

УДК 519. 854

В.Д. Кожухов

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського “ХАІ”

КАФЕДРА “ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ”

Наведені напрямки наукової роботи кафедри 605 “Економіко-математичне моделювання”.

наукова робота, економіко-математичне моделювання

Вступ

На кафедрі 605 “Економіко-математичне моделювання” наукова робота ведеться за декількома напрямками, які об’єднані однією ідеєю – утворенням математичних моделей у різних областях досліджень.

У роботах доцента *Воляк О.О.* [1 – 8] розглянуті методи моделювання і прогнозування якісних характеристик деталей і інструмента, що ріже, у залежності від технологічних параметрів та фізико-механічних характеристик деталей і інструмента, що ріже, до зміцнення, геометричних параметрів розміщення деталей і ріжучого інструмента в установці, умов експлуатації, режимів різання і на цій основі вибору виду зміцнення чи покриття.

На основі дослідження концепцій створення автоматизованої інтегрованої системи технологічного супроводу упрочнюючих технологій, вивчення коефіцієнтів впливу типу покриття і виду зміцнення на якісні характеристики технологічних параметрів, геометричних параметрів розміщення інструмента, що ріже, фізико-механічних характеристик деталей до обробки, умов експлуатації і режимів різання для різних типів зміцнення і покриття, а також за допомогою методики оцінки ефективності використання покриття чи комбінованого зміцнення для підвищення експлуатаційних властивостей деталей і різальних інструментів, показана можливість вибору найбільш ефективного виду зміцнення чи покриття, що забезпечує комплекс найбільш важливих споживчих властивостей деталей і інструмента, що ріже.

Створення теоретичних основ прогнозування якісних характеристик деталей і інструмента, що ріже, після плазменно-іонної, іонно-променевої, світлопроменевої і комбінованої обробки є важливою задачею для практичного застосування покриттів і зміцнених шарів. Застосування комбінованого зміцнення і покриттів дає можливість більш ніж на два порядки знизити застосування високолегованих сталей у машинобудуванні, що є актуальною проблемою. Роботи проводилися за програмою Державного комітету освіти СРСР, програмою № 625 “Плазменно-іонні технології”, за програмами ГКНТ України з фундаментальних досліджень, Міністерства Науки, Міністерства освіти і Міністерства освіти і науки України.

У рамках даної тематики розроблені методологія й отримані результати дослідження температурних полів плоских деталей, що нагріваються скакуючим електронним чи лазерним променем у вакуумі.

Запропонована модель дозволяє розрахувати поля температур і температурних напруг, з огляду на умови роботи інструмента, що ріже, можна вибрати критерії зносу, що дозволяє одержати швидкість зносу в умовах пластичного і пружного контакту, а також абразивного зносу. Задавши критичні значення зносу по передній і задній поверхні, можна визначити з урахуванням розрахованої швидкості зносу теоретичну стійкість інструмента, що ріже, по зносу. З урахуванням сил різання, що діють на різальний інструмент і отриманих раніше розподілів температурних напруг, можна визначити суперпозиційну картину діючих напруг, за якою, з урахуванням реальних перетинів інструмента, оцінювати імовірність відколу і зародження усталосної тріщини. Зіставлення результатів розрахунків і експериментів по стійкості інструмента, що ріже, з багатошаровим покриттям показало їхній добрий збіг, що свідчить про достатню точність моделі і можливості її практичного застосування.

Результати роботи надруковані в 34 наукових статтях та 19 доповідях на міжнародних конференціях дальнього та ближнього зарубіжжя. З них 5 доповідей і публікацій на міжнародній конференції в Китаї (September 18-22, 2000, Xi'an, China), Франції (France, Tours, June 30-July 5, 2002), США (September 19-19, 2003, San-Antonio, Texas, USA).

У роботах доцента *Філіпковської Л.О.* [9 – 11] вивчаються питання підвищення ефективності управління виробничими процесами за допомогою

розробки оптимальних моделей та технологій класифікаційної обробки даних на основі структурно-аналітичного методу розпізнавання образів. Однією з вирішених задач є моделювання процесів листового штампування вибухом.

Виготовлення листових деталей штампуванням вибухом відноситься до числа складних процесів і характеризується зв'язком з навколишнім середовищем, великою кількістю виконуваних функцій і багаторівневою, специфічною структурою.

При розробці техпроцесів листового штампування вибухом використовуються основні закономірності синтезу технологічних рішень і принципи побудови системи. При цьому виділяються три етапи: вибір принципової схеми штампування, маршрутної технології та операційної технології.

Важливою проблемою при керуванні зазначеним виробничим процесом є вибір і розробка математичної моделі, що забезпечує настроювання на специфіку технології штампування вибухом за рахунок використання апіорної інформації про неї і про середовище, а також за рахунок додаткової інформації, що надходить вже в процесі роботи системи.

Для прийняття ефективних управлінських рішень на кожному етапі листового штампування вибухом на підставі фізичних закономірностей, довідкових даних, промислового експерименту, досвіду і логіки технолога формується система посилок і тверджень у виді класифікаційних схем. Методологічною основою побудови таких схем є формування математичних структурно-аналітичних моделей розпізнавання образів, що дозволяють за результатами спробних випробувань і з урахуванням досвіду технологів створювати правила класифікації (ПК) з використанням індикаторних функцій-предикатів. Для цих цілей передбачений блок накопичення досвіду технолога, що аналізує параметри технології штампування вибухом і готує ПК, реалізуючи інформаційну технологію аналізу й обробки даних, а також побудови ПК.

Прийняття управлінського рішення здійснюється шляхом вибору ПК із найкращою оцінкою якості. Підвищення ефективності керування листового штампувального виробництва забезпечується за рахунок зменшення помилки класифікації, одержання надійних правил класифікації, скорочення часу на підготовку виробництва в 15 – 20 разів, підвищення якості

деталі (достатній рівень деформації та витончення) і штампового оснащення, а також зниження матеріальних витрат на штампувальне виробництво і вартості листових деталей.

За темою наукової роботи опубліковано 24 наукові праці, матеріали досліджень обговорювались на п'яти міжнародних конференціях.

У роботах к.т.н. *Лістрової О.С.* [12 – 15] розглядаються питання оптимізаційного моделювання та інформаційних технологій у масштабі реального часу для цілочисельних задач з булевими змінними.

Розроблені математичні та прикладні інформаційні технології, які дозволяють забезпечити оперативне планування в складних системах, підвищити точність рішення задач динамічного управління в складських АСУ торгових центрів (супермаркетів). Розроблені методи й алгоритми є подальшим розвитком теорії дослідження операцій і теорії розкладів.

Метою роботи є підвищення оперативності управління сучасними торговими центрами на основі рангового підходу, створених методів та моделей рішення задач диспетчерування автоматизованих складів супермаркетів із застосуванням сучасних інформаційних технологій.

На базі обчислювальних мереж, процес управління якими вимагає рішення цілого комплексу задач динамічного управління потоками інформації в мережі в масштабі реального часу. Аналіз загальних характеристик математичних моделей задач, розв'язуваних у процесі управління в автоматизованих системами управління (АСУ) складами супермаркетів, і показників ефективності функціонування АСУ реального часу та стан питання автоматизації структур супермаркетів показав, що існуюче спеціальне математичне забезпечення для реалізації динамічного оптимального планування в АСУ супермаркетів базується, в основному, на методах дискретної оптимізації, що реалізують алгоритми, засновані на ідеях методу гілок і границь, або на евристиках.

Застосування алгоритмів на основі ідей методу гілок і границь різко знижує оперативність рішення задач оптимального планування через їх експонентну тимчасову складність, а використання евристик знижує ефективність завантаження складів, що в цих випадках не може перевищувати 40 %.

Розробки к.т.н. Лістрової О.С. значно підвищують ефективність роботи складів супермаркетів, так як розроблене програмне забезпечення діє в масштабі реального часу і не використовує евристичних підходів.

Результати робіт надруковані в 10 наукових статтях та тезисах доповідей до наукової конференції.

Старші викладачі *Клименко Т.А.* [24], *Манжос Ю.С.* [16 – 27], *Петрик В.Л.* [22 –23] розробляють математичні моделі оцінки якості програмного забезпечення інформаційно-управляючих систем.

Все більша частина функцій керованих об'єктів реалізується програмно, що позначається на складності програмного забезпечення, обсяг якого вже півсторіччя збільшується в десять разів кожні десять років і досягає десятків мільйонів рядків.

Експлуатація таких складних систем зв'язана з можливими аваріями і катастрофами внаслідок недоліку функціональної безпеки програмних засобів, що у 25 – 30% були причинами відмовлень. Головна причина дефіциту функціональної безпеки – дефіцит ресурсів. Сьогодні, через швидке моральне старіння, не має сенсу розробляти програмне забезпечення більш 2 – 5 років. У той же час трудомісткість його створення може скласти сотні і тисячі людино-років. Ось чому розроблювачі обмежуються мінімально достатньою функціональною безпекою, а реальні програмні засоби містять до декількох програмних дефектів на тисячу рядків коду.

Важливу роль у забезпеченні функціональної безпеки грає сертифікація програмного забезпечення. Основною метою сертифікації програмного забезпечення і систем якості, що забезпечують їхній життєвий цикл і безпеку, є контроль і посвідчення досягнутого рівня якості технологій і продукції, гарантування їх високих споживчих властивостей.

Забезпечення якісних характеристик програмного забезпечення неможливо без урахування досвіду розробки програмного забезпечення попередніх десятиліть. Такий досвід сконцентрований у стандартах програмної інженерії. Облік вимог стандартів обмежений можливостями експерта, а існуюча система оцінки програмного забезпечення суб'єктивна. Нерідко вимоги різних стандартів є несумісними.

Оцінка відповідності програмного забезпечення вимогам стандартів – лише одна із задач сертифікації, друга, не менш важлива задача, – оцінка

кількості залишкових програмних дефектів, яка виконується методами, які відрізняються від методів, застосовуваних розроблювачами. Процес оцінки кількості залишкових дефектів при сертифікації зветься незалежною верифікацією.

В основу методів незалежної верифікації були покладені інваріанти, що зберігають своє значення при будь-яких комбінаціях вхідних впливів і протягом усього часу експлуатації програмних засобів. Так, програмними інваріантами були обрані: фізична розмірність (семантика), інтервал і точність припустимих значень програмних перемінних. Коректність програмних засобів оцінюється не по збігу чисельних значень у деяких контрольних точках, а по збереженню програмних інваріантів у всьому коді. При цьому код інтерпретується в просторі, базисом якого є семантика, інтервал і точність. В основі інтерпретації лежать розроблені алгебри, аксіоматика яких визначає відображення семантик, інтервалів і точностей програмних даних при операторних відображеннях. Застосування якісних і кількісних програмних інваріантів забезпечує широкий спектр виявлених програмних дефектів.

Розроблено семантичні, інтервальні і точнісні моделі програмних засобів і програмних дефектів. Запропоновано декілька методів реалізації незалежної верифікації.

Розроблено інструментальну систему підтримки оцінки якості програмного забезпечення інформаційно-управляючої системи АЕС, що забезпечує: вхідний контроль технічної документації, у тому числі і перевірку вхідних кодів на відповідність стандартам; інструментування програмного засобу – автоматичне створення версії програмного засобу, що забезпечує контроль атрибутів програмного забезпечення в процесі рекурсивної інтерпретації семантичної моделі об'єкта експертизи (СМОЕ); рекурсивну інтерпретацію – статичний аналіз, що представляє собою обхід усіх напрямків СМОЕ, не потребуючого його виконання на штатній платформі; калібрування методом посіву програмних дефектів у СМОЕ; оцінку зниження ризику програмного забезпечення; верифікацію процесу статичного аналізу з можливістю повторення кожного з етапів.

Інструментальна система реалізує підтримку диверсних методів верифікації, заснованих на розроблених алгебраїчних методах контролю сема-

нтических, інтервальних і точносних програмних інваріантів. Необхідна вірогідність досягається завдяки використанню калібрування на основі поєднання програмних дефектів.

Динамічний аналіз пов'язаний з аналізом програмних інваріантів як у процесі верифікації програмного забезпечення, так і при штатній експлуатації, без порушення функціональності програмного забезпечення. Динамічний аналіз дозволяє паралельно з функціонуванням виконувати самоконтроль програмного забезпечення, виявляючи цілий клас програмних дефектів з імовірністю, обумовленою складом динамічної операційної суміші, що змінюється в залежності від вхідних впливів, і статичними семантичним, інтервальним і точнісним спектрами. До числа класів програмних дефектів, що виявляються статичним аналізом, додаються також порушення адресних операцій, операцій з вказівками і передач керування.

Реалізація динамічного аналізу вимагає використання просторів високої розмірності, що означає введення значної інформаційної надмірності. Використання штатної операційної системи накладає обмеження на припустимий адресний простір, що породжує ряд проблем. Так, розмірність семантичного простору, побудованого в базисі СИ – дев'ять, а для інформаційно-управляючих систем, керуючих процесами АЕС, хімічними виробництвами, що вирішують економічні задачі, розмірність семантичного простору може досягати кількох сотень. Один зі шляхів зниження ресурсоемкості методу – оптимальна кластеризація алгоритмів, що полягає в розбивці загального семантичного простору на безліч підпросторів, у середині яких буде виконуватися верифікація. Реалізація даної задачі є складною оптимізаційною проблемою для сучасних програмних засобів, що оперують десятками тисяч параметрів і використовують тисячі програмних модулів, що використовуються. Найбільш ефективне рішення методами генетичного програмування. Подальше зниження ресурсоемкості забезпечується використанням методів теорії кодування і мінімально надлишкових кодів.

Розроблені методи оцінки якості і контролю коректності, засновані на програмних інваріантах, що володіють високою ефективністю і здатністю, використані при сертифікації програмного засобу, можуть знайти застосу-

вання у всім життєвім циклі програмного забезпечення — від постановки вимог до супроводу програмного засобу.

За темою наукової роботи опубліковано більш ніж 25 наукових праць та методичних посібників, матеріали досліджень обговорювались на п'яти міжнародних симпозиумах «Вимірювання, важливі для безпеки у реакторах» (Москва, Росія) та використовуються для експертизи програмного забезпечення у харківській філії Сертифікаційного центру АСУ, Держцентра якості, Державного комітету ядерного регулювання України.

Література

1. Кожухов В.Д., Воляк Е.А. Системный поход к решению задач расчета физико-механических полей в машиностроении на базе использования компьютерной технологии // Новые технологии в машиностроении: Тр. Четвертой Междунар. конфер. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1995. – С. 82.
2. Воляк Е.А. Компьютерное моделирование и технология формообразования трубчатых заготовок // Новые технологии в машиностроении: Тр. Четвертой Междунар. конфер. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1995. – С. 108.
3. Костюк Г.И., Воляк Е.А., Козиненко О.В., Трушин А.Г. Методика расчета ресурса технологического торцевого холловского ускорителя плазмы // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: ХАИ. – 1999. – Вып.11. – С. 215 – 231.
4. Kostyuk G.I., Voliak E.A. The distribution of temperature pattern and of stress field on metallic details under the effect of electrons, ions and plasmas fluxes with different intensity and energy. Proceedings IX International Conf. «New Leading technologies in machine building» Charkov-Rybachie, 2000. – P. 3.
5. Kostyuk G.I., Voliak E. The model of interaction of charged particle and plasma fluxes with metallic part surface under the combined processing taking into account collision, thermo-physical, thermo-elastic, diffusive, and thermo-chemical processes. Proceeding nineteenth International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. Sept. 18-22. – 2000 Xi'an, China. – P. 617 – 620.
6. Kostyuk G.I., Voliak E.A. Design features of parts and hith – Perforormance cutting tool with fnulty layer plasma – Ion coatings. Proceedings XXth International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum. France, Tours, June 30 – July 5. – 2002. – P. 139 – 142.
7. Костюк Г.И., Воляк Е.А., Широкий Ю.В. Модель теплофизических и тепломеханических процессов при действии лазерного облучения на конструкционные материалы деталей АТ // Авіаційно-космічна техніка та технологія. – 2002. – Вип. 31. – С. 280 – 291.

8. Kostyuk G.I., Voliak E.A.. Model of Charged Particle and Plasma Beam Interaction With Structural Materials. VIIth Workshop on Plasma-Based Ion Implantation (PBI2003); Proceeding XIIth International Conference on Surface Modification of Materials by Ion Beams (SMMIB) September 19, 2003. – San-Antonio, Texas, USA. – P. 317.

9. Филипковская Л.А. Структурно-аналитическая модель распознавания образов в управлении производственными процессами // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»: Тематический выпуск: Технологии в машиностроении. – Х.: НТУ «ХПИ». – 2001. – № 6. – С. 279 – 283.

10. Зорик В.Я., Филипковская Л.А., Третьяк В.В. Информационная технология классификационной обработки данных в проектировании технологических процессов листовой штамповки взрывом // Удосконалення процесів та об'єднання обробки тиском у металургії і машинобудуванні. – Краматорск: НКМЗ. – 2001. – С. 286 – 289.

11. Филипковская Л.А., Шостак И.В. Интеллектуальная интегрированная система автоматизированной обработки производственных ситуаций структурно-аналитическим методом распознавания образов // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Х., 2001. – Вып.115. – С. 65 – 69.

12. Листровая Е.С. Итерационный подход к решению m -мерной задачи 0,1-рюкзак на основе рангового подхода // Системи обробки інформації. – Вип. 3(13). – Х.: ХВУ, 2001. – С. 52 – 55.

13. Кожухов В.Д., Листровая Е.С., Вешкин Д.М. Определение выполнимости расписаний при управлении сложными системами // Вісті академії інженерних наук. – 1998. – С. 103 – 107.

14. Кожухов В.Д., Лістрова О.С. Методи рішення задачі про найменший поділ на основі рангового підходу // Вісті академії інженерних наук. – 1999. – № 4. – С. 117 – 123.

15. Листровая Е.С. Автоматизация складских хозяйств супермаркетов // Материалы выступлений (тезисы докладов) участников 15-й Международной школы-семинара «Перспективные системы управления на железнодорожном, промышленном и городском транспорте». – Дополнение к том. 4, 5. – Алушта: Крым. – 2002. – С. 3.

16. Манжос Ю.С. Методи підвищення якості програмного забезпечення // 2-га Міжнародна міждисциплінарна науково-практична конференція “Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління”. Матеріали конференції. – Х. – 2001. – С. 134.

17. Манжос Ю.С. Типізація даних в системах критичного застосування // Системи обробки інформації. — Х.: ХВУ. – 2002. – Вип. 3 (19). – С. 54 – 57.

18. Харченко В.С., Шостак И.В., Манжос Ю.С. Принципы построения интеллектуальной системы сертификации программного обеспечения // Системи обробки інформації. — Х.: ХВУ. — 2002. — Вип. 4 (20). — С. 3 – 7.

19. Харченко В.С., Шостак И.В., Ю.С. Манжос Интеллектуальная система поддержки сертификации ПО систем критического применения // Авиационно-космическая техника и технология. — Х.: Нац. аэрокосмический ун-т «ХАИ». — 2002. — Вып. 31. — С. 122 – 125.

20. Манжос Ю.С. Принципы семантического контроля программного обеспечения // Авиационно-космическая техника и технология. — Х.: Нац. аэрокосмический ун-т «ХАИ». — 2002. — Вып. 32. — С. 307 – 315.

21. Манжос Ю.С. Семантический контроль ПО систем критического применения // Авиационно-космическая техника и технология. — Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». — 2002. — Вып. 34. — С. 207 – 212.

22. Харченко В.С., Манжос Ю.С., Петрик В.Л. Статистический анализ программного обеспечения системы управления космическим аппаратом и оценка проверяющей способности семантического контроля. // Технология приборостроения. — 2002. — Вып. 2. — С. 32 – 43.

23. Манжос Ю.С., Петрик В.Л. Семантические пространства систем с интенсивным использованием программного обеспечения // Міжн. НТК “Інтегровані комп’ютерні технології у машинобудуванні”. ІКТМ’2003. Тез. доп. — Х.: Нац. аерокосм. ун-т „ХАІ”. — 2003. — С. 277.

24. Клименко Т.А., Манжос Ю.С. Динамическая экспертная система оценки ПО // Міжнар. НТК “Інтегровані комп’ютерні технології у машинобудуванні”. ІКТМ’2003. — Х.: Нац. аерокосм. ун-т „ХАІ”. — 2003. — С. 276.

25. Конорев Б.М., Манжос Ю.С. Семантический метод независимой верификации программного обеспечения информационно-управляющих систем важных для безопасности АЭС // Конференция по ядерной безопасности. — М. — Ноябрь 2003. — С. 54.

26. Конорев Б.М., Харченко В.С., Чертков Г.Н., Манжос Ю.С. Семантический метод независимой верификации ПО информационно-управляющих систем важных для безопасности АЭС. // Международный симпозиум «Измерения важные для безопасности в реакторах». Третье собрание 25-27 ноября 2003 г., Москва, Россия.

27. Конорев Б.М., Харченко В.С., Чертков Г.Н., Манжос Ю.С. Оценка качества, надежности и безопасности программного обеспечения информационно-управляющих систем АЭС: методики и средства. // Международный симпозиум «Измерения важные для безопасности в реакторах». Третье собрание 25-27 ноября 2003., Москва, Россия.

Надійшла до редакції 6.04.2005