основе бессеточных методов с использованием РБФ и АРБФ / В.М. Колодяжний, О.Ю. Лисина // Проблемы машиностроения. – Т. 13, № 4. – 2010. – С. 49-56.



## ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОЙ АСУ ГАЗО-ВОЗДУШНЫМ ТРАКТОМ БАРАБАННОГО КОТЛА

Повышение экономичности работы оборудования тепловых электрических станций за счет повышения технического уровня систем автоматического управления возможно по двум основным направлениям: использование современного комплекса технических средств (компьютеризированные управляющие комплексы) и усовершенствование принципиальных схем систем автоматического управления (как правило, за счет введения в контур контроля дополнительных информационных сигналов об изменении технологических параметров или использование более сложного алгоритма управления [1]).

Большой интерес представляют технические решения, которые без привлечения значительных средств позволяют снизить потребление топлива и уменьшить выбросы вредных веществ в окружающую среду. Исследования, проведенные в США и ЕС показали, что повышение точности регулирования соотношения топливо-воздух позволяет повысить эффективность энергосбережения от 2 до 20%.

Анализ разработанной математической модели динамики барабанного котла [2] показал, что наряду с медленно изменяющимися регулируемым параметрами (давление пара в паропроводе, солесодержание котловой воды) в объекте управления присутствуют мало инерционные каналы по разрежению дымовых газов в топочной камере и концентрации кислорода в уходящих газах. При большой размерности математической модели и большом численном различии собственных значений матрицы  $A$  (матрица внутреннего состояния объекта управления), которое обусловлено сильным различием скорости протекания переходных процессов в барабанном котле, возникают вычислительные трудности при нахождении матрицы  $K$  многомерного регулятора системы.

Решение поставленной задачи заключается в синтезе оптимального регулятора состояния со статическим компенсатором измеряемого возмущения.

Для этого необходимо минимизировать критерий качества  $J = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \{ (z_i - y_i)^T \cdot Q \cdot (z_i - y_i) + u_i^T \cdot R \cdot u_i \}$ . Откуда управляющее воздействие определяется следующим соотношением  $u_i = -K \cdot x_i + \bar{K}_f$

**Выводы.** Особенность сконструированной системы управления заключается в использовании сигнала по тепловыделению в топочной камере. Когда на горелочные устройства начинает поступать не сертифицированное топливо, а на вход компенсатора измеряемого возмущения будет продолжать поступать сигнал по его массовому или объемному расходу, то произойдет увеличение статической ошибки регулирования. Сигнал по теплоте позволяет более точно определить количество воздуха, подаваемого на горелочные устройства. Сигнал по теплоте является косвенным измерением и формируется на основе прямого измерения давления и расхода перегретого пара.

1. Кокорев С.В., Давыдов Н.И., Анисяев Е.М. Разработка, исследование и испытания системы регулирования разрежения в топке котла-утилизатора комплекса по обезвреживанию и переработке твердых бытовых и биологических отходов // Электрические станции. - 2006. - С. 38-42.

2. Ложечников В.Ф., Стопакевич А.А. Структура многомерной математической модели динамики барабанного котла средней мощности // Оптимизация управления, информационные системы и компьютерные технологии: Труды Украинской академии экономической кибернетики (Южный научный центр). – Киев-Одесса: ИСЦ, 1999. – Вып.1. – Ч.2. – С. 167-176.

## ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНОК ЯКОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ ПРИ УПРАВЛІННІ РОБОТОЮ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

Незважаючи на зусилля органів місцевого самоврядування та транспортних підприємств по адаптації до ринкових перетворень, в останні роки в сфері організації роботи систем міських пасажирських перевезень мають місце такі проблеми:

- відсутність загальноприйнятої методики оцінки результатів роботи міського маршрутного транспорту;
- відсутність об'єктивної інформації про потреби населення в пересуваннях;
- велике розмаїття можливих варіантів розвитку системи;
- велика кількість суб'єктів, що діють в конкретній економічній сфері;
- висока соціальна значимість об'єкта, яка обумовлює наявність серйозних вимог до якості управлінських рішень;
- слабкий розвиток системи моніторингу роботи транспорту і відсутність відповідної бази даних.

База даних про потреби населення і параметри роботи міських маршрутів є необхідною умовою прийняття обґрунтованих рішень в сфері маршрутного пасажирського транспорту.

Крім цього вона дає можливість оцінки рівня якості обслуговування пасажирів, надійності і ефективності роботи транспорту на маршрутах, прогнозування попиту на перевезення.

Створення такої бази має бути результатом вибіркового моніторингу різних елементів транспортного процесу, який з одного боку надає інформацію для оперативного управління процесом перевезень з боку міської влади та виконання ними контрольних функцій, з іншого – поповнює базу даних, обробка та аналіз яких дозволять підняти на новий рівень управління на поточному та перспективному рівнях.

Найбільш проблемним питанням є точне моделювання поведінки пасажирів у транспортній системі. Хоча гіпотеза про ймовірнісний характер вибору пасажиром маршруту є загальноприйнятою, більшість існуючих методів зводиться до використання нормованої моделі, в якій ймовірність вибору пасажиром шляху пересування прямо пропорційна його привабливості та обернено пропорційна загальній привабливості всього набору альтернативних шляхів для пересування. Проте нормалізована модель не пояснює причин випадкового характеру процедури вибору маршруту і не відповідає на питання про кількість реальних альтернатив при реалізації потреби пасажиром в поїздках. Використання "моделі поведінкового попиту" можна вважати найбільш точним для подолання проблем калібрувальної моделі, але слід зазначити, що цей підхід запозичений з мікроекономіки товару і не цілком відповідає поведінці пасажиром в системі міського пасажирського транспорту.

1. Грановский Б.И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах / Б.И. Грановский // Итоги науки и техники. Серия: Автомобильный и городской транспорт. – 1986. – Т. 11. – С. 67-107.
2. Горбачов П.Ф. Підхід до визначення ймовірності вибору пасажиром шляху пересування / П.Ф. Горбачов // Вісник ХНАДУ – Харків: Вид-во ХНАДУ, 2006. – Вип. 19. – С. 88-91.
3. Горбачёв П.Ф. Определение вероятности выбора пассажиром пути следования / П.Ф. Горбачёв, В.В. Дубровский // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 2. – С. 7–9.

## ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ВІКОН ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ КАМПУСІВ

При проектуванні будівель, розташованих на території кампусів, постає задача зменшення енергетичних витрат на опалення з метою підвищення їх енергоефективності. Це можливо за рахунок оптимізації геометричних параметрів будівель, у тому числі за рахунок раціональної азимутальної орієнтації вікон при їх розташуванні в огорожувальних конструкціях. Орієнтація світлопрозорих конструкцій значною мірою впливає на рівень теплового балансу конструкції (рівень надходження тепла від сонячної радіації та тепловтрати через огорожувальні конструкції) і тепловий баланс будівлі в цілому. Раціональне розташування віконних прорізів на фасадах будівель сприятиме підвищенню енергоефективності будівель до 10 відсотків.

Будівельні норми [1] регламентують показник опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, але не враховують рівень надходження сонячної радіації при різній орієнтації світлопрозорої конструкції та вплив її на тепловий баланс. Тепловий баланс сучасних вікон протягом опалювального періоду при певній орієнтації може бути меншим у порівнянні з непрозорими конструкціями стін. Проектувальникові необхідно мати спосіб швидкого визначення меж раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій при їх розташуванні в огорожувальних конструкціях будівель.

Територія України поділена на дві температурні зони, що характеризуються різною температурою повітря протягом року та рівнем надходження тепла від сонячної радіації. Відповідно до [1] огорожувальні конструкції мають різний нормативний опір теплопередачі. Для будівель, розташованих у двох температурних зонах України, а саме для міст Києва та Одеси побудовано графічні моделі та визначено раціональну орієнтацію вікон при їх розташуванні в огорожувальних конструкціях будівель певного конструктивного вирішення.

У наведених матеріалах описано математичний апарат і розроблені прийоми для автоматизованого архітектурного проектування енергоефективних будівель, які проілюстрованого на конкретних практичних прикладах.

**Висновки.** Запропоновано комп'ютеризований спосіб визначення раціональної орієнтації віконних прорізів при розташуванні світлопрозорих конструкцій в огорожувальних непрозорих конструкціях енергоефективних будівель. Головною метою є підвищення енергоефективності з точки зору мінімального теплового балансу з оточуючим середовищем протягом опалювального періоду при забудові на території кампусів. При цьому описано належний математичний апарат, визначено раціональну орієнтацію вікон з опором теплопередачі  $R=0,75\text{м}^2\text{К}0/\text{Вт}$  для будівель у двох температурних зонах України, при якій тепловий баланс вікон менший, ніж тепловий баланс стін з заданим опором теплопередачі. Для м. Києва (I температурна зона) орієнтація становить від 155 до 205 градусів, для м. Одеси (II температурна зона) – від 120 до 240 градусів. Напрацьований підхід дозволяє шляхом швидкого визначення меж раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій при їх розташуванні в огорожувальних конструкціях будівель раціонально розміщувати віконні прорізи на фасадах будівель, зокрема кампусів, що сприяє підвищенню їх енергоефективності. Викладені матеріали потребують свого подальшого теоретичного розвитку та широкого впровадження у практику архітектурного проектування.

1. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 35 с. – (Державні будівельні норми України).

## ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКІВ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ З ПАРАМЕТРАМИ КОНЦЕНТРАЦІЇ КРУПНИХ ФРАКЦІЙ РУДИ

Одним з ефективних шляхів подолання проблеми зниження собівартості магнетитових концентратів в Україні є удосконалення автоматичного управління першою стадією подрібнення вихідної руди, що здійснюється у кульових млинах і практично не можливе без знання зв'язків процесу подрібнення з параметрами концентрації крупних фракцій руди. Враховуючи, що дана публікація присвячена дослідженню цих зв'язків, її тема є актуальною. Особливо актуальною є розробка засобу контролю енергоефективного подрібнення руди.

В ході розробки запропоновані математичні моделі розвантаженого і завантаженого рудою пружного елемента, які включають масу падаючої кулі, жорсткість пружного елемента, швидкість падіння, коефіцієнт міцності руди, коефіцієнт використання кулі та об'єм руди, що знаходиться під падаючою кулею. В умовах незмінності маси кулі, швидкості її падіння та жорсткості пружного елемента можливо контролювати об'єм шматків руди певного типу подрібнюваності.

В процесі дослідження визначено об'єм твердого, що знаходиться під тиском падаючої кулі, об'єм твердого, що руйнується при найбільшому заповненні простору в зоні дії молярного тіла, об'єм недозруйнованого твердого, які визначаються радіусом падаючої кулі та висотою руди. Встановлена гранична межа ефективного руйнування твердого, яка визначається радіусом кулі. Встановлена неоднозначність залежності об'єму зруйнованого матеріалу і матеріалу, що знаходиться під тиском падаючої кулі, що може впливати на точність контролю енергетичної ефективності його подрібнення. Цей показник більш точно характеризує відношення об'ємів зруйнованого і того, що був під тиском падаючої кулі, матеріалу. В процесі моделювання встановлено, що контролювати енергоефективність подрібнення руди необхідно на певній відстані від завантажувальної горловини кульового млина, оскільки з віддаленням від неї крупність твердого зменшується, а діаметр куль збільшується. Найкращими характеристиками володіє куля діаметром 50 мм. Чутливість процесу залежить як від крупності руди, так і розміру куль. Вона вздовж барабана змінюється в порівняно нешироких межах і є достатньою практично в будь-якому його перерізі. Розглянуті залежності отримані при найбільшій концентрації твердого в зоні руйнування, яка на практиці виникнути практично не може. В реальних умовах концентрація твердого буде меншою, що сприятиме підвищенню точності контролю енергетичної ефективності подрібнення руди кульовими млинами.

Об'єм зруйнованої руди можливо визначати за величиною деформації пружного елемента. Встановлено, що величина деформації пружного елемента сильно залежить від швидкості падіння кулі. При реалізації вимірювання доцільно використовувати найменші енергії, достатні для руйнування руди можливого найбільшого об'єму. Прогин пружного елемента дещо зменшується з підвищенням міцності руди. Різниця прогинів розвантаженого і завантаженого рудою пружних елементів при зміцненні руди збільшується. Тому вимірювання енергетичної ефективності руйнування руди найбільш доцільно здійснювати в умовах перероблення сировини певного технологічного різноманітності. Прогин пружного елемента в межах ефективного руйнування не залежить від розміру шматків, а визначається сумарним об'ємом матеріалу. При зростанні сумарного об'єму матеріалу в зоні руйнування сигнал пружного елемента зменшується. При цьому теоретичні і експериментальні залежності співпадають.

Показано, що практично у будь-якій технологічній ситуації можливо здійснити автоматичний контроль енергетичної ефективності подрібнення руди у кульових млинах.

И.В. МЕЛЬНИК, Н.И. ПЯСЕЦКАЯ  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»,  
факультет электроники, кафедра электронных приборов и устройств  
А.В. ПОЧИНОК  
Университет государственной фискальной службы Украины,  
Учебно-научный институт информационных технологий и менеджмента,  
кафедра информационных систем и технологий

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ СИСТЕМ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ПУШЕК, ФОРМИРУЮЩИХ ТРУБЧАТЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУЧКИ

Электронные пушки на основе высоковольтного тлеющего разряда (ВТР) находят всё более широкое применение в различных отраслях промышленности при реализации технологических операций сварки, пайки, отжига малогабаритных изделий, нанесении композитных керамических покрытий, а также при электронно-лучевом переплаве тугоплавких металлов в низком вакууме с целью их очистки от примесей [1, 2]. Это связано с такими неоспоримыми преимуществами электронных пушек ВТР, как относительная простота конструкции пушек, их дешевизна и возможность технической профилактики и ремонта, высокая стабильность и надёжность работы пушек в низком вакууме в среде различных газов, включая инертные и активные, а также возможность эффективного газодинамического и электрического управления током разряда [1, 2].

С учетом того, что плотность тока эмиссии электронов с поверхности холодного катода в электронных пушках ВТР не превышает  $0,01 \text{ А/см}^2$ , получение технологических электронных пучков большой мощности в таких физических условиях возможно только с развитой эмиссионной поверхности катода, порядка сотен  $\text{см}^2$ . С другой стороны, это позволяет проектировать и внедрять в промышленное производство эффективные электронные пушки ВТР, формирующие ленточные, трубчатые и дисковые электронные пучки. Несомненным преимуществом пушек ВТР, формирующих профильные электронные пучки, является их очень высокая производительность при работе в импульсном режиме в составе технологического оборудования [1].

Однако электрофизические параметры электродных систем ВТР, формирующих профильные электронные пучки, в настоящее время недостаточно изучены, что в значительной степени сдерживает внедрение в промышленное производство этих перспективных электронных пушек.

В работе с использованием средств математического моделирования исследованы зависимости положения границы анодной плазмы от тока разряда для электродных систем ВТР, формирующих трубчатые электронные пучки [1]. Путём аналитического решения системы уравнений, описывающих зависимость положения границы анодной плазмы от геометрических параметров электродной системы и режимов горения разряда, получены важные аналитические соотношения, связывающие объём анодной плазмы и положение её границы относительно поверхности катода с током ВТР. С использованием сформированной математической модели получены и проанализированы зависимости расстояния от границы плазмы до поверхности катода от тока разряда для различных радиусов сферы катода.

Полученные в работе результаты моделирования представляют большой практический интерес для проектировщиков электронно-лучевого технологического оборудования.

### Список использованной литературы

1. Новиков А.А. Источники электронов высоковольтного тлеющего разряда с анодной плазмой. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 96 с.
2. Ладохин С.В., Левицкий Н.И., Чернявский В.Б. и др. Электронно-лучевая плавка в литейном производстве. – Киев: «Сталь», 2007. – 605 с.

**ОБРОБКА ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ NEURAL NETWORK.**

В даний час на основі технології Neural Network розроблено безліч програмних комплексів для прогнозування різних явищ, статистичної обробки даних, методів класифікації даних, оптимізації процесів тощо. Здатність до самонавчання та вилучення знань з даних, є одним з корисних властивостей штучних нейронних мереж, успадкованих ними від людського мозку.

В роботі розглядаються: сутність нейронних мереж, їх особливості здатності до навчання (архітектура і синаптичні зв'язки). Також у роботі виявлені перспективи розвитку застосування і використання штучних нейронних мереж для застосування розподілу.

Однією з проблем, що виникають при організації системи надання послуг у медичних установах, які обслуговують пацієнтів, є балансування навантаження, тобто проблема динамічного розподілу ресурсів (трудовитрати персоналу), таким чином, щоб весь персонал був ефективно завантажений, а час очікування пацієнтами прийому лікаря було мінімізовано. Недоліки в організації прийому у медичному закладі можуть бути вирішені з використанням методів, що застосовуються в системах управління ресурсами(Рис.1). Вона включає в себе наступні функції: розподіл медоглядів за функціональними напрямками; створення і функціонування безлічі черг; планування прийомів.

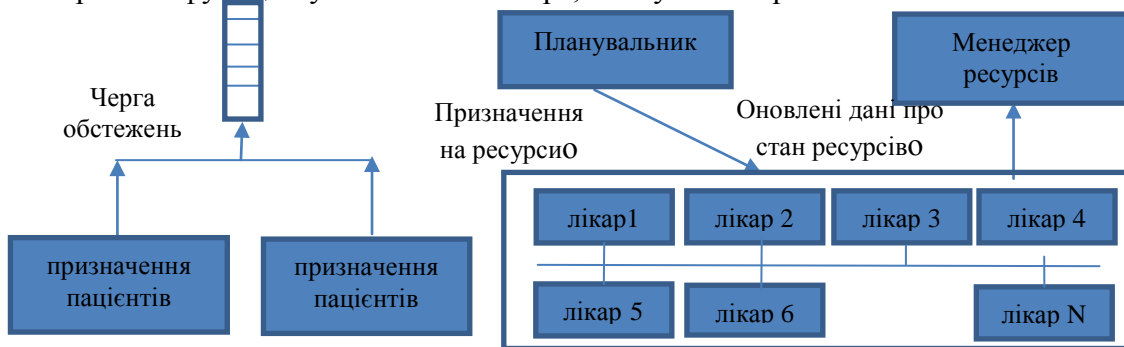


Рисунок 1 – Типова структура системи управління ресурсами.

Завдання комбінаторної оптимізації можна розглядати як пошук кращого елемента в деякому дискретній множині. Однак загальні алгоритми пошуку не гарантують ні оптимального рішення, ні швидкого вирішення (за поліноміальний час). Рішення можна знайти, тільки якщо використовувати методи, що дозволяють розпаралелювати алгоритм пошуку оптимуму. В цьому плані унікальну нішу займають нейронні мережі, в які алгоритм пошуку екстремуму деякої функції вбудований спочатку.

Основним завданням при використанні нейромережі Хопфілда є досягнення її стійкого стану. Такий стан характеризується мінімальним значенням функції «енергії мережі»  $E(1)$ :

$$E = -\frac{1}{2} \sum_i \sum_j w_{ij} OUT_i OUT_j - \sum_j w_{oj} OUT_j + \sum_j T_j OUT_j \quad (1)$$

де  $w_{ij}$  - ваговий коефіцієнт від виходу нейрона  $i$  до входу нейрона  $j$ ,  $OUT_j$  - вихід нейрона  $j$ ,  $w_{oj}$  - ваговий коефіцієнт зсуву нейрона  $j$ ,  $T_j$  - порогова функція нейрона  $j$ .

**Висновки.** Нейронні мережі являють собою перспективну обчислювальну технологію, яка дає нові підходи до дослідження динамічних задач. Здатність до моделювання нелінійних процесів, ефективна робота з зашумленими даними і адаптивність дають можливість вирішення широкого класу задач, які виникають в управлінні медичною установою і сферою надання медичних послуг.

1. Т. О. Назірова, О. Б. Костенко/Огляд моделей розвитку eHealth та існуючих медичних інформаційних систем. Науковий вісник НЛТУ України, 2017. Львів, т. 27, № 10

2. Health Literacy in the eHealth Era: A Systematic //Henna Kim, Bo Xie [Електронний ресурс] –Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0738399117300150>.

## ГРАФОВІ МОДЕЛІ ДАНИХ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ СТРУКТУРОВАНИМ ІНФОРМАЦІЙНИМ НАПОВНЕННЯМ

Стояла задача побудувати систему керування структурованим інформаційним наповненням для використання в мережі Інтернет за допомогою графових моделей даних.

Метою дослідження було досягнення продуктивності веб систем в разі оперування великою кількістю частково структурованих даних.

Основними етапами дослідження були: виконання огляду існуючих методів управління великими обсягами частково структурованого контенту; адаптція графічної моделі баз даних для управління складно структурованим контентом; на основі адаптованої моделі розробити архітектуру програмної системи управління контентом сайту на прикладі інформаційного порталу.

Система управління контентом сайту на прикладі інформаційного порталу й була об'єктом представленого дослідження.

Предметом дослідження були моделі репрезентації частково структурованих даних як основа проектування та реалізації програмної системи

Науковою новизною одержаних результатів є вперше запропонований авторський метод представлення частково структурованих даних у графічній базі даних.

В результаті виконаного дослідження запропонована модифікована модель графічної репрезентації даних. На основі запропонованої моделі розроблена і реалізована програмна система на базі якої були імплементовані наступні проекти - <https://coin.ua>, <https://homeinvesting.ru>

Актуальність теми магістерського дослідження: на сьогодні найбільш популярні системи управління контентом (CMS - content management system) не враховують виклики сьогодення. Більшість систем побудовані на базі класичних реляційних баз мали наступні вади: порівняльно низьку продуктивність при роботі з великими об'ємами даних, або при роботі з даними маючими складну мережеву структуру (які мають велику кількість зв'язків між собою).

Основна ідея систем управління контентом (CMS – Content Managing System) - розділення візуального оформлення сайту та його інформаційного наповнення. При побудові сайту за допомогою. Такої системи розробляється набір шаблонів сторінок, в котрих потім розміщується інформація. В цьому випадку завдання розробників (фактично це група внедріння) обмежується тільки побудовою «стартової» інформаційної системи, на основі системи управління контентом. Після цього користувачі самі публікують необхідну інформацію і вибирають її представлення. Управління сайтом для адміністратора сходить до управління користувачами.

Сутність у CMS це визначений вид контенту з додатковими полями, настройками і свойствами. Наприклад «Новина» чи «Автор» це приклади сутностей. У кожній сутності можуть бути екземпляри, наприклад – Автор «Петя» чи новина «Тунгуський метеорит». При рості кількості сутностей настає деградація продуктивності, аж до відмови сайту.

Для сайтів, не блогів (у блогів лінійний індекс і в'єго декілька типів даних, оні за своєю суттю не мають цієї проблеми), а для інформаційних порталів це являє собою проблему. В інформаційному порталі повинно бути багато базових сутностей, не тільки автор та стаття, но і таксономія та біль спеціалізовані типи привязані до контенту (біржа, валюта, брокер)

Якщо CMS з початку не розроблялась як адаптована для навантажень й оперування великою кількістю даних, то на певному етапі життєвого циклу вона стане занадто повільною для кінцевого користувача.

CMS призначенні для управління частково структурованим контентом. У чому різниця між структурованим і неструктурованим контентом для сайту? Структурний контент лягає на шаблон, а неструктурований вбудовано у шаблон. Зміна дизайну або верстки ламає цей контент. CMS повинна дозволяти автору бути десь посередені – використовувати поля і типи даних для структурованої інформації, та неструктуровано зберігати сам контент статей (структуруючи наприклад гіперпосилання та малюнки у контенті за допомогою медіабібліотеки тощо).

Графові бази даних допускають ще більш загальну структуру, ніж мережева база даних; Будь-який вузол може бути підключений до будь-якого іншого вузла.

Графову модель даних зазвичай розглядають як узагальнення RDF-моделі або мережевої моделі даних[1]. Основними елементами моделі є вузли і зв'язки. Залежно від реалізації вузлів і ребер графову модель даних поділяють на кілька підтипів.

Графові бази даних застосовуються для моделювання соціальних графів (соціальних мереж)[2], в біоінформатиці, а також для репрезентації семантичного павутиння [3].

У графових СУБД, як правило, поділяють сховище (англ. Underlying storage) і механізм обробки (англ. Processing engine) [4].

Для завдань з природною графовою структурою даних графові СУБД можуть значно перевищувати реляційні по продуктивності, а також мати переваги в наочності уявлення і простоті внесення змін до схеми бази даних.

**Висновки.** Усі методи відсутності аналізу даних спираються на припущення щодо причин відсутності. Використання цих припущень у графічній моделі дозволяє дослідникам скористатися притаманною прозорістю таких моделей, а також їх здатністю висвітлювати статистичне втілення основних припущень з точки зору умовних відносин незалежності серед спостережуваних та частково спостережуваних змінних. Ми показали, що ці особливості графічних моделей можуть бути використані для дослідження неосвоєних територій відсутніх даних. Зокрема, ми намітили оцінку статистичних та причинних параметрів у широких класах проблем MNAR та тестування модельних припущень у умовах відсутності.

1. GUTIERREZ RENZO ANGLES and CLAUDIO Survey of Graph Database Models [Article] // ACM Computing Surveys, Vol. 40, No. 1, Article 1. - February 2008.

2. Haitovsky Y. Missing data in regression analysis. [Journal]. - [s.l.] : Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 1968. - pp. 67-82.

3. Hoff Todd Paper: Graph Databases And The Future Of Large-Scale Knowledge Management [Online] // highscalability. - 06 10, 2009. - <http://highscalability.com/paper-graph-databases-and-future-large-scale-knowledge-management>.

4. Robinson I. and Webber, J. and Eifrem, E. [Book Section] // Graph Databases. - [s.l.] : O'Reilly Media, 2013. - ISBN 978-1449356262.



## КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ У ІНТЕГРОВАНІХ ПТАШИНИХ І РИБНИХ ГОСПОДАРСТВАХ

На сьогодні однією з пріоритетних галузей господарства держави є тваринництво. Однак, разом з тим, тваринництво продовжує свій розвиток і потребує сучасних рішень у багатьох областях знань, зокрема, і в автоматизації виробництва. Відомо, що сучасні агрокомплекси, що насичені високоефективними системами керування більш енергоефективні, продуктивні, а тому - більш конкурентоспроможні. У статті досліджується такий напрямок, як птахівництво, а саме розведення качок у комплексі з риборозведенням, відоме як інтегроване рибо-пташине господарство [1]. Комбіноване рибо-качине господарство дозволяє більш повно використовувати кормові ресурси водойм за рахунок отримання двох видів продукції - риби і птиці, а, до того ж, отримувати більше харчової продукції з одиниці площі при відносно низьких витратах.

Метою роботи є дослідження технологічного процесу при комбінованому розведенні водоплавної птиці і риби, з подальшою розробкою на його основі комп'ютеризованої системи управління у інтегрованих пташиних і рибних господарствах.

Для автоматизації виробничих процесів в пташнику при утриманні птиці використовується певний комплекс обладнання, призначений для забезпечення нормальних умов життєдіяльності качок. У комплекс входить: ланцюговий кормороздавач з спіральнo-гвинтовим завантажувальним транспортером, бункер з шнеком, одноярусні двосторонні групові гнізда, що обладнанні транспортером для збирання яєць [2]. Основна проблема в регулюванні вологості і температури - забезпечити найкраще сприятливе середовище для харчування домашньої птиці. Моніторинг і контроль птахівничої ферми можна розділити на три основні завдання: вимір, розрахунок і коректування. Для забезпечення потрібного повітрообміну і створення необхідного температурного режиму у пташнику використовується комплекс вентиляційного обладнання. Задані величини температури і повітрообміну повинні автоматично підтримуватися зміною частоти обертання двигунів витяжних вентиляторів при відхиленні температури повітря у вентиляованому приміщенні від встановленого значення. Також потрібно забезпечувати гаряче водопостачання для потреб технологічного процесу у пташнику.

Для автоматизації рибного господарства так само потрібно контролювати ключові параметри, а саме: вміст кисню, рівень рН, температуру води в системі, освітлення, рівень та швидкість водо-обороту води. У комп'ютеризовану систему управління вводяться максимальні і мінімальні значення показників вмісту кисню, рН, температури. У разі зниження показників до мінімального значення подається команда на включення системи оксигенації. Регулювання рН здійснюється увімкненням насоса, що подає воду в ємність з розчином луку. Апаратно-програмний комплекс системи управління веде архів, що містить дані за кілька років. Таким чином, користувачеві надаються графіки звітних періодів від доби до року за будь-яким з параметрів.

**Висновки.** У статті було поверхово досліджено технологічний процес інтегрованого птахівництва та рибництва. На основі проведеного здійсненого аналізу були виділені робочі параметри, які має контролювати систем управління, щоб забезпечити ефективну роботу комплексу. Розроблена структурна комп'ютеризована система управління комбінованим рибо-качиним господарством. Okремо зазначається необхідність екологічного вирощування птиці, з можливістю вільного пересування і доступом до водойми.

1. Андрющенко А.І., Алимов С.І. Ставове рибництво. Вид. центр НАУ. -К. «Оберіг». Харків. 2008. 635 с.

2. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л. Автоматика в сільськогосподарському виробництві. -К.:Урожай,1989. – 167 с.

## АЛГОРИТМЫ ВЫБОРА ПОРОГОВ ОГРАНИЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИ ОБОБЩЕННОМ ФУРЬЕ-АНАЛИЗЕ ТЕКСТУР ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ

Изображения высокой и сверхвысокой четкости, количество элементов в которых исчисляется миллионами, находят широкое применение и в фотографии, и в мультимедийных приложениях, и в кинопроизводстве.

В работе исследуются методы выбора порогового уровня частотно-зависимых коэффициентов на основе компромисса между достижимой степенью сжатия и возможной сохранностью текстуры изображения и приводятся соответствующие оценки. Целью моделирования было сравнение различных матриц квантования спектральных коэффициентов, позволяющих сжать изображение, но не приводящих к заметному размытию изображения. Моделирование обработки изображения проводилось в среде Matlab.

В работе проведен теоретический анализ процесса формирования спектров сигналов изображений как методами двумерного преобразования Фурье, так и дискретным косинусным или синусным преобразованием. Сформулированы критерии выбора матриц квантования, обеспечивающих воспроизведение мелкоструктурных текстур. Предложена математическая модель формирования критериев степени сжатия, полученные путём измерения искажений резких границ изображения, возникающих в результате нелинейной обработки спектральных составляющих [1].

Оптимальность определяется по максимальному значению отношения сигнала к помехе на границах изображения EPSNR, и по значению коэффициента сжатия.

Для вычисления отношения сигнала к помехе на границах изображения EPSNR используем градиентный метод выделения границ, применяемый сначала к исходному изображению, а затем к блокам изображения, подвергнутым частотно-зависимому квантованию спектральных составляющих. (рис.1).

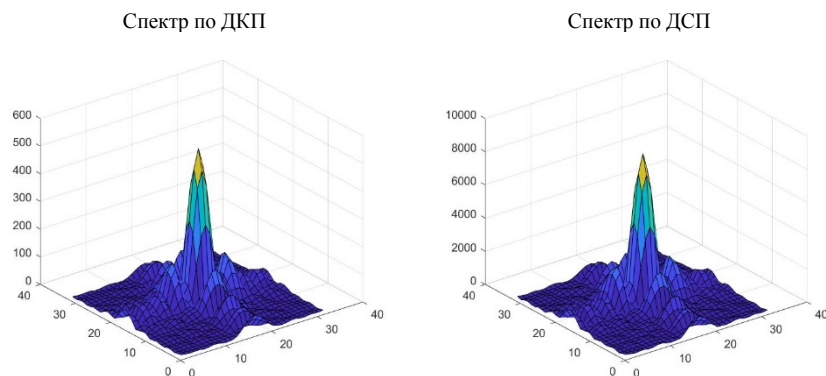


Рис. 1. Результаты квантования текстуры изображения матрицей JPEG

**Выводы.** Результаты работы могут быть использованы для разработки новых технологий обработки цифровых цветных изображений сверхвысокой четкости, для передачи мелкоструктурных текстур, и как алгоритмическая основа для поиска путей обеспечения заданных показателей качества в телевизионном производстве.

1. Oleg Gofaizen, Olena Osharovska, Mikola Patlayenko, Volodymyr Pyliavskiyi, “Test signals for assessment image quality in HD and UHD TV video path”, 2016 8th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals (UWBUSIS), pp. 42–46, 5–11 Sept., 2016, DOI: 10.1109/UWBUSIS.2016.7724147

## THE NON-LINEAR REGRESSION EQUATION TO ESTIMATE THE SOFTWARE SIZE OF VB-BASED INFORMATION SYSTEMS

VB (Visual Basic) is one of the programming languages commonly used in information systems. Software size is one of the most important internal metrics of software including software of information systems. The information obtained from estimating the software size are useful for predicting the software development effort by such well-known model as COCOMO II. This leads to the need to develop appropriate models for estimating the software size [1]. The paper [1] proposed the linear regression equations for estimating the software size of some programming languages, including VB, for information systems. The proposed equations are constructed by multiple linear regression analysis on the basis of the metrics that can be measured from class diagram. However, there are four basic assumptions that justify the use of linear regression equations, one of which is normality of the error distribution. But this assumption is valid only in particular cases. This leads to the need to use the non-linear regression equations including for estimating the software size of VB-based information systems.

A normalizing transformation is often a good way to build the equations, confidence and prediction intervals of multiply non-linear regressions [2]. According transformations are used for essentially four purposes, two of which are: first, to obtain approximate normality for the distribution of the error term (residuals), second, to transform the response and/or the predictor in such a way that the strength of the linear relationship between new variables (normalized variables) is better than the linear relationship between dependent and independent random variables. Well-known techniques for building the equations, confidence and prediction intervals of multivariate non-linear regressions are based on the univariate normalizing transformations, which do not take into account the correlation between random variables in the case of normalization of multivariate non-Gaussian data. This leads to the need to use the multivariate normalizing transformations.

The equation, confidence and prediction intervals of non-linear regression to estimate the software size of VB-based information systems are constructed on the basis of the Johnson multivariate normalizing transformation for the four-dimensional non-Gaussian data set: actual software size in the thousand lines of code (KLOC), the total number of classes, the total number of relationships and the average number of attributes per class in conceptual data model from 32 information systems developed using the VB. For comparison of the constructed equation with other ones, two non-linear regression equations are built on the basis of the data set and two univariate normalizing transformations: the decimal logarithm and the Johnson transformation.

**Conclusion.** The non-linear regression equation to estimate the software size of VB-based information systems is constructed on the basis of the Johnson multivariate transformation for  $S_B$  family. This equation, in comparison with other regression equations (both linear and non-linear), has a larger multiple coefficient of determination, a smaller value of the mean magnitude of relative error, a larger value of percentage of prediction and smaller widths of the confidence and prediction intervals. Also the non-linear regression equation to estimate the software size of VB-based information systems is constructed on the basis of the decimal logarithm transformation. This equation, in comparison with the linear one, has the better characteristics indicated above.

1. Tan H. B. K. Estimating LOC for information systems from their conceptual data models / H. B. K. Tan, Y. Zhao, H. Zhang // Software Engineering: the 28th International Conference (ICSE '06), Shanghai, China, May 20-28, 2006: proceedings. – P. 321-330.

2. Prykhodko S.B. Developing the software defect prediction models using regression analysis based on normalizing transformations / S. B. Prykhodko // Modern Problems in Testing of the Applied Software: The Research and Practice Seminar (PTTAS-2016), Poltava, Ukraine, May 25-26, 2016: abstracts. – P. 6-7.

## ОСОБЛИВОСТІ РЕНДЕРИНГУ ЗОБРАЖЕННЯ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПЛАСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

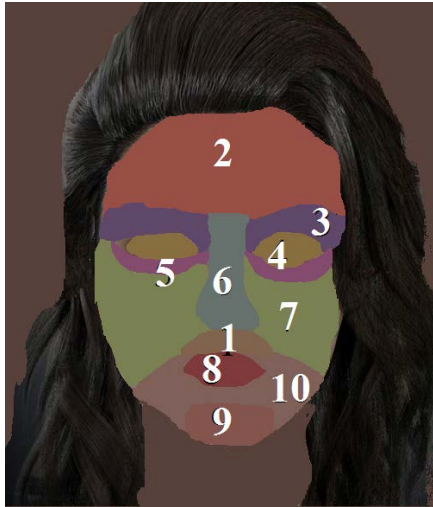


Рис. 1 – Характерні ділянки обличчя

Сьогодні операційне втручання при проведенні пластичної хірургії можна попередньо оцінити за допомогою побудови 3D моделі. Це дає можливість зменшити розбіжності та невдоволення з боку пацієнтів і звести ризик від подібних операцій до мінімальних значень. З'явилася унікальна можливість завчасно побачити, як буде виглядати особа після роботи пластичних хірургів.

Для формування зображень обличчя важливо отримати полігональну модель. Для цього найчастіше використовують фотографії, отримані з різних ракурсів. Кількість трикутників у полігональній моделі залежить від кривизни складових поверхонь. У подальшому виконують зафарбовування та текстуровування.

При формуванні 3D-зображення обличчя необхідно з максимальною точністю відтворити реальне лице. При цьому важливо реалістичністю передати колірну гаму.

Комп'ютерне моделювання результату пластичної операції - не тільки дуже важливий, але і необхідний етап при плануванні операцій, пов'язаних зі зміною форми обличчя

При формуванні тривимірних моделей обличчя важливо виділяти ділянки, які мають різну кривизну та характерні особливості (рис.1). Це дасть можливість вибрати метод зафарбовування. Наприклад, для ділянок 2 і 7, які мають незначну кривизну для зафарбовування, можливо застосування методу Гуро. Навпаки, для ділянки 6 використання методу Фонга забезпечить більш високу реалістичність, оскільки буде враховано локальну кривизну поверхні.

Використання методу трасування променів (рейтрейсінг) для формування зображень обличчя є надлишковим, оскільки недоцільно враховувати різні оптичні ефекти.

Розбиття поверхні обличчя на ділянки дає можливість правильно вибрати ДФВЗ -- дистрибутивну функцію відбивної здатності поверхні, оскільки значення коефіцієнта спекулярності для цих ділянок – різне, а тому а тому можливий вибір різних апроксимувальних поліномів.

При ескізному формування зображень обличчя можливо використовувати метод Шліка чи Гуро. При формування реалістичних зображень доцільно використовувати метод Фонга чи Варда. Перший з них враховує локальну кривизну поверхні, а другий – її шорсткість.

### Висновки.

Формування тривимірних зображень обличчя людини має специфічні особливості, які необхідно враховувати на етапі кінцевої візуалізації.

1. Романюк О. Н. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів. Монографія. / О. Н. Романюк, А. В. Чорний. - Вінниця : УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006. — 190 с.

2. Вяткин С. И. Трехмерная реконструкция человеческого лица по данным стереопары с применением аналитических функций возмущения / С. И. Вяткин, С. А. Романюк, М. П. Поддубецкая // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. : Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. - 2013. - № 1. - С. 53-56.

## АНАЛИЗ ИМПУЛЬСНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА В СИСТЕМЕ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СУДНА

Выполнено исследование работы электролизёра в системе резервного электропитания судна в импульсном режиме с топливными элементами типа PEM. В реальных задачах условия эксплуатации могут значительно отличаться и топливные элементы не могут использовать все топливо, примерно от 15 до 20% топлива (водорода) остается на выходе анода, который можно использовать повторно [1].

При рассмотрении вопроса об окислительно-восстановительных реакциях возникает необходимость расчета электродвижущей силы (ЭДС) и потенциалов отдельных реакций, обусловленных уравнением Нернста.

Рассмотрена работающая на водороде и воздухе обобщенная модель топливного элемента PEM, которая сочетает в себе электрические и химические особенности четырех моделей топливных элементов. Модель используется в интегрированной библиотеке Sim Power Systems (Simulink-Matlab) как модель штатного водородного топливного элемента. Пользователь может устанавливать параметры блока топливных элементов из данных, предоставляемых производителем, или выбрать топливный элемент из 4-х моделей топливных элементов. Блок топливных элементов проверен с учетом спецификации Net Stack PS6 к топливным элементам [2, 3].

Среднее значение тока при поданном импульсе питания определено как:

$$\bar{I}_1 = \frac{1}{t_1 + t_2} I_0 \left( t_1 + \frac{1}{\alpha_1} e^{-\alpha_1 t_1} - \frac{1}{\alpha_1} \right) = \frac{I_0 t_1}{t_1 + t_2} + \frac{I_0 \tau_1}{t_1 + t_2} \left( e^{-\frac{t_1}{\tau_1}} - 1 \right), \quad (1)$$

при ограничениях

$$\tau_1 < t_1; \quad \eta = 1 + \frac{\tau_2}{t_1 - \tau_1} > 1. \quad (2)$$

По отношению к постоянному току

$$\eta_0 = \frac{\bar{I}_1 + \bar{I}_2}{\bar{I}_0} = \frac{I_0(t_1 - \tau_1 + \tau_2)}{I_0(t_1 + t_2)}; \quad \eta_0 = \frac{t_1 - \tau_1 + \tau_2}{t_1 + t_2}; \quad \frac{1}{2} \leq \eta_0 \leq 1. \quad (3)$$

Таким образом, выигрыша по производительности по отношению к постоянному току нет, но по затратам энергии выигрыш получен достаточно существенный.

**Выводы.** Импульсный режим работы электролизёра значительно уменьшает затраты электроэнергии на получение необходимого количества водорода. В системах с релаксацией во внешней среде возможно повышение эффективности процесса. Для повышения эффективности процесса необходимо иметь близкие время заряда и постоянную времени заряда, а также создавать условия для максимального значения постоянной времени разряда.

1. Петров С. А. Проблема внедрения полного электродвижения на корабли // Состояние и перспективы развития корабельных ЯЭУ иностранных флотов: Монография / С. А. Петров. – СПб.: Судостроение, 2009. – С. 240-260.

2. Ameen M. Bassam Design, modelling and simulation of a hybrid fuel cell propulsion system for a domestic ferry. Proceedings of PRADS2016 4th-8th September, 2016. Copenhagen, Denmark – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/308033943>

3. Allen S., Ashley E., Gore D., Woerner J. and Cervi M. (1998). Marine Applications of Fuel Cells. A Multi-Agency Research Program // Naval Engineering Journal, January 1998. pp.93-106.

## ПІДВИЩЕННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ТА ДЕТАЛІЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ

Вегетаційні індекси обчислені на основі фотограмметричних даних досить широко застосовуються в сільському господарстві для ідентифікації і оцінки стану рослинності, в картографії – для створення карт ландшафтів та природних зон, при моніторингу надзвичайних ситуацій – для визначення ступеня ураження лісних масивів та заповідних територій. Підвищення візуальної якості та деталізації зображення вегетаційного індексу за допомогою операції паншарпенінга є одним з перспективних напрямків досліджень в галузі обробки фотограмметричних даних, проте має свої особливості [1,2].

В роботі досліджуються особливості операції паншарпенінга карт вегетаційних індексів. Метою дослідження було створення ефективного алгоритму злиття карти індексу та панхроматичного зображення високої роздільної здатності.

В роботі проведено аналіз особливостей зображень індексів та процесу підвищення деталізації. Запропоновано математичну модель попиксельного обчислення проміжних та фінальних коректних ваг для алгоритму паншарпенінга, що ґрунтується на інтерполяціях зображення індексу та панхроматичного зображення, з яким відбувається злиття. Розроблений алгоритм потребує лише початкові зображення, що робить його застосовним та універсальним для будь-яких зображень, не тільки індексів.

Алгоритм критично залежить від застосованого методу інтерполяції. Експериментально показано, що найбільш оптимальною для паншарпенінга індексів з точки зору візуальної якості та мінімальних спотворень є бікубічна інтерполяція (рис.1).

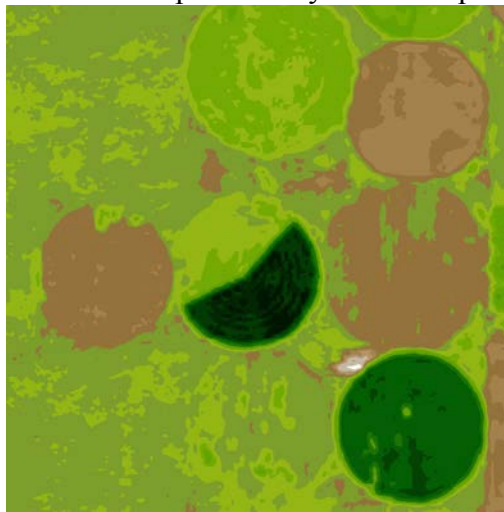


Рис. 1. NDVI-зображення після застосування алгоритму паншарпенінга.

**Висновки.** Результати роботи можуть бути використані для підвищення візуальної якості будь-яких індексних зображень, а також окремих зображень окремих каналів фотограмметричної зйомки. Крім того, запропонований алгоритм може бути застосовний для підвищення візуальної якості злиттям не тільки з панхроматичним зображенням, а взагалі з будь-яким зображенням високої роздільної здатності.

1. Alparone, L.; Aiazzi, B.; Baronti, S.; Garzelli, A. Remote Sensing Image Fusion; CRC Press, Inc.: Boca Raton, FL, USA, 2015

2. Johnson, B. Effects of pansharpening on vegetation indices. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2014, 3, 507–522.

## МОДЕЛЮВАННЯ СУДНОВОГО ДВОТАКТНОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ЗА ЙОГО ІНДИКАТОРНОЮ ДІАГРАМОЮ

Математична модель об'єкта управління є основою створення оптимальної системи управління. При ідентичності реальних процесів об'єкта управління та математичного опису моделі досягається основне завдання побудови математичної моделі – її адекватність об'єкту управління. Для такої складної теплової машини, як судновий двотактний двигун внутрішнього згоряння (СДВЗ), математична модель повинна орієнтуватися на процеси, що проходять у циліндрі двигуна. Використання моделі динаміки двигуна, як лінійної ланки першого або другого порядку, дозволяє оцінити тільки залежність швидкості обертання вала двигуна від подачі палива [1]. Відомі термодинамічні моделі недостатні для управління в перехідних режимах та діагностики технічного стану дизеля, а усталений режим роботи розглядається в окремій робочій точці.

Для побудови математичної моделі СДВЗ використано модель одноциліндрового двохтактного низькооборотного двигуна. Вал двигуна, пов'язаний безпосередньо з кривошипно-шатунним механізмом, здійснює обертальні рухи при фіксованому розподілі фаз. В процесі стиснення збільшується тиск у циліндрі, що створює гальмівний момент, величина якого пов'язана з кутом повороту вала. Таким чином, перша фаза – стиску, гальмує рух вала. Друга, робоча фаза, пов'язана з співпадінням моменту, що створюється тиском газу в циліндрі з напрямком руху кривоширно-шатунного механізму. Додаткова енергія, яка вноситься паливом, прискорює рух вала двигуна. Фаза упорскування і горіння палива співпадає з початком робочого етапу руху. До моменту закінчення робочої фази проводиться продувка циліндра і прийом нового обсягу повітря. Після цього знов починається цикл стиснення.

При побудові аналітичної залежності тиску в циліндрі від кута отримано наступне співвідношення:

$$P(\varphi) = 0,5 + 0,002\varphi + 11,4e^{0,04(\varphi-178,5)} . \quad (1)$$

Аналітичне вираження залежності тиску в циліндрі від кута повороту для робочої фази:

$$P(\varphi) = \frac{1}{9 \cdot 10^{-5} \varphi^2 + 0,002\varphi - 0,09} \quad (2)$$

**Висновки.** Для повного аналізу процесів, що відбуваються в СДВЗ, опису одного з процесів з використанням лінійних динамічних ланок недостатньо. Необхідно побудувати повну математичну модель з використанням сучасних методів інформаційних технологій. Математична модель СДВЗ індивідуальна і вимагає врахування індикаторних характеристик конкретного двигуна. При цьому необхідно вважати двигун квазістаціонарним об'єктом і періодично виконувати ідентифікацію параметрів моделі. Розроблена математична модель дозволяє моделювати процеси, включаючи рух і процеси в межах одного обертання вала двигуна. Розроблена модель дозволяє враховувати не тільки особливості конкретного СДВЗ, але й вплив характеристик палива з врахуванням управління по кожному паливному заряду циліндра та властивостей палива. Поставлені в основу моделі двигуна індикаторні характеристики при ідентифікації повинні бути уточнені. Для моделювання та оптимізації управління СДВЗ необхідно враховувати властивості та характеристики палива, що подаються в двигун, що вимагає розробки математичної моделі системи підготовки палива.

1. Варбанец Р.А. Параметрическая диагностика дизелей SBV6M540 і PEGASO 9156/ Р.А. Варбанец//. - Авиационно – космическая техника и технология, 2006, №8 (34). – С. 144-148.

## МЕТОД ОЦІНКИ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАЗЕМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Розробка та удосконалення транспортних апаратів є актуальною проблемою сьогодення. Її розв'язування можливо двома шляхами: перший – проектування нових типів транспортних апаратів із використанням традиційних технічних принципів; другий – розробка нових видів транспортних апаратів, що використовують нові фізичні принципи забезпечення руху, підтримки, стабілізації і системи керування.

До другого напрямку розвитку транспорту відноситься створення швидкісних транспортних апаратів на нових фізичних принципах. Високі швидкості руху таких транспортних апаратів потребують обов'язкового урахування аеродинамічних процесів. Виникають додаткові проблеми з істотним впливом аеродинамічних навантажень на забезпечення стійкості руху транспортного апарата. Наявність шляхової структури накладає обмеження на кінематичні параметри руху. Таким чином, виникає необхідність у проведенні досліджень аеродинаміки та динаміки руху нових перспективних транспортних апаратів на надпровідних магнітах.

Застосування математичного моделювання з використанням сучасних обчислювальних технологій у поєднанні з фізичними експериментами – це єдиний шлях розв'язування проблем аеродинаміки та динаміки руху швидкісних транспортних апаратів. У зв'язку з цим існує необхідність створення математичного та програмного забезпечення для розв'язування зв'язаних задач аеродинаміки та динаміки руху перспективних наземних швидкісних транспортних апаратів із динамічними системами підтримки, які б дозволили виконувати пошук раціональних аеродинамічних компонувань з придатними технічними та динамічними параметрами.

Розробка методу оцінки аеродинамічних компонувань перспективних швидкісних транспортних апаратів на основі математичного та фізичного моделювання ґрунтується на результатах розв'язання наступних задач: аналіз методів математичного моделювання, призначених для створення раціональних аеродинамічних компонувань перспективних швидкісних транспортних апаратів, визначення аеродинамічних характеристик, розв'язання зв'язаних задач аеродинаміки та динаміки руху; розробка математичної моделі для розв'язування зв'язаної задачі аеродинаміки, електродинаміки та динаміки руху перспективного транспортного апарата поблизу шляхової структури; створення наближено-аналітичного методу визначення аеродинамічних характеристик транспортних апаратів поблизу шляхової структури.

Передбачається, що транспортний апарат рухається поблизу шляхової структури з малими кутами атаки. Шляхом рознесення функції в ряд Тейлора, отримано залежності для визначення аеродинамічних коефіцієнтів транспортного апарата.

Для перевірки достовірності запропонованих співвідношень, з урахуванням впливу землі на аеродинамічні характеристики було проведено розрахунок аеродинамічних коефіцієнтів транспортних апаратів з крилами та без крил.

Розрахунки показали придатність запропонованого підходу

Одержані результати розрахунків порівнюються з даними експериментальних досліджень, викладених. Зменшення відстані до шляхової структури веде до зростання коефіцієнта лобового опору, підйимальної сили. Зменшення відстані до шляхової структури спричиняє зростання поздовжнього моменту за абсолютною величиною, що служить стабілізуючим ефектом для забезпечення статичної стійкості



**ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В  
ГИБКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

В работе рассматривается участок гибкого автоматизированного производства (ГАП). Детали доставляются со склада для обработки к конкретному робототехническому комплексу (РТК) с помощью тележек по кольцевой линии. Скорость работы РТК на участке превышает скорость функционирования вычислительной системы. Поэтому целью с высшим приоритетом является синхронизация деятельности двух подразделений. Также для участка ГАП сформулированы следующие цели:

система должна быть надежной;

ресурсы системы должны использоваться в двух режимах: оптимальном и ординарном;

система должна быть диагностируема.

Для достижения цели высшего приоритета используется следующий подход: создается режим кортежей квантов времени работы обрабатывающего участка, формулируется ряд оптимизационных задач распределения – размещения, расчет которых можно распараллелить. Таким образом, уменьшается время работы вычислительного подразделения.

Применение кортежей квантов времени дает возможность рассматривать этот ресурс в качестве запаса. Сбои в работе механизмов вызывают необходимость расчета резерва запаса. В работе предлагается технология применения аппарата имитационного моделирования для расчета характеристик деятельности участка ГАП. Технология предусматривает порядок следующих вычислений:

1. Моделируются сбои в работе транспортной системы. В случае сбоя в работе той или иной тележки осуществляется перерасчет величины такта (величина такта уменьшается), включается режим работы системы доставки «холостой ход». Такие действия обусловлены тем, что длительность обработки партии деталей как функция от длительности такта не будет соответствовать рассчитанной ранее величине, а будет меньше чем запланированная. После завершения ремонтных работ или замены тележки вновь осуществляется перерасчет величины такта. На заданном интервале времени в течение каждой смены (длительность смены  $T_1$ ) собирается статистика о времени пребывания системы в режиме «холостой ход». Далее рассчитывается с заданной вероятностью время  $T_2$  пребывания системы в указанном режиме за смену с точностью до кортежа квантов времени. Также рассчитывается максимальное и среднее значение количества тележек одновременно пребывающих в ремонте. Время смены уменьшается на величину  $T_2$ . Получаем длительность смены  $T_3$ .

2. Используя величину  $T_3$ , моделируются сбои в работе РТК. В случае сбоя и восстановления после ремонта оборудования осуществляется перерасчет величины такта. В случае сбоя величина такта увеличивается. Поэтому фиксируются потери времени работы по каждой единице РТК как разницу между новым и запланированным значениями такта, умноженного на длительность работы оборудования с конкретным новым тактом. Суммируются потери времени за смену по каждому РТК. На основе собранной статистики за смену за конкретный период времени определяются потери времени РТК в течение смены с заданной вероятностью, а также длительность полезного времени с точностью до кортежа квантов. Также рассчитывается максимальное и среднее значение количества оборудования, одновременно пребывающих в ремонте.

3. Полученные результаты дают возможность вычислить фонд времени работы оборудования за смену, предназначенный для обработки деталей.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Технічний стан зубчастих передач можна інтерпретувати як розпізнавання класів технічного стану об'єкта за сукупністю його технічних характеристик. Для вирішення цього завдання доцільно застосовувати математичну теорію розпізнавання образів [1].

Запропонований в статті процес розпізнавання здійснюється за допомогою порівняння параметрів поточного стану об'єкта з еталоном кожного класу. При великій кількості членів класу можна значно спростити процедуру визначення приналежності до одного з класів попереднім формуванням еталонів кожного класу й порівнянням наступного. При наявності вибірки з  $l$  членів класу станів  $W$  в якості еталону можна прийняти еталонний вектор і еталонну криву ознак даного об'єкта. Використовуючи послідовний аналіз Вальда, на кожному етапі простір вибірки спостережень розподіляється на три області: припустиму  $G_1$ , критичну  $G_2$  та проміжну  $G_{пр}$ . Якщо вибіркоче значення належить  $G_{пр}$ , то виконується наступне спостереження, і так доти, поки при деякому значенні  $n_1$  розміру вибірки вибіркоче значення не буде належати  $G_1$  або  $G_2$ . Після цього приймається одна з гіпотез: спостерігається клас  $a_1$  (при попаданні в  $G_1$ ) або вибірка, за якою проводиться спостереження, належить класу  $a_2$  ( $G_2$ ). Критерієм якості послідовного правила вибору розв'язку є мінімум середнього значення розміру вибірки, яка необхідна для ухвалення рішення.

Оскільки при послідовному аналізі розмір вибірки є випадковою величиною, то навіть при досить малих середніх значеннях тривалості процедури можливі випадки неприпустимо великих розмірів вибірки. Типовим прикладом компромісного розв'язку для розподілення тривалості процедури є скорочений послідовний аналіз, коли, заздалегідь встановлюється максимальне значення об'єму вибірки  $n_{max}$ , при досягненні якого послідовна процедура закінчується і відповідне відношення правдоподібності порівнюється не з двома порогоми ( $c_1$  і  $c_2$ ), а тільки з одним ( $c_{yc}$ ). В результаті чого обов'язково ухвалюється одне з рішень.

Тому перший шаг процесу розпізнавання – розділити данні в підгрупи (*кластери*); при цьому в одну групу об'єднуються данні зі схожими ознаками. Найбільш ймовірною мірою подоби (або відмінності) між двома спостереженнями (відліками) є відстань між ними: відстань між відліками в одній групі (одному класі) буде суттєво меншою за відстань між відліками з різних груп.

Формалізація системи здійснюється за допомогою моделі, яка відображає поточний стан зубчатої передачі у вигляді графа. Для реалістичного відображення процесів та подій, які вимагають для свого звершення певного часу, як наприклад у випадку спрацювання елементів зубчастих передач, застосовуються часові мережі Петрі. Для зубчастих передач в якості ознакових характеристик розглядаються зубцеві гармоніки.

На кожному кроці циклів програмування для компенсування відхилень від заданої траєкторії руху застосовано лінійну інтерполяцію методом оцінної функції на постійній несучій частоті. При цьому інтерполяційна траєкторія пролягає переважно над заданою траєкторією, а оцінні функції визначають накопичену похибку інтерполяції не тільки поточного кроку, але і всього процесу дослідження зубчастих передач. Проведений порівняльний аналіз та вибір вібраційних ознак для оцінки якості зачеплення дозволяє відбракувати зубчасті пари.

### Список використаної літератури

1. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов: пер. с англ. / К. Фукунага; под ред. А.А. Дорофеева. – М.: Наука, 1979. – 367 с.

## ПРОБЛЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПЛЕКСАХ

Одной из главных проблем, которая возникает при разработке и создании информационно-управляющих комплексов (ИУК) является обнаружении объекта и оценка его состояния. Для этого требуется обрабатывать большой поток данных, поступающий от камер наблюдения, которые необходимо обрабатывать в реальном масштабе времени для своевременного выбора оптимального управляющего воздействия [1-3]. Это требует разработку и применение особых методов построения сложных систем и разработку алгоритма функционирования подсистемы распознавания, который даст возможность распознавания с максимальной скоростью.

Целью исследования является адаптация методов построения ИУК и алгоритма их функционирования для оценивания параметров пространственных перемещений и состояния контролируемых объектов с учетом помех. В работе предложено использовать блок формирования сигнала прогнозируемых помех, выход которого будет поступать блок обработки разницы потоков информации между полученным от системы контроля изображением и прогнозируемым изображением. Проанализирована возможность получения последовательности кадров контролируемого объекта с учетом прогноза пространственных деформаций и помех.

В работе проведен теоретический анализ алгоритма функционирования подсистемы распознавания ИУК, использующий информацию, поступающей от такого блока. Предложены варианты совмещения изображений эталона и контролируемого объекта с учетом искажений обусловленных внешней средой, несовершенством оборудования и с учетом искажений настраиваемого эталона. Показана возможность заменить управление генерацией эталона на управление получением изображения контролируемого объекта. В некоторых случаях это упростит и удешевит физическую реализацию ИУК и повысит скорость функционирования подсистемы контроля.

Показано, что введение в систему контроля ИУК такого блока позволяет использовать его для уточнения параметров вектора деформаций, точнее формировать последующее прогнозируемое изображение контролируемого объекта или сцены, экономить ресурсы блока распознавания и повысить скорость распознавания. Предложенная структура подсистемы контроля ИУК позволяет повысить не только скорость распознавания и принятия решения, но и повысить достоверность распознавания.

**Выводы.** Результаты работы могут быть использованы при разработке новых ИУК для повышения скорости и точности их функционирования.

1. Зенин А. В. Анализ методов распознавания образов/ А. В. Зенин // Молодой ученый. — 2017. — №16. — С. 125-130.

2. Тернова Т.І. Методи моделювання і аналізу просторово-часових деформацій сенсорних мереж/ Т.І. Тернова // Вісник Національного університету “Львівська політехніка” “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”. – 2011. –№710. – С.197-203.

3. Терновая Т.И. Использование элементов искусственного интеллекта в автоматических системах распознавания / Т.И. Терновая, А.М. Бражник // Вестник Херсонского национального технического университета. –2006. –№3(26). –С. 166-172.

## REALTIME TEXT STREAM ANOMALIES DETECTION

Today the importance of text mining is rapidly increasing. This is due to the large amount of text information (that is) available through Internet. Since millions of content symbols are formed every day, the person does not have the physical ability to process all the information.

Our project is an anomalies detecting system in real-time data streams in real-time mode. Anomaly is a deviation from the norm or general ordinariness. We can consider information of different types as a data stream. For example, server logs, information about customers visits at website, clicks on advertisement posted on the Internet, etc. So data streams can be tweets, messages which are published by the people from all over the world on the popular site Twitter.com. The tweet is a post which is published on users pages of the popular social network. Message should not exceed 140 characters by twitter.com rules.

The data stream analysis will be done by means / using of MLlib library, which is the part of the Apache Spark [2]. In general, we can take any data stream and create test data samples that are satisfactory to us and do not go beyond ordinariness, as well as test samples that have anomalies. Such a test sample will be tweets that were written by people who were related to terrorist acts. The result of program will be user's alert about detecting social network messages with anomaly or other words of detecting suspicious messages that may precede terrorist attacks. Ideally, the program's working can help to prevent a terrorist act and to save people lives.

**Methods for problem solving.** Like any algorithm of machine learning algorithm, it is necessary to have initial data. The task complexity is in that how to choose the data structure, that perfectly (enough) represented documents, cost function.

In our system, to solve the problem of real time recognizing abnormalities in data stream, the Isolation Forest [3] algorithm is used. The method by which the algorithm constructs a partition initially creates an isolation tree or random decision tree. Then, the estimate is calculated as the length of the path for the isolation of the observation. Tree is build based on a extracted keywords from tweets using RAKE algorithm. Those keywords are translated to feature vectors with a help of word2vec predefined models of Matlib before they can be used in DecisionTrees.

**Software architecture.** The program is the integration of several powerful technologies. We take the data stream from site twitter.com by using Twitter.API, which transmits posts and all attributes of instances to the Apache Kafka [1]. Kafka is the system that works on principle “publisher - subscribers”. Data stream goes to the broker, and server processing it by RDD parties. Under the control of the zookeeper server, the consumer signs up for obtaining of incoming data stream. Then the zookeeper directs the stream from the consumer to the Apache Spark.

There, using the embedded Spark Streaming module, data analysis using the MLlib module is performed. A model is being built and taught of machine learning. Posts processing is performed using the Twitter API. Output of posts and notifications about anomalies detection is implemented in the interface. Spark is very well integrated with with the HBase database, where all the publications and instances attributes are stored. All this can be seen at deployment diagram.

**Conclusion.** In this paper creation of realtime text stream anomalies analysis system is reviewed. Scalable software architecture are proposed. The Isolation Forest algorithm is used for text anomalies detection.

1. Apache Kafka documentation // <https://kafka.apache.org/documentation>
2. Big data processing using Apache Spark // <https://www.udemy.com/learning-path-spark-data-science-with-apache-spark>
3. Isolation Forest // <https://cs.nju.edu.cn/zhoush/zhoush.files/publication/icdm08b.pdf>

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАГРУЗОЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ВОССТАНОВЛЕНИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Основой производительности вычислительных систем (ВС) является моделирование нагрузочных воздействий (НВ) и восстановления. В инженерной практике, НВ представлены бенчмарками. К основным недостаткам существующих бенчмарков относятся отсутствие: моделей нагрузки и восстановления, их комбинированного воздействия, распределенных источников воздействия.

Общая модель производительности ВС может быть представлена в виде:

$$k_{pn} \frac{d^n P}{dt^n} + \dots + k_{p1} \frac{dP}{dt} + k_0 P = k_{qm} \frac{d^m Q}{dt^m} + \dots + k_{q1} \frac{dQ}{dt} + k_0 Q \quad (1)$$

Правая часть соотношения представлена НВ. Модель НВ в рамках терминологии производительности ВС представляет собой сценарии по типу воздействия могут иметь различные динамические (скоростные) оценки и характеризоваться следующим выражением:

$$D_{LOAD} = k_A \frac{d^2 Q}{dt^2} + k_V \frac{dQ}{dt} + k_W f_Q(t) \quad (2)$$

В этом случае, равнопеременные при  $k_A \neq 0$  считаются равноускоренные (при  $k_A > 0$ ) или равнозамедленные (при  $k_A < 0$ ) нагрузочные воздействия. При  $k_A = 0$  сценарии воздействия будут считаться равномерными по генерации запросов к субъекту (объекту) исследования.

В работе на примере исследований работы веб-сервиса корпоративной сети сформированы сценарии для равнопеременных (при  $k_A \neq 0$ ) и равномерных (при  $k_A = 0$ ) воздействий как совокупность известной функциональной зависимости групп запросов (Force of Impact,  $F_{Impact}$ ) и временных интервалов (Pause,  $P_S$ ) между ними:

$$F_{Common} = F_{Impact} + P_S \quad (3)$$

Для создания сценария воздействия при  $k_A \neq 0$  применялась зависимость:

$$F_{Impact} = 500 * 2^t \text{ [запросов / с]} \quad (4)$$

Временные промежутки сценариев воздействия будут следующими:

для  $S0$  - 0 с,  $S1$  - 1 с,  $S2$  - 2 с,  $S3$  - 3 с

Далее, в сценарии воздействия включались команды определяющие восстановления системы ( $F_{Recovery}$ ). В общем случае, соотношение  $F_{Impact}$  и  $F_{Recovery}$  было по 100 секунд.

В результате проведенных исследований получены математические модели процессов нагрузочных воздействий и восстановлений разных сценариев. Моделирование процессов комбинированного воздействия и восстановления веб-сервиса (рис. 1а) на долгосрочном периоде прогнозирования показали модели Лотки — Вольterra (рис. 1б).

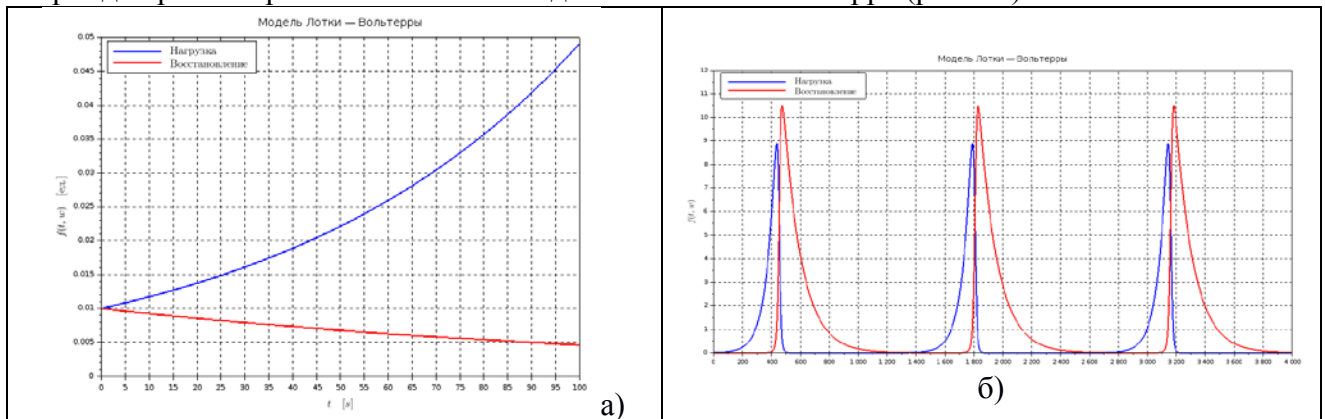


Рисунок 1. Моделирование процессов комбинированного воздействия и восстановления веб-сервиса: а) краткосрочный период; б) долгосрочный период.

## НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ДОПОВНЕННЯ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «КОМП'ЮТЕРНІ ВІРУСИ ТА БОРОТЬБА З НИМИ»

Наразі використовуються персональні комп'ютери, в яких користувач має вільний доступ до всіх ресурсів машини. Саме це відкрило можливість для небезпеки, яка отримала назву комп'ютерного вірусу [1,2].

Вірус - це програма яка здатна до самовідтворення. Така здатність є єдиним засобом, властивим всім типам вірусів. Вірус не може існувати в «повній ізоляції»: сьогодні не можна уявити собі вірус, який не використовує код інших програм, інформацію про файлову структуру або навіть просто імена інших програм.

Відомі віруси-невидимки, так звані віруси-невидимки, які дуже важко знайти й знешкодити, так як вони перехоплюють звертання операційної системи до уражених файлів і секторів дисків і підставляють замість свого тіла незаражені ділянки диска.

При враженні комп'ютера вірусом важливо його виявити. Для цього слід знати про основні ознаки прояву вірусів. До них можна віднести наступні: Припинення роботи або невірна робота раніше успішно функціонуючих програм. Повільна робота комп'ютера. Неможливість завантаження операційної системи. Зникнення файлів і каталогів чи спотворення їх вмісту. Зміна дати і часу модифікації файлів. Зміна розмірів файлів. Несподіване значне збільшення кількості файлів на диску. Істотне зменшення розміру вільної оперативної пам'яті. Виведення на екран непередбачених повідомлень або зображень. Подача непередбачених звукових сигналів. Часті зависання і збої в роботі комп'ютера[3].

ПРОГРАМИ-ДЕТЕКТОРИ дозволяють виявляти файли, вражені одним з декількох відомих вірусів. Ці програми перевіряють, чи є у файлах на зазначеному користувачем диску специфічна для даного вірусу комбінація байтів. При її виявленні в якомусь файлі на екран виводиться відповідне повідомлення.

ПРОГРАМИ-РЕВІЗОРИ мають дві стадії роботи. Спочатку вони запам'ятовують відомості про стан програм і системних областей дисків. Передбачається, що в цей момент програми та системні області дисків не вражені. Після цього за допомогою програми-ревізора можна порівняти стан програм і системних областей дисків з вихідним[3].

Існують також ПРОГРАМИ-ФІЛЬТРИ, які розташовуються резидентно в оперативній пам'яті комп'ютера і перехоплюють ті звернення до операційної системи, які використовуються вірусами для розмноження і нанесення шкоди, і повідомляють про них користувача.

### MICROSOFT ANTIVIRUS

До складу сучасних версій MS-DOS входить антивірусна програма Microsoft Antivirus (MSAV). Цей антивірус може працювати в режимах детектора-лікаря і ревізора. MSAV має дружній інтерфейс в стилі MS-Windows, природно, підтримується миша. Добре реалізована контекстна допомога: підказка є практично до кожного пункту меню, до будь-якої ситуації.[4].

### Висновки

На передньому краї оборони знаходяться програми-фільтри. Другий ешелон оборони складають програми-ревізори, програми-лікарі та лікарі-ревізори. Вони не дозволяють вірусам і невірно працюючим програмам, навіть якщо вони проникли в комп'ютер, зіпсувати важливі дані.

### Література

1. Денисов Т.В. "Антивірусний захист" // Мій Комп'ютер-№ 4-2009г.
2. "Сучасні технології боротьби з вірусами" // Мир ПК. - № 8. - 2013.
3. <http://www.symantec.ru/region/ru/product/navbrochure/index.htm>
4. <http://www.symantec.ru>

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТОК В СИСТЕМАХ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

Модели, основанные на численном решении уравнений в частных производных, часто используют в задачах проектирования и исследования технических объектов. Один из наиболее распространенных на практике численных методов – метод конечных элементов – (как и некоторые другие) заменяет исходную непрерывную модель дискретной, которая может быть обработана компьютером. В результате на первом шаге моделирования для некоторой непрерывной области необходимо построить конечное множество простых фигур (элементов), например, треугольников, четырехугольников, тетраэдров, шестигранников и т. д. Взаимное расположение вершин элементов существенно влияет на точность численного анализа. Следовательно, автоматизация построения дискретных моделей геометрических объектов является одним из ключевых этапов реализации систем инженерного анализа.

Интуитивно, дискретная модель геометрического объекта – это коллекция узлов и элементов, которые определяют форму этого объекта. Координаты узлов определяют геометрию объекта, элементы – его топологию. В общем случае, элементы могут иметь только общие вершины, ребра и грани. При этом для каждой пары узлов, которая является ребром в одном элементе, должно существовать ребро в другом элементе, если оба элемента инцидентны в этих узлах. Аналогичное требование можно сформулировать относительно граней. Эти два требования необходимы для обеспечения непрерывности численного решения, соответственно, вдоль ребер и граней.

Формальное определение дискретной модели геометрического объекта – это описание соответствующей структуры данных. Оно необходимо с точки зрения, что алгоритм и структура данных являются основой для создания программы. В то же время, разработка общей структуры данных для произвольной дискретной модели является весьма сложной задачей.

Разработка систем инженерного анализа требует единой абстрактной структуры данных, независимой от формы элемента. Ее введение позволит использовать единую формальную нотацию при изложении алгоритмов. Таким образом, целью исследования является разработка схемы представления дискретных моделей геометрических объектов, а также соответствующих структур данных.

**Выводы.** Итак, основным научным результатом исследования является подход к формальному описанию дискретных моделей геометрических объектов, который позволяет использовать единую нотацию при изложении методов их автоматической генерации. Хранение вместе с координатами списка инцидентных элементов каждого узла позволяет понизить порядок сложности алгоритмов вставки и удаления узлов.

Серия вычислительных экспериментов для сравнения двух реализаций: на основе списковых и векторных структур данных показала, что первые более эффективны при удалении узлов, а вторые – при безопасном добавлении. Недостатком таких структур является отсутствие возможности произвольного доступа (в общем случае доступ к экземпляру по индексу в списке требует итерирования списка).

Векторные структуры располагают экземпляры в последовательных адресах памяти компьютера и позволяют осуществлять произвольный доступ к экземпляру. В результате алгоритмы линейного поиска, используемые при вставке для поиска одинаковых вершин, работают быстрее (в том числе за счет более эффективного использования кэшей процессора). В результате операции вставки в 1,2–2 раза быстрее, чем для списковых. В то же время, векторные структуры практически на порядок медленнее списковых при удалении узлов и элементов модели, что объясняется необходимостью сдвигов массивов данных и обновления индексов.

**СЕКЦІЯ:**  
**ПРИКЛАДНА ГЕОМЕТРІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ.**  
**ФУНДАМЕНТАЛЬНІ НАУКИ.**



## СТАТИСТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ МАГНИТНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Рассмотрена система магнитной гидродинамики – одна из моделей космической плазмы:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} - \sum_{i=1}^3 u_k \frac{\partial u}{\partial x_k} - \frac{\pi}{\rho} \sum_{i=1}^3 H_k \frac{\partial H}{\partial x_k} - \nu \Delta u &= \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} \left( p + \frac{\pi H^2}{2} \right) + f, \\ \operatorname{div} u &= 0, \\ \operatorname{rot} E &= -\pi \frac{\partial H}{\partial t}, \\ \operatorname{rot} H &= \sigma(E + \pi[u, H]) + j, \\ \operatorname{div}(\pi H) &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $u(x, t)$  – скорость течения жидкости в точке  $x = (x_1, x_2, x_3)$  в момент времени  $t$ ;  $H(x, t)$  и  $E(x, t)$  – векторы магнитной и электрической напряженностей,  $p(x, t)$  – давление;  $f(x, t)$  – внешние гидродинамические силы;  $j(x, t)$  – заданные токи;  $\pi$  – магнитная проницаемость;  $\sigma$  – проводимость;  $\rho$  – плотность;  $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости.

Систему (1) будем рассматривать в области  $G = G_1 \cup G_2 \cup G_3$ , где  $G_1$  и  $G_3$  – ограниченные области, а  $G_2 = R^3 \setminus (G_1 \cup G_3)$ , причем

$$H|_{|x|=\infty} = H_\infty, \quad E|_{|x|=\infty} = 0,$$

где  $H_\infty$  – постоянный вектор. Кроме того, во всем объеме заданы начальные условия

$$u|_{t=0} = u_0(x), \quad H|_{t=0} = H_0(x).$$

Функции  $\sigma(x)$  и  $\pi(x)$  являются разрывными функциями в  $G = G_1 \cup G_2 \cup G_3$ :

$$\sigma(x) = \begin{cases} \sigma_1 = \text{const} > 0, & x \in G_1, \\ 0 & , x \in G_2, \\ \sigma_3(x) & , x \in G_3, \end{cases} \quad \pi(x) = \begin{cases} \pi_1 = \text{const} > 0, & x \in G_1, \\ \pi_2(x) & , x \in G_2, \\ \pi_3(x) & , x \in G_3, \end{cases}$$

$\sigma_1, \sigma_3 \geq \sigma_0 > 0$ ;  $\pi(x) \geq \pi_0 > 0$ . В дальнейшем  $\sigma_k$  и  $\pi_k$  будем считать постоянными.

Вектор  $j(x, t)$  зададим следующим образом

$$j(x, t) = \begin{cases} 0 & , x \in G_1 \cup G_2 \\ j(x, t) & , x \in G_3. \end{cases}$$

Предполагается, что система рассматривается в неограниченной области с неограниченной энергией. Для такой модели на множестве обобщенных решений системы доказано существование мер Радона, аналогов меры Гиббса. При этом используется конструкция статистических решений Арсеньева А.А.

Результаты могут быть использованы в теоретических исследованиях, связанных с вопросами усреднения в турбулентных плазменных средах.

## ФОРМИ ОПИСУ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНИХ СПЛАЙНІВ В СИСТЕМАХ СИМВОЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ

У системах комп'ютерної математики для опису інтерполяційних сплайнів різних видів традиційно використовують фрагментарний спосіб. У задачах математичної фізики (та їх узагальненнях) при пошуку розв'язку у вигляді сплайна традиційний спосіб подання останнього приводить до суттєвого уповільнення виконання відповідних чисельних методів. Із теорії сплайнів відомо, що інтерполяційний сплайн може бути описаний однією формулою – лінійною комбінацією базисних функцій.

Показана практична доцільність використання в системах символічної математики опису інтерполяційних сплайнів єдиним виразом [1]:

$$S_{m,r}(x) = \sum_{k=0}^m a_k (x - x_0)^k + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=m-r+1}^m c_{ij} (x - x_i)_+^j, \quad (1)$$

де  $(n+1)$  – кількість вузлів сітки;  $m$  – степінь сплайна;  $r$  – дефект сплайна;  $a_k$ ,  $c_{ij}$  – шукані коефіцієнти;  $x_i$  – вузли сітки;  $(x - x_i)_+^j = \frac{1}{2^j} \cdot (x - x_i + |x - x_i|)^j = \begin{cases} (x - x_i)^j, & x > x_i \\ 0, & x \leq x_i \end{cases}$ ,

порівняно із традиційним фрагментарним описом.

Для цього проведено хронометрування реалізації алгоритму розв'язання задачі Вебера [2] методом Бубнова-Гальоркіна на полярній сітці. Шуканий розв'язок подано у вигляді ряду:

$$S(r; \varphi) \approx g(r; \varphi) \cdot \sum_{i=1}^{Q_\varphi} \sum_{j=1}^{Q_r} u_{ij} C_i(\varphi) D_j(r), \quad (2)$$

де  $u_{ij}$  – невідомі коефіцієнти, що підлягають визначенню;  $C_i(\varphi)$  і  $D_j(r)$  – одновимірні В-сплайни за відповідною змінною п'ятого степеня;  $g(r; \varphi) = (r^2 - b^2) \left( 1 - \frac{2a \cos \varphi}{r} \right)$  – неявне рівняння границі області;  $Q_\varphi$ ,  $Q_r$  – кількість вузлів сітки за відповідною полярною координатою.

Базисні функції В-сплайнів  $C_i(\varphi)$  і  $D_j(r)$  з виразу розв'язку (2) описувалися у вигляді (1). Результати обчислювальних експериментів доводять, що в системах символічної математики певні переваги має застосування опису сплайнів у вигляді (1).

1. Доля П.Г. Об одном способе представления полиномиальных сплайнов в системах символічной математики / П.Г. Доля // Вісник Харківського національного університету. Серія: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. — 2007. — № 775. — С. 130-139.
2. Марченко Н.А. О численном решении эллиптических задач порядка  $2m$  методом наименьших квадратов с использованием сплайн-аппроксимации на прямоугольных сетках / Н.А. Марченко, В.И. Павлов // Математическое моделирование. — 1990. — Т. 2. — № 4. — С. 121-132.

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ АНГАРМОНИЧЕСКИХ  
ОСЦИЛЛЯТОРОВ И ОСЦИЛЛЯТОРА ДЮФФИНГА МЕТОДОМ ЛИНДСТЕДТА-  
ПУАНКАРЕ И КВАНТОВАНИЕ НАЙДЕННЫХ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ

I. N. BELYAEVA, N.A. CHEKANOV  
Belgorod National Research University  
N.N. CHEKANOVA  
Kharkov Institute of Education and Science of the State Higher Educational Institution «University of Banking»

THE SOLUTION OF THE EQUATIONS MOTION FOR THE ANHARMONIC  
OSCILLATOR AND THE DUFFING OSCILLATOR BY THE METHOD OF LINDSTEDT-  
POINCARÉ AND THE QUANTUM NUMBER OF THE FOUND PATHS

В работе методом Линдстедта-Пуанкаре [1-4] найдены решения нелинейных дифференциальных уравнений  $x'' + x + \alpha \mu \cdot x^{\mu-1} = 0$ , где  $\alpha$  – параметр,

При  $\mu = 4$  имеем стандартное уравнение Дюффинга. Эти же уравнения описывают ангармонические осцилляторы со степенной нелинейностью и функциями Гамильтона

$H_{\mu} = \frac{1}{2}(p^2 + x^2) + \alpha x^{\mu} = E$ ,  $x(t)$ ,  $p(t)$  – канонически сопряженные переменные.

Найденные классические траектории были проквантованы по известному правилу Бора-Зоммерфельда и найдены формулы для соответствующих энергетических спектров. Для систем с функциями Гамильтона  $H_{\mu}$ ,  $\mu = 4, 6, 8$  выполнена процедура нормализации, получены квантовые аналоги нормальных форм, с помощью которых также получены формулы для энергетических спектров. Обнаружено, что формулы для спектров, вычисленные обоими методами совпадают до определенной степени по параметру  $\alpha$ .

ЛИТЕРАТУРА:

1. А.В. Борисов, И.С. Мамаев. Современные методы теории интегрируемых систем. М.: -Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, – 296с.
2. Г.Е. О. Джакаля. Методы теории возмущений для нелинейных систем.- М.: Наука, 1979, 320с.
3. А. Пуанкаре. Новые методы небесной механики. Избранные труды в трех томах, т.1, М.: Наука, 1971,– 772с.
4. А. Пуанкаре. Новые методы небесной механики. Избранные труды в трех томах, т.2, М.: Наука, 1972,– 998с.

БЕЛЯЕВА И.Н. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики, естественно-научных дисциплин и методик преподавания Белгородского государственного национального исследовательского университета. РФ, г. Белгород.

ЧЕКАНОВ Н.А. – доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей математики Белгородского государственного национального исследовательского университета. РФ, г. Белгород.

ЧЕКАНОВА Н.Н. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий Харьковского института банковского дела. Украина, г. Харьков.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І МЕТОД РІШЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ ЗАДАЧІ ТЕПЛООБМІНУ КОНУСА, ЯКИЙ ОБЕРТАЄТЬСЯ

Диски складної форми, які обертаються, є найважливішим елементом багатьох машин. Тому достатня точність визначення температурного поля в розрахунках на міцність має принципове значення. Крім того, при великих швидкостях обертання вплив скінченності величини швидкості поширення тепла на теплообмін стає помітним [1]. Ось чому до числа проблем, що представляє великий теоретичний і практичний інтерес, відноситься проблема вивчення температурного поля в тілах обертання, які обертаються навколо своєї осі, з урахуванням скінченності величини швидкості поширення тепла.

В роботі досліджуються розрахунок температурного поля прямого кругового конуса (рис.1) з твірною лінією  $r = z \cdot \operatorname{tg} A$  у циліндричній системі координат  $(\rho, \varphi, z)$ .

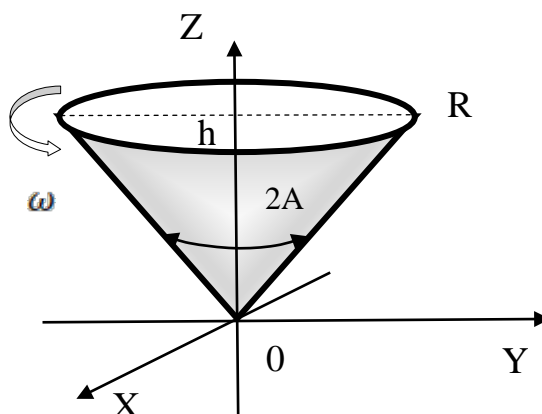


Рис. 1. Прямий круговий конус з рівнянням твірною лінією  $r = z \cdot \operatorname{tg} A$ .

Конус обертається навколо осі OZ з постійною кутовою швидкістю  $\omega$  а швидкість поширення тепла є відомою величиною. Теплофізичні властивості тіла не залежать від температури, а внутрішні джерела тепла відсутні. У початковий момент часу температура циліндра постійна  $G_0$ , а на бічній поверхні циліндра температура відома і не залежить від часу  $V(\varphi, z)$ . На основі конуса (при  $z=h$ ) відомі значення температури  $G(r, \varphi)$ .

В роботі побудована узагальнена просторова математична модель розрахунку температурних полів в прямому круговому конусі, який обертається з постійною кутовою швидкістю навколо осі OZ, з урахуванням кінцевої швидкості розповсюдження тепла у вигляді крайової задачі Діріхле. В роботі побудовано інтегральне перетворення для двовимірного кінцевого простору, із застосуванням якого знайдено температурне поле в прямому круговому конусі у вигляді збіжних рядів по функціям Фур'є.

**Висновки.** Знайдений розв'язок узагальненої крайової задачі теплообміну конуса, який обертається, з урахуванням скінченності величини швидкості поширення тепла може знайти застосування при модулюванні температурних полів, які виникають у багатьох технічних системах ( супутниках, роторах енергетичних агрегатів, дискових гальмах та ін).

1. Бердник М.Г. Аналітичний розв'язок узагальненої крайової задачі теплообміну циліндра, який обертається // МАТЕМАТИЧНІ МАШИНИ І СИСТЕМИ.- Київ, № 4, 2015 С. 117-123.

### ПРО ОДНУ ЗАДАЧУ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ДВОШАРОВОГО СИМЕТРИЧНОГО ПРОСТОРУ

Задача про структуру нестационарного температурного поля в двошаровому симетричному просторі математично приводить до побудови обмеженого в області

$$D_1 = \{(t, r): t \in (0, \infty), r \in I_1 = (0, R_1) \cup (R_1, \infty)\}$$

розв'язку сепаратної системи  $B$ -параболічних рівнянь теплопровідності [1]

$$\frac{\partial T_j}{\partial t} - a_j^2 B_{a_j} [T_j] = f_j(t, r), \quad r \in (R_{j-1}, R_j), \quad j = 1, 2, \quad (1)$$

за початковими умовами

$$T_j(t, r)|_{t=0} = g_j(r), \quad r \in (R_{j-1}, R_j), \quad R_0 = 0, \quad R_2 = \infty, \quad j = 1, 2, \quad (2)$$

та умовами неідеального термічного контакту

$$\begin{cases} \left[ \left( b_1 \frac{\partial}{\partial r} + 1 \right) T_1(t, r) - T_2(t, r) \right]_{r=R_1} = 0, \\ \left( \lambda_1^* \frac{\partial T_1(t, r)}{\partial r} - \lambda_2^* \frac{\partial T_2(t, r)}{\partial r} \right)_{r=R_1} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

тут  $B_\alpha$  – диференціальний оператор Ейлера:  $B_\alpha[\dots] = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{2\alpha+1}{r} \frac{\partial}{\partial r}$ .

Розв'язок задачі (1)-(3), побудований методом гібридного інтегрального перетворення Фур'є-Бесселя [2], має вигляд:

$$\begin{aligned} T_j(t, r) &= \sum_{k=10}^2 \int_{R_{k-1}}^t \int_{R_{k-1}}^{R_k} H_{(\alpha);jk}(t-\tau, r, \rho) G_k(\tau, \rho) \sigma_k \rho^{2\alpha_k+1} d\rho d\tau \equiv \\ &\equiv \sum_{k=1}^2 \int_{R_{k-1}}^{R_k} H_{(\alpha);jk}(t, r, \rho) g_k(\rho) \sigma_k \rho^{2\alpha_k+1} d\rho + \\ &+ \sum_{k=10}^2 \int_{R_{k-1}}^t \int_{R_{k-1}}^{R_k} H_{(\alpha);jk}(t-\tau, r, \rho) f_k(\tau, \rho) \sigma_k \rho^{2\alpha_k+1} d\rho d\tau, \quad j = 1, 2. \end{aligned} \quad (4)$$

Проаналізовано структуру розв'язку (4) для найбільш вживаного на практиці випадку двошарового осесиметричного простору.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. – М.: Физматгиз, 1956. – 468 с.
2. Блажевський С.Г., Ленюк М.П. Термопружний стан багат шарових симетричних тіл. – Київ: Ін-т математики НАН України, 2000. – 130 с.

## ВЗАЄМОДІЯ СОЛІТОНІВ ІЗ БЛИЗЬКИМИ ШВИДКОСТЯМИ

В сучасній фізиці виникає необхідність вивчення нелінійних еволюційних рівнянь. Ми зосереджуємося на раніше запропонованому нами рівнянні [1].

Мета дослідження полягає у вивченні взаємодії подібних солітонів, з одного боку, через двократно вироджені полюси в методі оберненої задачі розсіяння, з іншого, – коли амплітуди солітонів близькі одна до одної.

Вивчаючи взаємодію солітонів із близькими швидкостями (амплітудами), виявлено існування двох розв'язків. Ці розв'язки отримані через двократно вироджені полюси в методі оберненої задачі розсіяння, а також, – коли амплітуди взаємодіючих солітонів близькі.

Доведено, що при взаємодії подібних солітонів мінімальна можлива відстань між солітонами збільшується при наближенні їхніх швидкостей (амплітуд). В кінцевому результаті маємо один солітон, але зсунутий ліворуч по осі  $X$ .

Розглядаючи підхід із двократно виродженими полюсами, було отримано суттєво інший результат. Розв'язок утримує як звичайний солітон, так і сингулярний солітон.

Розуміння цих випадків потребує додаткового аналізу.

1. Vakhnenko V. O., Parkes E.J. Approach in theory of nonlinear evolution equations: the Vakhnenko-Parkes equation // *Advances in Mathematical Physics*. – 2016. – V.2016. – 39 p.

**ДВА СПЕЦИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЯ РОДСТВЕННОЙ ТИПА РИМАНА-ГИЛЬБЕРТА-ПРИВАЛОВА КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ С РАЦИОНАЛЬНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ**

Известна [1-3], важность задачи Римана-Гильберта (Римана-Гильберта-Привалова) для аналитических функций. Эта задача возникает или используется в теоретических и прикладных разделах математики, механики, их приложений. В том числе, в теории упругости, задачах о кручении. Возникает в теории некоторых видов дифференциальных уравнений, интегральных уравнений типа свёртки, при изучении соответствующих дифференциальных уравнений математической физики. Объектом исследования является абстрактная, родственная указанной выше, *Задача* с рациональными коэффициентами. Изучаются соответствующие краевому условию:

$$A(x)X^+(x) + Y_-(x) = B(x); x \in \{-\infty; \infty\}. \quad (1)$$

специальные решения *Задачи* и возникающего при продолжении (1) уравнения:

$$A(z)X^+(z) + Y_-(z) = B(z); z \in \square. \quad (2)$$

Специальными решениями для родственной *Задачи* и соответствующего ей уравнения (2) называем такие, через которые можно находить их решения при произвольных правых частях из широкого подмножества рациональных функций. Например, решения *Задачи* и уравнения (2), соответствующие каждой из правых частей уравнения (1) вида:

$$B(x) = 1; B(x) = A_* := A_+(x) + A_-(x). \quad (3)$$

Коэффициент  $A(z)$  и правая часть  $B(z); z \in \square$  уравнения (2) предполагаются принадлежащими рассматриваемому кольцу  $\mathfrak{R}_r$  рациональных функций, а неизвестные  $X^+(z) \in \mathfrak{R}_r^+, Y_-(z) \in \mathfrak{R}_{r-}$  отыскиваются в соответствующих его подкольцах, образующих факторизационную пару [3]. Предложены два, соответствующих (3), специальных решения *при однозначной разрешимости* абстрактной *Задачи* и уравнения (2), порождаемого краевым условием (1). Установлены формулы, связывающие эти специальные решения:

$$X_e^+(z)A^0 + X_{A_*}^+(z) = 1, Y_{e-}(z)A^0 + Y_{A_*-}(z) = 0; \quad X_e^+(z) = (1 - X_{A_*}^+(z))(A^0)^{-1}, \\ Y_{e-}(z) = -Y_{A_*-}(z)(A^0)^{-1}; \quad X_{A_*}^+(z) = 1 - X_e^+(z)A^0, \quad Y_{A_*-}(z) = -Y_{e-}(z)A^0.$$

А также формулы их вычислений при правильной факторизации коэффициента:

$$X_e^+(z) = \Gamma^+(z)S^0, \quad Y_{e-}(z) = 1 - (T^-(z))^{-1};$$

$$X_{A_*}^+(z) = \Gamma^+(z)S^0 [T^-(z)A_+(z)]^+, \quad Y_{A_*-}(z) = A_-(z) + ((T^-(z))^{-1})_p [T^-(z)A_+(z)].$$

Рассмотрены иллюстративные примеры.

**Выводы.** Установленные положения применимы в дальнейших поисках, а полученные формулы, в частности, в конкретных расчётах по тематике родственной *Задачи*.

1. Крейн М.Г. Интегральные уравнения на полупрямой с ядрами, зависящими от разности аргументов / М.Г. Крейн // Успехи мат. наук.–1958. – Т. 13. – Вып. 5(83). – С. 3-120.
2. Гахов Ф.Д. Урав. типа свертки / Ф.Д. Гахов, Ю.И. Черский.–М.: Наука, 1978.–296 с.
3. Войтик Т.Г. Проекторный подход в задаче родственного Римана-Гильберта-Привалова типа для кольца рациональных функций / Т.Г. Войтик, Г.С. Полетаев, С.А. Яценко // Вестник ХНТУ. - 2016. - 3(58). - С. 25-29.

**ДИСКРЕТНЕ ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КРИВИХ СУПЕРПОЗИЦІЯМИ  
КООРДИНАТ ТРЬОХ ЗАДАНИХ ВУЗЛОВИХ ТОЧОК**

Метою даної роботи є дослідження організації ланцюга послідовних суперпозицій трійок суміжних точок для дискретного моделювання одновимірних геометричних образів.

Залучення геометричного апарату суперпозицій для формування геометричних образів розширює можливості статико-геометричного методу дискретного моделювання за рахунок значної економії обчислювальних ресурсів.

Проведені дослідження показують, що суперпозиція  $n$  точок може бути замінена ланцюгом послідовних суперпозицій.

Виведено у загальному вигляді формули визначення дискретних значень ординат вузлових точок врівноваженої кривої за даними ординатами двох контурних та центрального вузлів, або за даними ординатами двох контурних вузлів та величиною рекурентної залежності, що тотожна величині зовнішнього формоутворюючого навантаження статико-геометричного методу моделювання геометричних образів.

Ординати шуканих вузлів, як суперпозиції ординат суміжних вузлів визначаються за формулами:

$$\begin{cases} y_i = k_1 y_{i-1} + k_2 y_{i+1} - P \\ y_{i+1} = k_1 y_i + k_2 y_{i+2} - P \\ y_{i+2} = k_1 y_{i+1} + k_2 y_{i+3} - P \end{cases} \quad (1)$$

де:

- 1)  $k_1, k_2$  – коефіцієнти суперпозиції ординат суміжних вузлових точок;
- 2)  $k_1 + k_2 = 1$ ;
- 3)  $k_1 = k_2 = 0,5$ ;
- 4)  $y_{i+1} = y_{i-1}, y_{i+2} = y_{i-2}, y_{i+3} = y_{i-3}$ ;
- 5)  $P$  – величина рекурентної залежності, що дорівнює  $0,5$  величини зовнішнього формоутворюючого навантаження статико-геометричного методу:  $P = 0,5 \cdot KP$ .

Враховуючи вищенаведене, формули (1) матимуть вигляд:

$$\begin{cases} y_i = y_{i+1} - P \\ y_{i+1} = 0,5y_i + 0,5y_{i+2} - P \\ y_{i+2} = 0,5y_{i+1} + 0,5y_{i+3} - P \end{cases} \quad (2)$$

Із (2) одержуємо:

$$y_{i+k} = y_{i+n} + (k^2 - n^2)P, \quad (3)$$

$$P = \frac{y_{i+k} - y_{i+n}}{(k^2 - n^2)}, \quad (4)$$

де:  $i+k$  — номер шуканого вузла;  $i+n$  — номер заданого контурного вузла;  $y_{i+n}$  — задана ордината контурного вузла;  $y_{i+k}$  — ордината шуканого вузла.

Формули (3, 4) дозволяють визначати ординати вузлових точок врівноваженої кривої за даними ординатами двох контурних та центрального вузлів, або за даними ординатами двох контурних вузлів та величиною рекурентної залежності, що тотожна величині зовнішнього формоутворюючого навантаження статико-геометричного методу моделювання геометричних образів. Результати проведених досліджень дозволяють моделювати врівноважені дискретно визначені одновимірні геометричні образи без складання і розв'язання великих систем лінійних рівнянь, що сприяє підвищенню ефективності алгоритмів дискретного геометричного моделювання.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОМЕРНЫХ ОБВОДОВ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

Формирование одномерных обводов по заданным условиям – одна из наиболее востребованных задач геометрического моделирования. Задача решается вариативным дискретным геометрическим моделированием, которое предполагает формирование для исходного ряда промежуточных точек сгущения [1,2]. Дискретная модель кривой состоит из точечного ряда, заданных геометрических характеристик и алгоритма сгущения.

Интерполирующая кривая формируется в виде сгущенного точечного ряда по участкам, которые возможно интерполировать кривой с монотонным изменением кривизны. Точки сгущения назначаются исходя из условия существования области возможного расположения кривой с заданными характеристиками. Область возможного решения локализуется в результате последовательных сгущений точечного ряда. Это позволяет интерполировать точечный ряд произвольной конфигурации.

Предположение, на основе которого формируется кривая, следующее: если существует кривая линия, интерполирующая исходный точечный ряд, и у этой линии отсутствуют особые точки (точки перегиба, смены направления возрастания вдоль кривой значений кривизны, кручения и т.д.), то такие особые точки отсутствуют и у исходного объекта. Рассматриваются две составляющие возникновения погрешности.

Погрешность, с которой сформированная кривая линия, интерполирующая исходный точечный ряд, представляет исходную кривую, оценивается как область возможного расположения всех кривых линий, свойства которых идентичны свойствам исходной кривой. Интерполирующая кривая линия формируется в виде сгущенного точечного ряда, состоящего из сколь угодно большого количества узлов, определенных исходя из условия возможности интерполировать его кривой линией с заданными характеристиками.

Погрешность формирования интерполирующей кривой линии оценивается как область возможного расположения кривой линии, интерполирующей сгущенный точечный ряд. Область расположения кривой, определенная исходя из условия выпуклости кривой, максимальна и является исходной. Наложение последующих условий: монотонное изменение кривизны вдоль кривой и назначение фиксированных положений касательных и значений кривизны в исходных точках, локализует область возможного решения.

**Выводы.** Разработанный способ оценки точности интерполяции кривой позволяет определить абсолютную погрешность, с которой модель представляет исходную кривую и точность, с которой интерполирующая кривая представляет любую кривую с заданными свойствами. Разработанный способ может быть использован при решении задач, требующих определения максимальной абсолютной погрешности, с которой модель представляет исходный объект. Это приближенные вычисления, построение графиков, описывающих процессы и явления, формирование моделей поверхностей по физическому образцу.

1. Gavrilenko E. A. Discretely geometrical modelling of one-dimensional contours with a regular change of differential-geometric characteristics / E. A. Gavrilenko, Yu. V. Kholodnyak // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – Omsk, 2014. – P. 1–5.

2. Холодняк Ю. В. Формування геометричних характеристик при моделюванні монотонної дискретно представлені кривої / Ю. В. Холодняк, Є. А. Гавриленко // Прикладна геометрія та інженерна графіка: міжвід. наук.-техн. збірник / Київський національний університет будівництва та архітектури. – Київ, 2013. – Вип. 91. – С. 292–296.

## АЛГОРИТМ КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ, ОТРИМАНИХ СУПУТНИКАМИ WORLDVIEW-2 ТА WORLDVIEW-3

На сьогодні, найбільш актуальними задачами обробки даних дистанційного зондування є класифікація супутникових знімків та ідентифікація об'єктів [1, 2]. У роботі було розроблено автоматизований алгоритм класифікації супутникових знімків, високої та надвисокої просторової роздільної здатності. Супутникові знімки, отримані супутниками WorldView-2 та WorldView-3 (Рис. 1), мають просторову роздільну здатність 1,84 м та 1,24 м у мультиспектральних каналах та 46 см та 31 см у панхроматичних каналах відповідно. Надвисока просторова роздільна здатність дозволяє більш якісно ідентифікувати границі об'єктів на земній поверхні. Зазвичай на супутникових знімках присутні декілька розповсюджених класів об'єктів та земного покриття, таких як рослинність, вода, ґрунт, будівлі, тіні, та дороги. Ці об'єкти можуть бути семантично описані, виходячи з їх фізичних характеристик.

Запропонований алгоритм базується на об'єктно-орієнтованому підході. Об'єктно-орієнтований підхід дозволяє врахувати властивості, притаманні різним типам об'єктів та поверхонь. На відміну, від піксельно-орієнтованого підходу, у ході обробки зображення аналізуються не окремі пікселі, а окремі групи пікселів, т. з. об'єкти, чи сегменти, отримані у наслідок сегментації зображення. Для того щоб отримати об'єкти (сегменти), для подальшого аналізу, необхідно виконати сегментацію зображення. У нашій роботі, на етапі сегментації було використано три різні методи (Mean-shift, Multiresolution segmentation, K-means), з метою дослідити, який більше підходить для нашого алгоритму.

Коли об'єкти для аналізу отримані, розраховуються їх властивості. Нами було розраховано властивості [1], які можна поділити на наступні групи:

- 1) *Геометричні властивості об'єктів*: розмір, площа, довжина границі, компактність, прямокутність, довжина, ширина, відношення ширини об'єкта до довжини об'єкта;
- 2) *Просторові властивості об'єктів*: наявність спільної границі та довжина спільної границі між об'єктами;
- 3) *Спектральні властивості об'єктів*: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), NSVDI (normalized saturation-intensity difference index), яскравість, насиченість, колір;
- 4) *Статистичні властивості об'єктів*: середнє значення та середньоквадратичне відхилення пікселів об'єкта;
- 5) *Текстурні властивості об'єктів*: яскравість контурів на границі сегмента.

На етапі класифікації зображення, об'єкти отримані в результаті сегментації відносяться до одного з наступних класів об'єктів: будівлі, дороги, дерева, трав'яне покриття, ґрунт, вода, тіні. Для класифікації супутникових знімків було використано систему нечіткого логічного виведення [2]. Правила у нечіткій базі знань були сформовані з врахуванням фізичних особливостей кожного класу. Вектори властивостей сегментів було взято за вхідну інформацію для системи нечіткого виведення.

1. Shedlovska Y. I. A very high resolution satellite imagery classification algorithm / Y. I. Shedlovska, V. V. Hnatushenko // Proceedings of the 2018 IEEE 38th International Conference on ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY, April, 24 – 26, Kyiv, Ukraine, pp. 654-657.

2. Maboudi M. Integrating fuzzy object based image analysis and ant colony optimization for road extraction from remotely sensed images / M. Maboudi, J. Amini, S. Malihi, M. Hahn // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2018. – No 138. – Pp. 151–163.

О.М. ГУМЕН<sup>1</sup>, С.Є. ЛЯСКОВСЬКА<sup>2</sup>, Є.В. МАРТИН<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

<sup>2</sup>Національний університет "Львівська політехніка"

<sup>3</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

## ОСОБЛИВОСТІ ГЕОМЕТРИЧНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОПРОСТОРОВИХ КРИВИХ ЛІНІЙ ПРОСТОРІВ СТАНУ

Автоматизоване проектування технічних систем потребує удосконалення моделей процесів з мінімальним, але достатньо повним, відображенням взаємозв'язків параметрів. Процеси в технічних системах подаються інтегральними кривими просторів стану як багатопросторовими кривими лініями багатовимірних евклідових просторів, проєкціювання яких засобами інформаційних технологій можливе у двовимірні і тривимірні координатні площини. Для візуалізації і дослідження таких процесів використовуються засоби геометричного моделювання та апарат багатовимірної прикладної геометрії.

Залучивши теоретичні засади прикладної багатовимірної геометрії [1], геометричні засоби візуалізації гіперповерхонь і багатовидів охоплюючих багатовимірних евклідових просторів [2] і використання геометричних моделей із практичною реалізацією засобами комп'ютерної графіки [3] для моделювання багатопараметричних процесів, встановлено, що зростання числа істотних параметрів досліджуваних багатопараметричних технічних систем і зв'язків між ними є причиною збільшення кількості проєкцій моделей процесів. Тому актуальною залишається проблема достатності проєкційних зображень багатопросторових кривих ліній за умови залучення мінімальної, але достатньої їх кількості, до досліджень процесів багатопараметричних технічних систем.

Перебіг процесів у багатопараметричних технічних системах візуалізується кривими лініями, які є інтегральними кривими або їх фазовими траєкторіями. Для одного істотного параметра, який змінюється в часі, маємо інтегральну криву системи координат як площини стану технічної системи. Для двох змінних параметрів одержуємо тривимірний простір. Такий простір містить інтегральні криві у двовимірних координатних площинах як площинах стану, також фазові траєкторії у двовимірній координатній площині як фазовій площині.

**Висновки.** У процесі формування багатопросторових кривих ліній просторів стану технічних систем представлено використання взаємозв'язків двох параметрів у двовимірних координатних площинах. Показана достатня найменша кількість таких взаємозв'язків і проєкцій кривих ліній як у підпростори однакових вимірностей, так і у підпростори різних вимірностей з використанням сучасних інформаційних технологій геометричного комп'ютерного моделювання.

1. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Спеціальні розділи. Випуск 1 / С.М. Ковальов, М.С. Гумен, С.І. Пустюльга, В.Є. Михайленко, І.Н. Бурчак. – Луцьк: Редакційно-видавничий відділ ЛДТУ, 2006. – 256 с.
2. Гумен О.М. Багатовимірна геометрія у прикладних задачах / О.М. Гумен, С.Є. Лясковська, Є.В. Мартин // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2016. – Вип. 3(58). – С. 497-500.
3. Гумен О.М. Геометрія проєктивних  $n$ -просторів щодо перебігу технологічних процесів у дослідженнях багатопараметричних систем / О.М. Гумен, С.Є. Лясковська // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 4. – Т. 49. – С. 89-94.
4. Гумен О.М. Візуальне програмування задач механіки із залученням геометричних засобів САД – систем / О.М. Гумен, С.Є. Лясковська, Є.В. Мартин // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Вип. 55. – 2012. – С.68-75.

## ОБРАЗНІ ГЕОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

Значна частка енергоспоживання виробничих об'єктів припадає на системи забезпечення мікроклімату. Це зумовлює дотримання особливих вимог щодо температурного режиму в зонах обслуговування виробничих приміщень. При виборі систем опалення та вентиляції виробничого об'єкту надається перевага вискоелективним та енергозберігаючим системам.

Останні дослідження температурного простору виробничих приміщень свідчать, що розгляд ізотерм температурного поля в поперечному перерізі приміщення [1] не відображає у повній мірі характер розподілу температур та вплив на нього інших факторів. У той же час сучасні методи проведення досліджень, використання геометричного апарату візуалізації в повному обсязі та методологія аналізу й обробки отриманих даних дозволяють набагато ефективніше контролювати параметри температурного режиму виробничих приміщень різного призначення. Залучивши методи геометричного моделювання [2, 3] та інформаційні графічні технології [4], розроблено засоби оброблення експериментально отриманих даних для встановлення раціональних режимів експлуатації відповідного технологічного устаткування у виробничих приміщеннях, для чого створюються образні геометричні моделі теплового режиму досліджуваної області температурного простору приміщення. Таке представлення ілюструє взаємозв'язок досліджуваних параметрів, дозволяє систематизувати аналіз та обробку даних за допомогою сучасних комп'ютерних технологій. При дослідженні температурного простору виробничих приміщень з використанням експериментально одержаних ізотерм, які формують каркас поверхні, процес візуалізується як в окремих точках, так і в заданому перерізі температурного простору приміщення.

**Висновки.** Запропоновані моделі, що поєднують в собі експериментальні та геометрично визначені компоненти графічних інформаційних технологій, дозволяють контролювати температурний режим у приміщенні та відстежувати характер перебігу теплового процесу в досліджуваній області. Крім того можна визначати відповідні теплові параметри в конкретних точках виробничого приміщення і корегувати їх за необхідності. Це підвищить якість та ефективність роботи, забезпечить комфортні температурні умови приміщення відповідно до технологічних особливостей його призначення.

1. Gumen O. Research of thermal processes in industrial premises with energy-saving technologies of heating / O.Gumen, N.Spodyniuk, M.Ulewicz, Ye.Martyn // *Diagnostyka*. – №18(2). – 2017. – P.43-49.

2. Гумен О.М. Візуальне програмування задач механіки із залученням геометричних засобів CAD – систем / О.М. Гумен, С.Є. Лясковська, Є.В. Мартин // *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. – Вип.55. – 2012. – С.68-75.

3. Gumen O.M. Means of graphic image of temperature field in the premises / O.M. Gumen, O.O. Lebedyeva // *Зб. доп.* – К.: Видавництво «Політехніка», 2018. – Вип.7. – С.36-39.

4. Гумен О.М. Застосування інформаційних технологій у проектуванні технічних об'єктів / О.М.Гумен, Д.В.Стратой // *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць. Ч.2.* – Львів: ЛДУБЖД, 2017. – С.73-75.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ И ИХ РОЛЬ В МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРНОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО

Показано, что вблизи фазовых переходов порядок – беспорядок I рода при наличии в биотелах градиента тензора деформации (вызванного, например, градиентом температуры) существуют несколько типов нелинейных волн (солитонов): типа, доменной границы типа межфазной границы и нелинейные волны в метастабильной фазе нового типа. Последние солитоны при своём движении могут вырасти в движущийся в живой материи домен новой фазы. Подобным образом происходит пространственно-временная эволюция информационно-волновых полей, существующих в живом, которые, в свою очередь, влияют на его морфологическую структурную самоорганизацию. Применение методов неравновесной механики позволило определить условия существования подобных волнообразований, которые существенным образом влияют на энергоинформационный, тепло- и массоперенос в живой материи на всех её уровнях структурной организации.

### ВЫВОДЫ

1. Обоснована физико-математическая модель, используемая для адекватного описания пространственно-временной эволюции нелинейных волн (солитонов) в живой материи (биосреде). Эта модель основана на решении уравнения Ландау – Халатникова для квазитвёрдых биосред вблизи фазовых переходов «порядок – беспорядок» первого рода, применимого для анализа процесса релаксации самого параметра порядка. В качестве последнего выступает многомерный вектор, компонентами которого являются постоянно существующие в живой материи энергоинформационный, тепло- и массообменный потоки, всегда имеющие определённое значение и направление движения.
2. Показано, что вблизи указанных выше фазовых переходов в живой материи при наличии градиента тензора деформаций, вызванного градиентом температуры, существуют несколько типов нелинейных волн (солитонов): типа доменной границы, типа межфазной границы и нелинейные волны в метастабильной фазе нового типа. Последние солитоны при своём движении могут вырасти в движущийся домен новой фазы. Определены основные характеристики всех типов солитонов, возникающих в живой материи вблизи таких переходов.
3. Полученные в данном исследовании результаты могут быть в дальнейшем использованы для более точного и адекватного описания взаимодействий различных организационных структур живой материи (отдельная клетка, кластеры клеток, органеллы клетки, ткани и пр.) с полями различной физической природы, например, с внешними электромагнитными полями миллиметрового диапазона (нетепловой интенсивности) или с внутренними морфогенетическими полями живой материи, имеющими, по нашему убеждению, электромагнитовязкоупругую физическую природу.

1. Нечипоренко И.Н. Нелинейные волны в неоднородных твёрдых телах/И.Н. Нечипоренко//Физика низких температур. – 1981. – Т.7. - №11. – С. 1440-1444.
2. Берталанфи Л. Общая теория систем; критический обзор/Л. Берталанфи//Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 157.
3. Курдюмов С.П. Самоорганизация сложных систем/С.П. Курдюмов//Экология и жизнь. – 2001. - №5. – С. 42-45.
4. Хакен Г. Синергетика/Г. Хакен. – М.: Мир, 1980. – 405с.
5. Лыков А.В. Применение методов термодинамики необратимых процессов к исследованию тепло- и массообмена/А.В. Лыков//Инженерно-физический журнал. – 1965. – Т. 9. - №3. – С. 287-304.

## СИНГУЛЯРНІ ІНТЕГРАЛИ В АКсіАЛЬНО-СИМЕТРИЧНИХ ЗАДАЧАХ ТЕОРІЇ ПОТЕНЦІАЛУ

Аксіально-симетричні структури широко застосовуються у хімічній та аерокосмічній промисловості, логістиці, енергетиці та інших інженерних галузях. Зазвичай ці структури та їх компоненти працюють при великих навантаженнях, взаємодіють з рідинами, що рухаються та перебувають під дією високих температур. Тому основними задачами є оцінка критичних навантажень, ідентифікація та відділення небезпечних резонансних частот і передбачення надійного прогнозу безпеки експлуатації обладнання. Експериментальні дослідження у цій сфері є фінансово затратними, складними та іноді навіть неможливими через низку причин. Саме тому методи математичного та комп'ютерного моделювання є найбільш ефективними інженерними засобами для оцінки міцнісних характеристик існуючих об'єктів та тих, що тільки проектується.

У наведеному дослідженні проаналізовані існуючі підходи до розв'язання аксіально-симетричної задачі теорії потенціалу та наведені й доведені власні алгоритми і схеми. У кусково-лінійному наближенні проаналізовані сингулярні інтеграли та отримані квадратурні формули для їх програмного розв'язання, що виникають під час обчислення коефіцієнтів матриці системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Зокрема, інтеграли з логарифмічною особливістю були порівняні з існуючими аналітичними виразами для деяких функцій, а загальна схема для сингулярного інтеграла була протестована на прикладі поверхневого інтеграла Гаусса з фіксованою точкою на поверхні.

Кількість граничних елементів	Відхилення результату від $2\pi$
64	0.00001786398571
128	0.00001324899562
256	0.00001205818183
512	0.00001175149209
1024	0.00001167145814
2048	0.00001165002835

**Висновки.** У ході дослідження отримані квадратурні формули для обчислення сингулярних інтегралів у задачах теорії потенціалу. Для перевірки було обчислено поверхневий інтеграл Гаусса, точність обчислення якого зростала зі збільшенням кількості граничних елементів.

1. Brebbia C.A., Telles J.C., Wrobel L.C. Boundary element techniques: theory and applications in engineering – Springer-Verlag – Berlin and New York – 1984.

2. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и приведений – М.: Государственное издательство физико-математической литературы – 1963 – 1108 с.

3. Gnitko, V., Degtyariv, K., Naumenko, V., Strelnikova, E., BEM and FEM analysis of the fluid-structure Interaction in tanks with baffles. Int. Journal of Computational Methods and Experimental Measurements, 5(3), pp. 317-328, 2017.

4. Rizzo, F. J. and Shippy, D. J., A boundary integral approach to potential and elasticity problems for axisymmetric bodies with arbitrary boundary conditions, Mech. Res. Comm., 6, pp. 99-103, 1979.

## ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЛІНІЙ НА ЦИКЛІЧНІЙ ГВИНТОВІЙ ПОВЕРХНІ

У 1954 р. М.Л. Новіков запропонував зубчасті передачі з точковим зачепленням у якому новий профіль зуба мав форму дуги кола. Так як при спряженні двох поверхонь в точках контакту нормалі до поверхонь співпадають з нормаллю до лінії контакту, то можемо стверджувати, що лінія контакту двох поверхонь є геодезичною лінією, у якій нормаль в кожній її точці збігається з нормаллю до поверхні. Теоретично маємо припущення, що можливо запроєктувати зачеплення Новікова з лінійним контактом, але для цього першим кроком в цьому напрямку є відшукування геодезичних ліній на циклічній гвинтовій поверхні.

Пошук геодезичних ліній на нерозгортних поверхнях є досить складним і може проводитись з різних міркувань [1, с. 24]. В аналітичному плані ця задача зводиться до складання і розв'язування диференціальних рівнянь, знайти явний розв'язок яких вдається лише в нечисленних випадках [2, с. 25].

Для циклічної гвинтової поверхні, рівняння якої має вигляд:

$$\begin{cases} X = (\cos \varphi + 1) \cos \psi \\ Y = (\cos \varphi + 1) \sin \psi \\ Z = \sin \varphi + \psi \end{cases}$$

методами варіаційного числення визначено рівняння геодезичної лінії:

$$\psi(\varphi) = \int_{\varphi_0}^{\varphi} \frac{\varphi \pm 2C \cos \frac{t}{2} - \cos t \sqrt{(\cos t + 1)^2 - C^2 + 1}}{((\cos t + 1)^2 + 1) \sqrt{(\cos t + 1)^2 - C^2 + 1}} dt + \psi(\varphi_0).$$

**Висновки.** В роботі шляхом мінімізації відстані між двома точками знайдено рівняння геодезичних ліній циклічної гвинтової поверхні у вигляді інтеграла, а для деяких випадків – в явному вигляді. Для підтвердження отриманих результатів в графічному редакторі AutoCAD було побудовано кілька геодезичних ліній, що виходять з однієї точки (рис. 1).

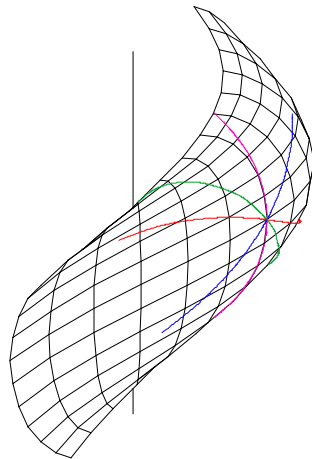


Рис. 1. Геодезичні лінії на циклічній гвинтовій поверхні  
в графічному редакторі AutoCAD

1. Кременець Я.С. Геодезичні лінії поверхонь в задачах армування оболонок та інерційного руху матеріальної точки [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук 05.05.01 / Я.С. Кременець. – К., 2017. – 141 с.
2. Пришляк О. Диференціальна геометрія : Курс лекцій [Текст] / О. Пришляк – К.: Видавничо - поліграфічний центр "Київський університет", 2004. – 68 с.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКРИТТЯ ОПУКЛИМИ БАГАТОКУТНИКАМИ ЗАДАНОЇ ОБЛАСТІ З ДИСКРЕТНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

На теперішній час однією із важливих проблем забезпечення безпеки населення і територій є така: сили та засоби Державної служби України з надзвичайних ситуацій не завжди забезпечують своєчасне реагування на надзвичайні ситуації, пожежі та інші небезпечні події через віддаленість їх від місць виникнення таких подій, а також мають обмежені можливості щодо створення ефективного та дієвого угруповання сил для подолання негативних наслідків масштабних надзвичайних ситуацій, у тому числі в особливий період [1]. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є створення центрів безпеки в об'єднаних територіальних громадах з урахуванням часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до найвіддаленішого населеного пункту у сільській місцевості не більше 20 хвилин з моменту отримання повідомлення про виникнення пожежі або надзвичайної ситуації. Таким чином, задача обґрунтування кількості, місць розміщення та районів обслуговування центрів безпеки може бути зведеною до задачі оптимального покриття заданої області з дискретними елементами (населеними пунктами у сільській місцевості) опуклими багатокутниками (районами обслуговування) і, при цьому, є актуальною.

В роботі здійснено моделювання покриття опуклими багатокутниками заданої області з дискретними елементами на прикладі розв'язання задачі визначення кількості та місць розташування центрів безпеки в об'єднаних територіальних громадах. Для цього було розроблено модель та метод оптимального покриття заданої області з дискретними елементами опуклими багатокутниками. Зазначено, що розроблений метод відноситься до методів комбінаторної оптимізації та складається з 2-х способів:

- розміщення центрів безпеки в населених пунктах з наявністю об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів;
- розміщення центрів безпеки таким чином, щоб у район обслуговування потрапило якомога більше об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів.

Для кожного способу одержано відповідні оцінки складності, що являють собою верхні оцінки кількості розв'язків задачі, які необхідно проаналізувати для знаходження екстремуму цільової функції. Здійснено комп'ютерне моделювання покриття Близнюківського району Харківської області районами обслуговування центрів безпеки з урахуванням існуючих пожежно-рятувальних підрозділів.

**Висновки.** Результати комп'ютерного моделювання оптимального покриття опуклими багатокутниками заданої області з дискретними елементами на прикладі розв'язання задачі визначення кількості та місць розташування центрів безпеки в об'єднаних територіальних громадах свідчать про те, що виконуються всі обмеження розробленої математичної моделі. Подальші дослідження будуть направлені на розв'язання задачі покриття іншими створеними способами.

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.01.2017 р. №61-р «Про схвалення Стратегії реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/61-2017-p>.



### УЗАГАЛЬНЕННЯ ТЕОРЕМИ КАЧЧИОПОЛЛІ-БАНАХА

Робота продовжує дослідження класичного принципу стискаючого відображення. Цей принцип має численні теоретичні та практичні застосування у різноманітних областях математики. Отримані результати вказують на те, що класичні результати можна розповсюдити на випадок декількох операторів, маючи на увазі існування спільної для них точки.

У застосуваннях методу послідовного наближення часто виникає ситуація, коли оператор, що проводить відображення повного простору на себе, не задовольняє класичній умові для оператора стискання. Інколи можна використати обернений оператор, якщо він існує. Зокрема, можна скористатись мажорантними операторами стискування. У роботі встановлена умова достатня для застосування таких операторів для пошуку нерухомої точки оператора, що не є оператором стискування. Цей результат можна застосовувати і у випадку, коли оператор не є неперервним.

Спільною точкою двох операторів  $u$  і  $v$ , які означені на просторі  $X$ , будемо називати таку точку  $x^*$  цього простору, в якій виконується рівність  $u(x^*) = v(x^*)$ .

**Теорема 1.** *Нехай оператори  $u$  і  $v$  відображають повний метричний простір  $X$  на себе, і для оператора  $v$  на цьому просторі існує обернений оператор.*

*Якщо для довільних точок  $x'$  і  $x''$  простору  $X$  виконується нерівність*

$$\rho(u(x'); u(x'')) \leq \alpha \rho(v(x'); v(x'')),$$

де  $0 \leq \alpha < 1$ , то існує єдина спільна точка операторів  $u$  і  $v$ .

**Теорема 2.** *Нехай оператори  $u$  і  $v$  відображають повний метричний простір  $X$  на себе, і для оператора  $v$  на цьому просторі існує обернений оператор.*

*Якщо для довільних точок  $x'$  і  $x''$  простору  $X$  виконується нерівність*

$$\rho(u(x'); u(x'')) \geq \alpha \rho(v(x'); v(x'')),$$

де  $\alpha > 1$ , то існує єдина спільна точка операторів  $u$  і  $v$ .

**Наслідок 1.** *Якщо для операторів  $u$  і  $v$ , що задовольняють умови теореми 1, або теореми 2, і для оператора  $f$ , що відображає повний метричний простір  $X$  на себе, виконується рівність:*

$$\rho(u(x); f(x)) + \rho(f(x); v(x)) = \rho(u(x); v(x))$$

*в кожній точці  $x$  простору  $X$ , то оператори  $u$ ,  $v$  і  $f$  мають єдину спільну точку.*

Отримані у роботі результати можна використовувати для пошуку нерухомих точок окремих операторів, що не є операторами стискування, але допускають їх заміну більш простими операторами, які або мають обернений оператор, або є операторами стискування.

## THE SUPERRADIANCE OF MOVING AND STATIONARY OSCILLATORS

In the pioneer work [1] Dicke has found that taking into account the interaction of two-level atoms in a small volume leads to the acceleration of the relaxation processes that remove their excitation and synchronization of radiation. This effect was called superradiance. This effect can take place also in the classical case, when it is taken into account the interaction of radiating particles, because each of them interacts with others through its field. When external field is absent such interaction can lead to a phase (and, may be, spatial) synchronization of oscillators and the appearance of the coherent component in the integral radiation of the system [2].

The main aim of this article is to find the relationship between descriptions in different physical realizations of oscillators whose centers are fixed. The next aim is to make a comparison between the superradiance efficiency of a system of interacting oscillators and the dissipative generation regime in a similar system where the oscillators interact only with the field of the excited wave. Also this work is aimed to the problem of radiation of the group of interaction with each other electrons under the conditions of the cyclotron resonance with a TE wave.

**Conclusions.** In the case of radiation from a short beam - bunch of electrons moving in plasma the superradiance regime is realized. At that a wake is formed behind the bunch [2, 3]. The beam particles interact with each other due to the fields radiated by them. This circumstance made it possible to consider this process as superradiance [2]. It is possible to estimate the degree of coherence of the oscillators in relation to the achievable field intensity in the system to the maximum possible intensity of ideally phased radiation sources. In this research, this value reaches, as a rule, 25%.

In this research, we discuss the problem of elucidating the radiation efficiency of a short system of nonlinear oscillators. Here, is also possible to realize the regime of the interaction of the oscillators with each other due to the intrinsic (spontaneous) fields of their radiation. This corresponds to the superradiance regime and the generation regime at the same level of radiation absorption due to the limited system. This regime is the dissipative regime that was discussed in [7]. It is also shown here that the increments of processes at the same level of radiation absorption are the same, and the maximum possible amplitudes are of the same order. The degree of coherence of the oscillators that can be estimated from the ratio of the achievable field intensity in the system to the maximum possible intensity of perfectly-phased radiation sources, reaches 8% here. It is important to note that, for better repeatability of the results, an external synchronizing wave should be used (for example, in the same way as suggested in [4]), the intensity of which exceeds the integrated spectral noise of un-phased oscillators. In the case discussed above, the noise intensity was about 0.01% and the intensity of the external field is 0,25% with respect to the maximum possible intensity of perfectly-phased sources.

1. Dicke R.H. Coherence in spontaneous radiation processes / Dicke R.H. // *Phys. Rev.* 1954. — V. 93, №1 – P. 99-110.
2. Zagorodny A.G. The features of radiation in nonequilibrium media. Problems of Theoretic Physics. Scientific transactions. Part. 1. / Zagorodny A.G., Kuklin V.M. — Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University, 2014. — 532 p.
3. Kirichok A.V. Modelling of superradiation processes driven by an ultra-short bunch of charged particles moving through a plasma / Kirichok A.V., Kuklin V.M., Mischin A.V., Pryimak A.V. // *Problems of Atomic Science and Technology, Series “Plasma Electronics and New Methods of Acceleration”*. 2015. — V. 98, № 4 — P. 255-257.
4. Kuklin V.M. Dissipative generation regime of a system of stationary oscillators / Kuklin V.M., Litvinov D.N., Sporov A.E. // *Problems of atomic science and technology. Series “Nuclear Physics Investigations”*. 2017. — V. 112, № 6 — P. 88-90.

## ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ В НЕВАГОМОСТІ ЧОТИРИЛАНКОВОГО МАЯТНИКА З РУХОМОЮ ТОЧКОЮ КРІПЛЕННЯ

Маятникові механічні системи є традиційним предметом дослідження технічної механіки, які виявляються в різноманітних впровадженнях. Відомі маятники з вібруючою точкою підвісу, маятники з періодично змінюваною довжиною, комбіновані маятники, маятники, що містять пружні елементи, тощо. Особливістю конкретних задач динаміки маятників є поєднання простоти фізичної постановки зі складністю рішень цих задач. Одержання оригінальних рішень, а також їх механічних інтерпретацій, визначають актуальність задач сучасної механіки.

Одна з таких задач присвячена поведженню маятникових систем у невагомості. Механічну інтерпретацію тут можна пов'язати з космічною тематикою - коли трансформування елементів стержневої конструкції порівняти з коливанням багатоланкового маятника як системою змінюваної конфігурації. І взагалі, переважна кількість космічних апаратів за своєю механічною суттю є просторово розвиненими механічними системами змінюваної конфігурації для роботи в космосі в умовах, близьких до невагомості. Моделі їх динаміки зазвичай представлені системами диференціальних рівнянь руху, а під математичним моделюванням розуміють чисельне розв'язання цих рівнянь, аналітичні інтерпретації можливих рішень, а також унаочнення одержаних геометричних моделей трансформувань.

В даній роботі розглянуто стержневі конструкції, скріплені між собою подібно елементам чотириланкового маятника. Розкриття чотириланкової стержневої конструкції розглядається як умовний аналог «коливання» у невагомості чотириланкового маятника з врахуванням рухомої точки кріплення. Керування розкриттям стержневих конструкцій у невагомості є складною науково-технічною задачею механіки, яка не має аналогів у наземній техніці.

При реалізації будь-якої схеми розкриття конструкції у невагомості виникає проблема вибору технічних пристроїв для запуску (активації) процесу розкриття. Альтернативу традиційним рушіям розкриття (електродвигунам або пружним елементам) можуть скласти піротехнічні імпульсні реактивні двигуни типу піропатронів. До переваг цих пристроїв слід віднести малу вагу і дешевизну, а також можливість запуску їх дії дистанційно (без дротів) за допомогою радіосигналів або рентгенівського випромінювання. В даній роботі розглянуто варіант встановлення піропатронів на кінцевих точках ланок стержневої конструкції.

На актуальність обраної теми вказує необхідність дослідження можливої схеми процесу розкриття у невагомості стержневої конструкції маятникового типу з рухомою точкою кріплення. Показано, що рушіями процесу доцільно обрати імпульсні піротехнічні реактивні двигуни, встановлені на кінцевих точках ланок стержневої конструкції.

В роботі досліджена геометрична модель розкриття в умовах невагомості чотириланкового маятника з рухомою точкою кріплення. Розгортання ланок на уявній площині відбувається завдяки впливу імпульсів піротехнічних реактивних двигунів на кінцеві точки ланок маятника. Опис руху одержаного інерційного розкриття стержневої конструкції виконано за допомогою рівняння Лагранжа другого роду, і, зважаючи на умови невагомості, побудованого з використанням лише кінетичної енергії системи. Результати можна використати при проектуванні систем розкриття орбітальних конструкцій в умовах невагомості, наприклад, секцій силових каркасів космічних інфраструктур.

**НЕОДНОРІДНА КРАЙОВА ЗАДАЧА ДЛЯ РІВНЯННЯ КОЛИВАННЯ З  
ВКЛЮЧЕННЯМИ НАВАНТАЖІВ НА КІНЦЯХ**

Одним із ефективних методів побудови точних аналітичних розв'язків рівнянь математичної фізики є метод інтегральних перетворень. Цей метод дає змогу знаходити аналітичний вигляд розв'язків багатьох задач математичної фізики, що дуже зручно для дослідження властивостей розв'язків. У підручниках та посібниках з математичної фізики наведені постановки різноманітних крайових задач (наприклад, див. [1]), але для багатьох з них не знайдені аналітичні вигляди розв'язків.

Дана робота присвячена побудові методом інтегрального перетворення Лапласа розв'язку крайової задачі для неоднорідного рівняння коливання з включенням вантажів на обох кінцях у випадку неоднорідних початкових умов та неоднорідних крайових умов.

Задача про малі поперечні коливання однорідної струни (або повздовжні коливання однорідного жорсткого стержня) математично приводить до побудови обмеженого в області  $D = \{(t, x) : t > 0, x \in (0, l)\}$  розв'язку рівняння коливання

$$\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(t, x) \quad (1)$$

за початковими умовами

$$u|_{t=0} = \varphi(x), \quad \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi(x) \quad (2)$$

і крайовими умовами [1,2]

$$\left( m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \eta \frac{\partial u}{\partial t} + ku - T \frac{\partial u}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = g_1(t), \quad \left( m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \eta \frac{\partial u}{\partial t} + ku + T \frac{\partial u}{\partial x} \right) \Big|_{x=l} = g_2(t). \quad (3)$$

Тут  $m$  – маса прикріпленого вантажу,  $T = const$  – стала натягу струни (модуль Юнга матеріалу стержня, помножений на площу поперечного перерізу) в точках  $x = 0$  та  $x = l$ ,  $k$  – жорсткість пружини,  $\eta$  – коефіцієнт тертя.

При цьому повинні бути виконані умови узгодження.

Методом інтегрального перетворення Лапласа одержано інтегральне зображення розв'язку гіперболічної крайової задачі у випадку неоднорідного рівняння з неоднорідними початковими умовами та наявності у крайових умовах першої та другої похідних по часовій змінній і першої похідної по просторовій змінній. Досліджено спектр задачі, виписано головні розв'язки (функції Гріна, породжені неоднорідністю рівняння та початкових і крайових умов) задачі.

**Список використаної літератури**

1. Комеч А.И. Практическое решение уравнений математической физики: Учеб.- метод. пособие / А.И. Комеч. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986.- 160 с.
2. Ленюк О.М. Моделювання коливних процесів з включенням вантажів на кінцях / О.М. Ленюк // Вестник Херсонского национального технического университета. Вып.3 (50). – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 341-346.
3. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа / Г. Деч. – М.: Наука, 1965. – 288 с.

### АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ НОРМАЛЬНЫХ МАРКОВСКИХ ПОЛЕЙ

Нормальный марковский процесс (НМП) с начала его применения в задачах физики широко распространен при рассмотрении прикладных проблем. Известно обобщение одномерного НМП на случай двумерного марковского поля применительно к задачам двумерной фильтрации. В настоящей работе построен алгоритм генерации трехмерного стационарного нормального марковского поля.

Изучение нормального марковского поля в объеме основывается на динамическом уравнении движения. Для амплитуды  $h(x, y)$  трехмерного НМП  $H(x, y, z)$  с парциальными декрементами  $\nu$ ,  $\mu$  и  $\lambda$  динамическое уравнение следующее

$$\left(\frac{d}{dx} + \nu\right)\left(\frac{d}{dy} + \mu\right)\left(\frac{d}{dz} + \lambda\right)h(x, y, z) = u_{XYZ}(x, y, z), \quad (1)$$

с начальным условием в вершинной точке  $h(0,0,0) = u_0$ . В уравнении  $u_{XYZ}(x, y, z)$  – белый шум, реализующийся в объеме и имеющий нулевое математическое ожидание и интенсивность  $\sigma_{U_0}$ . Решение  $h(x, y, z)$  поля связано с порожденным полем белого шума  $u_{XYZ}(x, y, z)$ . Начальным условием к уравнению (1) служит значение  $h(0,0,0)$ , связанное с белым шумом  $u_0$ , подчиняющимся нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсией  $\sigma_{U_0}^2$ .

В результате анализа уравнения движения (1) получено его решение, статистический анализ которого позволил построить алгоритм генерации трехмерного НМП.

На рис. 1 приведен пример генерации  $h(x, y, z)$  случайного поля  $H(x, y, z)$ . Этот рисунок образован из 3 рисунков поля  $H(x, y, z_0)$ ,  $H(x, y, z_1)$  и  $H(x, y, z_2)$ , совокупность которых состоит из значений сечений поля, найденных в соответствии с алгоритмом генерации. На рисунке ось  $Oz$  – вертикальная. На рисунке можно видеть динамику флуктуаций поля.

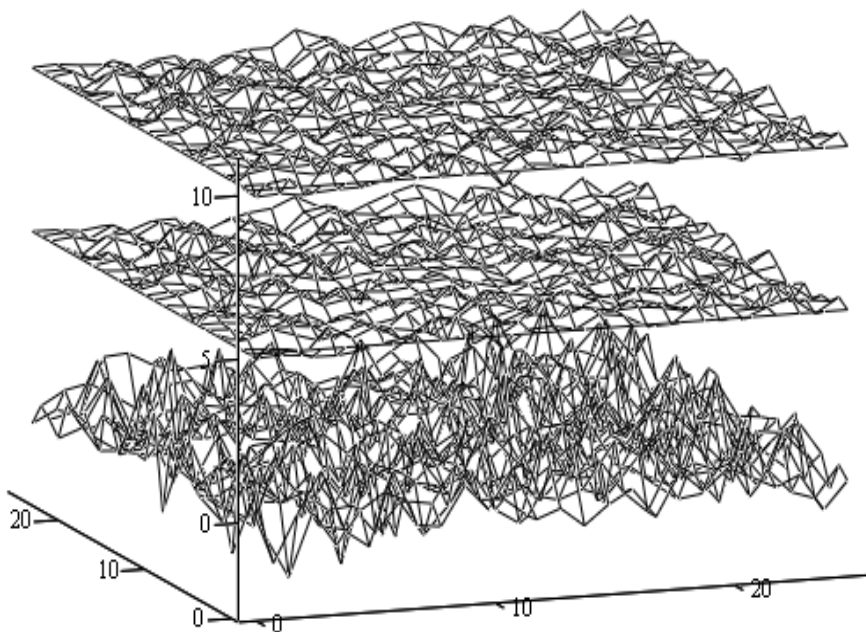


Рис. 1. Нормальное марковское трехмерное поле  $H(x, y, z)$ .

Параметры расчета: шаги по координатам  $\Delta_x = 1.0$ ,  $\Delta_y = 1.0$ ,  $\Delta_z = 5.0$ ; количество шагов  $N_x=25$ ,  $N_y=25$ ,  $N_z=2$ ; декременты затухания  $\nu = 2.0$ ,  $\mu = 2.0$ ,  $\lambda = 0.25$ . Интенсивность  $\sigma_U$  амплитуды  $h(x, y, z)$  поля выбрана равной  $\sigma_U = 0.25$ .

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДЕКВАТНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ ФОРМЕ

Для изучения поведения физических процессов в последнее время широко используются методы математического моделирования. Эти методы относительно доступны и не требуют значительных затрат для реализации. Но главное их достоинство заключается в возможности прогнозирования поведения физических процессов в новых как внешних, так и внутренних условиях. Центральное место в методах математического моделирования занимает математическая модель физического процесса. Довольно часто такие модели строятся как алгебраические соотношения между характеристиками физического процесса. Такого типа модели получили широкое распространение в технике, экологии, экономики и т.д. [1,2]. Для обоснованного применения математических моделей в алгебраической форме необходимо принимать во внимание, что они могут быть построены и далее использоваться только при выполнении ряда достаточно существенных ограничений.

В работе [3] даны определения адекватности локальных линейных алгебраических математических моделей. Очевидно, что без выполнения условий адекватности математической модели дальнейшее ее использование не будет обоснованным.

Из особенностей рассматриваемых физических процессов, вытекают следующие свойства локальных адекватных линейных алгебраических математических моделей (*LALAMM*) физического процесса [3]:

1. *LALAMM* при любом выборе параметров модели являются приближенными;

2. *LALAMM* хорошо описывают реальный физический процесс лишь в некоторой малой окрестности точки изменения исходных переменных (свойство локальности).

В работе предложено несколько возможных алгоритмов идентификации параметров локальных адекватных устойчивых линейных алгебраических математических моделей с целью дальнейшего использования их для целей прогнозирования характеристик физических процессов: качественная оценка прогноза, гарантированная количественная оценка снизу (сверху) прогноза максимальных (минимальных) отклонений выбранной характеристики физического процесса, методы экстраполяции (интерполяции). При этом необходимо выполнять проверку условий корректности постановки задачи синтеза алгебраических математических моделей. Приведены примеры построения прогноза.

**Выводы.** Результаты работы могут быть использованы для разработки алгоритмов прогнозирования характеристик циклических физических процессов в новых условиях. Эти условия не должны нарушать ограничений, при которых возможно построение адекватных математических моделей в алгебраической форме.

1. Kuchuk F. J., Onur M., Hollaender F. Pressure Transient Formation and Well Testing. Dev. in Petr. Science, —Vol.57, —Elsevier Science, USA, —2010. —414 p.. – 200с.

2. Алексанян И. Ю., Максименко Ю. А., Феклунова Ю. С. Математическое моделирование тепло-массо-переноса при распылительной сушке растительных экстрактов // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. управление, вычисл. техн. информ. — 2013, — № 1, — С. 9–13.

3. Menshkov Yu. L. Identification of Mathematical Model Parameters of Stationary Process // Journal of Applied Mathematics and Physics, — Vol.2, Number 5, —2014. — pp. 189–193.

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕРМОПРУЖНОЇ ПОВЕДІНКИ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОГО ЦИЛІНДРА ЗА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ДІЇ В РЕЖИМІ ЗГАСНОЇ СИНУСОЇДИ З ВРАХУВАННЯМ ПРОЦЕСУ ТЕРМОПРУЖНОГО РОЗСІЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ

Імпульсні електромагнітні поля різних типів широко використовують у сучасних технологіях імпульсної обробки матеріалів. Одним з них є електромагнітне поле в режимі згасної синусоїди (РЗС), яке створюється з допомогою конденсаторно-соленоїдальних систем. Елементом конструкції багатьох приладів і пристроїв виступає довгий порожнистий електропровідний циліндр, який в процесі їх роботи та експлуатації зазнає впливу такої електромагнітної дії. В результаті у циліндрі виникають взаємопов'язані поля температури і напружень. Для раціонального проектування електропровідних сенсорів електромагнітного випромінювання і прогнозування роботоздатності та надійності трубчатих електропровідних елементів конструкцій необхідно дослідити вплив імпульсного електромагнітного поля в РЗС на процес термопружного розсіювання енергії в таких елементах.

Розглядається довгий порожнистий електропровідний циліндр віднесений до циліндричної системи координат, вісь якої співпадає з віссю циліндра. Внутрішня і зовнішня поверхня циліндра теплоізовані і вільні від силового поверхневого навантаження. Фізико-механічні характеристики матеріалу циліндра сталі. Дія в РЗС задається значеннями осьової компоненти вектора напруженості магнітного поля на поверхнях циліндра. Математична модель визначення термонапруженого стану даного циліндра за електромагнітної дії в РЗС за врахування процесу термопружного розсіювання енергії складається з двох етапів. На першому етапі зі співвідношень Максвелла визначається вектор напруженості магнітного поля та зумовлені ним джоулеві тепловиділення і пондеромоторні сили. На другому етапі зі системи рівнянь зв'язаної задачі термопружності знаходимо температуру та радіальну компоненту вектора переміщень за відомими джоулевими тепловиділеннями і пондеромоторними силами

Для побудови розв'язку сформульованої зв'язаної початково-крайової задачі термомеханіки для електропровідного порожнистого циліндра використано кубічну апроксимацію розподілів ключових функцій задачі – осьової компоненти вектора напруженості магнітного поля, температури та радіальної компоненти вектора переміщень за радіальною змінною. В результаті отримано вирази інтегральних за радіальною змінною характеристик ключових функцій у вигляді згорток функцій, що описують однорідні розв'язки відповідних рівнянь та функцій, що описують граничні значення ключових функцій на поверхнях циліндра.

Електромагнітну дію математично змодельовано відповідним аналітичним виразом стосовно часової змінної. Підставляючи цей вираз в отримані загальні розв'язки задачі за однорідної нестационарної дії, знайдено розв'язок розглядуваної зв'язаної задачі термомеханіки за електромагнітної дії в РЗС і проведено його комп'ютерний аналіз. Отримано якісні і кількісні нові закономірності впливу електромагнітної дії в РЗС на термомеханічну поведінку електропровідного порожнистого циліндра як за врахування, так і без врахування процесу термопружного розсіювання енергії.

**Висновки.** Отримані результати розширюють математичну модель термомеханіки для розглядуваного циліндра за електромагнітної дії в РЗС і можуть бути теоретичною основою для прогнозування роботи здатності сенсорів електромагнітного випромінювання і електропровідних трубчатих елементів конструкцій.

1. Гачкевич О. Р., Мусій Р. С., Тарлаковський Д. В. Термомеханіка електропровідних неферромагнітних тіл за дії імпульсних електромагнітних полів з модуляцією амплітуди. – Львів: СПОЛЮМ, 2011. – 216с.

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ РОБОЧИХ КОЛІС ТУРБОКОМПРЕСОРА

Комп'ютерне моделювання є потужним інструментом розв'язання багатьох науково-виробничих задач. Однією з таких задач є проектування виробів, функціональне призначення яких – взаємодія з середовищем: поверхонь, що обмежують корпусні вироби авіа-, автомобіле-, суднобудування, лопаток турбін і змішувачів, каналів двигунів внутрішнього згоряння, робочих органів сільськогосподарських машин та ін. [1,2].

Задачу виготовлення виробів, обмежених складними функціональними поверхнями, з високою точністю розв'язують технології, які вимагають використання верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ) [3]. Обов'язковим етапом такої технології є створення тривимірної комп'ютерної моделі виробу з використанням САД-паketу.

Збільшити продуктивність турбокомпресора можна шляхом зменшення енергетичних втрат всередині міжлопаткового каналу робочого колеса. Динамічні якості міжлопаткового каналу можна поліпшити за рахунок оптимізації графіка зміни площ нормальних перетинів [4].

Формування сімейства нормальних перетинів міжлопаткового каналу виконано за такими етапами: моделювання просторової осьової лінії каналу; створення сімейства нормальних січних площин; формування перетинів поверхонь, що обмежують канал, нормальними площинами.

На основі отриманих поверхонь була створена оптимізована модель робочого колеса. Після виготовлення оптимізованого робочого колеса на верстаті з ЧПУ і випробуванні турбокомпресора тиск потоку на виході склав 1,73 атм. (у порівнянні з 1.67 атмосфери). Таким чином, продуктивність турбокомпресора, в якому встановлено оптимізоване робоче колесо, в порівнянні з прототипом збільшилася на 0,06 атм., що становить 6,9%.

Заключним етапом розробки технології виготовлення робочих коліс є виготовлення його ливарної форми.

**Висновки.** Запропоновано методику формування комп'ютерної геометричної моделі робочого колеса турбокомпресора. Функціональна поверхня лопатки колеса сформована на основі каркасу, лінійні елементи якого згідно з робочим кресленням задані упорядкованим масивом точок. Забезпечення другого порядку гладкості і монотонної зміни диференційно-геометричних характеристик уздовж ліній, що утворюють каркас поверхні, сприяє ламінарному характеру обтікання поверхні лопатки середовищем. Технологія передбачає виготовлення робочого колеса на п'ятикоординатному верстаті та забезпечує точність обробки поверхонь, що задовольняє умовам експлуатації турбокомпресора. Запропоновано спосіб поліпшення динамічних якостей міжлопаткового каналу робочого колеса за рахунок оптимізації графіка зміни площ його нормальних перетинів. Площі нормальних перетинів скореговано шляхом зміни форми твірних ліній маточини та кришки. У результаті продуктивність турбокомпресора збільшилася на 6,9%.

1. Кампти Н. Аэродинамика компрессоров [пер. с англ.] / Н. Кампти. – М.: Мир, 2000. – 688 с.
2. Байков Б.П. Турбокомпрессоры для наддува двигателей / Б.П. Байков, В.Г. Бордуков, П.В. Иванов, Р.С. Дейч – Л.: Машиностроение, 1975. – 200 с.
3. Гжиров Р.И. Программирование подготовки на станках с ЧПУ: справочник / Р.И. Гжиров, П.П. Серебренникий. – Л.: Машиностроение, 1990. – 588 с.
4. Гавриленко С.А. Програмна реалізація алгоритму моделювання одновимірних обводів по заданим геометричним умовам / С.А. Гавриленко, Ю.В. Холодняк // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво : наук. журн. / Луцький НТУ. – Луцьк, 2013. – № 13. – С.4–9.



## ВІДОБРАЖЕННЯ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА КРИВОЛІНІЙНІ ОБЛАСТІ ВІДНЕСЕНИХ ДО ІЗОМЕТРИЧНИХ КООРДИНАТ

Нанесення зображень на криволінійні форми з щонайменшими спотвореннями має місце в багатьох дизайнерських задачах [2]. В більшості способів будують сітку, кожен елементарну чарунку якої зафарбовують заданим кольором. Якщо будь-яке фотографічне зображення, як вихідний растр  $N \times M$  пікселів розглядати як квадрати певного кольору, то необхідно і криволінійну область теж розбити на елементарні квадрати, кожному із яких присвоїти відповідний колір із растра. Тому потрібно вирішити дві основні задачі: перша – здійснити формування заданої криволінійної сітки з елементарними комірками у вигляді квадратів, які називають ізометричні (або ще ізотермічні); друга – зафарбувати кожен комірку криволінійної області відповідним кольором пікселя вихідного растра.

В роботі розкрито спосіб відображення растрових зображень на плоскі криволінійні області, які представляються ізометричними сітками [2]. За допомогою розробленої комп'ютерної моделі в середовищі символічної алгебри Maple [1] проаналізовано вплив параметрів ізометричної сітки на положення та розміри відображених растрових зображень. Рис.1 демонструє один із прикладів дослідження впливу на відображення растрового зображення незалежних аргументів  $u, v$ -координатних ліній (рис.1, а) ізометричної сітки  $R(u, v) = R[\sin(u) \cos(v), \cos(u) \sinh(v), 0]$ , яка була отримана відокремленням дійсної та уявної частин  $R[\operatorname{Re}(f), \operatorname{Im}(f), 0]$  синусоїдальної функції комплексної змінної  $f(z) = \sin(z)$ . Наприклад, якщо прийняти межі зміни аргументів  $u = [-1..1]$  і  $v = [-1..1]$  ізометричної сітки та відобразити на неї вихідне растрове зображення (рис.1,б) при значеннях параметрів його положення рівними  $u_0 = 0, v_0 = 0$ , то отримаємо рис. 1, в. Задання нових меж зміни аргументів  $u = [-1..1]$  і  $v = [0..1]$  для побудови ізометричної сітки призведе до відображення растрового зображення на цю сітку у верхній її частині (рис. 1, г).

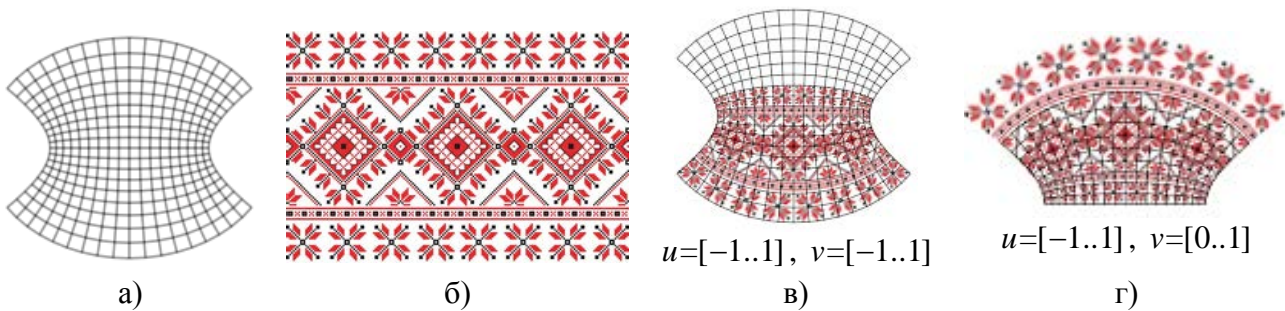


Рис. 1. Вплив  $u, v$ -аргументів координатних ліній ізометричної сітки на розміри та положення відображеного растрового зображення.

**Висновки.** Запропонований спосіб нанесення растрових зображень на криволінійні плоскі області представлених ізометричними сітками характеризується можливістю, по-перше, здійсненням конформного відображення, а по-друге, управлінням місцеположенням та масштабуванням самого растрового зображення через параметри ізометричної сітки.

1. Аладьев В.З. Программирование и разработка приложений в Maple [Текст] / В.З. Аладьев, В.К. Бойко, Е.А. Ровба. – Гродно-Таллин, 2007. – 458 с.
2. Несвідоміна О.В. Побудова плоских ізометричних сіток за наперед заданими плоскими кривими [Текст] / О.В. Несвідоміна // Вісник Херсонського національного технічного університету – Херсон: ХНТУ, 2017. – Вип. 3 (62). – Т.2. – С. 196-199.

**МЕТОД МІНІМАКСА ПРИ НАБЛИЖЕННІ РОЗРИВНИХ ФУНКЦІЙ**

Нехай задано функцію однієї змінної  $f(x)$  на інтервалі  $[a, b]$  з можливими розривами першого роду в точках  $x_k, k = \overline{1, n-1}$ . Припускаємо, що хоча б в одному вузлі  $x_k$  функція має розрив першого роду. Задані вузли розбивають інтервал  $[a, b]$  на  $n-1$  частин.

**Визначення 1.** Розривним інтерполяційним лінійним сплайном на відрізку  $[x_k, x_{k+1}], k = \overline{1, n-1}$  наступну функцію:

$$S(x) = Sp_k(x, C) = C_k^+ \frac{x - x_{k+1}}{x_k - x_{k+1}} + C_{k+1}^- \frac{x - x_k}{x_{k+1} - x_k}, k = \overline{1, n-1}, \quad (1)$$

де  $C_k^+, C_{k+1}^-, k = \overline{1, n-1}$  – параметри сплайну  $S(x)$ , що визначаються у вигляді односторонніх границь  $C_k^+ = \lim_{x \rightarrow x_k + 0} f(x), C_{k+1}^- = \lim_{x \rightarrow x_{k+1} - 0} f(x)$ .

Треба знайти такі параметри  $C_k^+, C_{k+1}^-, k = \overline{1, n-1}$  у розривному інтерполяційному сплайні (1), щоб наближення було найкращим у тому чи іншому сенсі. Для розв'язування цієї задачі використовуємо методом мінімакса.

**Теорема 1.** Якщо на кожному з інтервалів  $[x_k, x_{k+1}], k = \overline{1, n-1}$  невідомі параметри  $C_k^+, C_{k+1}^-, k = \overline{1, n-1}$  знаходити з умови

$$\max_{1 \leq k \leq n-1} |f(x) - Sp_k(x)| \rightarrow \min, \quad (2)$$

то отримаємо розривний сплайн найкращого наближення.

**Теорема 2.** Якщо наближувана функція  $f(x)$  є розривною кусково-лінійною функцією з точками розриву  $x = x_k, k = \overline{1, n}$  і наближуємо її кусково-лінійним розривним сплайном  $S(x)$ , що визначається формулами (1), і невідомі параметри-елементи  $C_k^+, C_{k+1}^-, k = \overline{1, n-1}$  знаходимо з умови (2), то отримаємо точно наближувану функцію, тобто  $S(x) = f(x)$ .

Точки розриву функції збігаються з точками розриву наближувального сплайна і найкраще наближення сплайна до функції виконуємо аналітично. На кожному з інтервалів  $[x_k, x_{k+1}], k = \overline{1, n-1}$  знаходимо максимальне значення відхилення сплайна від функції, яке буде дорівнювати одному із значень:

$$J_{[x_k, x_{k+1}]}(C) = \max_{[x_k, x_{k+1}]} \{|f_k(x_k) - Sp_k(x_k, C)|, |f_k(x_{k+1}) - Sp_k(x_{k+1}, C)|, |f_k(a_2) - Sp_k(a_1, C)|, \dots, |f_k(a_m) - Sp_k(a_m, C)|\} \quad (3)$$

де  $a_l, l = \overline{1, m}$  – стаціонарні точки функції  $J_k(x, C) = f_k(x) - Sp_k(x, C)$  на  $k$ -ому інтервалі.

Потім знаходимо мінімум від отриманого максимуму по всіх інтервалах:

$$W = \min_{1 \leq k \leq n-1} (J_{[x_k, x_{k+1}]}(C)) = \min_{1 \leq k \leq n-1} (\max_{a \leq x \leq b} |f(x) - Sp_k(x, C)|).$$

Отримуємо матрицю  $W$ , яка і представляє собою шукану матрицю параметрів  $C_k^+, C_{k+1}^-, k = \overline{1, n-1}$ .

**Висновки.** В роботі запропоноване найкраще наближення функції однієї змінної з розривами першого роду розривним лінійним сплайном. В подальшому планується узагальнити цей метод на випадок, коли вузли сплайна не співпадають з точками розриву функції  $f(x)$ .

1. Сергієнко І.В. Теорія розривних сплайнів та її застосування в комп'ютерній томографії: монографія / І.В.Сергієнко, В.К. Задірака, О.М.Литвин, Ю.І. Першина – К. : Наук. думка, 2017. – 314 с

## НЕПЕРЕРВНЕ ЗГИНАННЯ МІНІМАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ, ПОБУДОВАНИХ НА ОСНОВІ ІЗОТРОПНОЇ ЛІНІЇ НА ПОВЕРХНІ УЯВНОГО КАТЕНОЇДА

Геометричні моделі, описані мінімальними поверхнями, мають переваги практичного змісту при проектуванні поверхонь технічних форм та архітектурних конструкцій. Тому аналітичний опис мінімальних поверхонь є важливою проблемою геометричного моделювання. У дослідженнях авторів роботи знайдено аналітичний опис мінімальної  $X(u, v), Y(u, v), Z(u, v)$  та приєднаної мінімальної поверхні  $X^*(u, v), Y^*(u, v), Z^*(u, v)$ , побудованих на основі ізотропних ліній на поверхні уявного катеноїда. Вказані поверхні мають рівні відповідні коефіцієнти першої квадратичної форми, тому допускають неперервне згинання одна на одну. Аналітичний опис однопараметричної множини асоційованих мінімальних поверхонь, утворених при їх неперервному згинанні, дозволяє керувати параметрами цих поверхонь при розв'язуванні різноманітних прикладних задач.

Метою роботи є знаходження аналітичного опису однопараметричної множини асоційованих мінімальних поверхонь, побудованих на основі ізотропної лінії на поверхні уявного катеноїда, віднесеної до ізометричної (або ізотермічної) сітки координатних ліній.

Рівняння однопараметричної множини асоційованих мінімальних поверхонь мають вигляд ( $\varphi \in [0; 0,5\pi]$  – параметр згинання) [1]:

$$\begin{aligned} X_\varphi(u, v) &= X(u, v) \cdot \cos \varphi + X^*(u, v) \cdot \sin \varphi; & Y_\varphi(u, v) &= Y(u, v) \cdot \cos \varphi + Y^*(u, v) \cdot \sin \varphi; \\ Z_\varphi(u, v) &= Z(u, v) \cdot \cos \varphi + Z^*(u, v) \cdot \sin \varphi. \end{aligned} \quad (1)$$

**Висновки.** Здійснено аналітичний опис однопараметричної множини асоційованих мінімальних поверхонь, побудованих на основі ізотропної лінії на поверхні уявного катеноїда, віднесеної до ізометричної (або ізотермічної) сітки координатних ліній.

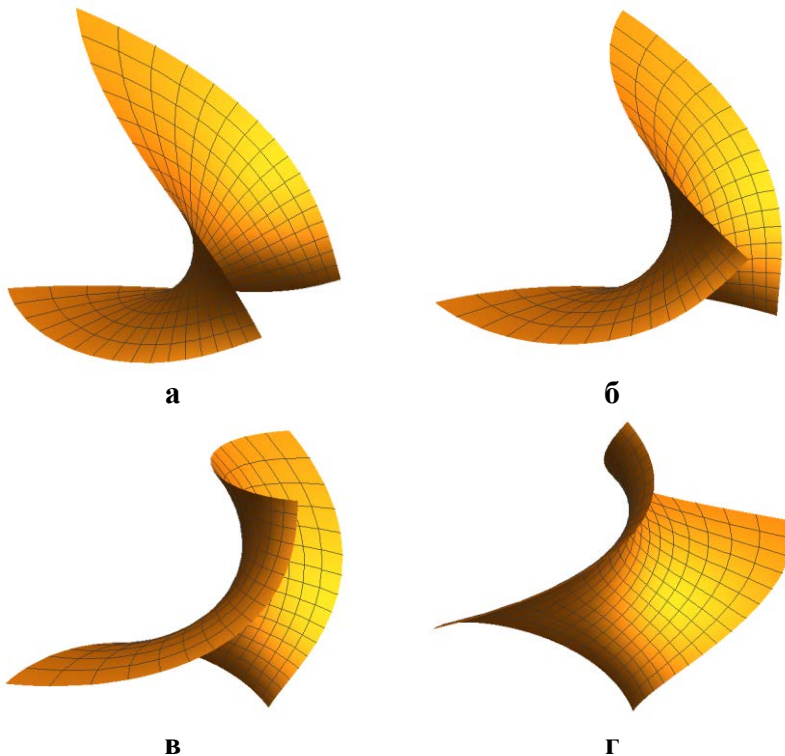


Рис. 1. Відсіки множини асоційованих поверхонь, отриманих

із (1) при: а)  $\varphi = 0$ ; б)  $\varphi = \frac{\pi}{8}$ ; в)  $\varphi = \frac{\pi}{3}$ ; г)  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ .

### Література

1. Пилипака С.Ф. Утворення ізотропних ліній та мінімальних поверхонь за допомогою плоских кривих, заданих функціями натурального параметра [Електронний ресурс] / С.Ф. Пилипака, М.М. Муквич // Наукові доповіді НУБіП України. – 2016. – №7 (64). – Режим доступу до журн.:

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7734>

## РУХ ЧАСТИНКИ ПО ГВИНТОВОМУ СПУСКУ, УТВОРЕНОМУ ГВИНТОВИМ КОНОЇДОМ І ОБМЕЖУЮЧИМ ВЕРТИКАЛЬНИМ СПІВВІСНИМ ЦИЛІНДРОМ

Частинка при русі по поверхні коноїда, віддаляючись від його осі, зустрінеться із обмежуючим циліндром і далі змушена рухатися по гвинтовій лінії (рис. 1,а). Кут підйому  $\beta$  гвинтової лінії сталий, тому рух частинки певним чином буде подібний до прямолінійного руху по похилій площині (рис. 1,б). В обох випадках прикладеними силами до частинки є: сила ваги  $mg$ , сила реакції поверхні  $N$ , сила тертя  $F_f$ . В обох випадках сила ваги розкладається на дві складові: рушійну силу  $F = mg \sin \beta$  і силу тиску частинки на поверхню  $F_p = mg \cos \beta$ . Остання спричинює рівну по величині реакцію поверхні  $N$ , яка спрямована по нормалі до неї в протилежну сторону. Сила тертя  $F_f$  спрямована в протилежну сторону від напрямку руху частинки і залежить від величини реакції  $N$ :  $F_f = fN$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя. Отже,  $F_f = fmg \cos \beta$ . Таким чином, ми можемо записати векторне рівняння  $m\vec{a} = \vec{F}$  в проекції на пряму лінію, вздовж якої рухається частинка (рис. 1,б):

$$ma = mg \sin \beta - fmg \cos \beta. \quad (1)$$

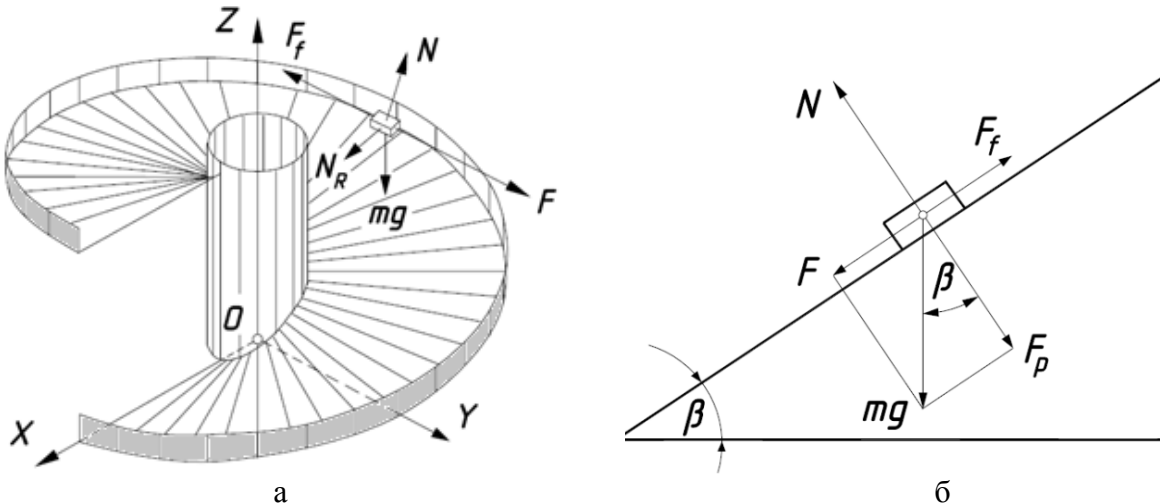


Рис. 1. Прикладені до частинки сили, яка рухається по лінії найбільшого нахилу:  
 а) рух частинки по гвинтовій лінії; б) рух частинки по прямій лінії

Швидкість і прискорення є похідними шляху  $s$  частинки по часу  $t$ :

$$V = s' = R\alpha' / \cos \beta; \quad a = V' = R\alpha'' / \cos \beta. \quad (2)$$

При русі частинки по гвинтовій лінії виникає додаткова сила тертя внаслідок ковзання частинки по внутрішній поверхні обмежуючого циліндра. Її величина визначається із виразу  $F_{fR} = f_R N_R$ , де  $f_R$  – коефіцієнт тертя частинки при ковзанні її по поверхні циліндра;  $N_R$  – сила реакції циліндра, яка спрямована перпендикулярно до його поверхні, тобто до осі циліндра (рис. 6,а). Вона рівна по величині відцентровій силі  $F_c = mR\alpha'^2$ , яка спрямована в протилежну сторону. З урахуванням цього, рівняння (1) після скорочення на масу  $m$  частинки отримаємо:

$$\alpha'' = \frac{g \cos \beta}{R} (\sin \beta - f \cos \beta) - f_R \alpha'^2 \cos \beta. \quad (3)$$

**Висновки.** Отримано диференціальне рівняння руху частинки, яка рухається вздовж гвинтової лінії під дією сили власної ваги і одночасно ковзає по поверхні коноїда і циліндра. Воно має аналітичний розв'язок і дозволяє розрахувати конструктивні параметри гвинтового спуску за відомими коефіцієнтами тертя частинки по поверхнях коноїда і циліндра.

## БЕЗСІТКОВИЙ ПІДХІД ПРИ КОМП'ЮТЕРНОМУ МОДЕЛЮВАННІ ДВОВИМІРНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ АТОМАРНИХ РАДІАЛЬНИХ БАЗИСНИХ ФУНКЦІЙ

В останні роки все частіше привертає увагу вчених використання безсіткових підходів при комп'ютерному моделюванні різних фізичних процесів. Безсіткові методи використовують набір рівномірно або довільно розподілених вузлів, в межах розглянутої області крайової задачі, до яких «прив'язуються» базисні функції.

В роботі викладена концепція безсіткового підходу для чисельного розв'язку двовимірних нестационарних задач теплопровідності з використанням атомарних радіальних базисних функцій двох незалежних змінних, яка лягла в основу розробленої системи комп'ютерного моделювання «МНТ2D». Розв'язок крайової задачі теплопровідності в системі комп'ютерного моделювання реалізується на основі комбінації методу подвійного заміщення та методу фундаментальних розв'язків з використанням атомарних радіальних базисних функцій. Метод фундаментальних розв'язків використовується для отримання однорідного розв'язку, а метод подвійного заміщення з використанням атомарних радіальних базисних функцій – для отримання частинного розв'язку. Розв'язок крайової задачі в «МНТ2D» візуалізується у вигляді поверхні, що представляє собою розподіл температурного поля в поточний момент часу.

Керуюче диференціальне рівняння нестационарної теплопровідності в замкнутій області  $\Omega \subset R^2$  обмеженій  $\Gamma$  має наступний вигляд:

$$\rho c_p \frac{\partial u}{\partial t} + g = k \nabla^2 u \quad (1)$$

де  $\rho$  – щільність;  $c_p$  – питома теплоємність при постійному тиску;  $u$  – температура;  $g$  – щільність джерел і стоків тепла;  $k$  – коефіцієнт теплопровідності.

Диференціальне рівняння теплопровідності (1) може бути зведене до послідовності неоднорідних модифікованих рівнянь Гельмгольца за допомогою процедури дискретизації за часом [1]:

$$\nabla^2 v^n - \lambda^2 v^n = -\frac{1}{\theta^2 \alpha \Delta t} u^{n-1} + \frac{1-\theta}{\theta k} g^{n-1} + \frac{g^n}{k} \quad (2)$$

де  $v^n = u^n - \frac{1-\theta}{\theta} u^{n-1}$ ,  $0 < \theta \leq 1$  – ваговий коефіцієнт;  $u^n = u(\bar{x}, n\Delta t)$ ;  $g^n = g(\bar{x}, n\Delta t)$ ;  $\Delta t$  – крок

за часом;  $\lambda^2 = \frac{1}{\theta \alpha \Delta t}$ ,  $\alpha = \frac{k}{\rho c_p}$  – коефіцієнт температуропровідності.

На кожному часовому кроці буде розв'язуватись крайова задача з керуючим диференціальним рівнянням Гельмгольца, для розв'язання якої застосовується комбінація методу подвійного заміщення [1] з використанням атомарних радіальних базисних функцій з методом фундаментальних розв'язків [2].

1. *Ingber M. S.* A mesh free approach using radial basis functions and parallel domain decomposition for solving three-dimensional diffusion equations / M. S. Ingber, C. S. Chen, J. A. Tanski // Intern. J. for Numerical Meth. in Eng. — 2004. — Vol. 60, № 13. — P. 2183 – 2201.

2. *Bogomolny A.* Fundamental solutions method for elliptic boundary value problems / A. Bogomolny // SIAM J. on Numerical Analysis. — 1985. — Vol. 22. — P. 644 – 669.

## ОБ ОДНОМ СВОЙСТВЕ УЗЛОВ ДЕРЕВА ШТЕРНА-БРОКО В ТЕРМИНАХ НЕПРЕРЫВНЫХ ДРОБЕЙ

В статье доказывается теорема, позволяющая идентифицировать рациональные числа, принадлежащие  $n$ -му слою дерева Штерна – Броко, по их разложению в непрерывную дробь, а именно показывается, что по сумме коэффициентов непрерывной дроби для рационального числа (высоте рационального числа) можно наперед определить номер слоя, которому принадлежит это число. При этом существенно используется представление чисел дерева Штерна – Броко в виде строки, состоящей из букв  $L$  и  $R$ . Если дополнительно договориться ассоциировать с символами  $L$  и  $R$  матрицы  $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$  и  $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$  соответственно, то процесс преобразования узла дерева Штерна – Броко, заданного двоичным кодом, в обыкновенную дробь сведется к перемножению квадратных матриц второго порядка. Кроме того, можно определить предков этой дроби. Например, подставляя вместо  $L$  и  $R$  соответствующие им матрицы, вычислим произведение

$$L^2RL = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 5 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Предками искомого числа являются дроби  $\frac{1}{3}$  и  $\frac{2}{5}$ . Пользуясь правилом построения дерева Штерна – Броко, получаем, что искомое число равно  $\frac{3}{8}$ .

### *Определение.*

Высотой положительного рационального числа  $n$  называется сумма коэффициентов цепной дроби, соответствующей этому числу, то есть для

$$n = \langle q_0, q_1, \dots, q_k \rangle$$

высотой будет число

$$h(n) = q_0 + q_1 + \dots + q_k.$$

### *Лемма.*

В  $(k+1)$ -слое дерева Штерна - Броко находится ровно  $2^k$  узлов, последовательность двоичных кодов которых имеет вид  $L^k, L^{k-1}R, \dots, R^k$ .

### *Теорема.*

Множества рациональных чисел высотой  $k$  и чисел, лежащих в  $k$ -м слое дерева Штерна - Броко равны.

**Выводы.** В статье доказана теорема, дающая связь между рациональными числами высоты  $k$  и узлами  $k$ -го слоя дерева Штерна – Броко. Приведены примеры, поясняющие рассмотренные понятия и теоремы.

1. Арнольд В.И. Цепные дроби / В.И. Арнольд.- М.: МЦНМО, 2000. - 40 с.
2. Брюно А.Д. От диофантовых приближений до диофантовых уравнений / А.Д. Брюно // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. – 2016. – Вып. 1. – 20 с.
3. Грэхем Р. Конкретная математика. Основание информатики. / Р. Грэхем, Д. Кнут, О. Паташник.- М.: Мир, 1998. - 703 с.
4. Дэвенпорт Г. Высшая арифметика. Введение в теорию чисел / Г. Дэвенпорт. -М: Наука, 1965. -176 с.
5. Ряды Фарей и цепные дроби: Олимпиадная математика СУНЦ МГУ им. М.В. Ломоносова – школа им. А.Н. Колмогорова, [Электронный ресурс].-М., 2014 – Режим доступа: <http://math.mosolymp.ru/upload/files/2014/AESC/rounding/2013-11-20-farey-sequence.pdf>

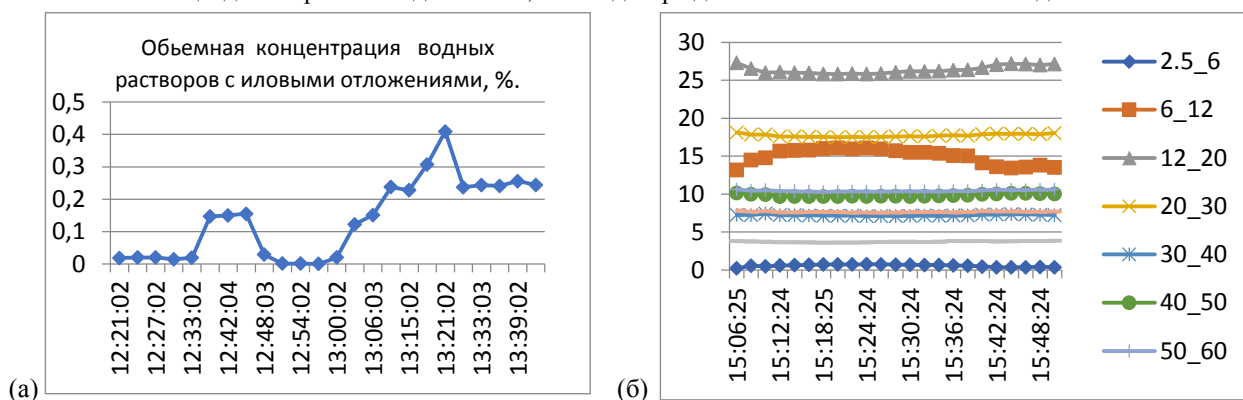
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МЕТОДОМ МАЛОУГЛОВОЙ ДИФРАКЦИИ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Определения гранулометрического состава проб взвешенных наносов, а также донных отложений ранее освоенной методике - на разделении частиц наносов по их диаметру ситовым методом в диапазоне частиц с диаметром от 1 до 10 мм. Так как основная масса частиц находится в области менее 0,1 мм, актуальным является разработка методов и устройств для их реализации в реальном масштабе времени. Определение гранулометрического состава производится способом объемной концентрации взвешенных частиц с пробами малого диаметра от 1-120 мкм. Масса пробы не взвешивается, результат распределения частиц по градациям производится по величине объема частиц одинакового размера в эталонном объеме кюветы равном порядка 5 мл. Кривая распределения гранулометрического состава строится на основе показаний суммарных объемов частиц равных диаметров в кювете, которые фиксируются с помощью лазерного луча.

Все данные в виде кривой распределения отражаются на мониторе компьютера. При этом диапазон размеров частиц в различных испытываемых пробах колеблется в разных пределах. Диапазон диаметров частиц, которые определяют на ИДЛ-1М и распределяется как относительное количество в размерном спектре. Прибор охватывает часть диапазона диаметра частиц, который определяют по фракциометру с диаметром от 0.2 мм до 0.05 мм и часть диапазона, который определяет с применением пипетки – от 0.05 мм до 0.001 мм. Работа по использованию прибора ИДЛ-1М для определения гранулометрического состава речных наносов может быть продолжена с наносами как однородного, так и неоднородного мелкофракционного состава.

В данном исследовании используются результаты гранулометрического состава донных отложений на правобережной пойме р. Белая Тиса в районе с. Деловое, сформировавшихся в результате эрозионных размывов при весеннем снеготаянии и дождевых паводков. На рисунках приведены данные о объемной составляющей (а) в течении часа и о гранулометрическом составе проб(б), отобранных в почвенном разрезе вертикального обрушения правого берега. Как видно из приведенных данных, пойма сложена из очень мелким и достаточно однородных по размерам материалов. В образцах до 70% преобладают пылевато-иловатые частицы диаметром от 5 до 50 мкм, что подтверждалось аттестованными методами.



Парные образцы для повторного определения гранулометрического состава выбирались из одной и той же пробы. Процентное распределение по фракциям в этих парах в большинстве случаев вполне согласуются между собой, что говорит о надежности методики анализов. Значительные колебания в процентном содержании отдельных фракций могли быть обусловлены как действительным различием (неоднородностью) донного (почвенного) материала, так и несовершенством методики работ при выполнении анализа.

В дальнейшем предполагается отобранные образцы иловато-пылеватых частиц диаметром от 0,2 до 0,005 мм обработать с помощью прибора ИДЛ-1М, но предварительно взвесив помещенную в прибор пробу. Таким образом, можно сопоставить объемный способ нашим измерителем и весовой. Для калибровки прибора приготовлено более двадцати навесок в диапазоне диаметров от 0,2-0,005 мм. По разработанной методике впервые определены размерные спектры частиц в реальном водном бассейне при движении воды при ее «заборе» непосредственно с реки. На следующем этапе эти измерения проведены для всех основных типов грунтов с тем, чтобы получить таблицы перехода от геометрических размеров частиц к их массе в пробах взвешенных наносов и донных отложений. Вводя соответствующий коэффициент, в частности удельный вес песка можно определять уже массу переносимых рекой иловых отложений. Результаты наших измерений, передаваемые на удаленный пункт важны для, прогнозирования поведения берегов рек, планирования работы по их укреплению.

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ КОМБІНАТОНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В СЕМАНТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ

Для інтелектуалізації систем баз даних використовують семантичне моделювання, яке дозволяє визначати глибше сутність заданого об'єкта. Воно полягає в тому, що предмет (сутність) необхідно покрити ознаками, які його максимально характеризують. В цьому разі виникає задача покриття, яка відноситься до задач розбиття комбінаторної оптимізації. Аргументом цільової функції в ній є розбиття  $n$ -елементної множини на підмножини [1]. Суть цієї задачі така: необхідно знайти таке розбиття, при якому певний об'єкт максимально покривається мінімальною кількістю ознак при виконанні умови, а саме: кількість однакових у різних кластерах елементів повинна бути мінімальною.

Ознаки розділяються на такі, які характеризують лише заданий об'єкт, за якими досить просто його визначити в базі даних. В цьому випадку задача є розв'язною. Якщо однакові ознаки описують різні об'єкти, але за допомогою диференціального аналізу можна знайти потрібний об'єкт, то така задача є частково розв'язною. Якщо одні і ті ж ознаки характеризують різні об'єкти і за ними не можна ідентифікувати пошукуваний, то виникає ситуація невизначеності. В цьому разі для розв'язання поставленої задачі необхідні додаткові умови чи інші правила пошуку.

Необхідний об'єкт у базі даних знаходиться за певними ознаками, які його описують, або за самим об'єктом. Задача знаходження об'єкта в базі даних за певними ознаками розділяється на підзадачі, аргументом цільової функції в яких є розміщення без повторень та сполучення без повторень. Ці комбінаторні конфігурації утворюються вибиранням елементів із двох базових множин. Як видно з постановки задачі, пошук еталону, подібного до вхідного, потребує повного перебору. Цю задачу можна звести до розв'язної шляхом структуризації бібліотеки еталонів за певними ознаками, які визначають предметну область. Тобто, на етапі структуризації бібліотеки розв'язується задача кластеризації, аргументом цільової функції в якій є розбиття  $n$ -елементної множини на підмножини.

Задача кластеризації полягає в розбитті заданої множини  $A$  на кластери так, щоб змодельована цільова функція набувала оптимального значення. Вхідні дані в ній є числове значення подібності між певними ознаками, які є елементами заданої базової множини.

**Висновки.** Отже, при семантичному моделюванні мають місце такі задачі комбінаторної оптимізації як покриття та кластеризація. Покриття об'єктів певними ознаками проводяться таким чином, щоб вони повністю його покривали. При цьому ці ознаки можуть характеризувати як один об'єкт, так і декілька. Серед них можна виділити розв'язні задачі та нерозв'язні. Пошук у базі даних певного об'єкта проводиться двома способами, а саме: за певними ознаками знаходиться один або кілька об'єктів, які описуються вхідними даними, або за заданим об'єктом порівнянням з одним або кількома еталонами встановлюється пошукуваний об'єкт.

1. Тимофеева Н.К. О природе неопределенности и переменных критериях в задачах разбиения / Н.К. Тимофеева // Проблемы управления и информатики.– 2009, – № 5. – С. 88–99.



## TO QUESTION OF CALCULATION AND FOUNDATION OF MATHEMATICS

The problems of calculation and foundation of mathematics have long history [1,2]. This problem is connected with problem simplicity-complexity, which is central problem for each science. Roughly speaking it is the problem of optimal formalization of knowledge. This problem is beginning from famous Archimedes phrase: “Give me fulcrum and I’ll reverse Universe” [1].

Therefore this problem is basic for the creation new science. It was used by Aristotle, Descartes, Newton and other researches. But each science must be optimal system.

So problem of complexity is one of central problem in modern mathematics and cybernetics [1 – 5]. This problem is caused in synthetically sciences. Roughly speaking it has two aspects: system (problem of century in cybernetics according S. Beer [1, 3]) and computational (problem of computational complexity [1, 4, 5]. Last problem is included in basic problems of modern mathematics (Smale problems) [1, 4, 5].

As variant of resolution system aspect of problem complexity in cybernetics may be problem simplicity – complexity, which is included in Polymetric Analysis (PA) (universal system of analysis, synthesis and formalization of knowledge) as principle simplicity. Basic elements of this theory – functional numbers is generalizing of quadratic forms.

Hybrid theory of systems (HTS) as element of PA is created on the basis principles (criteria) of reciprocity and simplicity [1, 3 – 5]. Only 10 minimal types of formalization system may be used. But number of real systems may be infinite. These systems are differed by step of its complexity. It is may be represented as answer on the one of basic question of modern theory of systems [1, 3 – 5] about possible number of systems and its classification with point of simplicity – complexity[1, 3 – 5].

Therefore HTS may be represented as variant of resolution the problem of century in cybernetics according S. Beer and may be used for the resolution problem of computational complexity (theory of informative calculations, TIC) [1, 3 – 5].

Theory of informative calculations may be represented as variant of resolution of computational complexity[1, 3 – 5].

**Conclusions.** We show, that problem of calculation is the central problem of mathematics and therefore must be represented as basis of foundation of mathematics. The polymetric analysis is based on the functional expansion of number and calculations as elements of measure, may be represented as universal system of analysis, synthesis and formalization of knowledge. It may be interpreted as foundations of mathematics and theoretical foundation of computing science.

1. Trokhimchuck P.P. Mathematical foundations of knowledge. Polymetrical doctrine. – Lutsk: Vezha-Print, 2014. – 624 p. (In Ukrainian)
2. Bogachevskiy Yu. Formalism and intuitionism in mathematics// Transactions of Shevchenko Scientific Society, vol. 31, 1937. – P. 81 – 98 (In Ukrainian)
3. Trokhimchuck P.P. Problem of Simplicity-Complexity in Modern Science and Polymetrical Analysis // International Journal of Engineering Research and Management, vol.3, is.7, 2016. – P. 86-95.
4. Trokhimchuck P.P. Theories of Open Systems: Realities and Perspectives.// International Journal of Innovative Science and Research Technology. Vol. 2, is. 4, 2017. – P. 51-60.
5. Trokhimchuck P.P. Problem of complexity in modern cybernetics and computing science and ways of their resolution/ // Bulletin of Kherson National Technical University, No. 3(58), 2016. – P. 292-296

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДОВГОСТРОКОВИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ГРУНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Запропоновано методикау передпрогнозного фрактального аналізу часових рядів (довгострокового типу) задля дослідження фізико-механічних параметрів (електропровідності) ґрунтів сільськогосподарського призначення при їх вивченні за допомогою сучасних польових інформаційних машин. Вказана методика базується на послідовному R/S – аналізі. На основі цієї методики можна визначити рівень персистентності, розрахувати середню величину неперіодичного циклу часових рядів, встановлювати інвестиційну якість (дохідність) активів, вкладених у виробництво, конструювання та сервіс польових інформаційних машин, котрі досліджують, зокрема, електропровідність ґрунтів сільськогосподарського призначення, і які представляються часовими рядами (типу фінансових часових рядів). В межах цієї методики запропоновано критерії визначення середньої довжини періодичного та неперіодичного циклів, на основі згладжування V – статистики за допомогою звичайних плинних середніх та адаптивної плинної Кауфмана.

### ВИСНОВКИ

1. У роботі запропонована методика перед прогнозного фрактального аналізу часових рядів, сформульовано критерії для визначення середньої довжини періодичного і неперіодичного циклів та інших фрактальних характеристик. Результати аналізу можуть бути застосовані для дослідження тенденцій зміни питомої електропровідності ГСП з плином часу при різних схемах обробки цього ґрунту для відбору найбільш якісних з них з точки зору впливу на врожайність сільськогосподарських культур, висаджених на полях. При цьому моніторинг ГСП (його фізичних характеристик, зокрема, електропровідність) здійснюється за допомогою ПІМ (польових інформаційних машин).
2. На основі проведених досліджень за допомогою комп'ютерного моделювання було підтверджено, що більшість часових рядів, які характеризують зміну питомої електропровідності ГСП з плином часу (при проведенні тієї чи іншої системи заходів щодо його обробки задля підвищення врожайності висаджених сільськогосподарських культур), є більш або менш персистентними й наділені довготривалою пам'яттю про свої початкові умови.
3. Слід зазначити, що H – траєкторія для малих значень  $\tau$  деякого часового ряду демонструє різку зміну тенденції на спадання, причому значення  $H_\tau$  опиняються нижче рівня  $E\left(\frac{R_\tau}{S_\tau}\right)$ , тоді це може свідчити про те, що ряд не належить до часових рядів з довгою пам'яттю. Але остаточний висновок можна зробити, враховуючи показник Херста, який у цьому випадку буде близьким або меншим за теоретичний показник  $E\left(\frac{R_\tau}{S_\tau}\right)$ .

1. Parzen E. Long memory of statistical time series modeling / E.Parzen // Texas A & M University, NBER/NSF Time Series Conference, 2004. – 10p.

2. Hurst H.E. Long – Term Storage Capacity of Reservoirs / H.E. Hurst // Transactions of the American Society of Civil Engineers. – 1951. – Vol. 116. P. 770 – 799.

## ЗМІСТ

### Секція:

#### *Математичне моделювання фізичних і технологічних процесів і технічних систем.*

- 1 **АБРАМОВ Г.С., АБРАМОВ М.Г., БАРДАЧЁВ Ю.Н.** 5  
Распределение числа частиц окислов  
в зоне внутреннего окисления бинарных сплавов
- 2 **АБРАМОВ О.Д., АБРАМОВ Г.С.** 6  
Економетричний аналіз валового продукту і транспортної галузі України  
та Херсонської області
- 3 **БРАЗЛУК Ю.В., ЕВДОКИМОВ Д.В., КОЧУБЕЙ А.А., ШУЛЬГА Р.А.** 7  
Применение метода граничных элементов для расчета течения Пуазейля  
в каналах сложного поперечного сечения
- 4 **ГАЛЬЧЕНКО В.Я., ТРЕМБОВЕЦЬКА Р.В., ТИЧКОВ В.В.** 8  
Нейромережева метамодель циліндричного накладного вихрострумowego  
перетворювача як складова сурогатного оптимального синтезу
- 5 **ГОМЕНЮК С.І., ГРЕБЕНЮК С.М., КЛИМЕНКО М.І., МІЗЕРНА О.Л.** 9  
Математичне моделювання в'язкопружного деформування композитних  
віброізоляторів
- 6 **ГОРБАЧУК В.М., ДУНАЄВСЬКИЙ М.С., СУЛЕЙМАНОВ С.-Б.** 10  
Математичне моделювання міжнародної конкуренції
- 7 **ДИКТЕРУК М.Г., КРАВЧУК В.Т., ЧОВНЮК Ю.В., ЗАСЛУЖЕННИЙ А.С.** 11  
Исследование закономерностей движения сыпучих материалов в вертикальных  
ёмкостях (силосы/бункеры): мониторинг статического напряжённого состояния  
и анализ истечения по второй форме в общей постановке

8	<b>ЗАЩЕПКИНА Н.М.,СМИРНОВ М.Ю.,КУЗЬМЕНКО К.А.</b>	12
	Моделювання процесу визначення пилу в робочих приміщеннях	
9	<b>КАГАДІЙ Т.С., БІЛОВА О.В., ЩЕРБИНА І.В.</b>	13
	Деякі прийоми розв'язання лінійних та нелінійних задач механіки	
10	<b>КОВЧ О.І., СТРЕЛЬНІКОВА О.О.</b>	14
	Аналіз схем прикладання навантажень при моделюванні міцності зварних швів з урахуванням взаємного впливу різних дефектів	
11	<b>КОНДРАТЬЕВА И.Ю., РУДАКОВА А.В., ПОЛИВОДА О.В.</b>	15
	Моделирование акустических сигналов электрооборудования методом авторегрессии скользящего среднего	
12	<b>СИВАК И.Н., КРАВЧУК В.Т., ЧОВНЮК Ю.В.</b>	16
	Уточнённый анализ взаимодействия вибрационной формы с бетонной смесью при разнонаправленных колебаниях	
13	<b>КРЮТЧЕНКО Д.В.</b>	17
	Компьютерное моделирование вынужденных колебаний жидкости в призматическом резервуаре	
14	<b>КЫЛЫННЫК В.Ю., ГНИТЬКО В.И., НАУМЕНКО Ю.В., РОЗОВА Л.В.</b>	18
	Численное моделирование колебаний жидкости в составных оболочках вращения при перегрузках	
15	<b>ЛИТВИНЧУК Д.Г., ГАВРИЛЕНКО В.О., ПОЛИВОДА В.В., ПОЛИВОДА О.В.</b>	19
	Математична модель динаміки вологості та температури зерна в процесі сушіння	
16	<b>ЛЯШЕНКО В.П., ДЕМ'ЯНЧЕНКО О.П.</b>	20
	Моделювання процесу теплообміну у валковому кристалізаторі	

17	<b>МАЗМАНИШВИЛИ А.С., ЛАПТЕВ Д.В.</b>	<b>21</b>
	Математическое моделирование динамики диссипативных квазибризеров в обобщённой модели одномерной решётки Хироты	
18	<b>МАСНУЛІАНСЬКІ О.У., БАВУСН В.В., МАСНУЛІАНСЬКІ У.О.</b>	<b>22</b>
	Modeling of an electromagnetic response of single-layer nanocomposite coatings	
19	<b>МИРГОРОД В.Ф., ГВОЗДЕВА И.М., ДЕМИРОВ В.В.</b>	<b>23</b>
	Трендовые статистики при негауссовом распределении данных регистрации состояния СЭУ	
20	<b>МИХАЛЕВ А.И., ЗИМОГЛЯД А.Ю., ГУДА А.И., КОВТУН В.В.</b>	<b>24</b>
	Моделирование фрактальных структур функциональных покрытий с учетом скорости напыления	
21	<b>МОСКАЛЕНКО Р.П., ЗАЙДЕНВАРГ О.Л., ТИШКОВЕЦ О.В., СТРЕЛЬНИКОВА О.О.</b>	<b>25</b>
	Комп'ютерне моделювання довговічності елементів гідротурбінного обладнання за наявністю дефектів типу тріщин	
22	<b>НІКУЛІНА Т.М., НІКУЛІНА А.М., ГОМАН О.Г.</b>	<b>26</b>
	Ударна взаємодія круглого тіла та поверхні ідеальної нестисливої рідини	
23	<b>ПЕТРИК М.Р., МИХАЛИК Д.М., ПЕТРИК О.Ю., КОРДЯК І.В.</b>	<b>27</b>
	Числове моделювання для задачі ретроспективної ідентифікації кінетичних параметрів процесу відтиску в середовищах частинок мікропористої структури	
24	<b>ПОЛЯКОВ В.А., ХАЧАПУРИДЗЕ Н.М.</b>	<b>28</b>
	Переходные режимы продольного движения магнитолевитирующего поезда	
25	<b>СЕМЕНЕНКО В.Н., АНДРЕЙЦЕВ А.Ю., КРИЖАНОВСКАЯ Т.В., СЕМЕНЕНКО Т.Н.</b>	<b>29</b>
	Управление креном высокоскоростных подводных суперкавитирующих аппаратов	

26	<b>СМЕТАНКІНА Н.В., УГРІМОВ С.В.</b>	<b>30</b>
	Математичне моделювання відгуку багатопарового скла на вибухове навантаження з урахуванням фази розрідження	
27	<b>ТАРАСОВ С.В., РЕДЧИЦ Д.А., ТАРАСОВ А.С., МОЙСЕЕНКО С.В.</b>	<b>31</b>
	Численное моделирование аэродинамики симметричных и несимметричных профилей	
28	<b>ХОДАКОВ В.Е., СОКОЛОВ А.Е., ВЕСЕЛОВСКАЯ Г.В.</b>	<b>32</b>
	Моделирование динамических мотивационных процессов обучаемых, рассматриваемых в рамках сложных, нестационарных задач	
29	<b>KNODUSOV V.D., PINNASTYI M.O.</b>	<b>33</b>
	About methods of research of stability of stream parameters of production lines	
30	<b>ХОМЧЕНКО А.Н., ЛИТВИНЕНКО О.І., АСТІОНЕНКО І.О.</b>	<b>34</b>
	Неполіноміальні аналоги поліномів Ерміта-Кунса третього порядку	
31	<b>ЯРЕЦЬКА Н.О., РАМСЬКИЙ А.О.</b>	<b>35</b>
	Застосування maple для розв'язку контактної задачі про тиск жорсткого кільцевого штампа на півпростір з початковими напруженнями	

**Секція:**

***Інформаційні технології. Моделювання інформаційно-керуючих систем. Прогнозування та запобігання техногенних і екологічних катастроф. Інженерні науки. Економічні науки.***

1	<b>АБДУЛСАЛАМ ХАФЕД І.С.</b>	<b>37</b>
	Конечно-разностная модель динамики зубчатых передач	
2	<b>АКСАК Н.Г.</b>	<b>38</b>
	Основи побудови мультиагентних систем розподіленої нейромережевої обробки великих даних	

3	<b>АМЕЛІН М.Ю., НЕГРУЦА Р.Ю., БЕЗБАХ О.М.</b>	<b>39</b>
	Механічні властивості модифікованих епоксидних покриттів	
4	<b>АХМЕТШИНА Л.Г., ЕГОРОВ А.А.</b>	<b>40</b>
	Повышение контраста цветных изображений на основе нечеткой кластеризации и анализа независимых компонент	
5	<b>БАКЛАН І.В.</b>	<b>41</b>
	Як можна почути часовий ряд	
6	<b>БАРАНЕНКО В.О., ВОЛЧОК Д.Л.</b>	<b>43</b>
	Задачі аналізу та оптимального проектування пружних систем в умовах застосування основних означень теорії нечітких множин	
7	<b>БЄЛИХ Д.Г., СКОРОМНА С.Ф., ТКАЧЕНКО В.І.</b>	<b>44</b>
	Прямі мартенситні перетворення вуглецевих сталей	
8	<b>БОГАЦЬКА А.С., САВЧЕНКО Л.М., ВОРОНЦОВА Д.В.</b>	<b>45</b>
	Розробка 3d персонажа комп'ютерної гри	
9	<b>БРЕСКІНА Л.В., ШУВАЛОВА О.І.</b>	<b>46</b>
	Експериментальне залучення майбутніх вчителів математики до дистанційного навчання	
10	<b>БРОВАРЕЦЬ О.О.</b>	<b>47</b>
	Математичне моделювання функціонування інформаційно-технічної системи локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь для забезпечення належної ефективності агропромислового виробництва	
11	<b>ВЕНГРОВИЧ Д.Б., ГОРОВЕНКО А.П.</b>	<b>48</b>
	Програмно-експериментальний комплекс для дослідження фільтрації флюїду пористим середовищем в полі акустичних хвиль	

12	<b>ВОЛКСОВСКИЙ О.С., КОВЫЛИН Е.Р.</b>	49
	Компьютерная система интеллектуального семантического поиска с использованием генерации текстов	
13	<b>ВОЦЕЛКА С.А., РОЖКОВ С.А.</b>	50
	Новый адаптивный метод синтеза закона управления бьефа ирригационного канала	
14	<b>ГАРЯЧЕВСЬКА І.В., МОВЕНКО С.Ю.</b>	51
	Розробка штучних нейронних мереж для прогнозування споживання електроенергії	
15	<b>ГАРЯЧЕВСЬКА І.В., СИДОРОВ Д.Г.</b>	52
	Розрахунок окупності впровадження сонячної електростанції	
16	<b>ГНАТУШЕНКО В.В., КАВАЦ О.О., ГНАТУШЕНКО Вік.В., КІБУКЕВИЧ Ю.О., КАВАЦ Ю.В.</b>	53
	Використання радарної зйомки Sentinel-1 для моніторингу лісів	
17	<b>ГРИЦИК В.В.</b>	54
	Систематизація завдань інформаційних технологій епохи 4-ї промислової революції	
18	<b>ДАВИДОВСЬКИЙ М.В.</b>	55
	Порівняння фрагментарних методів знаходження відображень онтологічних контекстів	
19	<b>ДАВИДЧЕНКО Д.В., БЕГЛОВ К.В.</b>	56
	Исследование нечеткого регулятора мощности энергоблока АЭС	
20	<b>ДИКТЕРУК М.Г., КРАВЧУК В.Т., ЧОВНЮК Ю.В., КОБЕЦ М.С.</b>	57
	Моделирование и анализ систем управления микроклиматом помещений музеев: применение fuzzy-контроллеров, поддержание желаемого индекса дискомфорта (посетителей, экспонатов, самого помещения)	



21	<b>ДМИТРИЕВА И.С., СМОЛЯНОВ С.А.</b>	<b>58</b>
	Приложение для расчета параметров алюминиевого электролизера	
22	<b>ДОРОШ Н.Л., ГАЛУЗОВА А.М.</b>	<b>59</b>
	Характеристика Jsxgraph-бібліотеки та її використання у веб-додатку для аналізу часових рядів	
23	<b>ДУБРОВИН В.И., ИКОЛ С.А.</b>	<b>60</b>
	Анализ методов распознавания и отслеживания объектов на видеопоследовательности	
24	<b>ДУМАНСКАЯ В.В., МАРЧЕНКО В.С., СИДОРОВА Н.В., ДОЦЕНКО Ю.В.</b>	<b>61</b>
	Исследование зон деформации покрытий из ФЭМ с измененной геометрической формой основания	
25	<b>ЄДИНОВИЧ М.Б., БАЙРАК І.В., КАРПЕНКО С.Л.</b>	<b>62</b>
	Застосування моделей дискретних автоматів при програмуванні програмованих логічних контролерів	
26	<b>ЄМЕЛЬЯНОВ С.В., ФОНАР Л.С.</b>	<b>63</b>
	Визначення стаціонарного режиму роботи роторної машини	
27	<b>ЖЕЛЄНКО В.О., ЛОЖЕЧНИКОВА Н.В.</b>	<b>64</b>
	Удосконалення автоматичної системи регулювання мікроклімату в приміщенні	
28	<b>ЗАЩОЛКІН К.В., ІВАНОВА О.М.</b>	<b>65</b>
	Забезпечення контролю цілісності програмного коду frga-базованих пристроїв	
29	<b>КОРАБЛЕВ Н.М., ФОМИЧЕВ А.А.</b>	<b>66</b>
	Гибридная модель автоматической классификации объектов на основе модели иммунной сети и нечеткой подхода	

30	<b>КОРЧИНСЬКИЙ В.М., СВИНАРЕНКО Д.М.</b>	67
	Просторово-інваріантне подання багаспектрспектральних видових даних дистанційного зондування	
31	<b>КОШОВИЙ М.Д., КОШОВА І.І., КОСТЕНКО О.М.</b>	68
	Застосування методів оптимізації, оснований на коді Грея, для дослідження технологічних процесів і приладів	
32	<b>КРАВЧУК В.Т., СИВАК І.Н., ЧОВНЮК Ю.В.</b>	69
	Концептуальные основы моделирования и анализа процесса вибрационного уплотнения бетонных смесей	
33	<b>КРИВОХАТА А.Г., КУДІН О.В., ЛІСНЯК А.О.</b>	70
	Методи глибинного навчання у задачах машинного слуху	
34	<b>КУНЦІН М.В., УСОВ А.В.</b>	71
	Возможности повышения эксплуатационных характеристик рабочих поверхностей цилиндров технологическими методами	
35	<b>ЛІСІНА О.Ю., ВАСИЛЬЧУК Т.С.</b>	72
	Моделювання режимів з нелінійностями при дослідженні теплового поля безсітковими методами	
36	<b>ЛОЖЕЧНИКОВ В.Ф., ЛЮТЕНКО Ю.М.</b>	73
	Особенности синтеза оптимальной асу газо-воздушным трактом барабанного котла	
37	<b>ЛУБ'ЯНИЙ П.В., СЕЛІВЕРСТОВ І.А., КАЛІМБЕТ Р.В.</b>	74
	Використання оцінок якості перевезень пасажирів при управлінні роботою маршрутної системи міста	
38	<b>МАРТИНОВ В.Л., ВІРЧЕНКО Г.А.</b>	75
	Визначення раціональної орієнтації вікон енергоефективних будівель кампусів	

39	<b>МАЦУЙ А.М., КОНДРАТЕЦЬ В.О.</b>	76
	Теоретичне дослідження зв'язків показників процесу подрібнення з параметрами концентрації крупних фракцій руди	
40	<b>МЕЛЬНИК И.В., ПЯСЕЦКАЯ Н.И., ПОЧИНОК А.В.</b>	77
	Математическое моделирование электродных систем газоразрядных пушек, формирующих трубчатые электронные пучки	
41	<b>НАЗІРОВА Т.О., НАЗІРОВ Е.К.</b>	78
	Обработка данных за допомогою технології Neural Network	
42	<b>НОСОВ К.С., МУХА І.П., БАКЛАН І.В.</b>	79
	Графові моделі даних в системі керування структурованим інформаційним наповненням	
43	<b>ОМЕЛЬЧУК А.А., ЛЕБЕДЕНКО Ю.О., ПОЛИВОДА О.В.</b>	81
	Комп'ютеризовані системи управління у інтегрованих пташиних і рибних господарствах	
44	<b>ОШАРОВСКАЯ Е.В., ПАТЛАЕНКО Н.А., ОШАРОВСКИЙ И.В.</b>	82
	Алгоритмы выбора порогов ограничения спектральных коэффициентов при обобщенном Фурье-анализе текстур изображений высокой четкости	
45	<b>PRYKHODKO S.B., PRYKHODKO N.V., MANDRA A.V., YAREMA A.Y.</b>	83
	The non-linear regression equation to estimate the software size of VB-based information systems	
46	<b>РОМАНЮК С.О.</b>	84
	Особливості рендерингу зображення обличчя людини для проведення пластичної операції	
47	<b>РЯБОВ С.Г., РОЖКОВ С.А., ТИМОФЕЕВ К.В.</b>	85
	Анализ импульсного режима работы электролизера в системе резервного электропитания судна	

48	<b>САФАРОВ О.О.</b>	<b>86</b>
	Підвищення візуальної якості та деталізації зображень вегетаційних індексів	
49	<b>СІМАНЕНКОВ А.Л., РОЖКОВ С.О.</b>	<b>87</b>
	Моделювання суднового двотактного двигуна внутрішнього згоряння за його індикаторною діаграмою	
50	<b>СОХАЦЬКИЙ А.В., СОХАЦЬКИЙ О.А., МАЛЕНКО Є.В.</b>	<b>88</b>
	Метод оцінки аеродинамічних характеристик наземних транспортних засобів	
51	<b>СТОЛЯРЕНКО Н.В.</b>	<b>89</b>
	Применение аппарата имитационного моделирования в гибком производстве	
52	<b>СУШКО Л.Ф.</b>	<b>90</b>
	Математичне моделювання процесу розпізнавання технічного стану зубчастих передач	
53	<b>ТЕРНОВАЯ Т.И., КАШТАЛЬЯН П.В., РОЖКОВ С.А.</b>	<b>91</b>
	Проблемы распознавания объектов в информационно-управляющих комплексах	
54	<b>ТОМАСHEVSKII V.M., OLIYNIK Y.O., YASKOV V.V., ROMANCHUK V.M.</b>	<b>92</b>
	Realtime text stream anomalies detection	
55	<b>ХОШАБА А.М.</b>	<b>93</b>
	Моделирование процессов нагрузочных воздействий и восстановлений производительности вычислительных систем	
56	<b>ЦАРЕНКО М.О., ПОНОМАРЕНКО О.В.</b>	<b>94</b>
	Навчально-методичне доповнення щодо вивчення теми «Комп'ютерні віруси та боротьба з ними»	
57	<b>ЧОПОРОВ С.В.</b>	<b>95</b>
	Представление вычислительных сеток в системах инженерного анализа	

*Секція:*

*Прикладна геометрія та комп'ютерні технології. Фундаментальні науки.*

- 1 **АРШАВА Е.А., ХАРЧЕНКО А.П., ПОКЛОНСКИЙ Е.В., БАБАЕВА Е.В.** 97  
Статистические решения системы уравнений магнитной гидродинамики
- 2 **БАРДАЧОВ Ю.М., ТУЛУЧЕНКО Г.Я.** 98  
Форми опису інтерполяційних сплайнів в системах символічної комп'ютерної математики
- 3 **БЕЛЯЕВА И.Н., ЧЕКАНОВ Н.А., ЧЕКАНОВА Н.Н.** 99  
Решение уравнений движения для ангармонических осцилляторов и осциллятора дюффинга методом Линдстедта-Пуанкаре и квантование найденных траекторий движения
- 4 **БЕРДНИК М.Г.** 100  
Математична модель і метод рішення узагальненої задачі теплообміну конуса, який обертається
- 5 **БЛАЖЕВСЬКИЙ С.Г.** 101  
Про одну задачу теплопровідності для двошарового симетричного простору
- 6 **ВАХНЕНКО В.О., ПАРКЕС Е.Дж.** 102  
Взаємодія солітонів із близькими швидкостями
- 7 **ВОЙТИК Т.Г. ПОЛЕТАЕВ Г.С., ЯЦЕНКО С.А.** 103  
Два специальных решения родственной типа Римана-Гильберта-Привалова краевой задачи с рациональными коэффициентами
- 8 **ВОРОНЦОВ О.В., ТУЛУПОВА Л.О., ВОРОНЦОВА І.В.** 104  
Дискретне геометричне моделювання кривих суперпозиціями координат трьох заданих вузлових точок
- 9 **ГАВРИЛЕНКО Е.А., ХОЛОДНЯК Ю.В., НАЙДЫШ А.В.** 105

	Моделирование одномерных обводов с обеспечением заданной точности интерполяции	
10	<b>ГНАТУШЕНКО В.В., ШЕДЛОВСЬКА Я.І.</b> Алгоритм класифікації зображень, отриманих супутниками WORLDVIEW-2 та WORLDVIEW-3	106
11	<b>ГУМЕН О.М., ЛЯСКОВСЬКА С.Є., МАРТИН Є.В.</b> Особливості геометричного комп'ютерного моделювання багатопросторових кривих ліній просторів стану	107
12	<b>ГУМЕН О.М., СПОДИНЮК Н.А.</b> Образні геометричні моделі процесів температурного режиму виробничого приміщення	108
13	<b>ГУМЕНЮК Ю.О., СИВАК И.Н., ЧОВНЮК Ю.В.</b> Моделирование информационно-волновых полей и их роль в морфологической структурной самоорганизации живого	109
14	<b>КАРАЄВ А.О., СТРЕЛЬНИКОВА О.О.</b> Сингулярні інтеграли в аксіально-симетричних задачах теорії потенціалу	110
15	<b>КОВАЛЬОВА Г.В., НІКІТЕНКО О.А., КЕРНИЦЬКИЙ І.С.</b> Геометричне моделювання геодезичних ліній на циклічній гвинтовій поверхні	111
16	<b>КОМЯК В.М., СОБОЛЬ О.М., КРАВЦІВ С.Я., ЧУБ І.А.</b> Оптимізація покриття опуклими багатокутниками заданої області з искретними елементами	112
17	<b>КУЗЬМИЧ В.І., ВАЛЬКО М.І., ВАЛЬКО П.М., ЯКОВЕНКО Т.А.</b> Узагальнення теореми Каччіополлі-Банаха	113
18	<b>KUKLIN V.M., LITVINOV D.N., SPOROV A.E.</b> The superradiance of moving and stationary oscillators	114

19	<b>КУЦЕНКО Л.М., ЗАПОЛЬСЬКИЙ Л.Л.</b>	<b>115</b>
	Геометричне моделювання руху в невагомості чотириланкового маятника з рухомою точкою кріплення	
20	<b>ЛЕНЮК О.М., КІРІЯК А.І.</b>	<b>116</b>
	Неоднорідна крайова задача для рівняння коливання з включеннями навантажів на кінцях	
21	<b>МАЗМАНИШВИЛИ А.С., СИДОРЕНКО А.Ю.</b>	<b>117</b>
	Алгоритм генерации трехмерных стационарных нормальных марковских полей	
22	<b>МЕНЬШИКОВ Ю.Л.</b>	<b>118</b>
	Прогнозирование характеристик физических процессов с использованием адекватной математической модели в алгебраической форме	
23	<b>МУСІЙ Р.С., ДРОГОМИРЕЦЬКА Х.Т., ОРИЩИН О.Г., БАНДИРСЬКИЙ Б.Й., ГОШКО Л.В.</b>	<b>119</b>
	Моделювання термопружної поведінки електропровідного циліндра за електромагнітної дії в режимі згасної синусоїди з врахуванням процесу термопружного розсіювання енергії	
24	<b>НАЙДИШ А.В., СПІРІНЦЕВ Д.В., ЛАЗАРЕНКО М.В.</b>	<b>120</b>
	Розробка технології проектування та виготовлення робочих коліс турбокомпресора	
25	<b>НЕСВІДОМІНА О.В.</b>	<b>121</b>
	Відображення растрових зображень на криволінійні області віднесених до ізометричних координат	
26	<b>ПЕРШИНА Ю.І., ПАСІЧНИК В.О.</b>	<b>122</b>
	Метод мінімакса при наближенні розривних функцій	
27	<b>ПИЛИПАКА С.Ф., МУКВИЧ М.М.</b>	<b>123</b>
	Неперервне згинання мінімальних поверхонь, побудованих на основі ізотропної лінії на поверхні уявного катеноїда	

28	<b>ПИЛИПАКА С.Ф., КЛЕНДІЙ М.Б., КРЕСАН Т.А.</b>	<b>124</b>
	Рух частинки по гвинтовому спуску, утвореному гвинтовим коноїдом і обмежуючим вертикальним співвісним циліндром	
29	<b>ПРОТЕКТОР Д.О.</b>	<b>125</b>
	Безсітковий підхід при комп'ютерному моделюванні двовимірних нестационарних задач теплопровідності з використанням атомарних радіальних базисних функцій	
30	<b>СТЕГАНЦЕВ Е.В., ДАНИЛЬЧЕНКО Н.И.</b>	<b>126</b>
	Об одном свойстве узлов дерева Штерна-Броко в терминах непрерывных дробей	
31	<b>ТАРАНОВ В.В.</b>	<b>127</b>
	Определение гранулометрического состава донных отложений методом малоугловой дифракции	
32	<b>ТИМОФІЄВА Н.К.</b>	<b>128</b>
	Використання теорії комбінаторної оптимізації в семантичному моделюванні	
33	<b>ТРОКНІМЧУСК Р.Р.</b>	<b>129</b>
	To question of calculation and foundation of mathematics	
34	<b>ЧОВНЮК Ю.В., БРОВАРЕЦЬ О.О.</b>	<b>130</b>
	Використання методів фрактального аналізу довгострокових часових рядів параметрів електропровідності ґрунтів сільськогосподарського призначення	



Збірка тез

**XVIII МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
З МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

**МКММ-2018**

Відповідальний за випуск Хомченко А.Н.  
Технічний редактор, комп'ютерна верстка Омельчук А.А.

Херсонський національний технічний університет  
Свідоцтво про державну реєстрацію  
73000, м. Херсон, Бериславське шосе, 24