МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МІШКОЛЬЦЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (УГОРЩИНА)
МАГДЕБУРЗЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (НІМЕЧЧИНА)
ПЕТРОШАНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (РУМУНІЯ)
ПОЗНАНСЬКА ПОЛІТЕХНІКА (ПОЛЬЩА)
СОФІЙСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (БОЛГАРІЯ)

XI Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів

(18–21 квітня 2017 року)

Матеріали конференції

У трьох частинах

Частина 1

Харків 2017

УДК 002
ББК 72:74.58я73
М43

Голова конференції – ректор НТУ „ХПІ” Сокол Є.І.

Співголови конференції: Герджиков А. (Болгарія), Лодіговскі Т. (Польща), Марку М. (Румунія), Стракеляна Й. (Німеччина), Торма А. (Угорщина).

Члени програмного комітету: А.П. Марченко, Г.В. Лісачук, І. Бел, Б. Карпушевський, Ф. Ковач, А. Мамаліс, Д. Патко, С. Радковски, Р.С. Томашевський.

Члени оргкомітету – Р.П. Мигущенко, О.П. Авдєєва, В.В. Воїнов, О.М. Гаврись, В.П. Гамаюн, А.І. Гапон, В.В. Єпіфанов, Ю.І. Зайцев, М.Й. Заполовський, В.Я. Заруба, А.В. Кіпенський, В.М. Конкін, С.М. Космачов, Я. Кундрак, О.П. Лазуренко, С.А. Лещенко, О.П. Некрасов, П.Г. Перерва, М.А. Погребний, О.М. Рассоха, Ю.Д. Сакара, М.С. Степанов, М.О. Тарасенко, Л.П. Тижненко, Г.С. Хрипунов, В.М. Шамардіна.

Секретаріат конференції – С.І. Меньшикова, М.В. Перепелкін, С.А. Радогуз.

XI Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та М43 аспірантів (18–21 квітня 2017 року): матеріали конференції: у 3-х ч. – Ч. 1 / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – 196 с.

ISBN 978-617-05-0236-0 (повне вид.)
ISBN 978-617-05-0237-7 (ч. 1)

До збірки включено тези доповідей, представлених на XI Міжнародній науково-практичній конференції магістрантів та аспірантів, яка відбулась 18–21 квітня 2017 року.

УДК 002
ББК 72:74.58я73

ISBN 978-617-05-0237-7 (ч. 1)

© НТУ «ХПІ», 2017

ЗМІСТ

Секція 1. Інформаційні системи та технології в управлінні 4

Секція 2. Математичне моделювання в механіці і системах управління 18

Секція 3. Фундаментальні і прикладні проблеми в машинобудуванні 51

Секція 4. Наукові проблеми транспортного машинобудування 104

Секція 5. Енергетичні, теплофізичні процеси та обладнання 138

Секція 6. Нові матеріали, комп'ютерна графіка та сучасні технології обробки металів 143

Секція 7. Фундаментальні та прикладні проблеми фізики 170

Секція 8. Мікропроцесорна техніка в автоматиці та приладобудуванні 188

СЕКЦІЯ 1. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ

УДК 004.42

ДОСЛІДЖЕННЯ АКТУАЛЬНОСТІ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА WEB-САЙТУ ДЛЯ ПУБЛІКАЦІЇ ТА АДМІНІСТРУВАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСУ НТУ «ХПІ»

***Я.В. ВАКОЛЮК*[1*]**

[1]*магістрант кафедри ППУСС, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: yahacomua@gmail.com*

Навчаючись в НТУ «ХПІ», кожен студент зустрічається із проблемою отримання розкладу занять без необхідності відвідування університету. Це пов'язано з відсутністю електронної версії розкладу, розміщеної у вільному доступі в мережі Інтернет. Однак, подібний сервіс із розкладом, переліком імен викладачів є досить зручним і затребуваним. Такий висновок було зроблено на основі опитування студентів НТУ «ХПІ» в рамках дослідження актуальності проблеми. В основу вирішення лягла концепція створення web-сайту для публікації розкладу занять кафедри фізичного виховання НТУ «ХПІ» (тренування спортивних секцій) в мережі Інтернет.

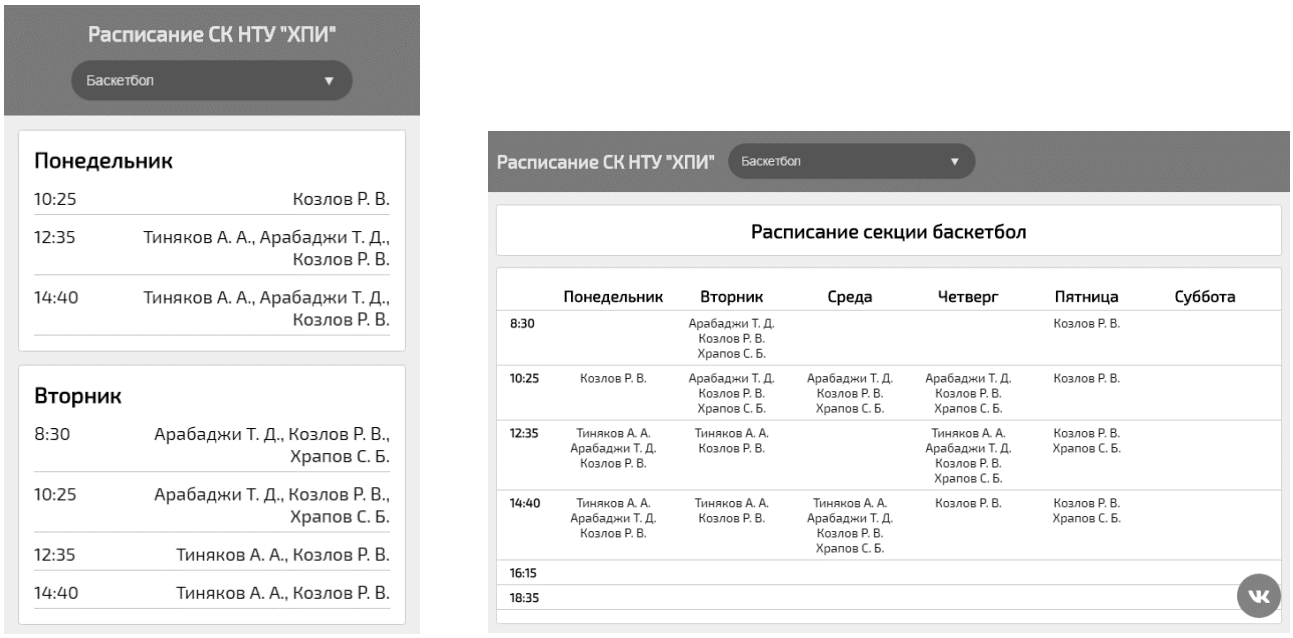
Мета роботи – розробка сайту з розкладом занять у спортивних комплексах (СК) НТУ «ХПІ» і переліком усіх тренерів, які ведуть заняття, та адміністративною частиною сайту для додавання та редагування існуючого розкладу адміністраторами ресурсу.

Під час цієї роботи були виконані такі завдання:

- проектування концепції, аналіз наявного розкладу, оцінка потреб користувачів;
- розроблено дружній інтерфейс користувача та створено адаптивний web-дизайн для правильного відображення сервісу на різних пристроях (смартфони, планшети, комп'ютери);
- спроектовано архітектуру бази даних для зберігання необхідної для роботи інформації, а також зв'язки між таблицями бази даних;
- створено багатокористувацьку адміністративну частину сайту для роботи з внесення до бази даних інформації про тренування, викладачів і спортивні секції;
- написано API взаємодії зі стороннім сайтом для отримання новин.

Web-сайт може працювати на сервері Apache або ж nginx із встановленим на нього PHP не нижче 5-тої версії. Також необхідний MySQL сервер. Web-сервіс розроблений на мові PHP із використанням JavaScript та jQuery. Адаптивний web-дизайн реалізовано за допомогою HTML5 та каскадних таблиць стилів CSS із використанням динамічної мови стилів LESS.

Під час роботи із сайтом користувач має можливість переглядати розклади занять тренерів СК на пристроях із різним розширенням екрану. Для певних розмірів реалізовано виведення додаткової інформації – новин зі стороннього сайту, при цьому з мобільних пристроїв ця інформація не завантажується, що економить трафік. Залежно від розширення екрану користувача подання розкладу змінюється. Для екранів з розширенням менше 917 px у ширину розклад подано списком, а для екранів з більшою шириною – таблицею, як показано на рис. 1. Саме така реалізація дала змогу користувачам зручно переглядати розклад на будь-якому пристрої.



а *б*

Рис. 1 – Вигляд сторінки сайту на екранах різних розмірів: *а* – ширина екрану до 917 px; *б* – ширина екрану від 917 px

Робоча версія web-сайту розміщена за адресою timetable.profkom-khpi.org та працює з лютого 2016 року. Протягом цього періоду зібрано та оброблено статистику використання web-сайту з допомогою лічильника «Яндекс Метрика» (metrika.yandex.ua).

На основі дослідження цієї статистики можна стверджувати, що розроблений ресурс є затребуваним і повністю відповідає потребам користувачів. Аудиторія web-сайту налічує 8 500 постійних унікальних відвідувачів, а за рік на сторінки сайту було здійснено більше ніж 95 500 входів.

Серед них на користувачів персональних комп’ютерів припадає 54,5% завантажень, на користувачів смартфонів – 42,6% і 2,97% – завантаження, здійснені з планшетів. Ці показники вкотре підтверджують необхідність створення добре продуманого адаптивного дизайну для затребуваних web-ресурсів. Оптимізованість розробленого web-сайту з розкладом занять СК НТУ «ХПІ» для відображення на мобільних пристроях підтверджено за допомогою інструментів Google Search Console.

УДК 658.8

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

І.Л. ГРІДІНА [1*]

[1]*магістрант кафедри економічної кібернетики та маркетингового менеджменту, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: arinkagrid@gmail.com*

На сьогоднішній день, в умовах жорсткої конкурентної боротьби на ринку успішний бізнес неможливий без використання сучасних інформаційних технологій у своїй галузі. Впровадження інформаційної системи дозволяє підвищити оперативність, якість обробки інформації, продуктивність праці, підвищить рівень контролю на підприємстві та дозволить приймати виважені управлінські рішення.

Об’єктом дослідження було обрано видобувне підприємство відкритого типу ТОВ «Реал Про» Шарівський Піщаний кар'єр, що займається розробкою погрібного кварцового природного піску на ділянці піску Шарівського Піщаного Кар'єра. Основна діяльність підприємства спрямована на видобуток кварцового піску і його подальшу реалізацію як у фасованому вигляді, так і розсипом. Аналіз його діяльності виявив ряд проблем, пов’язаних з недосконалим документообігом та відсутністю контролю руху матеріалів. Було запропоновано усунути виявлені проблеми шляхом впровадження на підприємстві інформаційної системи.

Таким чином метою роботи є створення системи інформаційної підтримки виробничого процесу видобувного підприємства. На основі аналізу діяльності підприємства було спроектовано базу даних, яка забезпечує облік інформації про співробітників, клієнтів, техніку, продукцію, замовлення та матеріали, а розроблений на основі бази даних програмний додаток реалізує інформаційну підтримку бізнес-процесів підприємства.

Таким чином в роботі була створена інформаційна система для ТОВ «Реал Про» Шарівський піщаний кар’єр, яка покращує документообіг та організацію обліку та контролю за виконанням робіт на підприємстві та дозволяє виконувати наступні функції: роботу з замовленнями, облік та контроль руху матеріалів, створення «Прайс-листа», роботу з довідниками, які містять інформацію про клієнтів, співробітників, матеріали, техніку, продукцію та доставку, а також автоматично створює звіти, необхідні для виконання процесу видобування та доставки продукції.

Список літератури:

1 *Дейт К. Дж.* Введення в системи баз Даних. 6-е вид. - К .: Діалектика, 1998.– 784 с.

2 ДСТУ 2874-94. Бази даних. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1995. – 32 с.

УДК 004.94:658

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ АРХИТЕКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

***А.М. КОПП*[1*], *Д.Л. ОРЛОВСКИЙ*[2]**

[1] *аспирант кафедры ПИИТУ, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры ПИИТУ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: kopp93@gmail.com*

Современное предприятие представляет собой сложную систему, состоящую из нескольких областей, влияющих друг на друга. Архитектура предприятия описывает компоненты, их отношения и принципы, лежащие в основе данной системы. Разработка архитектуры предприятия способствует повышению понимания и видения, необходимого для успешного выстраивания бизнес-архитектуры и информационных технологий. Хотя ценность разработки архитектуры предприятия признана многими организациями, подавляющее большинство описаний для различных организационных областей, таких как бизнес-архитектура, архитектура информационных систем и техническая инфраструктура, разрабатывались в изоляции [1].

Цель разработки архитектуры предприятия состоит в определении явных отношений и зависимостей между данными организационными областями. Разработка архитектуры предприятия заключается в описании элементов, образующих предприятие, и их взаимодействия [1].

В качестве архитектурного стандарта консорциумом The Open Group была разработана методология TOGAF (The Open Group Architecture Framework), предоставляющая методы и инструменты, предназначенные для поддержки принятия, разработки, использования и поддержки архитектуры предприятия. Данная методология является одним из ведущих архитектурных решений, благодаря углубленному рассмотрению вопросов использования и управления архитектурой предприятия в ее последних версиях (TOGAF 9.1) [2]. В основе TOGAF лежит итерационный метод разработки архитектуры предприятия ADM (Architecture Development Method), поддерживаемый лучшими практиками и набором архитектурных шаблонов (рис. 1).

Для обеспечения единого представления архитектурных описаний был разработан язык моделирования Archimate, предлагающий комплексный подход к описанию и визуализации различных организационных областей, их отношений и зависимостей. Целью проекта Archimate является обеспечение архитекторов инструментами поддержки и улучшения процесса разработки архитектуры предприятия. В настоящее время Archimate является стандартом The Open Group [2]. Организационные области в Archimate связываются при помощи сервис-ориентированной парадигмы, где каждый слой предоставляет функциональные возможности предшествующему слою в форме сервисов. Являясь формальным языком визуального проектирования, Archimate

поддерживает различные точки зрения для отдельных заинтересованных сторон, и является достаточно гибким для последующего расширения [2]. Так, например, для более полного покрытия методологии TOGAF, во второй версии языка Archimate появились расширения Motivation Extension и Implementation and Migration Extension (рис. 1).

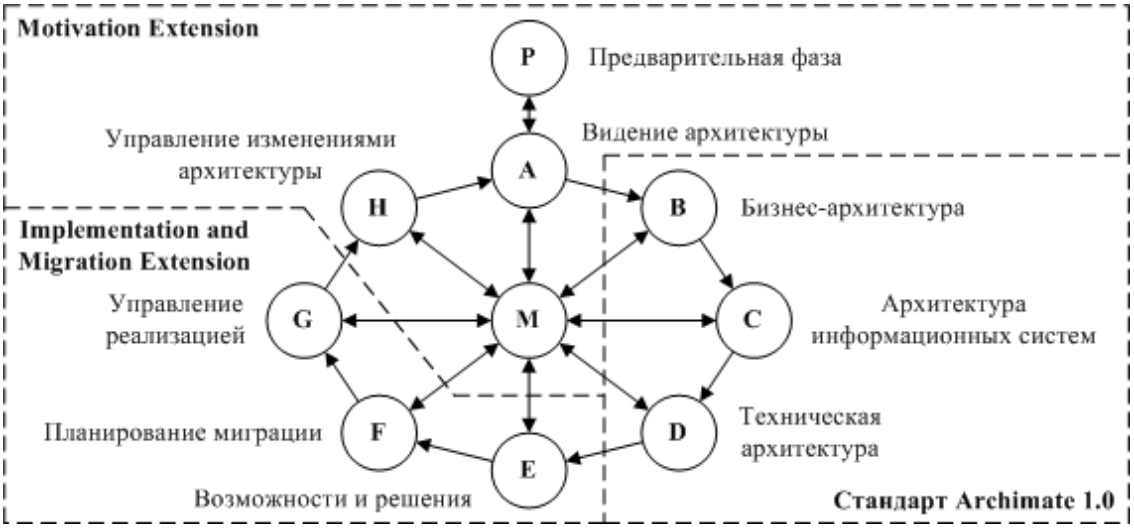


Рис. 1 – Итерационный метод разработки архитектуры предприятия TOGAF ADM

Модель Archimate представляет собой кортеж [3]:

$$AM = \langle V, E, C, R, v, e \rangle,$$

где V – множество вершин; $E \subset V \times V$ – множество ребер; C – множество типов элементов языка Archimate; R – множество отношений; $v : V \to C$ – функция, которая ставит в соответствие типы элементов вершинам графа; $e : E \to R$ – функция, которая ставит в соответствие типы отношений ребрам.

Таким образом, язык моделирования Archimate может использоваться для разработки архитектуры предприятия в соответствии с методологией TOGAF, обеспечивая поддержку каждой стадии итерационного метода ADM. К примеру, для описания бизнес-архитектуры могут использоваться множества типов *C = {Событие, Процесс, Роль, Участник, Сервис}* и отношений *R = {Срабатывание, Назначение, Композиция, Реализация, Использование}*.

Список литературы:

1. *M.E. Iacob and H. Jonkers*. “Quantitative analysis of enterprise architectures”. *Interoperability of Enterprise Software and Applications* (2006): 239-252.

2. *M. Vicente, N. Gama, and M. Mira da Silva*. “Using ArchiMate and TOGAF to Understand the Enterprise Architecture and ITIL Relationship”. *Lecture Notes in Business Information Processing* 148 (2013): 134-145.

3. *Klimek, Radoslaw and Piotr Szwed*. “Verification of ArchiMate process specifications based on deductive temporal reasoning”. Federated *Conference on Computer Science and Information Systems* (2013): 1103-1110.

УДК 658.5.011

ПРОЦЕССНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕПЦИИ DEVOPS

***С.А. КОСТЕНКО*[1*], *Д.Л. ОРЛОВСКИЙ*[2]**

[1] *магистрант кафедры ПИИТУ, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры ПИИТУ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: kostenkostas@gmail.com*

Несколько лет назад особенностью разработки программного обеспечения являлось то, что выпуски готового для использования программного продукта были редким явлением, и в целом процесс создания и внедрения программного обеспечения был длителен и трудоёмок, а внесение изменений на любом этапе разработки было дорогостоящим.

С развитием технологий, скорость выхода программных продуктов на рынок стала более значимым параметром и огромным конкурентным преимуществом, коим остается и по сей день. Выпуски программного обеспечения должны были происходить намного чаще, и любое промедление или отсутствие должной координации процесса разработки становилось все более критичным. Стало понятно, что процессы разработки и внедрения программного обеспечения нужно менять. В связи с этими особенностями и возникла потребность в более гибких подходах к разработке. Одним из таких подходов и является методология гибкой разработки (Agile), которую успешно дополняет концепция DevOps.

DevOps (акроним от англ. development and operations) – это подход к разработке программного обеспечения, в котором акцент ставится на оперативные, некрупные, циклические процессы разработки и развертывания программного обеспечения для более быстрого реагирования на запросы клиентов. Также этот подход характеризуется и культурными изменениями в командах, которые представляют собой слияние и автоматизацию процессов разработки и внедрения в целях повышения эффективности работы команд разработчиков и эксплуатации. [1] Основной акцент делается на оптимизации в рамках всех процессов разработки программного обеспечения.

В концепции DevOps границы между группами разработки и эксплуатации стираются. Эти две группы объединяются в одну общую, где инженеры работают над всем жизненным циклом программного обеспечения – от разработки и тестирования, до развертывания и эксплуатации – и не ограничиваются узкой специализацией. Они используют специальные приемы для автоматизации процессов, которые ранее выполнялись медленно и вручную.

Особенностью этой концепции является то, что DevOps-специалист работает над проектом на каждом из этапов жизненного цикла разработки и эксплуатации программного обеспечения. На этапе получения технического задания и поступления проекта в разработку его задача – понять, какая

оптимальная инфраструктура нужна, и организовать ее для каждого из участников проекта. На этапе написания кода – обеспечить единую среду разработки для всех, автоматизировать процессы тестирования, ускорить устранение багов и не допустить их повторного появления, контролировать, чтобы среда разработки и тестирования соответствовала реальным условиям, в которых будет работать ПО. На этапе передачи готового продукта пользователю – автоматизировать процесс создания нужных версий и развертывания готового продукта.

На основании анализа процессов в рамках концепции DevOps была построена диаграмма в нотации IDEF0, которая демонстрирует основные работы, управляющие воздействия и роли в концепции DevOps. Приведем ее фрагмент на рисунке 1.

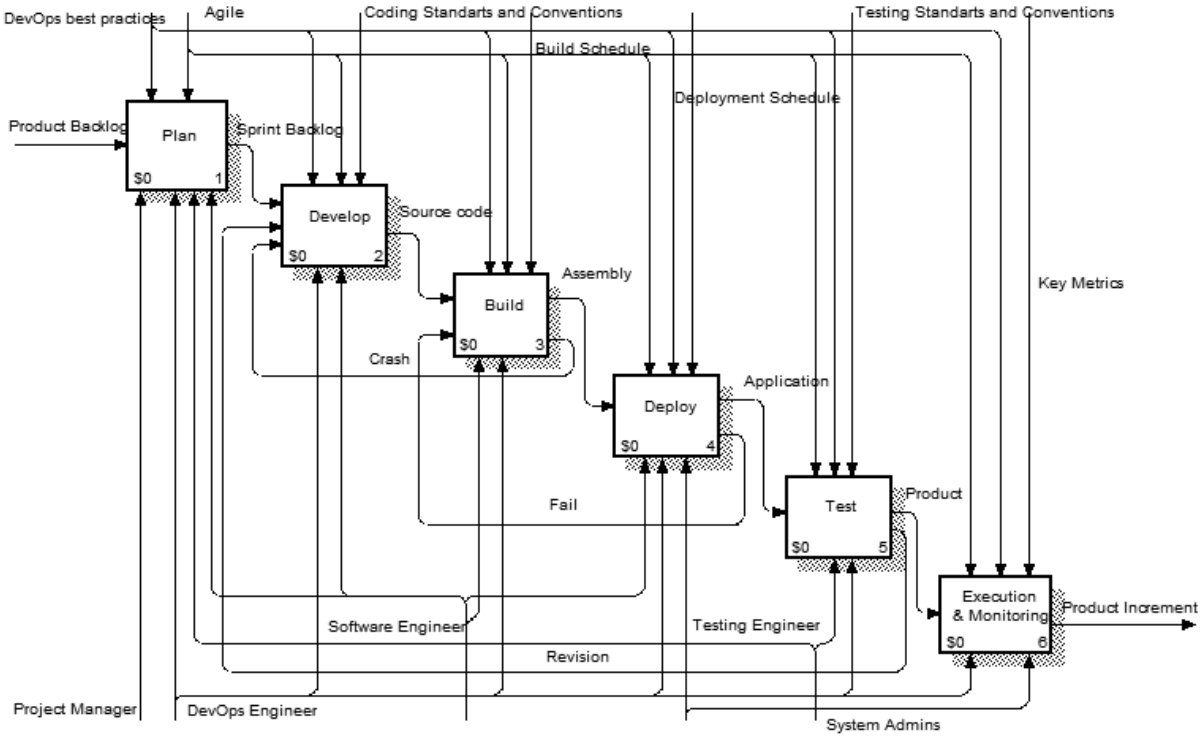


Рис. 1 – Общая диаграмма бизнес-процессов DevOps разработки в нотации IDEF0

Таким образом, внедрение концепции DevOps в IT-компании позволит повысить скорость разработки, решить проблемы масштабирования, поддержки инфраструктуры, мониторинга программного обеспечения и организации эффективной внутрикомандной коммуникации. Концепция DevOps позволяет свести время внедрения нового функционала к минимуму, сделав изменения дешевыми, а потому быстрыми и частыми.

Список литературы:

1. *Bass L. J., Weber I. M., Zhu L.* DevOps: a software architect's perspective/ *L. J. Bass, I. M. Weber, L. Zhu //* Addison Wesley. – 2016. – С. 6 – 23.

УДК 519.2+539.1

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МАРКОВСКИХ ПОЛЕЙ

***В.В. ЛЕСКИНА*[1*], *А.Ю. СИДОРЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры Системного анализа и информационно-аналитических технологий, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры Системного анализа и информационно-аналитических технологий, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: valeriya.leskina@mail.ru*

Современная наука широко применяет методы математического моделирования, суть которых состоим в том, чтобы заменить исходный объект математической моделью, неким образом. Эти методы позволяют относительно быстро и эффективно исследовать свойства объекта, его поведение в различных ситуациях и при наличии определенных условий. Вычислительные эксперименты с моделями дают возможность глубоко изучить исходный объект и область его применения, что не всегда доступно теоретическим методам.

Марковское случайное поле или марковская сеть представляет собой графовую модель представления данных. Чаще всего это набор, состоящий из нескольких случайных величин или одна случайная величина более высокого порядка [1].

Зачастую при стохастическом моделировании необходимо синтезировать генерацию случайных величин и необходимые параметры. Таким образом для моделирования вычислительной задачи могут генерироваться случайные величины второго и более высокого порядка, например, для задачи моделирования движения транспортных средств, решить которую возможно только с применением марковского нормального случайного поля второго порядка.

Все ранее известные алгоритмы построения двумерных марковских полей [2] генерируют поля нулевого или первого порядка.

Цель работы – создание программного обеспечения, которое позволит моделировать марковские сети случайных величин второго порядка.

Для достижения поставленной цели была выбрана среда разработки Matlab, функционал которой позволяет наглядно представить результат построения и изменения марковской сети случайных величин второго порядка. Программное обеспечение с интуитивно понятным интерфейсом пользователя было написано на одноименном языке программирования.

Список литературы:

1. *Розанов, Ю. А.* Марковские случайные поля / *Ю. А. Розанов* // М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. – 1981. – С. 83.

2. *Тихонов, В. И.* Марковские процессы / *В. И. Тихонов, М. А. Миронов* // М.: Советское радио. – 1977. – С. 488.

УДК 658.506

КОНТРОЛЬ СОГЛАСОВАННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

***Д.А. РАССАДКИН*[1*], *Д.Л. ОРЛОВСКИЙ*[2]**

[1] *магистрант кафедры ПИИТУ, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры ПИИТУ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: buffnet16@gmail.com*

Одним из возможных средств планирования и анализа деятельности предприятия является построение его траектории развития [1]. При построении траектории деятельности предприятия возникает потребность сбора и анализа первичной информации. Существует множество различных подходов, позволяющих решить эту задачу. Одним из возможных является применение сбалансированной системы показателей (BSC – Balanced Scorecard). Задача сбалансированной системы показателей состоит в том, чтобы трансформировать миссию предприятия в конкретные, вполне осязаемые задачи и показатели. Эти показатели представляют собой баланс между внешними и внутренними характеристиками наиболее значимых бизнес-процессов, инноваций, обучения и роста [2, 3].

Рассматривается деятельность предприятия по четырем направлениям: финансовому, взаимоотношения с клиентами, внутренним бизнес-процессом, а также обучению и развитию персонала. Собранные данные должны быть достоверными и отражать текущие особенности деятельности предприятия. Для разных показателей период их обновления может быть различным. Источником данных могут служить различные виды отчетности предприятия: финансовая, производственная и т.д. На основании документации определяется множество показателей, которые можно получить как непосредственно из отчетных документов, так и в результате обработки таких документов. Поскольку множество показателей является разнородным, для контроля их согласованности предлагается использовать один из наиболее универсальных показателей – выпуск товарной продукции. Для построения плановой траектории предлагается подход, базирующийся на использовании производственной функции. При наличии рассогласования между фактической и плановой траекториями производится анализ динамики изменения отдельных показателей с целью выявления источников появления рассогласований.

Список литературы:

1. *Василенко В.О., Шостка В.І.* Ситуаційний менеджмент. Навчальний посібник. – К.: ЦУЛ, 2003.

2. *Браун Марк Г.* Сбалансированная система показателей: на маршруте внедрения: пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

3. *Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П.* Сбалансированная система показателей: от стратегии к действию: 2-е изд., пер. с англ. – М.: Олимп–Бизнес,2003.

УДК 004.42

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АДАПТАЦИЯ ЗАКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО КОДА ПОД WINDOWS

***М.А. СОСА*[1]*, *Ю.И. ДОРОФЕЕВ*[2]**

[1] *магістрант кафедры системного анализа и управления НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры системного анализа и управления, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: mark.sosa.1993@gmail.com*

Согласно тезису Чёрча-Тьюринга, любая программная среда может быть воспроизведена в любой другой программной среде. Различные виды воспроизведения широко используются при разработке и проектировании новых систем. Воспроизведение позволяет упростить разработку, давая возможность выявить и устранить недостатки проекта до его физической реализации. Однако на практике это часто бывает достаточно сложно с той точки зрения, что точное поведение системы не документировано и его возможно выявить только лишь с помощью обратной разработки.

Обратная разработка, другими словами – идентификация с дальнейшей адаптацией под конкретную операционную систему, означает, исследование готовой программы (чаще всего это программы с закрытым программным кодом) и документации с целью понять принцип её работы.[1].

Исследование и обратная разработки программ, как правило, выполняется с целью дальнейшей модификации, копирования, получения некоторых закрытых данных о внутреннем устройстве программы или про взаимодействие её с другой программой. Таким образом, имея возможность идентифицировать закрытый программный код с помощью комплекса программно-аппаратного обеспечения [2] (т.е его воспроизведения), разработчик, имеет все возможность для дальнейшей адаптации закрытого программного кода на конкретную вычислительную систему.

Цель работы – решение проблемы идентификации и адаптации сменного игрового приложения под операционную систему Windows.

Для достижения поставленной цели была выбрана среда разработки GMS, функционал которой позволяет максимально наглядно представить результат и максимально точно решить проблему идентификации и адаптации сменного игрового приложения под операционную систему Windows, также использовалось стороннее, авторское программное обеспечение.

Список литературы:

1. *Bertrand, M.* Approaches to portability / M. *Bertrand* // JOOP , Journal of Object-Oriented Programming. – 1998. – № 11 – С. 93-95.

2. *Lohman, B.* Emulation for Digital Preservation in Practice: The Results / *B.Lohman* // The International Journal of Digital Curation. – 2007. – № 2.2 - С. 123-132.

УДК 004.056.2 + 004.056.55

РАЗРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

В.А. УРСУЛ [1*], ***О.Н. МАЛЫХ*** [2]

[1] *магистрант кафедры Системного анализа и информационно-аналитических технологий, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры Системного анализа и информационно-аналитических технологий НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: stricx.mt@gmail.com*

В наше время всемирной сетью Internet пользуется практически каждый. Согласно сервису Internet Live Stats, каждую секунду в Google делается более 50 000 поисковых запросов, отправляется почти 2,5 млн электронных писем. Большая часть данных является конфиденциальной, и следовательно, передача их по сети должна быть безопасной. В этом случае на помощь приходят криптографические протоколы, которые позволяют скрыть передаваемую информацию от третьих лиц.

Актуальность и важность проблемы защиты информации можно описать следующими факторами [1]:

1. За последние годы вычислительная мощность и доступность компьютеров, смартфонов и других гаджетов резко увеличилась.
2. Многократно увеличился объем информации, которая хранится и обрабатывается с помощью компьютеров и других средств автоматизации.
3. Развитие всемирной сети Internet, способствует нарушению безопасности систем обработки информации по всему миру.

Таким образом, криптография позволяет решить следующие основные задачи:

1. Обмен информацией с последующей установкой защищенного соединения между каналами передачи данных.
2. Аутентификация и авторизация сторон, которые устанавливают связь.

Целью работы является разработка параллельных алгоритмов для программной реализации системы криптографических преобразований.

Для достижения поставленной цели была обеспечена возможность шифрования и дешифрования данных с помощью криптосистемы *DES*. Также были реализованы методы формирования электронной цифровой подписи – *MAC* и *MD5*. Программное обеспечение было написано на языке программирования *C#*. Разработанное приложение имеет интуитивно понятный интерфейс пользователя.

Список литературы:

1. *Столлингс, В.* Криптография и защита сетей. Принципы и практика / *В. Столлингс* // М.: И.Д.Вильямс. – 2001. – С. 672.

УДК 004.896

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОТОКУ РОБІТ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ПРОЕКТУВАННІ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

***В.В. ЧУРІКОВ*[1*], *В.О. КОТЛЯРОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри Радіоелектроніка, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри Радіоелектроніка, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: libre.mortum@gmail.com*

Актуальність. При проектуванні різноманітних радіотехнічних систем необхідно виконувати певну кількість розрахунків, котра залежить від завдання. Для переважної кількості випадків вже існують програмні засоби, що спрощують розрахунки параметрів радіотехнічних систем, проте незважаючи на кількість даних засобів — переважна частина їх не систематизована, не має стандартизованого формату вхідних та вихідних даних, виконана на різних мовах програмування та несумісна одна з одним. Для пришвидшення отримання результатів проектування використовують різноманітні інструменти для організації потоку робіт. Потік робіт — опис послідовності дій таких, наприклад, як послідовність проектних операцій при синтезі схемотехнічних рішень. Потік робіт може являти собою будь яку абстракцію реальної роботи, що виділена у процесі діяльності [1]. Таким чином кожний програмний засіб, що бере участь у потоці робіт, може бути графічно представлений як один з модулів, що має декілька вхідних та вихідних параметрів, що можуть бути спрямовані до інших модулів, що дозволить об`єднати декілька програмних засобів в єдиний потік робіт та отримати результати виконання усього потоку лише при зміні вхідних даних. Також існує проблема недостатньої швидкості та ефективності проектування котру можна вирішити за допомогою введення експертної системи. Даний захід забезпечить користувача, після накопичення та аналізу даних, порадами та пропозиціями експертної системи, що дозволить швидше вибрати найбільш сприятливий варіант розміщення та поєднання модулів та пришвидшить процес проектування в цілому.

Метою даної наукової роботи є розробка засобів організації потоку робіт при автоматизованому проектуванні радіотехнічних систем, а також дослідження, порівняння та пошук нових варіантів у процесі проектування.

Наразі існують багато програмних продуктів, що дозволяють з різною мірою ефективності вирішувати проблеми автоматизованого проектування радіотехнічних систем, проте важливим недоліком більшості з них є закритість системи, що виражена у неможливості створення користувачами нових модулів та організації потоку робіт, а також повна відсутність допоміжних засобів у вигляді експертних систем або ж, за наявності, бази знань таких систем створюються експертами та не здатні до навчання або розширення. Таким чином існує необхідність розробити систему, що матиме можливість візуалізувати потік робіт, що необхідний для реалізації автоматизованого

проектування, реалізувати можливість розширення базового комплекту модулів користувачами, під`єднати та обучити експертну систему, що здатна до подальшого навчання.

Для вирішення поставленої задачі можливо використання декількох підходів, таких як адаптація вже існуючих програмних засобів з відкритою можливістю для змін таких як SciRun, MevisLab, Kepler,jBPM, DEVS, PDEVS, DDEVS, що підтримують технологію workflow (потік робіт). Проте даний підхід відрізняється наявністю додаткових складнощів, через те, що вищевказані засоби первинно утворені для вирішення інших задач, наприклад MevisLab створений для вирішення задач обробки медичних воксельних або пласких зображень, SciRun — для рішення обробки даних та візуалізації полів різної природи, jBPM — для побудови потоку робіт для бізнес-процесів. Також цей підхід має звісні проблеми з під`єднанням експертних систем так як більшість даних засобів надає можливість лише створювати нові модулі, а експертна система у вигляді модулю буде потребувати ручного підключення до кожного іншого модулю задля аналізу поточної ситуації та окремого модулю для візуалізації згенерованих експертною системою порад.

Інший підхід базується на створенні принципово нового програмного забезпечення з уживанням вже відомих відкритих графічних бібліотек таких як VTK, jBPT, TINA та інших разом з бібліотеками, що дозволяють реалізувати програмну модель технології workflow (потік робіт) у вигляді, наприклад, мереж Петрі, BPEL, IDEF та інших[2]. Також цей підхід спрощує під`єднання експертних систем що мають власні бібліотеки наприклад Eclipse, OpenCyc, G2, GBB за рахунок можливості вільно змінювати код програми під час розробки, тому цей варіант є більш оптимальним аніж перший за рахунок більш широких можливостей для проектування, проте потребує більше часу для розробки, підвищує складність роботи.

Третій підхід потребує повністю самостійної розробки усіх компонентів системи, що значно збільшує можливості щодо варіативності рішень поставленої задачі, але потребує занадто великої витрати часу та визнаний недостатньо продуктивним. Також необхідним компонентом є створення базової структури семантичної мережі, та первинне навчання її експертом, що дозволить задати напрямок подальшого навчання. Семантична мережа використовується у якості бази знань у експертній системі, котра повинна збирати, аналізувати отримані під час автоматизованого проектування радіотехнічних систем дані щодо частоти використання модулів, типових з`єднань між ними, найбільш часто вживаних характеристик модулів з ціллю їх подальшого збереження та формування рекомендацій щодо проектування, що будуть передані користувачу.

Список літератури:

1. *W.M.P. van der Aalst* Workflow Management: Models, Methods, and Systems. / W.*M.P. van der Aalst, K. van Hee,* // The MIT Press, 2002.

2. *W. Johnston,* Advances in dataflow programming languages,/ *W. Johnston, J. Hanna, and R. Millar,* // ACM Computing Surveys, vol. 36, no. 1, 2004.

УДК 681.5:004.896

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Ю.С. ШЕВЧЕНКО [1*], ***А.Ю. СИДОРЕНКО*** [2]

[1] *магистрант кафедры Системного анализа и информационно-аналитических технологий, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры Системного анализа и информационно-аналитических технологий, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: juliacz@yandex.ru*

Управление проектами (УП) – многоаспектная творческая деятельность для обеспечения управления целями, временем, стоимостью, денежными и временными ресурсами, командой, рисками, интеграцией проекта, качественно выполнять которую без применения вычислительных машин невозможно [1]. В настоящее время разработано большое количество специализированных программных продуктов по управлению проектами, которое автоматизирует процессы календарно – ресурсного планирования и управления задачами: линейное и сетевое моделирование, также планирование проекта, мониторинг состояния работ проекта, построение графиков необходимых ресурсов, а также другие функции управления проектами.

Нынешние проекты и условия их осуществления все более затрудняются, наращивается круг решаемых в них задач, а существующие программы по управлению ими не охватывают всего круга вопросов, возникающих при их регулировании. В большей мере это чувствуется при работе с приложениями, которые не насчитывают в прошлом аналогов. А проектирование и материализация данных приложений, осуществляется в условиях неполной или неточной информации [2].

Целью работы является создание программного продукта по управлению проектами, который позволит решать большое количество задач по управлению проектами в условия различных видов неопределенности и большого количества критериев, но и вдобавок осуществлять компьютерную поддержку широкого круга различных задач, возникающих в течении всего жизненного цикла проекта. Представление системы основывается на обобщении методов и технологий проектного регулирования, технологий интеллектуальной обработки данных и теории принятия решений.

Список литературы:

1. *Баркалов, С.А.* Математические основы управления проектами / *С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетова и др*. // М.: Высш. шк. – 2005. – 423 с.

2. *Рутковская, Д.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / *Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский* // М.: Горячая линия – Телеком. – 2006. – 452 с.

СЕКЦІЯ 2. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В МЕХАНІЦІ ТА СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

УДК 696.115

ПРОЕКТУВАННЯ СЕЙСМОСТІЙКОГО ТРУБОПРОВОДУ АЕС

***Є.О. АНІЧІН*[1*]*, О.І. ТРУБАЄВ*[2]

[1] *магістрант кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email:anichin@mail.ru*
[2] *доцент кафедри ДММ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: trubayev@gmail.com*

Сейсмостійкість – це характеристика будівель та споруд, що описує їх стійкості перед землетрусами в межах допустимого ризику.

Устаткування і трубопроводи атомних електростанцій поділяються на категорії сейсмостійкості насамперед в залежності від їх важливості для забезпечення ядерної та радіаційної безпеки. При цьому слід прагнути до такого компонування обладнання, щоб по можливості забезпечити взаємну міцність різних його одиниць. В іншому випадку може виявитися необхідно підвищити категорію менш відповідального устаткування. На АЕС застосовується обладнання різного виду. Це технологічне обладнання, зазвичай представляє собою масивні і жорсткі металеві конструкції, резервуари, трубопроводи, багато з яких працюють під тиском і при високій температурі.

При сейсмічних поштовхах на трубопровідну мережу впливають навантаження, що значно перевершують її власну вагу, оскільки до нього додаються вага рідини, що транспортується і вага теплоізолюючих і захисних матеріалів. Це вимагає збільшення жорсткості всієї трубопровідної структури і організації надійного опору впливу перевантажень.

Метою роботи є створення системи автоматизованого проектування геометрії сейсмостійкого трубопроводу та дослідження напружено-деформованого стану при сейсмічній дії. Дана система має враховувати різні розміри ділянок трубопроводу за бажанням користувача.

В результаті була створена автоматизована система проектування сейсмостійкого трубопроводу. Створена програма дозволяє користувачу з мінімальним досвідом роботи з CAE системою, розробляти геометрію трубопроводу за введеними параметрами. Даний програмний комплекс має в собі вбудовані засоби запуску системи скінчено-елементного аналізу та дозволяє швидко і зручно проводити модальний або статичний аналізи. Було проведено статичний та модальний аналіз сейсмостійкого трубопроводу.

Список літератури:

1. *Бирбраер А.Н.* Расчет конструкции на сейсмостойкость. - СПб.:Наука, 1998. – 255 с .

2. *Рашидов Т.Р.* Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. –Ташкент: Фан, 1973. – 179 с.

УДК 534.014.2:621.165

НЕЛІНІЙНІ КОЛИВАННЯ ЛОПАТОК РОБОЧИХ КОЛІС ТУРБОМАШИН З УРАХУВАННЯМ ДИНАМІЧНОГО КОНТАКТУ В РОЗ'ЄМНОМУ БАНДАЖНОМУ З'ЄДНАННІ

***В.Г. БУДРІКІС*[1*], *О.О. ЛАРІН*[2]**

[1] *студент кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ДММ, кандидат техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: budr245@gmail.com*

Серед різних відмов, що відбуваються в парових турбінах, велике поширення мають поломки, викликані підвищеним рівнем вібрацій. Зазначені відмови найчастіше формуються в лопатковому апараті робочих коліс. Отже надійність лопаткового апарату є важливою умовою тривалої безаварійної роботи в цілому турбомашини.

Надійна робота лопаткового апарату багато в чому визначається характеристиками між лопаткових з'єднань: бандажного чи проміжного демпферного зв'язку, замкового з'єднання лопаток в диску.

У сучасному турбобудуванні для підвищення жорсткості довгих лопаток циліндру низького тиску та вентиляторів використовують міжлопаткові зв'язки, що представляють собою роз'ємні з'єднання. При цьому слід відзначити, що характеристики динаміки і міцності зазначених лопаткових апаратів істотно залежать від особливостей контактної взаємодії у роз'ємному з'єднанні. Разом із тим в процесі роботи лопаткові апарати зазвичай знаходяться під суттєвим динамічним навантаженням, яке призводить до їх вібрації і як наслідок до можливості динамічної зміни в контактному з'єднанні, а також до його поступового зносу.

В даній роботі використовуючи сучасні програмні комплекси інженерних розрахунків, були побудовані параметричні моделі лопаток робочого колеса 4 ступені циліндру низького тиску парової турбіни та розроблені алгоритми автоматизованої побудови їх тривимірної геометрії. Вони імплементовані у вигляді скриптового програмного забезпечення на мові APDL. Наявні моделі дозволяють вивчати статичну міцність, проводити аналіз спектру власних частот коливань, а також проводити дослідження вимушених коливань. Дослідження нелінійних коливань даних лопаток проводиться на основі безпосереднього інтегрування рівнянь динаміки цієї системи та дозволяє робити якісні висновки про ефекти, що реалізуються в процесі їх нелінійних вібрацій, а також оцінити ступінь адекватності лінеаризованих моделей і сформулювати рекомендації щодо їх побудови.

УДК 539.3

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕОРЕТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПРУЖНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКНИСТИХ КОМПОЗИТІВ

***С.В. БУЙНИЙ*[1*], *Г.І. ЛЬВОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри Динаміки та міцності машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*професор кафедри Динаміки та міцності машин, доктор техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: serguk1995@yandex.ru*

Композитні матеріали мають досить широкий спектр вживання: авіабудування, медицина, енергомашинобудування, промислове будівництво та ін. Така популярність визначається легкістю, високою питомою міцністю, зносостійкістю, жорсткістю, втомною міцністю. Здебільше, композитні матеріали мають анізотропні механічні властивості.

Експериментальне визначення пружних характеристик для композитних матеріалів є досить складним та дорогим процесом. Тому розроблено багато методів теоретичного визначення цих характеристик по відомим властивостям волокон та матриці [1-3]. В даній роботі розглядається методика чисельного визначення пружних констант та розроблена автоматизована система теоретичного визначення пружних характеристик волокнистих композитів.

Для розробки автоматизованої системи були використані такі мови програмування як C#, Delphi, APDL.

Ціллю роботи є автоматизування процесу теоретичного визначення пружних характеристик волокнистих композитів за допомогою чисельного експерименту на ЕОМ з уживанням програмного комплексу ANSYS. Створений програмний продукт дозволяє будувати 2D та 3D геометричні моделі волокнистих композитів з різними схемами армування та коефіцієнтами заповнення. Управляюча програма дозволяє користувачу швидко проводити багатоваріантні обчислення та отримувати матриці жорсткості та технічні пружні стали.

Список літератури:

1. *Хорошун Л. П.* К теории эффективных свойств идеально пластических композитных материалов/ *Л. П. Хорошун, Ю. А. К. Вецало* // Прикл. Мех. – 1987. – Т. 23, № 1. – С. 86-90.

2. *Ванин Г. А*. Микромеханика композиционных материалов / *Г. А. Ванин*. – Киев: Наукова Думка, 1985. – 304 с.

3. *Победра Б. Е*. Механика композиционных материалов / *Б. Е. Победра*. – М. : Изд-во Московского ун-та, 1984. – 336 с.

УДК 004

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНІХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДВОХКОМПОНЕНТНИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

В.О. БОЛОТОВА[1*]***, О.О. ВОДКА***[2]

[1] *магістрант кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ДММ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: ekler.bolotova@gmail.com*

За допомогою аналізу мікроструктури можна визначити величину та розташування зерен метала, розміри та кількість малих неметалевих включень та різних фаз в матеріалі, проконтролювати стан структури поверхні слою виробу, виявити мікродефекти, а також деякі дефекти кристалічної будови. Для побудови мікроструктури матеріалу використовували прямий метод діаграм Вороного.

Необхідно було побудувати геометричну модель мікроструктури полікристалічного матеріалу із застосуванням діаграми Вороного; розробити скінченно-елементну модель мікроструктури, яка враховує довільну орієнтацію кристалів мікроструктури; провести визначення параметрів напруженого стану для випадку одновісного розтягу; визначити середні характеристики при різних відсоткових долях вмісту метала. Беручи до уваги складність математичної моделі та поставлену задачу використали скінченно-елементний програмний комплекс ANSYS, який ставить своєю основною метою надання можливості виконання практично будь-якого виду аналізу за допомогою методу скінченних елементів в інтересах фактично будь-якої галузі виробництва. Рішення завдання передбачається на основі методу кінцевих елементів. Для збільшення точності моделювання у складних зонах створили скінченно-елементну сітку, використовували скінчений елемент – PLANE183 вищого порядку. Цей елемент використовується для двохмірного моделювання твердих структур.

Для дослідження використовували 2 види матеріалу: Cu та Au. Для тестування програмного забезпечення було проведено ряд розрахунків та аналіз отриманих результатів. Для автоматизації моделювання та аналізу було розроблено програмне забезпечення для дослідження пружних властивостей полікристалічного матеріалу на основі ортотропних характеристик зерен мікроструктури металу. Для зручності користування була створена програма з графічним інтерфейсом, яка генерує макрос із заданими користувачем необхідними для аналізу даними: кількість зерен, розмір елемента, діюче навантаження, необхідний матеріал, властивості (модуль пружності, коефіцієнт пружності, модуль зсуву) та відсоткове відношення матеріалів. Після побудови проаналізували характеристики при різних відсоткових долях вмісту металу.

Зробили висновок, що зі збільшенням відсотку міді зростає і модуль пружності. Для аналізу використовували метод найменших квадратів.

УДК 62-19

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТОХАСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ

***І.О. ГЛАДКИХ*[1*], *О.О. ЛАРІН*[2]**

[1] *магістрант кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ДММ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: io.gladkikh@gmail.com*

Тенденцією розвитку сучасного машинобудування є зниження матеріаломісткості і енергоспоживання при одночасному ускладненні, підвищенні потужності і продуктивності машин і конструкцій. У цих умовах пріоритетними є вимоги до надійності нової техніки, які продиктовані не тільки економічними міркуваннями, а й соціально-екологічними наслідками в разі виникнення відмов. Слід зазначити, що більшість параметрів системи також характеризуються наявністю серйозних розкидів від об'єкта до об'єкта. Як правило, має місце лише певна статистика при можливих розкидах значень цих параметрів. Ця обставина призводить до необхідності вирішувати задачу теорії надійності в ймовірнісної постановці [1]. Коректне прогнозування надійності елементів конструкцій можливо тільки при обліку впливу на їх працездатність основних випадкових факторів і на основі методів, що дозволяють з високим ступенем точності виконувати розрахунки основних показників надійності (ймовірності безвідмовної роботи, щільності ймовірності відмов і ін.).

Метою даної роботи є створення автоматизованої комп’ютерної системи математичного симуляції стохастичного процесу та пошук його дисперсії, математичного очікування та спектральної щільності.

У цій роботі було розроблено методику відтворення стохастичного процесу із заданими характеристиками. Для моделювання стохастичного процесу було створено масив випадкових чисел, проведено інтерполяцію по випадковим точкам, та отримання функції *f(t)*. Також відтворено процедури аналізу стохастичних процесів, тобто визначення його ймовірнісних характеристик: дисперсія, математичне очікування та спектральна щільність. Для зручного користування програмою було створено графічний інтерфейс. Ця робота є основою для подальших досліджень випадкових процесів у теорії надійності.

Список літератури:

1. *Болотин, В. В.* Случайные колебания упругих систем / *В. В. Болотин.*– М.: Наука. – 1979.– 336 с.

УДК 004.51

МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІКИ ОРБІТАЛЬНОГО ТА МІЖОРБІТАЛЬНОГО РУХІВ

***І.О. ГОЛОВАЧ*[1], *Ю.М.АНДРЄЄВ*[2]**

[1]*магістрант кафедри КМПС, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*професор кафедри КМПС, д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

В даній роботі вирішується задача розробки системи моделювання орбітального руху космічного апарату по круговим орбітам з використанням Гоманівських траєкторій руху для створення орбітального маневру – переходу між орбітами та з використанням мови програмування Python, кросплатформної бібліотеки PyGame, що дає змогу змоделювати орбітальний політ навколо центру, що притягує, та міжорбітальні перельоти та наочно відобразити їх на екрані монітора.

Дана тема є актуальною, так як розроблена програма призначена для моделювання польоту космічного апарату по круговим орбітам та переходу між ними по Гоманівським траєкторіям з низької кругової орбіти на більш вищу орбіту, що дає можливість змоделювати приблизний рух та маневри космічного апарату в космосі. Задача перельоту космічного апарату між компланарними круговими орбітами є однією із найбільш вивчених задач механіки космічного польоту [1]. Також змодельований динамічний рух космічного апарату можливо застосовувати для наочного представлення орбіт та міжорбітальних перельотів космічних літальних апаратів, проектуванні лабораторних робіт з курсу «Механіка польоту» та для виконання відповідних лабораторних, курсових та дипломних робіт.

Постановка задачі полягає в тому, що потрібно реалізувати 2d модель орбітального та міжорбітального рухів космічного апарату, а також функціонал та графічне відображення руху, а саме:

1. Створити вікно програми, в якому формується кадр — полотно, яке демонструє гравітаційне поле та рух космічного апарату по створених кругових орбітах навколо центра мас;

2. Реалізувати можливість взаємодії користувача з моделлю руху — сприйняття системою інформації, що отримується від користувача у вигляді номеру кнопки, яка, у свою чергу, значить на яку кругову орбіту потрібно здійснити Гоманівський перехід;

Поставлені задачі було виконано. Модель механіки орбітального та міжорбітального рухів виконується в середовищі програмування Python, демонстрація моделі відбувається за допомогою кросплатформної бібліотеки PyGame.

Список літератури:

1. *Гребеников Е.А.* Межпланетные полеты / *Е.А. Гребеников, В.Г. Демин*. – М.: Наука, 1965. – 357с.

УДК 539.2: 534

АНАЛІЗ БІГУЧІХ ТА СТІЙКИХ ХВИЛЬ У МОДЕЛІ ДНК ПЕЙРАРА –БІШОПА –ДОКСУА

***Н.С. ГОЛОСКУБОВА*[*1], *Ю.В. МІХЛІН*[2]**

[1] *аспірант кафедри СПУ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *проф. кафедри ПМ, д-р. фіз.-мат. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email:nataligoloskubova1992@ukr.net*

Важливим кроком проектування нанороботів є їх проектування на основі молекул ДНК, оскільки як матеріал для створення нанооб'єктів можуть виступати не тільки білки, але й молекули ДНК.

У даній роботі розглядається модель ДНК ПейрараБішопа –Доксуа - модель функціонування молекули ДНК. Вона враховує, що молекула ДНК складається з двох полінуклеотидних кіл. Ця модель являє собою два кола дисків, пов'язаних один з одним поздовжніми та поперечними пружинами.

Метою даної роботи є дослідити на основі вказаної моделі два граничних випадку: перший випадок – довгохвильове наближення (наднизькі частоти), другий – найбільш високочастотна форма коливань, а саме, антифазна форма. Передбачується отримати рішення рівнянь руху моделі в аналітичному вигляді та порівняти їх з розрахунками методом Рунге – Кутта четвертого порядку. Передбачується отримання закону дисперсії, що описує залежність частоти системи ω від хвильового числа a. Планується також отримання границь локалізації відокремлених хвиль у просторі параметрів системи.

У ході даної роботи було розглянуто біжучі та стоячі хвилі в моделі Пейрара-Бішопа-Доксуа (ПБД модель), яка описує динаміку молекули ДНК. Біжучі хвилі побудовано у довгохвильовій границі методом малого параметру; де малий параметр характеризує малість нелінійних членів в моделі ПБД. Найбільш високочастотні моди, а саме, режими анти-фази, побудовані також методом малого параметру.

Стійкість стоячих локалізованих мод аналізується. Перевірка чисельним моделюванням показує хорошу точність отриманих наближених аналітичних рішень.

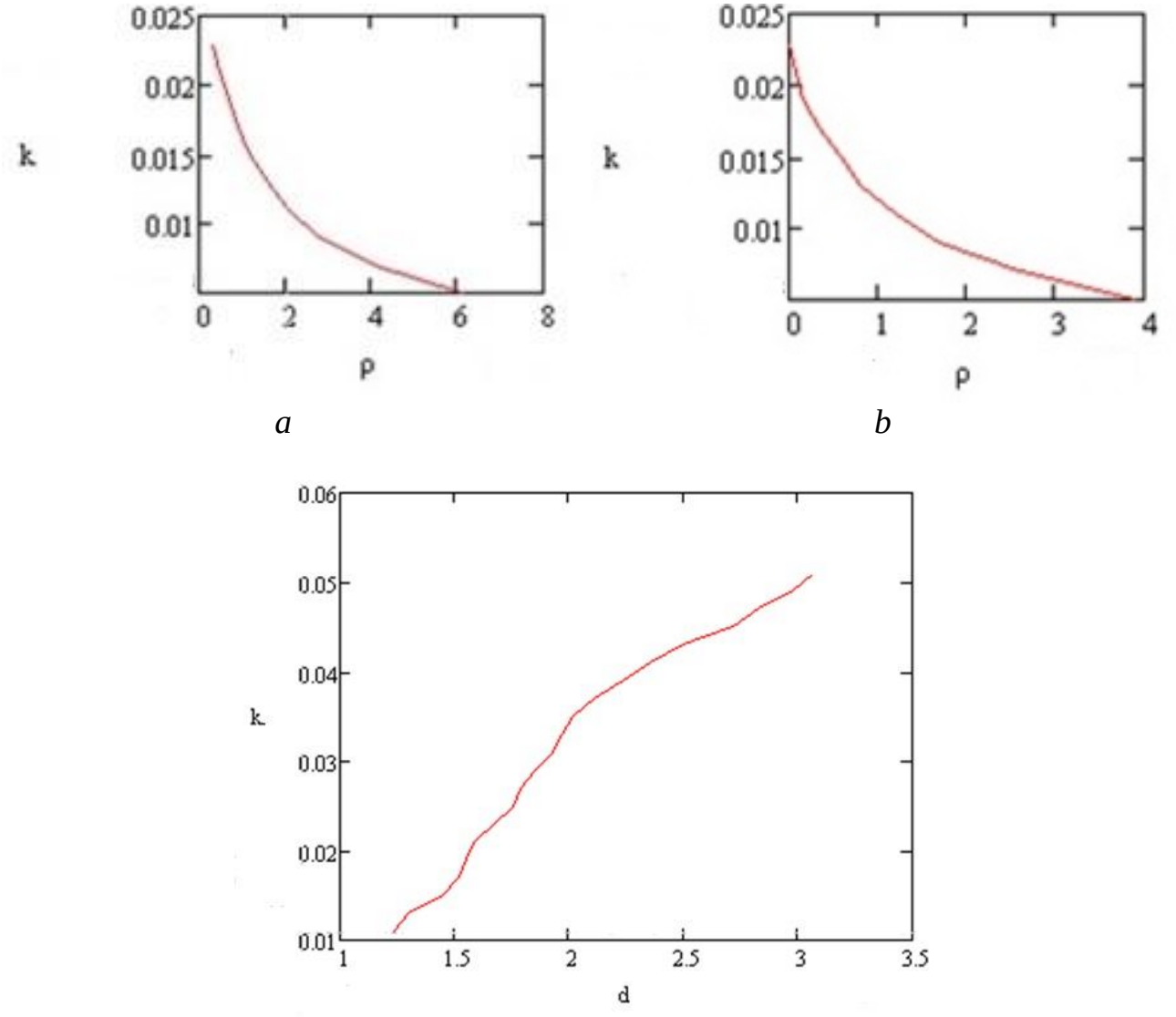
Локалізовані стоячі хвилі збуджуються початковим зсувом або швидкістю деякого обраного диска в моделі ПБД.

Стійкість рішення аналізується чисельно-аналітичним підходом, який є наслідком відомого визначення Ляпунова про стійкість [1]. А саме, значення кінетичних енергій (або швидкості) вибраного диска та сусідніх елементів порівнюються.

Зафіксуємо нестійкість, якщо більш ніж 10 відсотків від початкової кінетичної енергії переходить в сусідні диски. Розрахунки проводяться в точках деякої обраної сітки простору параметрів системи.

Розрахунки проводяться до тих пір, поки границі областей стійкості/нестійкості (в обраному масштабі) на системному просторі параметрів є змінними. Це є основним критерієм для вибору часу *T*.

Результати розрахунків представлено на рис. 1, де показані межі стійкості / областей нестійкості в просторі параметрів системи. Тут α = 0,65 та γ = 0,577. Області стійкості розташовані зліва від границі.



a *b*

c

Рис.1 – Границі областей стійкості / нестійкості у просторі параметрів системи
a),b) – границі у просторі (k, ρ) дляd=0.9 (Рис.1a) таd=0.33 (Рис.1b);
c) – границі у просторі (k, d) для ρ=0.5.

Список літератури:

1. *Mikhlin Yu.V.* Lyapunov definition and stability of regular or chaotic vibration modes in systems with several equilibrium positions / *Yu.V.Mikhlin, T.V. Shmatkoand, G.V.Manucharyan //* Computers and Structures, 2004. – 82. – P. 2733-2742.

УДК 685.64

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ШВЕЦЬКОЇ СТІНКИ

***М.А. ГОНЧАРОВ*[1*]**

[1] *магістрант кафедри Динаміки та міцності машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: wpwxdoom@gmail.com*

Використання інформаційних технологій для моделювання займає важливе місце при вирішенні сучасних проблем розвитку науки і техніки [1, 2]. Швецька стінка – спортивне знаряддя, використовується для тренування в спортивних залах, школах та вдома. Швецька стінка досить популярний товар на ринку спортивного приладдя. На гімнастичну стінку можна навісити безліч додаткових спортивних снарядів: турнік, бруси, похилу лаву; для дітей це можуть бути канат, мотузкові сходи, гойдалка, кільця, трапеція та ін. Широка можливість вдосконалення конструкції додатковим знаряддям, а також різноманітність параметрів в залежності від місця використання дає можливість параметризації конструкції.

Метою роботи є створення комп'ютерної системи для автоматизованого моделювання конструкції швецької стінки та написати програму, яка б могла взаємодіяти з програмним комплексом інженерних розрахунків і наявності інтерфейсу користувача для роботи с параметрами та навантаженнями. В основу пропонується покласти математичне моделювання досліджуваних об'єктів, як тривимірних тіл із застосуванням методу скінченних елементі.

В результаті була створена автоматизована система побудови конструкції швецької стінки, а також було розроблено програму, яка дозволяє автоматизувати взаємодію користувача з програмним комплексом інженерних розрахунків. За допомогою інтерфейсу користувач задає параметри конструкції та навантаження. При реалізації побудови моделі конструкції, а так само створення наближених до реальних умов діючих на конструкцію сил, найкраще використовувати CAD-систему. Для розробки програми с інтерфейсом для користувача була використана об'єктно - орієнтована мова програмування C#. З отриманих результатів є можливість визначити ділянки, які найбільш піддані деформаціям при заданих навантаженнях, а також оцінку міцності при заданих параметрах.

Список літератури:

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования. – МГТУ им. Н.Э. Баумана –2002. – 430 с.

2. *Мезенцев,К. Н.* Автоматизированные информационные системы: учебное пособие / *К. Н. Мезенцев.* – М.: Академия, 2010. – 208 с.

УДК 531

КОЛИВАННЯ КОНІЧНИХ ОБОЛОНОК З РІДИНОЮ

Є.С. ДЕМЧЕНКО[1*], О.О. СТРЕЛЬНІКОВА[2]

[1] магістрант кафедри механіки суцільних середовищ та опору матеріалів, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

[2]професор кафедри механіки суцільних середовищ та опору матеріалів, д-р. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

[*]email: zdemchenko94@email.com

Конічні оболонки при взаємодії з рідиною, отримали мало уваги в науковій літературі, незважаючи на використання тонкостінних конічних оболонок, вони мають велике значення в ряді різних галузей машинобудування. В аерокосмічній техніці, такі конструкції використовуються для літаків і супутників.

В океанській інженерії, вони використовуються для підводних човнів, торпед, плаваючих балістичних ракет і бурових установок у відкритому морі. Феномен плескань можна описати як рух вільної поверхні рідини, що міститься в резервуарі, під дією раптово прикладеного навантаження.

Відомо, що саме частково заповнені резервуари піддаються дії особливо сильних плескань. Потужний рух рідини може створити високий локалізований тиск рідини на стінки резервуара, що в свою чергу може призвести до руйнування конструкції або до втрати стійкості.

Розглядається зв'язана динамічна задача для оболонки обертання, частково заповненої рідиною та підданої короткочасному імпульсному навантаженню. Перша оцінка була зроблена для циліндричних і конічних оболонок без перегородок з рівними об'ємами з рівними радіусами вільних поверхонь. У табл. 1 результати чисельного моделювання приα= 0, 1 і різними значеннями R_2. Порівняння результатів, отриманих за допомогою запропонованого методу з [1].

Таблиця 1 – Власні частоти V– образних і Λ– образних конічних резервуарів

	V– образні					Λ– образні				
R_2	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9
α =0, k =1										
[2]	3.386	3.386	3.382	3.139	2.187	24.153	10.014	6.665	4.550	2.683
МГЕ	3.389	3.390	3.391	3.192	2.200	20.027	10.034	6.669	4.545	2.678
α =1, k =1										
[2]	1.304	1.302	1.254	0.934	0.542	11.332	5.629	3.515	1.661	0.726
МГЕ	1.305	1.307	1.259	0.954	0.574	11.303	5.626	3.481	1.651	0.732

Форми коливань для V–образних резервуарів для α= 0, показані на рисунку 1, де числа 1, 2, 3 відповідають першій, другій і третій формі. Суцільні

лінії відповідають резервуарам без перегородок а пунктирні лінії відповідають V–образному резервуару з дефлектором.

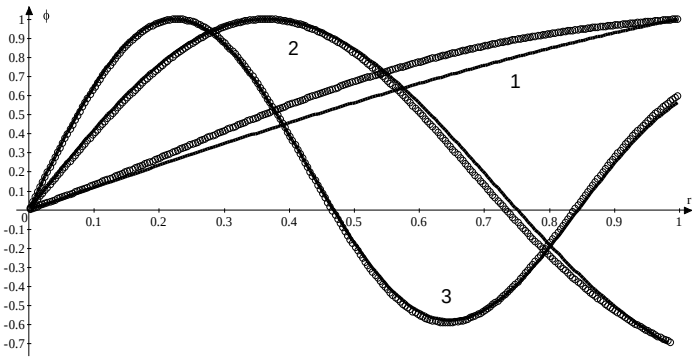


Рис. 1 Форми коливань V– образних конічних резервуарів з і без перегородок

Таблиця 2 – Власні частоти V–образних і Λ–образних конічних резервуарів з перегородками

n			1	2	3	4	1	2	3	4
			V– образні				Λ– образні			
H_1	H_2	R_{int}/R_b	α =0							
0.5	0.5	1	3.466	6.681	9.845	12.99	7.985	14.37	20.70	27.01
0.5	0.5	0.5	3.408	6.668	9.843	12.99	7.968	14.37	20.69	27.01
0.5	0.5	0.2	3.405	6.635	9.843	12.99	7.960	14.37	20.69	27.01
0.8	0.2	0.5	2.527	6.387	9.724	12.92	7.344	14.25	20.66	26.99
0.8	0.2	0.2	2.443	6.059	9.565	12.88	7.113	14.20	20.65	26.99

Запропонований підхід дозволяє проводити чисельне моделювання з перегородками резервуарів з перегородками різних розмірів і з різним становищем в резервуарі. Це дає можливість регулювати радіус дефлектора і його положення всередині резервуара. Вже згадане завдання було вирішене за використанням методів граничних елементів багатоканальних областей.

Такий підхід можна легко узагальнити для пружних резервуарів з пружними перегородками. Геометрія резервуара також може бути легко змінена, так що результати можна отримати для конічної, сферичної і складених оболонок.

Список литературы:

1. *Богоряд И.Б.*Введение в динамику сосудов с жидкостью / *Богоряд И.Б., Дружинин И.А., Дружинина Г.З., ЛибинЭ.Е.* – Томск: Изд-во Томского университета.–1977. – 144 с.

2. *B.F Chen* Complete 2D and Fully Nonlinear Analysis of ideal fluid in tanks /*B.F Chen, and H.W. Chiang //* Journal of Engineering Mechanics. – 1999. –Pp. 70-78.

УДК 539.3

ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНУВАННЯ ВНАСЛІДОК ПОВЗУЧОСТІ ПРИ ПЛОСКОМУ НАПРУЖЕНОМУ СТАНІ

***А.В. КОЗЛЮК*[1*], *Д.В. БРЕСЛАВСЬКИЙ*[2]**

[1] *аспірант кафедри комп'ютерного моделювання процесів та систем, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *завідуючий кафедри комп'ютерного моделювання процесів та систем, доктор техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: alenakozlyk@gmail.com*

Функціонування великої кількості елементів конструкцій, що працюють в умовах підвищених температур та значних навантажень, пов'язано з виникненням у їхньому матеріалі деформацій повзучості й накопиченням пов'язаних з нею дефектів, які призводять до руйнування. На теперішній час одним з найбільш розповсюдженим підходів, призначених для моделювання накопичення прихованих пошкоджень в матеріалі, є підхід континуальної механіки пошкоджуваності.

Доповідь присвячено викладенню результатів чисельного моделювання процесів повзучості та руйнування при плоскому напруженому стані. До розрахунків залучено розроблений на кафедрі комп'ютерного моделювання процесів та систем НТУ «ХПІ» програмний комплекс, який використовує метод скінченних елементів у комбінації з різницевими методами інтегрування за часом. Для моделювання застосовано рівняння Бейлі-Нортону до опису процесів повзучості та кінетичне рівняння Работнова-Качанова зі скалярним параметром пошкоджуваності.

Розглянуто зразки з надрізами, які найчастіше застосовують до вивчення процесів руйнування. Вивчено процеси накопичення пошкоджуваності у жароміцному нікелевому сплаві ЕІ867 при температурах 900° й 850°С та у дюралюмінію Д16АТ при 300°С. Отримано залежності значень параметру пошкоджуваності від часу.

Розрахунками визначено місця закінчення прихованого руйнування та виникнення макродефектів у зразках. Далі, для визначення повного терміну життя моделі, що розглядається, на теперішній час застосовують два методи. Перший пов'язаний з використанням підходів механіки руйнування та інтегруванням процесу розповсюдження макротріщини. Другий базується на продовженні скінченноелементного моделювання процесу повзучості та пов'язаного з нею прихованого руйнування за умов виключення з сітки зруйнованого елементу. У роботі виконано спробу поєднання двох цих підходів.

Проведено розв'язання модельних завдань механіки руйнування. Для цього розроблено алгоритм та програму, які реалізують модель Одзі зростання довжини тріщини. Побудовано графіки залежності довжини тріщини від часу.

УДК 004.896:539.3

РОЗРОБКА ПРЕПРОЦЕСОРНОЇ СКІНЧЕННОЕЛЕМЕНТНОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ПЛОСКИХ ЗАДАЧ МЕХАНІКИ

М.В. КОНОВАЛОВ [1*], ***Д.В. БРЕСЛАВСЬКИЙ*** [2]

[1] *магістрант кафедри КМПС , НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *завідувач кафедри КМПС, доктор техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email:mkonovalow@ukr.net*

Доповідь присвячено розв'язанню задачі скінченноелементної регулярної тріангуляції для класу фігур, що утворюються компонуванням прямокутників та прямокутних трикутників довільного розміру.

Такий функціонал не є унікальним, але актуальність роботи полягає у створені менш коштовного рішення – ціною зосередження на одній зазначеній цілі. Програмний додаток, що розробляється, призначений для моделювання випадку великих деформацій за узагальненим підходом Лагранжу-Ейлеру, коли скінченноелементна сітка є нерухомою, а матеріал «плине» між її вузлами.

Розроблений додаток вводить таку абстракцію як «матеріал» вузла, розділяючи таким чином елементи на два типи: власне фігуру та «повітря». Така диференціація надає можливість у подальшому швидко модифікувати форму фігури (перемикаючи «матеріал»), що дозволяє уникнути коштовних операцій побудови сітки та її приєднання до фігури. Така гнучкість може бути корисною також для, наприклад, відображення деформації граней чи утворення отворів у середині фігури.

Розроблено алгоритм об'єднання сіток із суміжними вузлами у єдине розбиття, сформовано тестові випадки для перевірки працездатності програмної реалізації алгоритму, програмний додаток реалізовано мовою програмування Python з використанням бібліотеки Qt. Приклад роботи наведено на рис. 1.

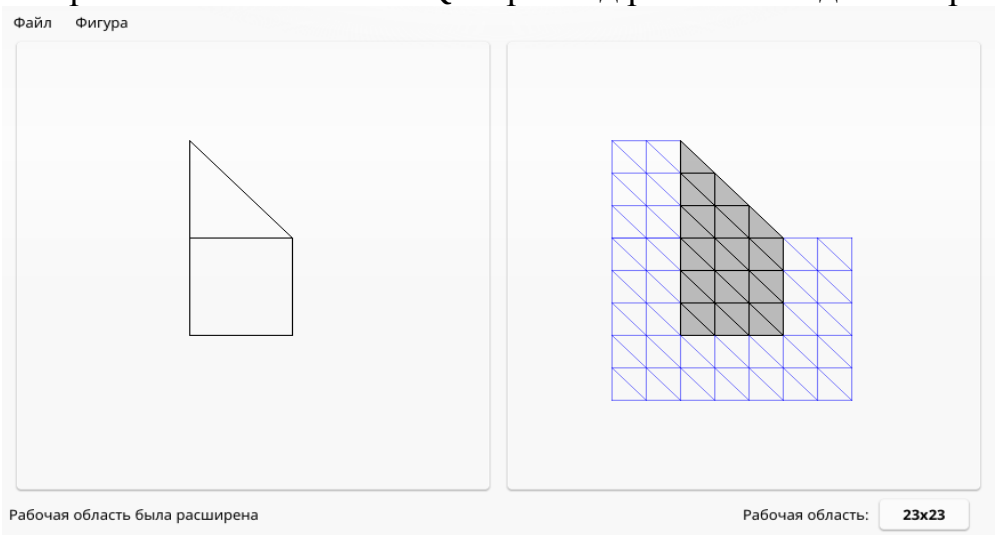


Рис. 1 – Приклад побудованої програмою фігури і розбиття

УДК 531.39

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПОЛОГОЙ, КОНСОЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ В УСЛОВИИ НЕСКОЛЬКИХ ВНУТРЕННИХ РЕЗОНАНСОВ

***С.Е. МАЛЫШЕВ*[1*], *К.В. АВРАМОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры механики сплошных сред и сопротивления материалов, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*профессор кафедры механики сплошных сред и сопротивления материалов, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: malyshev13091995@gmail.com*

В настоящее время расчету нелинейных колебаний пологих оболочек посвящено множество работ [1].В работе рассматривается задача о вынужденных колебаниях пологой консольной оболочки при геометрически нелинейном деформировании. Для описания зависимостей между деформациями и перемещениями используется модель Доннелла. Тогда деформации срединной поверхности определяются так [1]:

$$\varepsilon_{11}=\frac{\partial u}{\partial\theta}+\frac{w}{R}+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial\theta}\right)^2;\varepsilon_{22}=\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2;\varepsilon_{12}=\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial\theta}+\frac{\partial w}{\partial\theta}\frac{\partial w}{\partial x};$$
$$k_1=-\frac{\partial^2 w}{\partial\theta^2};k_2=-\frac{\partial^2 w}{\partial x^2};k_3=-2\frac{\partial^2 w}{\partial\theta\partial x}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{11},\varepsilon_{22},\varepsilon_{12}-$ элементы тензора деформаций срединной поверхности оболочки; k_1,k_2,k_3- кривизны срединной поверхности. Потенциальную энергию оболочки представим в следующем виде:

$$\Pi=\frac{C}{2}\int_0^a\int_0^b\left\{\varepsilon_{11}{}^2+\varepsilon_{22}{}^2+2\mu\varepsilon_{11}\varepsilon_{22}+\frac{1-\mu}{2}\varepsilon_{12}{}^2\right\}d\theta dx+$$
$$+\frac{D}{2}\int_0^a\int_0^b\left\{k_1{}^2+k_2{}^2+2\mu k_1k_2+\frac{1-\mu}{2}k_3{}^2\right\}d\theta dx+ \quad (2)$$
$$+\frac{C}{12R}\int_0^a\int_0^b\left\{\varepsilon_{11}k_1+\varepsilon_{22}k_2+\mu\varepsilon_{11}k_2+\mu\varepsilon_{22}k_1+\frac{1-\mu}{2}\varepsilon_{12}k_3\right\}d\theta dx,$$

где $C=\frac{Eh}{1-\mu^2}-$жесткость на растяжение; $D=\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}-$цилиндрическая жесткость; $E,\mu-$ модуль Юнга и коэффициент Пуассона; $h-$ толщина оболочки; $a,b-$ длины сторон оболочки. Кинетическую энергию оболочки представим так [3]:

$$\mathrm{T}=\frac{\rho h}{2}\int_0^a\int_0^b\left(\dot w^2+\dot u^2+\dot v^2\right)d\theta\,dx, \quad (3)$$

где $\rho-$ плотность материала оболочки.

Рассмотрим геометрические и естественные граничные условия оболочки. На защемленной стороне оболочки выполняются геометрические граничные условия:

$$w\big|_{x=0} = 0, \frac{\partial w}{\partial x}\bigg|_{x=0} = 0, u\big|_{x=0} = 0, v\big|_{x=0} = 0. \qquad (4)$$

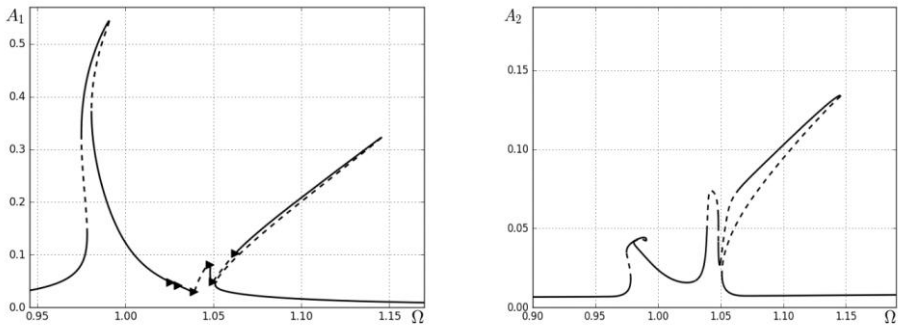
Эти граничные условия обязательно учитываются при расчете собственных форм. На трех свободных сторонах оболочки выполняются естественные граничные условия. Для нахождения собственных частот и форм колебаний оболочки в работе применен кубический B-сплайн Шенберга [2].

В результате применения уравнений Лагранжа получим следующею систему обыкновенных дифференциальных уравнений

$$y_j'' + \lambda_j y_j' + \sum_{i=1}^{N} z_{ji} y_i + \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N} z_{jik} y_i y_k + \sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{N}\sum_{l=1}^{N} z_{jikl} y_i y_k y_l = \tilde{F}_j \cos(\Omega\tau), \qquad (5)$$

где $y_j' = \frac{dy_j}{d\tau}$; $\lambda_j y_j'$ – слагаемое, описывающее безразмерное внутреннее трение в материале оболочки; $z_{ji}, z_{jik}, z_{jikl}, \tilde{F}_j$ – величины, зависящие от параметров конструкции.

Система дифференциальных уравнений (5) исследуется численно методом продолжения по длине дуги в сочетании с методом пристрелки [3].



ab

Рис. 1 – Амплитудно- частотная характеристика в области первого основного резонанса;
a– по оси ординат показывается размах 1й обобщенной координаты;
b –по оси ординат показывается размах 2й обобщенной координаты

Список литературы:

1. *Amabili M.* Nonlinear vibrations and stability of shells and plates / *Amabili M.* – Cambridge:CambridgeUniv. Press, 2008.

2. *Awrejcewicz, L. Kurpa, A. Osetrov.* Investigation of the stress-strain state of the laminated shallow shells by R-functions method combined with spline-approximation / *Awrejcewicz, L. Kurpa, A. Osetrov. //ZAMM Z.* Angew. Math. Mech. – 2011. –91 – No. 6. – Pp. 458 – 467

3. *Аврамов К. В.* Нелинейная динамика упругих систем /*Аврамов К. В., Михлин Ю. В*. – Москва–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. – 704 с.

УДК 539.376

СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНИЙ ПІДХІД ДО ЗНАХОДЖЕННЯ АНІЗОТРОПНИХ В'ЯЗКОПРУЖНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

***В.Г. МАРТИНЕНКО*[1*], *Г.І. ЛЬВОВ*[2]**

[1]*аспірант кафедри Динаміки та міцності машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*завідуючий кафедри Динаміки та міцності машин, професор, доктор. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: martynenko.volodymyr@gmail.com*

Тонкостінні елементи конструкцій та машин, що виконані з композиційних матеріалів, широко застосовуються в багатьох провідних галузях промисловості, зокрема в авіабудуванні та при створенні космічних кораблів, при проектуванні лопаток робочих коліс вітряків та турбоагрегатів, в цивільній промисловості (автомобільна галузь та яхтовий спорт), при ремонті газотранспортних систем, тощо. Оскільки в перелічених випадках композиційні елементи можуть знаходитись під дією дуже високих значень та градієнтів механічних і теплових навантажень адекватне моделювання їх напружено-деформованого стану є важливою науковою та інженерною задачею. Для цього потрібно знати механічні властивості композиційного матеріалу. Такі характеристики зазвичай описують анізотропну пружну та в'язкопружну поведінку композиту [1]. У випадку знаходження анізотропних в'язкопружних характеристик, що є залежними від широкого діапазону часу та температур, число натурних експериментів може бути непомірно великим. Саме тому розробка методики проведення аналогічних чисельних експериментів для визначення в'язкопружних властивостей при відомих властивостях матриці та волокон є актуальною задачею, що дозволяє зекономити матеріальні зусилля.

В загальному випадку фізичні співвідношення, що відображають анізотропні в'язкопружні властивості мають наступний вигляд [1]:

$$\sigma_{ij}(t) = \sum_{kl}[a_{ijkl}\varepsilon_{kl}(t) - \int_0^t R_{ijkl}(t,s)\varepsilon_{kl}(s)ds], \qquad (1)$$

де t – змінна часу, s– час, що сплинув, $\sigma_{ij}(t)$ – компоненти тензору напружень, $\varepsilon_{ij}(t)$ – компоненти тензору деформацій, $a_{ijkl}(t)$ – компоненти тензору миттєвої пружності, $R_{ijkl}(t,s)$ – компоненти тензору релаксації,i, j, k, l =1..3.

Для випадків знаходження різних механічних властивостей композиційних матеріалів аналіз їх представницького об'єму знаходить своє широке застосування, прикладом чому служать роботи [2-3].

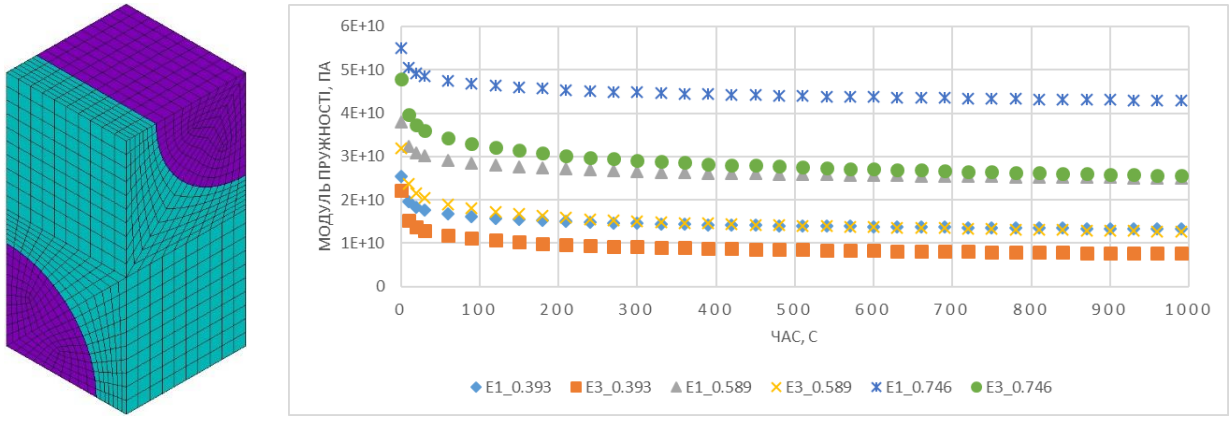
Представлена методика також засновується на розгляді представницького об'єму композиту. У програмному комплексі скінченно-елементного аналізу проводиться побудова розрахункової моделі, до якої застосовуються граничні умови, що моделюють експерименти на релаксацію для визначення тензору жорсткості матеріалу [C], які з використанням нотації Фойгта та враховуючи

постійність компонент вектору деформацій описуються наступними спрощеними порівняно з (1)фізичними співвідношеннями:

$$\sigma_m(t) = \sum_n C_{mn}(t)\varepsilon_n, \quad m,n = 1..6. \qquad (2)$$

Через тензор жорсткості композиту знаходиться тензор податливості як зворотній до першого: $[S] = [C]^{-1}$, а через компоненти тензору податливості можуть бути виражені залежні від часу технічні пружні постійні, а саме модулі пружності, модулі зсуву та коефіцієнти Пуассона.

Розрахункова модель для випадку ортогональної схеми армування композиту представлена на рис. 1, *а*, На рис. 1, *б* показані значення модулів пружності в поздовжньому та перпендикулярному до волокон композиційного матеріалу напрямках E_1та E_3 відповідно для коефіцієнтів відносної концентрації волокна, що дорівнюють 0.393, 0.589 та 0.746.



а *б*

Рис. 1 – Проведення чисельних експериментів з визначення в'язкопружних властивостей композиту: *а* – розрахункова модель; *б* – графіки зміни у часі модулів пружності

Знайдені технічні пружні постійні можуть бути апроксимовані експоненціальними рядами Проні за допомогою методу найменших квадратів, що дозволяє використовувати отримані результати при розрахунках в'язкопружної механічної поведінки композиційних оболонок. Окрім того, представлена методика дозволяє звузити коло натурних експериментів на анізотропну в'язкопружність композиту до набагато меншого числа аналогічних експериментів на ізотропну в'язкопружність матриці та ізотропну або трансверсально ізотропну пружність волокон.

Список літератури:

1. *Кравчук А. С.* Механика полимерных и композиционных материалов: Экспериментальные и численные методы / *А. С. Кравчук, В. П. Майборода, Ю. С. Уржумцев.* – М. :Наука, 1985. – 304 с.

2. *Odegard G. M.* Comparison of two models of SWCN polymer composites / *G. M. Odegard, R. B. Pipes, P. Hubert* //Composites Science and Technology.– 2004.– Vol.64, No. 7-8. – P. 1011-1020.

3. *Nguyen D. D.* Bending analysis of three-phase polymer composite plates reinforced by glass fibers and titanium oxide particles / *D. D. Nguyen, K. Minh* // Computational Materials. – 2010. – Vol. 49, No. 4. – P. 194-198.

УДК 531.39

ДИНАМИЧЕСКАЯНЕУСТОЙЧИВОСТЬПОДКРЕПЛЕННЫХКОНИЧЕСКИХОБОЛОЧЕКВСВЕРХЗВУКОВОМГАЗОВОМПОТОКЕ

***О.М. ОМЕЛЬЧЕНКО*[1*], *М.В. ЧЕРНОБРЫВКО*[2]**

[1]*магистрант кафедры механики сплошных сред, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2]*профессор кафедры механики сплошных сред,кандидат техн. наук, старший научный сотрудник ИПМаш им. А.Н.Подгорного НАНУ, Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: mariomelchenko3@gmail.com*

В настоящее время расчету динамике конических оболочек посвящено множество работ [1].В работе рассматриваются конические обтекатели ракет-носителей, подкрепленные шпангоутами. Потенциальная энергия конструкции состоит из потенциальной энергии конической оболочки Π_1 и потенциальной энергии шпангоутов $\Pi_2^{(l)}$; $l=1,..,N$: $\Pi=\Pi_1+\sum_{l=1}^{N}\Pi_2^{(l)}$.

С учетом элементов тензора деформаций, проекций перемещений точек и закона Гука потенциальная энергия оболочки примет следующий вид

$$\Pi_1=\frac{Eh}{2\left(1-\nu^2\right)}\int_0^{2\pi}\int_{0^+}^{L}\left[\left(E_1+E_2\right)^2-2\left(1-\nu\right)\left(E_1E_2-\frac{1}{4}\Omega_1^2\right)\right]\left\{R-\left(\frac{H}{\cos\alpha}-s\right)\sin\alpha\right\}ds\,d\phi+$$
$$+\frac{Eh^3}{24\left(1-\nu^2\right)}\int_0^{2\pi}\int_{0^+}^{L}\left[\left(K_1+K_2\right)^2-2\left(1-\nu\right)\left(K_1K_2-\Omega_2^2\right)\right]\left\{R-\left(\frac{H}{\cos\alpha}-s\right)\sin\alpha\right\}ds\,d\phi. \qquad (1)$$

Потенциальную энергию *j*-го кольца с учетом деформаций и перемещений кольца представим в следующем виде

$$\Pi_2^{(j)}=\frac{1}{2}\oint\left\{E_jF_j\left(\frac{\partial v_j}{\partial\tilde{y}_j}-\frac{w_j}{R_j}\right)^2+E_jJ_{Z_j}\left(\frac{\partial^2u_j}{\partial\tilde{y}_j^2}+\frac{\phi_j}{R_j}\right)^2+\right.$$
$$\left.+E_jJ_{X_j}\left(\frac{\partial^2w_j}{\partial\tilde{y}_j^2}+\frac{w_j}{R_j^2}\right)^2+G_jJ_j\left(\frac{\partial u_j}{R_j\partial\tilde{y}_j}-\frac{\partial\phi_j}{\partial\tilde{y}_j}\right)^2\right\}d\tilde{y}_j. \qquad (2)$$

Кинетическую энергию конструкции представим так: $T=T_1+\sum_{j=1}^{N}T_2^{(j)}$, где T_1 - кинетическая энергия конической оболочки; $T_2^{(j)}$- кинетическая энергия *j*-го шпангоута. Кинетическая энергия оболочки имеет вид:

$$T_1 = \frac{\rho h}{2}\int_0^{2\pi}\int_{0^+}^{L}\left[\left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)^2+\left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2+\left(\frac{\partial w}{\partial t}\right)^2\right]\left[R-\left(\frac{H}{\cos\alpha}-s\right)\sin\alpha\right]dsd\phi, \qquad (3)$$

где ρ - плотность материала оболочки.

Кинетическую энергию *j*-го шпангоута представим так

$$T_2^{(j)} = \frac{\rho_1 F_j}{2}\oint\left(\dot{u}_j^2+\dot{v}_j^2+\dot{w}_j^2\right)d\,\tilde{y}_j+\frac{\rho_1 J_j}{2}\oint\dot{\phi}_j^2 d\,\tilde{y}_j \qquad (4)$$

где $\rho-$ плотность материала оболочки.

Снаружи оболочка обтекается газом. Для описания давления, действующего на оболочку, применяется поршневая теория. Согласно этой теории, давление описывается так [2]

$$p = -\frac{\rho_f V_f^2}{\beta}\left[\frac{\partial w}{\partial s}+\frac{\left(M^2-2\right)}{V_f\beta^2}\frac{\partial w}{\partial t}\right], \qquad (5)$$

где $\beta=\sqrt{M^2-1}$;M– число Маха; ρ_f – плотность газа.

Для расчета собственных форм колебаний применяется метод Релея-Ритца. Собственные формы колебаний представим в виде:

$$U_n(s,\phi)=\sum_{l=1}^{N_1}\sum_{j=1}^{N_2}A_{lj}^{(n)}\psi_l^{(u)}(s)\cos j\phi,\ V_n(s,\phi)=\sum_{l=1}^{N_1}\sum_{j=1}^{N_2}B_{lj}^{(n)}\psi_l^{(v)}(s)\sin j\phi,$$

$$W_n(s,\phi)=\sum_{l=1}^{N_1}\sum_{j=1}^{N_2}C_{lj}^{(n)}\psi_l^{(w)}(s)\cos j\phi, \qquad (6)$$

где $A_{lj}^{(n)}, B_{lj}^{(n)}, C_{lj}^{(n)}$ – неизвестные коэффициенты, которые находятся из проблемы собственных значений. Функции $\psi_l^{(u)}(s), \psi_l^{(v)}(s)$ являются собственными формами продольных колебаний консольного стержня[3].

Анализ свободных колебаний конических оболочек с различным числом шпангоутов показал, что оребрение увеличивает величины собственных частот более чем в два раза.

Список литературы:

1. *Чернобрывко М.В.* Динамическая неустойчивость обтекателей ракетоносителей в полете / *М. В. Чернобрывко, К.В. Аврамов, Т.Я. Батутина, В.Н. Романенко, В.А*. Пирог. // Проблемы машиностроения. – 2014. – Т.17. – № 2. – С. 9-16.

2. *Бочкарев С.А.* Панельный флаттер вращающихся круговых оболочек, обтекаемых сверхзвуковым потоком / *С.А. Бочкарев, В.П. Матвеенко* // Вычислительная механика сплошных сред. Т.1. – 2008.–№ 3.– С. 25-33.

3. *Аврамов К. В.* Нелинейная динамика упругих систем / *Аврамов К. В., Михлин Ю. В*. – Москва–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. – 704 с.

УДК 539.4

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯДЛЯ РОЗРАХУНКУ РЕДУКТОРА НА МІЦНІСТЬ

***О.Д. ПАНАРІНА*[1*], *С.В. ПОГРЕБНЯК*[1], *О.О. ВОДКА*[2]**

[1] *студент кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри ДММ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: alesyapanarina@mail.ru*

В наш час вся робота на підприємствах виконується машинами. Станки відрізняються за багатьма параметрами, в тому числі за габаритами та ступінню відповідальності роботи, покладеної на них. У великогабаритних станках більш за все важливо вчасно попередити вихід із ладу навіть найменшої частинки всього механізму. Для цього потрібно в кожен момент часу знати напруження на всіх небезпечних ділянках конструкції. Таке відстеження дасть можливість вчасно замінити деталь та запобігти великих втрат і виникнення аварій на підприємствах.

З ціллю попередження виникнення напружень, які перевищують допустимі було розроблено програмне забезпечення для розрахунку напружень в зачепленні для одноступінчастого редуктора з косозубим двовінцевим зачепленням, двоступінчастого редуктора з косозубим двовінцевим зачепленням, вертикального одноступінчастого редуктора з шевронним зчепленням Новікова, муфти зубчатої з внутрішнім прямозубим зчепленням і напруження в підшипниках по заданим геометрії вузлів за кресленнями, марки сталей деталей і їх термообробка, можливими уточнення властивостей з виміру твердості поверхні деталей. На вхід програмі даються всі необхідні величини, такі як моменти на валах, виміряні за допомогою тензодатчиків на самому механізмі, потужність та ін. Після виконання обчислень програма дає на вихід контактні напруження та напруження злому. Для виконання поставлених задач були задіяні знання з курсу «Деталі машин» і за допомогою мови програмування Python була написана відповідна програма для розрахунку зазначених величин.

У висновку, виходячи з поставленої мети, було отримано програмне забезпечення, яке допоможе попередити виникнення небезпечних напружень в деталях механізмів, вираховуючи напруження в зчепленні для трьох типів редукторів і в підшипниках.

Список літератури:

1. *Киркач Н. Ф.* Расчет и проектирование деталей машин/ *Н. Ф. Киркач, Р.А. Баласанян* - 3-е изд. - Х.: Основа, 1991. - 276 с.

2. *Кудрявцев В. Н.* Конструкция и расчет зубчатых редукторов/ *В. Н. Кудрявцев, Ю. А. Державец, Б. Г. Глухарев* - Л.: Машиностроение, 1971. - 328с.

УДК 519.67

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПАРАЛЕЛЬНОГО ОБЧИСЛЕННЯ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ МЕХАНІКИ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

***С.О. ПАЩЕНКО*[1*], *Д.В. БРЕСЛАВСЬКИЙ*[2]**

[1]*аспірант кафедри КМПС НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*завідувач кафедри КМПС, докт .техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: sergeypaschenkospu@gmail.com*

Вступ. На сьогоднішній час метод скінченних елементів залишається одним із основних, що використовується при розв'язанні теплових та механічних задач. У більшості випадків розв'язання подібного типу задач зводиться до розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) великого розміру, у зв'язку з чим виникає гостра необхідність обробки великого об'єму даних з максимальним застосуванням обчислювальних ресурсів комп'ютера. Комплексне застосування технологій паралельного програмування стандарту C++ 11.0 та CUDA[1,2] дозволяють проводити ефективне розпаралелювання програмного коду на ядрах центрального процесора та обчислювальних процесорах відеокарти.

Постановка та редукція задачі. Необхідно розв'язати систему лінійних алгебраїчних рівнянь, що задається у наступному вигляді:

$$Ax = b, \tag{1}$$

де A - матриця системи, x - вектор шуканих невідомих, b - вектор правих частин. Помножимо систему рівнянь скалярно на вектор x справа. Отримаємо наступний вираз, що представляє собою додатно визначену форму

$$\left(Ax, x^T\right) = \left(b, x^T\right). \tag{2}$$

Задача (1) еквівалентна мінімізації додатно визначеної форми (2), аїї мінімальне значення є розв'язком системи лінійних алгебраїчних рівнянь (1). Розв'язання задачі (2) здійснюється за допомогою методу спряжених градієнтів, який відноситься до класу «гарно зведених» методів[1]. Перед запуском алгоритму матриця системи «розбивається» на блочні підматриці. Розпаралелювання на базі центрального процесору (ЦП) відбувається за рахунок створення окремих фізичних та віртуальних потоків, які працюють в асинхронному режимі доступу до оперативної пам'яті. Розпаралелювання на базі процесорів CUDA здійснюється за рахунок використання сіток (GRID) та потокових ядер, що входять до її складу. Для реалізації алгоритму розпаралелювання використано технології Thread, написано функції запуску потоків, організована система пріоритетів доступу до глобальної пам'яті, для реалізації паралельних обчислень на процесорах відеокарти застосовано підхід

з розділеною пам'яттю типу «Host-Device» (ЦП реалізує управління, а відеокарта - обчислювання) та не розділеною типу «Device-Device» (відеокарта здійснює і управління, і обчислення). Як приклад, наведемо розв'язок СЛАР розмірністю *25000x25000* типу *double*. Застосовано наступне апаратне забезпечення: комп'ютер з процесором IntelCoreI5-3570, 4 фізичних ядра, 4 віртуальних, частота 3.4 ГГц, оперативна пам'ять з об'ємом 32 Гб та частотою 1333 МГц, відеокарта Nvidia Quadro K620, кількість ядер CUDA – 384. На рисунку 1 зображено залежність продуктивності розв'язання СЛАР від потокових ядер процесора та процесорів відеокарти, де 1, 2, 4, 8 – відповідна кількість потоків, що застосовувалася при розв'язанні на ядрах процесора, 96, 192, 288, 384 – відповідна кількість задіяних уніфікованих процесорів CUDA.

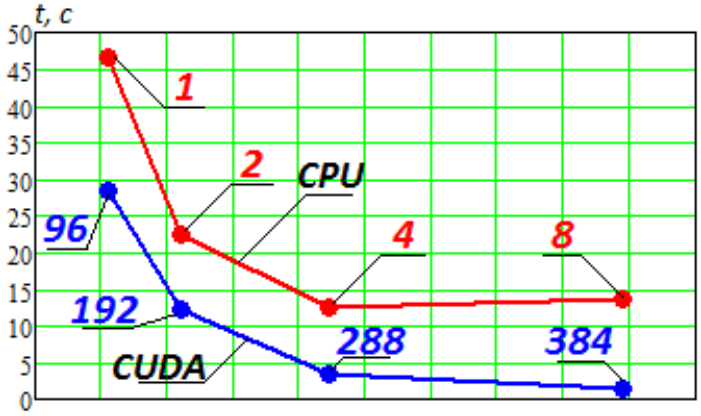


Рис. 1 – Залежність продуктивності розв'язання СЛАР від кількості потоків центрального процесора та ядер CUDA

Показник ефективності розв'язання СЛАР із застосуванням 4-х потоків процесора по відношенню до одного складає 241.5% (швидкодія зросла, приблизно, у 3.6 рази), показник ефективності розв'язання СЛАР із застосуванням 384 потокових процесорів CUDA по відношенню до 96 складає – 1725% (швидкодія зросла, приблизно, у 18 разів). Сумісне застосування розпаралелювання на базі технологій Thread із застосуванням 4 потоків та CUDA із застосуванням 384 процесорів показало збільшення продуктивності більш, ніж в 57 разів.

Висновки: застосування технологій програмування Threadта CUDA для розв'язання задач обчислювальної механіки дозволяє ефективно використовувати апаратні ресурси комп'ютера, у зв'язку з чим зростає швидкодія обробки великих масивів даних. Використання більшої кількості потоків, ніж має процесор, призводить до падіння швидкодії, проте використання всіх потокових процесорів CUDAдає найкращий результат.

Список літератури:

1. *Перепёлкин Е.Е.*, Вычисления на графических процессорах (GPU) в задачах математической и теоретической физики/ *Е.Е. Перепёлкин, Б.И. Садовников, Н.Г. Иноземцева.* – Физический факультет МГУ М.В. Ломоносова. – 2014. - 176 с.

2. *Уильямс Э.*Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ/ Э. Уильямс. – ДМК Пресс. – 2012. – 673 с.

УДК 004.896+539.431

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

***С.В. ПОГРЕБНЯК*[1*], *О.О. ВОДКА*[2]**

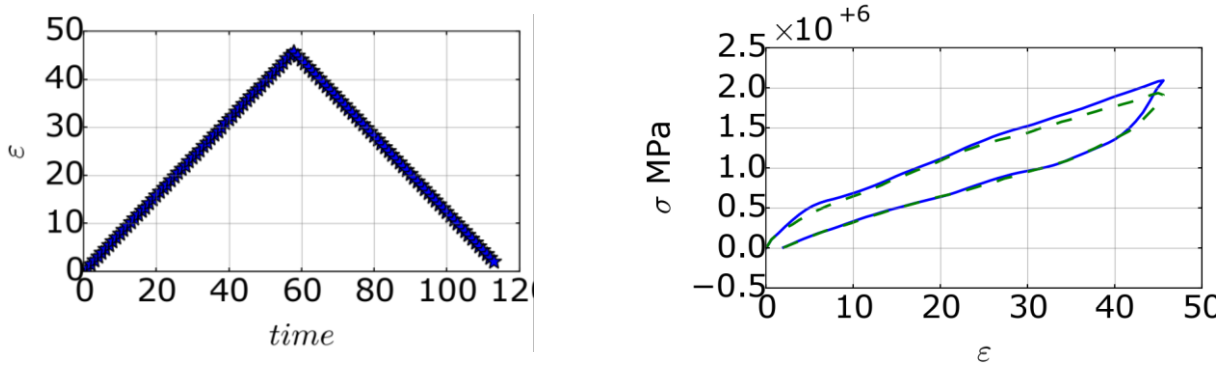
[1]*студент кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри ДММ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: pogrebnyak.vetal@mail.ru*

На наш час комп'ютерне моделювання знайшло широке використання, а розроблене відповідно програмне забезпечення дозволяє пришвидшити процес моделювання, а також допомогти при обробці експериментальних даних. Одним із поширених методів обробки та апроксимації експериментальних даних є штучні нейронні мережі, які, за умови правильно складення та відповідного навчання, дають високу якість апроксимації та дозволяють отримати результат за декілька секунд. Таке програмне забезпечення допоможе зекономити час на проведені експерименту, та кошти на матеріалах для нього, а також відтворювати та отримувати проміжні результати за декілька секунд.

В роботі пропонується розробити програмне забезпечення для апроксимації та інтерполяції експериментальних даних та для визначення кількості виділеної енергії, з використанням штучних нейронних мереж. Для виконання поставлених задач було використано метод комп'ютерного моделювання, за допомогою бібліотеки pyBrain та мови програмування Python. Була обрана мережа прямого поширення (вона дає можливість швидко навчати мережу, та відстежувати внутрішні перебіги у порівнянні з мережами зворотного поширення), та задана її конфігурація (вхідних нейронів 7, прихованих шарів 200 в 2 шари, та 1 вихідний), на вхід якої подається середнє, амплітудне напруження, час цього періоду та кількість таких періодів (рис. 1а), а на виході отримуємо залежність навантаження від напруження (рис. 1б), далі була додана навчаюча вибірка для навчання штучної нейронної мережі (ШНМ), нормалізовано навчаючу вибірку в проміжок (0,1) та взята кожна 25 точка, ШНМ тренували вчителем (тренування з вчителем це порівняння відповіді мережі та отриманої відповіді з експерименту та корекція вагових коефіцієнтів) методом зворотного роз поширення похибки. У парі з нейронною мережею працює предиктор-коректор (рис. 2а), який нормалізує відповіді мережі. Предиктор-коректор на основі двох попередніх точок проводить пряму лінію та знаходить наступне значення, після цього отримуємо середнє значення між відповіддю предиктора-коректора і відповіддю мережі. Перевірка навченої мережі проводилась на проміжних даних, які були експериментально відомі але не були використані при навчанні. Також мережа була протестована на напруженнях значно перевищуючих данні які використовувались при навчанні.

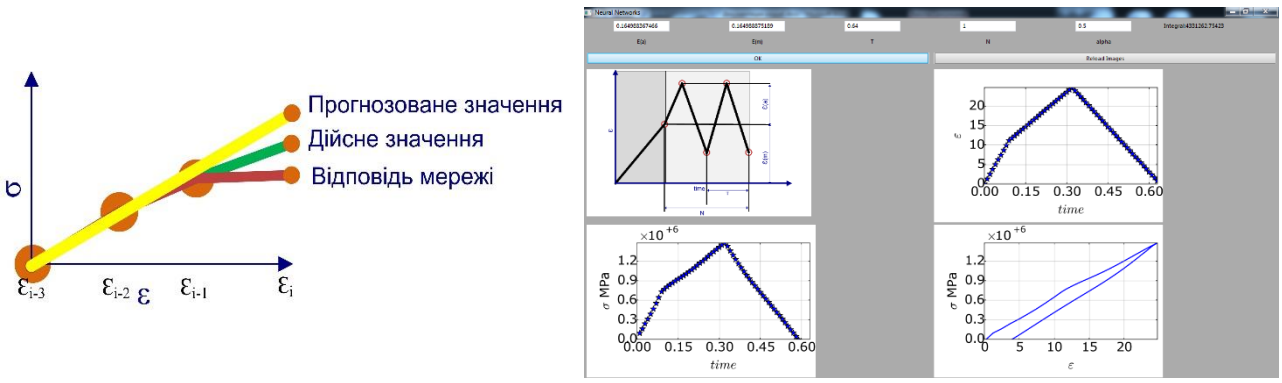
Після тестування розробленої програми було визначено зону оптимальної роботи мережі, та помічено значне зростання похибки при перевищені навчаючої вибірки. У результаті була розроблена програма (рис. 2б) із штучною нейронною мережею, яка була навчена та протестована на проміжних даних, та даних перевищуючих навчаючу вибірку, це дало змогу об'єктивно оцінити похибку роботи програми на інтерполяцію, також протестоване на навчаючій вибірці, на якій за визначенням кількості енергії була також вирахувана похибка на апроксимацію.

У висновку, виходячи з поставленої мети, було отримано програмне забезпечення, яке може апроксимувати та інтерполювати експериментальні данні з мінімальною похибкою з використанням штучної нейронної мережі а також визначати кількість виділеної енергії.



а *Б*

Рис. 1 – Тестування розробленого програмного забезпечення: *а* – вхідне навантаження; *б* – відповідь мережі та проведеного експерименту



а *б*

Рис. 2 – Тестування розробленого програмного забезпечення: *а* – функція предиктор-коректор; *б* – головне вікно програми

Список літератури:

1. *Смолин Д.В.* Введение в искусственный интеллект - конспект лекций /*Смолин Д.В.* – М., 2004. 208 с

2. *Larin O.*.Two-scale approach to modelling of pneumatic tyres. / *Larin O., Petrova Yu., Mateichyk V.*Rzeszow: Politechnika Pzeszowska Im. Ignacego Lukasiewicza, 2013, p. 123-128

3. *Larin O.* Experimental observations of orthotropic elastic and viscoelastic characteristics of the elastomeric textile reinforced composites / *O. Larin, E. Barkanov, I. Petrova* // Innovative solutions in repair of gas and oil pipelines. – Bulgarian Society for destructive testing Publishers, BAS, Sofia. – 2016. – p.192-203.

УДК 534

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОГО І МАТЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДОВГОТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

***А.О. П'ЯТИКОП*[1*], *О.А. ТАТАРІНОВА*[2]**

[1] *магістрант кафедри КМПС, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри КМПС, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: pyatykop.anastasiya@gmail.com*

Для елементів конструкцій, виготовлених зі сталей або сплавів, які працюють в умовах високотемпературної повзучості, однією з важливих є проблема забезпечення їхньої довговічності. Доповідь присвячено розробці математичного та відповідного інформаційного web-орієнтованого програмного забезпечення, призначеного для збирання, зберігання та обробки даних з повзучості та довготривалої міцності жаростійких сплавів.

Розглянуто властивості жаростійких сплавів при підвищених температурах. Для їхнього інформаційно-математичного опису застосовано підхід Інтернет-орієнтованого програмування. Для розробленого на кафедрі комп'ютерного моделювання процесів та систем сайта *worldmech.net*, призначеного для розміщення як інформації щодо фізико-механічних властивостей матеріалу, так й спеціалізованих web-додатків для моделювання механічних задач, розроблено низку спеціалізованих функцій.

Перша група функцій реалізує завдання розрахунку констант, що входять до рівняння Бейлі-Нортону,

$$\dot{c} = B\frac{\sigma^n}{(1-\omega)^n},\ c(0)=0, \tag{1}$$

де B та n – константи, що визначаються експериментально при заданій температурі, за експериментальними даними з повзучості, представленими на сайті *worldmech.net*.

Метою роботи другої групи функцій є визначення значень констант D та m, які входять до кінетичного рівняння для скалярного параметру пошкоджуваності Работнова-Качанова:

$$\dot{\omega} = D\frac{\sigma^m}{(1-\omega)^m}, \tag{2}$$
$$\omega(0)=0,\ \omega(t_*)=1.$$

Для розробки функцій використано мову програмування PHP, бази даних реалізовано за допомогою СКБД MySQL. Визначені розрахунком значення констант записуються в базу даних та можуть бути використані для

автоматичної побудови кривих. Як приклад, розглянемо побудову кривих для параметру пошкоджуваності та довготривалої міцності при різних значеннях напружень. Графіки залежності параметру пошкоджуваності від часу зі знайденими константами $m = 9$, $D = 1.3 \cdot 10^{-28}$ $(\text{МПа})^{-m}/\text{год}$. для сплаву ХН70МВТЮФ(ЕІ826) при температурі T=700°С та $\sigma_{100} = 580$ МПа (червона крива), $\sigma_{1000} = 450$ МПа (синя крива) представлено на рис. 1

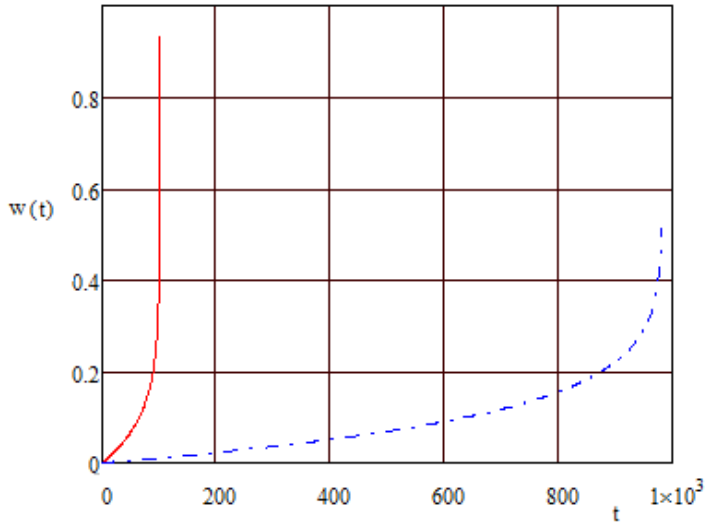


Рис. 1 – Графік залежності параметру пошкоджуваності від часу для сплаву ХН70МВТЮФ(ЕІ826), T=700°С

Рис. 2 містить побудовану криву довготривалої міцності. На ньому наведено графік для цього ж сплаву ЕІ 826 при температурі T=700°С та $\sigma_{100} = 580$ МПа, $\sigma_{1000} = 450$ МПа.

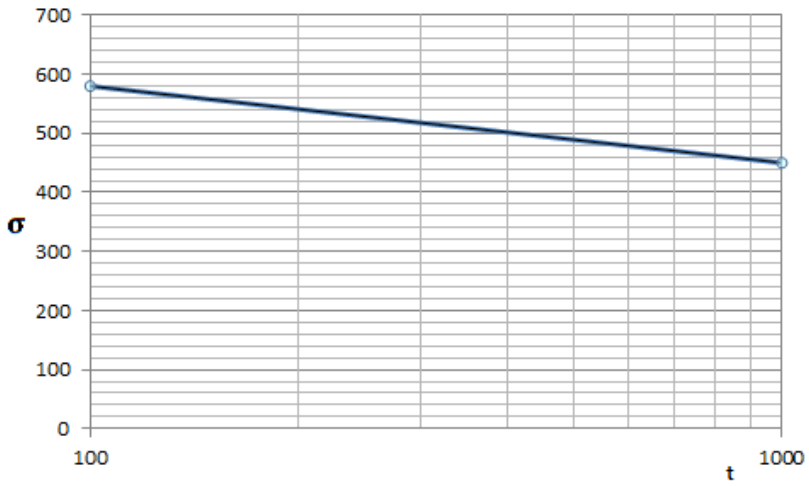


Рис. 2 – Графік кривої довготривалої міцності для сплаву ХН70МВТЮФ (ЕІ826),T=700°С

Для моделювання повзучості та довготривалої міцності обрано підходи інкрементальної теорії повзучості та континуальної механіки пошкоджуваності. Розглянуто математичну постановку та методи наближеного аналітичного розв’язування задач повзучості стрижнів.

УДК 62-19

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ СТОХАСТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МАШИН

***Є.О. РЖАВСЬКА*[1*], *О.О. ЛАРІН*[2]**

[1] *магістрант кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ДММ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: rzhavskayae95@mail.ru*

Аналіз статичної та вібраційної міцності елементів сучасного енергетичного устаткування є важливою науково-технічною задачею, яка потребує побудови адекватних розрахункових моделей, що відображають особливості конструкції, характеристики матеріалів, умови експлуатації тощо. Побудова геометричних моделей, які коректно враховують особливості тривимірної конструкції та умови кріплення є основою для проведення подальших інженерних аналізів. При цьому на особливу цінність займають параметризовані моделі, які за рахунок можливості варіювання параметрами геометрії дозволяють автоматизовано перебудовувати розрахункові моделі, модифікувати їх та визначати раціональні характеристики. Зазначені особливості в повній мірі відносяться до таких елементів енергетичних машин як робочі лопатки турбін. Таким чином,питання автоматизованого проектування та визначення раціональних конструктивних параметрів лопаткових апаратів робочих коліс турбомашин є актуальною науково-прикладною задачею.

В даній роботі представлено алгоритми та їх програмні реалізації для автоматизованої побудови геометричних та розрахункових моделей робочих лопаток парових турбін циліндру низького тиску. В інженерній практиці для побудови відповідних моделей конструкцій набули поширення CAE-системи.

Було створено алгоритм для автоматизованої побудови скінченно-елементних моделей лопаток. Зазначений алгоритм реалізовано у вигляді пакету макросів на мові APDL. Проектування параметризованої геометричної моделі здійснювалося в декілька етапів: спершу перетин пера, потім розтин хвостової частини, яка була попередньо розбита на складові з метою подальшої побудови розрахункової скінченно-елементної сітки. Було розроблено програму, яка дозволяє автоматизувати взаємодію користувача з програмним комплексом інженерних розрахунків на основі макросів. Створена система проектування дозволяє проводити аналіз НДС та спектру власних частот та форм коливань лопаток різної геометричної конфігурації.

Розроблена параметризована модель, а також алгоритми автоматизації інженерних розрахунків було використано для проведення процедури оптимізації конструкції лопаток. При цьому використовувався стохастичний пошук мінімуму цільової функції на основі методу імітації відпалу[1].

Відповідно до даного методу елементи x множини Ωє станом уявної фізичної системи (енергетичні рівні), а значення функції $f(x)$ в цих точках використовується як енергія системи $E=f(x)$.У кожен момент часу передбачається завдання зменшуваної з плином часу за певним законом температури системи T, що знаходиться в стані x. Новий стан системи обирається відповідно до заданого породжуваним сімейством ймовірнісних розподілів $\zeta(x, T)$, яке при фіксованих x і T задає випадковий елемент $x'=G(x,T)$.Після генерації нового стану $x'=G(x,T)$ система з ймовірністю $p(\Delta E,T)$ переходить до наступного кроку в стані x', в іншому випадку повторюється процес генерації x' (в деяких модифікаціях методу наступний крок починається з стану x, але зі зменшеним значенням температури T). У якості ймовірності прийняття нового стану $p(\Delta E, T)$ вибирається найбільш часто використовуване наближене значення

$$p(\Delta E,T) = e^{\Delta E/T}, \quad (1)$$

де $\Delta E=E'-E$ - приріст енергії; E'- енергія нового рішення; E- поточна енергія; T - температура системи.

При цьому $p(\Delta E,T)> 1$ в разі $\Delta E <0$, і тоді ймовірність прийняття нового стану $p(\Delta E,T)$ вважається рівною 1. Відповідно якщо новий стан x' дає краще значення оптимізованої функції, тобто $f(x')<f(x)$, то перехід в цей стан відбудеться в будь-якому випадку. Пошук мінімуму функції закінчується при зменшенні температури T до деякого заданого рівня $Tend$. Для зручного користування програмою було створено графічний інтерфейс для тестування алгоритму імітації відпалу (рис. 1).

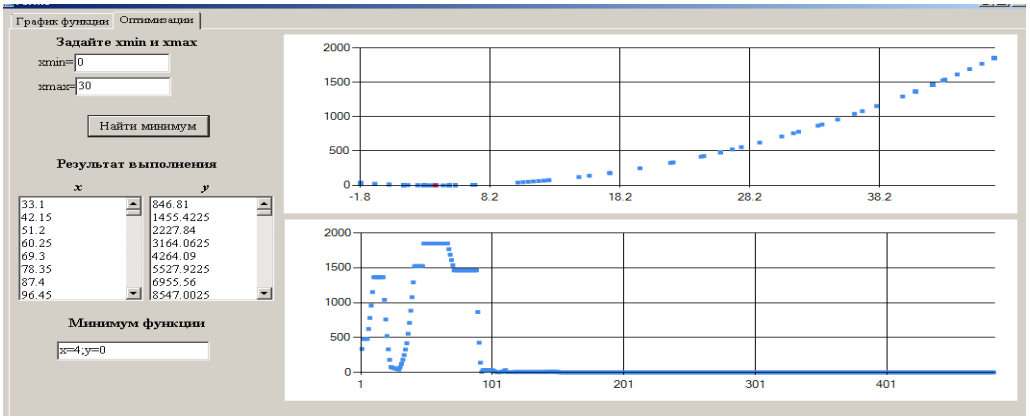


Рис. 1 – Відображення оптимізації функції

Дані етапи були виконані з метою подальшого застосування алгоритму стохастичної оптимізації для автоматизованого проектування раціональної конструкції елементів енергетичних машин.

Список літератури:

1. *Савин А.Н.* Применение алгоритма оптимизации методом имитации отжига на системах параллельных и распределённых вичислений / *А.Н. Савин, Н.Е. Тимофеева* // — Изв. Сарат. ун-та. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2012. – Т.12, Вып. 1. – С. 110–116.

УДК 616.133.33-004.6

КОМП'ЮТЕРНА СИМУЛЯЦІЯ СОННОЇ АРТЕРІЇ, ЯКА ПОШКОДЖЕНА СТЕНОЗОМ

***В.А. СІНКОВСЬКА*[1*]*, О.О. ЛАРІН*[2]

[1] *магістрант кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ДММ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: vladislavasink@gmail.com*

Сонні артерії – два головних кровоносних судини в області шиї, які постачають кров'ю мозок. Вік, нездоровий спосіб життя, неефективне управління факторами ризику інсульту, такими, як високий рівень холестерину може призвести до звуження сонних артерій, наслідком чого є інсульт. Артерії, як правило, гладкі і безперешкодні всередині, але, з віком, липка речовина, яке утворює бляшки, може накопичуватися в їх стінках. Бляшка складається з холестерину, кальцію і фіброзної тканини. Чим більше бляшок, тим артерії більш звужуються і менш еластичні. Цей процес називається атеросклерозом, або ущільнення артерій. Коли кількість бляшок збільшується, може зменшитися кровотік через сонні артерії, це явище стенозу [1, 2]. Тому комп'ютерне моделювання деформації сонної артерії ураженої стенозом є дуже актуальним на сьогоднішній день.

Метою роботи є створення комп'ютерної системи для автоматизованого визначення деформації сонної артерії, яка уражена стенозом. В основу пропонується покласти математичне моделювання досліджуваних об'єктів як тривимірних тіл із застосуванням методу скінченних елементі (МСЕ).

При цьому було вивчено особливості артерій, які уражені стенозом. За допомогою мови APDL створено комп'ютерну систему для автоматизованого визначення деформації сонної артерії, яка уражена стенозом. Створення моделі відбувалося в декілька етапів. Спочатку біли побудовані стінки сонної артерії, потім бляшка. Для стінок артерії і бляшки були задані окремі характеристики матеріалу. Була нанесена скінченно - елементна сітка, задано закріплення артерії, прикладений тиск. Дані етапи були виконані з метою відображення деформованого стану моделі, головних напружень по вузлах і головних напружень за елементами. Переглянувши результати розрахунків ми побачили ділянки які найбільш вразливі, при ураженні сонної артерії стенозом.

Список літератури:

1. *Гайворонский И. В.* Клиническая анатомия сосудов и нервов/ *И. В. Гайворонский, Г.И. Ничипорук*. – Санкт – Петербург: «ЭЛБИ-СПб». – 2009. – 74 с.

2. *Борзяк Э. И.* Анатомия человека / *Э. И. Борзяк, В.Я. Бочаров*. – М.:Медецина. – 1986.– 480 с.

УДК 004.51

РЕДАКТОР АНАЛІТИЧНИХ ДАНИХ ССКА КіДиМ

***О.Ю. ШЕВЧЕНКО*[1], *Ю.М. АНДРЄЄВ*[2]**

[1]*магістрант кафедри КМПС, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*професор кафедри КМПС, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

В даній роботі вирішується задача створення редактору формул для комплексу програм ССКА КіДиМ [1] за допомоги середовища розробки Embarcadero® C++Builder® XE4.

Дана тема є актуальною, так як розвиток техніки та потрібності користувачів до програмних продуктів не стоїть на місці, і виникає необхідність вдосконалювати модулі КіДиМ використовуючи більш нові версії мови програмування C++ Builder, яка дозволяє працювати програмному комплексу в сучасних операційних системах та які мають різну розрядність.

Постановка задачі полягає в тому, що потрібно реалізувати редактор формул, а також реалізувати деякий функціонал, а саме:

1. Зробити каретку на графічному екрані, за допомогою якої буде здійснюватися переміщення по тексту програми, а також саме редагування тексту;
2. Реалізувати підтримку управління клавіатурою та комп'ютерною миші.
3. Реалізувати функціональність редагування, аналогічно тому, як це реалізовано в редакторі формул Microsoft Equation 3, або MathType 6.0 Equation.
4. Змінити інтерфейс програми, зробивши його більш зручнішим, що зменшить кількість помилок в даних КіДиМ.

Було зроблено каретку та управління нею за допомоги клавіатури, а також панелі спеціальних символів, для допомоги користувачу в редагуванні в подальшому.

При спробі змінити інтерфейс головної програми було виявлено помилки несумісності зі старим, і тому зроблено зусилля для усунення даної проблеми.

Поставлені задачі було виконано. Головний модуль комплексу програм КіДиМ збирається в середовищі програмування Embarcadero® C++Builder® XE4. Завдяки чому появилася можливість змінити інтерфейс програми на більш зручніший, якій відповідає вимогам часу.

Доклад супроводжується демонстрацією отриманих результатів.

Список літератури:

1. *Андреев Ю.М.* Теоретическая и аналитическая механика: решение задач с помощью системы компьютерной алгебры КиДиМ / *Ю.М. Андреев* // Харків: НТУ «ХПІ». – 2013 – С.184.

УДК 21474 62-03

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ВЕЛОСИПЕДА

***Т.С. ШЕВЧЕНКО*[1*]** , ***В.А. ФЕДОРОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри ДММ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ДММ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
**email:t.s.shevchenko@gmail.com*

Метою роботи є моделювання напруго-деформованого стану елементів конструкції велосипеда в пакеті ANSYS. В даний час існує досить багато програмних продуктів для вирішення окремих класів задач, заснованих на методі скінченних елементів. Особливістю ANSYS є надзвичайно широкий спектр завдань, які він в змозі вирішувати. Сюди входять завдання: розрахунків на міцність (як лінійні, так і нелінійні), теплообміну, гідродинаміки, змішані і навіть акустики[1, 2].

Актуальність теми полягає в тому, що розрахунки подібного роду поширені в нинішньому столітті і є цілком затребуваними при реалізації складних конструкцій. Багато хто, міркує, що дана задача не актуальна в наш час, але вони помиляються.

Наприклад, якщо не вірно прикласти навантаження, чи здійснити не правильно розрахунки при проектування моделі, то отриману модель не можна вважати стійкою та достовірною. Також зробивши похибку в побудові моделі, модель буде вважатися не придатною до використання.

Об'єктом дослідження даної роботи є велосипед «Україна», його будова, конструктивні компоненти, специфічні властивості та функції.

В рамках даної роботи потрібно було:

1) створити детальну тривимірну модель елементів конструкції велосипеда, що буде відповідати заданим стандартам та нормативам.

2) прикласти тиск у вигляді 50 кг та зробити відповідні розрахунки

3) перевірити конструкцію на міцність.

Основним завданням цієї роботи була побудова моделі для дослідження напружено-деформованого стану елементів конструкції велосипеда. В основу було покладено математичне моделювання досліджуваних об'єктів як тривимірних тіл і метод скінченних елементів. Після проведення аналізу необхідно було зробити висновки щодо напружено-деформованого стану та визначити перелік небезпечних зон, де напруження і переміщення набувають найбільше значення.

Список літератури:

1. *Басов К. А*. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование. — М.: ДМК Пресс, 2006.

2. *Басов К. А.* ANSYS для конструкторов. — М.: ДМК Пресс, 2009.

УДК 62-503.56

УПРАВЛЕНИЕ БОЕВЫМ МАНЕВРОМ САМОЛЕТА

***В.Ю. ЯЦЕНКО*[1], *В.Б. УСПЕНСКИЙ*[2]**

[1]*магистрант кафедры КМПС, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры КМПС, доктор техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

Задача выполнения боевого маневра самолетом в современных ВВС является актуальнейшей и одной из самых сложных. Это обусловлено скоротечностью маневра и формированием траектории маневра в шести фазовом разнородном пространстве, сочетающим в себе наряду с положением центра масс самолета в трехмерном пространстве, ориентацию и модуль вектора скорости в нем.

Эти особенности свели практически на нет, возможность ручного управления маневром, что потребовало разработки методов автоматизации процесса маневра. Наиболее популярным среди них представляется метод локального прогноза. Два алгоритма с применением этого метода приведены в работе [1].

Первый алгоритм с использованием зоны ограничений не обеспечивает требуемую ориентацию вектора конечной скорости в конечной точке. Второй алгоритм использует функционал, связывающий шесть разнородных координат, весовые коэффициенты которых зависят от граничных условий и не могут быть определены заранее.

На кафедре КМПС (бывш. СПУ)был разработан комбинированный метод – сначала переход с помощью метода локального прогноза от пространственного маневра к плоскому, причем плоскость маневра заранее не известна, а затем уже в этой плоскости осуществляется выбор в качестве оптимальной одной из четырех опорных траекторий [2]. Здесь используется тот факт, что при развороте самолета к конечной точке, вектор текущей скорости обязательно ляжет в одну плоскость с вектором конечной скорости, которая и принимается за плоскость маневра.

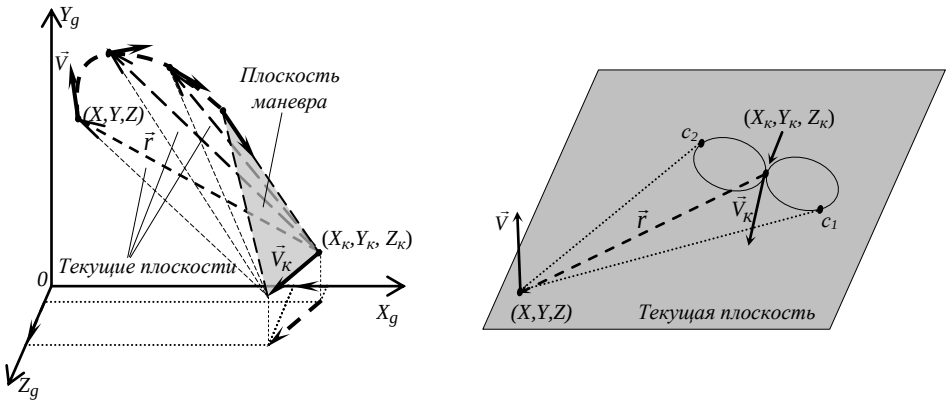
Характерным является то, что все эти алгоритмы управления маневром самолета с помощью метода локального прогноза, используют в качестве аргумента «функции притяжения» (функционала, характеризующего расстояние от множества точек достижимости за один шаг прогноза до целевой точки) конечную точку траектории.

Естественно, это не может обеспечить оптимальность формируемой траектории.

В докладе рассматривается новый подход в применении метода локального прогноза - в качестве аргумента «функции притяжения» вместо конечной точки, используется точка входа в конечный вираж.

С этой целью вводится понятие «текущая плоскость», которая образована координатами текущей точкой центра масс самолета *(X,Y,Z)* и заданным

вектором скорости самолета в конечной точке $\vec{V}_к$ (рис. 1*а*).Эта плоскость принимается за плоскость маневра и в ней осуществляется построение окружностей конечных виражей. На этих окружностях определяются точки входа в конечный вираж c_1 и c_2 (рис.2*б*) и выбирается одна из них в качестве аргумента «функции притяжения» (выбор точки в докладе не рассматривается).



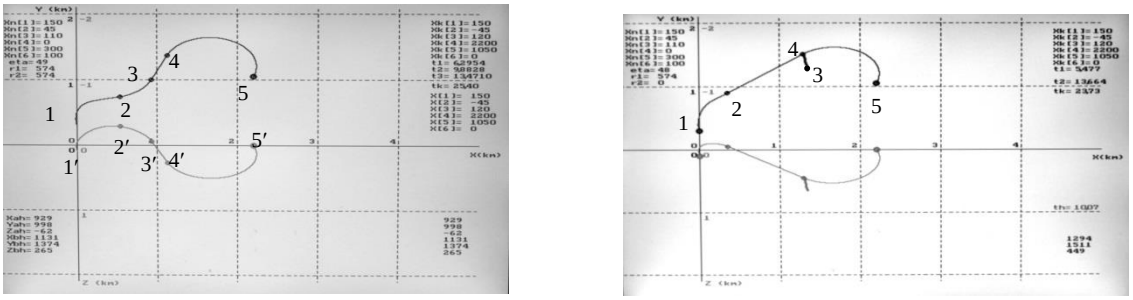
а *б*

Рис. 1– Аргументы «функции притяжения»:
а–конечная точка; *б* – точка входа в вираж $c_1(c_2)$

На следующем шаге выполняются аналогичные построения и так до тех пор, пока вектор текущей скорости $\vec{V}$ не будет направлен на точку входа в конечный вираж. Затем выполняется прямолинейное движение до достижения точки входа в вираж.

Далее реализуется конечный вираж.

Результаты моделирования представлены на рис. 2. Эти результаты наглядно демонстрируют преимущества разработанной методики.



а *б*

Рис.2 –Траектории маневра: *а* - по старой методике; *б* - по предложенной методике

Список литературы:

1. *Гришутин В.Г.* Локальное прогнозирование динамических систем в задачах управления / *В.Г. Гришутин* // Адаптивные системы автоматического управления. - К.: Республ. межведомств. научно. - техн. сб. - Вып.10. - 1982. - С. 31 - 35.

2. *Белов А.И.* Использование опорных фазовых траекторий в задачах управления/*А.И.Белов, А.О. Климишен* // Сборник научных трудов ХГПУ. - Харьков: Вестник ХГПУ. - 1999. - Вып. 57. - С. 91 - 94.

СЕКЦІЯ 3. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ І ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ В МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.8

СОЗДАНИЕ ИМПЛАНТАТА ИЗ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО КОМПОЗИТА БЕЗ ЗАМЕНЫ ПОЗВОНКОВ ГРУДНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Е.Г. БЕЛЫЙ[1*], Я.Н. ГАРАЩЕНКО[2], Г.К. КРЫЖНЫЙ[3], А.И. ПОПОВ[4]

[1]магистрант кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[2]доцент кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, канд. техн. наук НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[3] профессор кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, канд. техн. наук НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[4] докт. мед. наук, Институт патологии позвоночника и суставов имени профессора М.И. Ситенко АМН Украины, Харьков, УКРАИНА

**email: dabengdabeng@yandex.ru*

Современное ортопедическое протезирование характеризуется совокупностью высоких требований к техническому уровню изготовления имплантатов, а также к изготовлению имплантатов из биологически совместимых материалов.

Углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) – такие материалы, матрица и наполнитель которых состоят из углерода. В качестве наполнителя применяют углеродные волокна, ленты и ткани. Углеродные матрицы выполняют из кокса пеков, синтетических смол, пироуглерода.

Углерод-углеродные композиты широко используют в медицине для изготовления армирующих пластинок при соединении костей в случае их перелома, изготовления сердечных клапанов, имплантации зубов. Эти материалы характеризуются биосовместимостью с тканями человека, прочностью, гибкостью, легкостью. Они отлично приживаются, не давая нежелательных реакций. Например, стержни тазобедренных суставов из УУКМ, разработанные в Германии, обладают высокой усталостной прочностью и заданной предельной деформацией. Французская фирма СЕМ выпускает композиты сложного состава УУКМ+керамша «био-карб», сочетающие биологические свойства углерода, биомеханические и трибологические свойства керамики для изготовления зубных протезов.

Цель работы – создание имплантата из углерод-углеродного композита, для замены позвонков грудного отдела позвоночника и создание математических моделей ендопротезов позвонков динамической системы, с использованием новых видов биоматериалов. Использование углерод-углеродного композита в качестве основного материала для имплантата позвонка грудного отдела человека открывает новые возможности в ортопедии.

Сложность внедрения вызвана особенностью данного материала - трудность его обработки, из-за высокой твердости и прочности. Также имплантат, изготовленный из данного материала, не может иметь резьбы из-за природы своего материала, что усложняет конструкционное решение, поэтому необходимо создавать комплекты имплантатов для каждого сектора грудного отдела.

Человеческое тело - сложный механизм воспринимающий различные по величине и направлению нагрузки и напряжения. Современные компьютерные методы расчета напряженно деформированных состояний позволяют достаточно точно (с относительной погрешностью не более 20%) рассчитать напряжения возникающие в позвоночном столбе для всевозможных вариантов нагрузок, действующих на позвоночник. Имплантат в процессе жизни человека станет его частью тела, т.к. тело имеет способность, а именно костная ткань создавать костный шар вокруг имплантата, что увеличит со временем жесткость и прочность конструкции системы "позвонок-имлантат-позвонок".

Объект исследования. Имплантат позвонка грудного отдела. Предмет исследования. Проектирование имплантата грудного отдела на основе углерод-углеродного композита. Методы исследования. Работа основана на научных положениях технологии машиностроения, формообразования поверхностей, теории вероятности и прикладной статистики. Использование в данной работе программных комплексов Powershape, Ansys, FreeCad, Solidthinking и др. позволило решить весь комплекс конструкционных задач. Возможность использования биологически совместимого материала при ортопедическое протезирования вызывает большой интерес на рынке.

По сравнению с традиционным материалом «Титан», углерод-углеродистый композит обладает рядом преимуществ: более высокая прочность; дешевизна материала; неограниченные запасы сырья для изготовления; полная биологическая совместимость, так как любая органика это три элемента: углерод, кислород, водород, а также вспомогательные вещества; упрощение медицинской диагностики, т.к. металл поглощает основную долю лучей, что усложняет проведение операции.

Недостатки: невозможность изготовления мелких элементов изделия (резьбы, рифлений), т.к. размер сетки волокон не может быть слишком малым (необходимое условие - не менее 0,5 мм), при уменьшении толщины детали непропорционально большее уменьшение ее прочности; в связи с невозможностью изготовления мелких изделий необходим расширенный поиск конструкторских решений.

Научная новизна: впервые разработана математическая модель силового воздействия на позвоночник, позволяющая разработать оптимальную конструкцию имплантата; разработан метод проектирования имплантата из углерод-углеродного композита.

Практическая значимость полученных результатов: это исследование дало предпосылки для разработки имплантатов из биосовместимых материалов оптимальной формы со снижением себестоимости.

УДК 621.923

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Л.В. БОГДАНОВ[1*], В.А. ФЕДОРОВИЧ[2]

[1] магистрант кафедры «ИТМ им. М.Ф. Семко», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2] профессор кафедры «ИТМ им. М.Ф. Семко», докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*]email: leonid.bogdanov92@gmail.com

Алмазно-абразивная обработка занимает ведущую позицию в обработке сверхтвердых материалов. Эффективность процесса алмазного шлифования определяется качеством и характеристиками алмазных кругов и правильностью выбора условий шлифования.

В настоящее время наиболее перспективными направлениями повышения эффективности операций шлифования и расширения его технологических возможностей являются процесс шлифования в режиме самозатачивания и применение процесса высокоскоростного шлифования.

Суть процесса самозатачивания заключается в том, что зерна в шлифовальном круге в процессе резания ломаются, выкрашиваются из связки, обнажая новые режущие кромки, способствуя включению в работу новых зерен из матрицы круга. [1]

Самозатачивание имеет место в том случае, когда из-за затупления возросшее давление на зерна оказывается больше прочности, удерживающей их связки.

Высокоскоростная обработка – одна из современных технологий, которая, по сравнению с обычным резанием, позволяет увеличить эффективность, точность и качество механообработки. Ее отличительная особенность – высокая скорость резания, при которой значительно увеличивается температура в зоне образования стружки, материал обрабатываемой детали становится мягче, и силы резания уменьшаются, что позволяет инструменту двигаться с большой рабочей подачей.

С целью определения напряженно-деформированного состояния шлифовальных систем применяется 3D моделирование с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Создание методологии 3D компьютерного моделирования позволяет существенно сократить объем экспериментальных исследований для определения рациональных структурных параметров алмазно-композиционных материалов (АКМ), оптимальных условий их изготовления и использования.

При изучении процесса алмазного шлифования использована комплексная методология исследования единой 3D системы «ОМ-зерно-связка», включающая 3D моделирование и экспериментальное изучение 3D параметров взаимодействующих поверхностей, изучение 3D напряженно-

деформированного состояния зоны шлифования и методики исследования процесса приспосабливаемости при алмазном шлифовании сверхтвердых материалов.

На 3D модели системы «ОМ-покрытие-зерно-металлофаза-связка» изучалось влияние физико-механических свойств используемых материалов, а так же скорость обработки при сверхскоростном шлифовании и глубина заделки при шлифовании в режиме самозатачивания на значение напряжений в зоне НДС.

Результаты проведенных экспериментов показали, что определяющим в появлении критических напряжений является скоростной и температурный фактор, что говорит о необходимости охлаждения зоны шлифования.

Большое влияние на эквивалентные напряжения также имеет глубина заделки алмазных зерен. Глубину заделки рассматривали следующую: 25%, 50% и 75%.

На рисунке 1 показано распределение эквивалентных напряжений в зависимости от глубины заделки алмазного зерна.

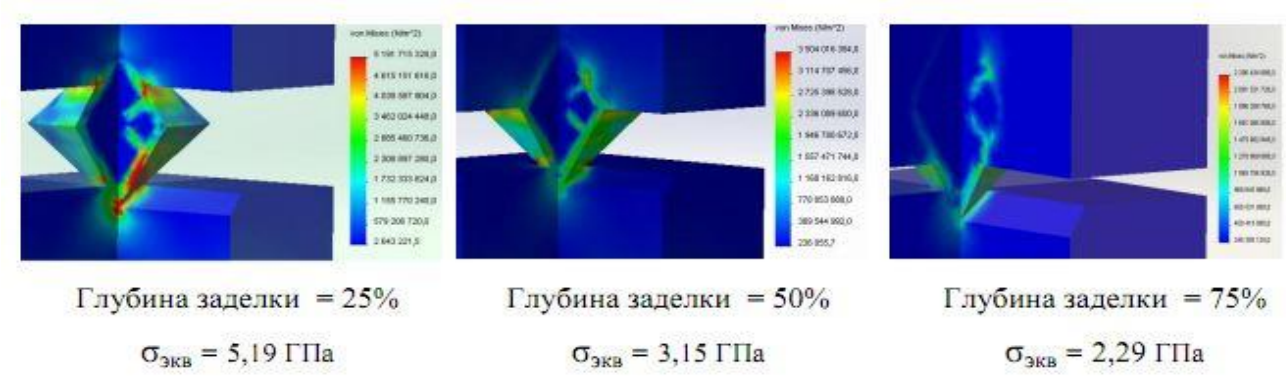


Рис. 1 – Распределение эквивалентных напряжений в зависимости от глубины заделки алмазного зерна

Анализ результатов расчета показал, что глубина заделки зерна в связку оказывает существенное влияние на величину напряжений в системе «ОМ-покрытие-зерно-металлофаза-связка». Установлено, что наиболее эффективной будет заделка в 50%, что обеспечит непрерывное обновление и самозатачивание круга в процессе шлифования. Таким образом, можно спрогнозировать поведение зерен в процессе обработки. Экспериментально доказано, глубина их заделки в связке является важнейшим фактором процесса алмазного шлифования СТМ.

Предложенная методология позволяет расчетным путем определить рациональные сочетания физико-механических свойств материалов связок, обрабатываемых материалов, марки алмазных зерен, а также режимы обработки, при которых будут реализованы лучшие условия процессов шлифования и правки.

Список литературы:

1. *Узунян М. Д.* Абразивная обработка материалов: Конспект лекций по курсу «Теория резания материалов». – Харьков: ХПИ, 1993. – 88 с.;

УДК 621.86

ЗНИЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНОГО ПРИВОДА

***О.Ю. БОГОВІСОВ*[1], *О.В. ГРИГОРОВ*[2], *В.С. РАДЧЕНКО*[3]**

[1] *магістрант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *аспірант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: bogovesov.alex@gmail.com*

Значна кількість вантажопідйомної техніки на сьогоднішній день морально та технічно застаріла, ресурс більшості вантажопідйомних кранів вичерпаний. Інтенсивна експлуатація підйомно-транспортних машин в такому технічному стані призводить до виходу їх з ладу, що викликає припинення вантажних потоків, які ними обслуговуються. З іншої сторони забезпечення високої продуктивності переміщення вантажів у морських та річкових портах, складах, виробничих цехах, будівельних майданчиках пов'язано зі значними динамічними навантаженнями у елементах вантажопідйомних кранів, які є основною причиною їх переходу у граничний стан, після якого подальша експлуатація машини неможлива.

Одним з важливих питань, які необхідно врахувати при проектуванні та експлуатації вантажопідйомних машин, є їх енергоефективність. Вартість енергоресурсів постійно зростає, що актуалізує дослідження зі зниження енергоспоживання крана. Необґрунтований вибір режимів роботи механізмів крана може призвести до перевитрат енергії при виконанні підйомно-транспортних операцій.

Широке впровадження у вантажопідйомну техніку мехатронних пристроїв дозволяє створити резерви для підвищення ефективності її експлуатації. Вони проявляються у підвищенні продуктивності роботи кранів, зниженні рівня динамічних навантажень у їх елементах та покращенні енергоефективності.

Необхідно також зазначити, що максимальне використання ресурсів крана можливе лише за допомогою оптимізації режимів його роботи. Саме програмна частина мехатронної кранової системи є базисом для реалізації оптимального руху кранових механізмів.

Висновки. Вирішення цього питання дозволить підвищити технічний рівень вантажопідйомних кранів за рахунок синтезу системи керування рухом їх механізмів, що в кінцевому результаті призведе до підвищення продуктивності роботи крана, покращення його енергоефективності, забезпечить надійність і довговічність кранових конструкцій.

УДК 621.874

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЭК

***В.В. БОКОВ*[1*], *О.В. ГАБДИНОВА*[1], *М.У. СИНЮЙ*[1], *В.А. КОВАЛЕНКО*[4]**

[1] магистранты кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] профессор кафедры «Подъемно-транспортные машины и оборудование», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

** email: vladbo8478@gmail.com*

Технологическое подъемно-транспортное оборудование практически на всех предприятиях топливно-энергетического комплекса отработало нормативный срок службы, а необоснованные технические решения и неквалифицированный ремонт делают невозможным дальнейшую безопасную эксплуатацию и требуют серьезных финансовых затрат [1], вплоть до демонтажа крана, рис.1 и 2.

Рис. 1 – Результаты неквалифицированного ремонта околобуксовых зон мостового крана

Рис. 2 – Разрушение опорных конструкций железобетонных колон вследствие неудовлетворительной работы «ходовое колесо - крановый рельс»

Решение проблемы восстановления проектных параметров кранов мостового типа, обеспечивающих технологические процессы на предприятиях топливно-энергетического комплекса, имеет свои особенности, связанные, в

первую очередь, с невозможностью вывода из эксплуатации на длительный срок и отсутствием практической возможности их замены из-за конструктивных особенностей котельных и котельно-турбинных цехов. Решение указанной проблемы усложняется двумя факторами, первый, оборудование находится за пределами нормативного срока эксплуатации, второй, все мероприятия необходимо проводить в условиях действующего производства. Кроме того, при разработке мероприятий необходимо учитывать специфику работы элементов системы «ходовое колесо - крановый рельс» с учетом конструктивных особенностей подкрановых балок, опорных конструкций и условий крепления рельсов к подкрановым балкам. Накопленный практический опыт позволил реализовать проекты, связанные с восстановлением проектных параметров кранов ТЭК, в частности козлового крана, обслуживающего дымососное отделение, рис. 3, и мостового крана котельно-турбинного цеха, рис. 4.

Рис. 3 – Определение фактического угла установки ходовых колес

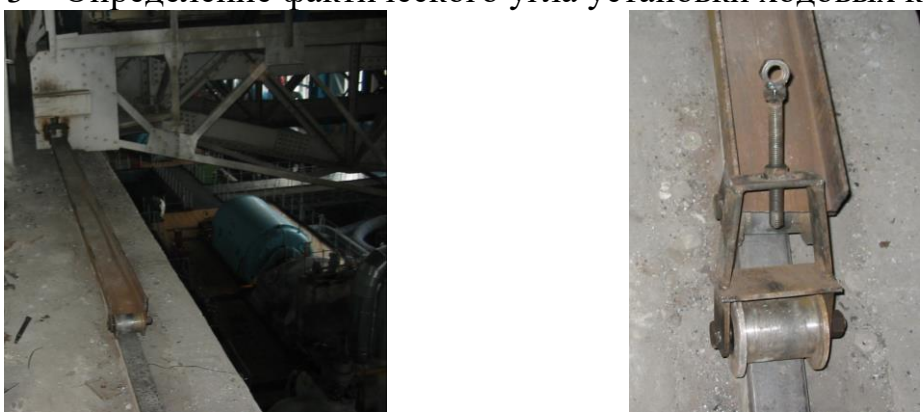


Рис. 3 – Замена подкранового пути с помощью действующего крана

Список литературы:

1. *Kovalenko V.*: Verschleißuntersuchungen des Laufrad-Schiene-Systems fördertechnischer Anlagen unter Berücksichtigung von Kontaktgeometrie verändernder Einflußgrößen // Institut für Konstruktionstechnik der Ruhr-Universität Bochum: Lehrstuhl für Maschinenelementen und Fördertechnik, Schriftenreihe 86

2. *Коваленко Ж.И.* Особенности безопасной организации работ при замене подкрановых путей на предприятиях топливно-энергетического комплекса // Подъемные сооружения. Специальная техника, 2003, - № 2.

3. *Коваленко В.А., Дудник В.А., Коваленко Ж.И.* Определение геометрических параметров козлового крана после реконструкции и монтажа // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2004. – №2.

УДК 628.9.041.9

ЭТАЛОН СВЕТОВОГО ПОТОКА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

А.А. БУКАРЕВ[1], В.А. ЛЕСНОЙ[1], А.П. КИСЛИЦЫН[2]

[1] аспирант кафедры 505, НАУ «ХАИ», Харьков, УКРАИНА
[2] доцент кафедры 505, канд. тех. наук, НАУ «ХАИ», Харьков, УКРАИНА

Известно большое число быстропротекающих процессов, сопровождающихся оптическим излучением, длительность которых менее 10 мкс. К ним можно отнести импульсное воздействие ионными пучками на поверхность, детонационное нанесение порошковых покрытий, перегрев катода при импульсном отборе токов высокой плотности и др., сопровождающиеся быстрым изменением температуры. Существуют способы, которые позволяют проводить измерения световых потоков при таких быстро протекающих процессах. В частности, для измерения температуры существуют методы [1] и уже запатентованы оптико-электронные приборы.

В этих приборах, предназначенных для регистрации температуры при быстропротекающих процессах, фотоэлектрическим приёмником излучения является фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), который является низкоинерциальным приёмником. Однако при быстропротекающих процессах возможно искажение сигнала на выходе оптико-электронного устройства по отношению к контролируемому оптическому излучению. Поэтому для точного определения истинного сигнала оптического излучения необходимо устранять и учитывать искажения, вносимые устройством в регистрируемый электрический сигнал. В связи, с чем была поставлена задача выявления динамических искажений.

Для решения этой задачи создан эталон светового потока с регулируемой скоростью изменения потока излучения, в котором форма оптического сигнала не искажается с изменением скорости. Это даёт возможность устранять и контролировать динамические искажения в оптико-электронных устройствах. Вследствие чего могут быть внести корректировки в электрическую схему питания фотоэлектрического приёмника для уменьшения искажений и получения оптимального схемного решение. После этого находят переходную характеристику, которая позволит при малых искажениях сигнала восстановить истинный световой поток.

Список литературы:

1. Букарев А. А. Действующий макет электронного пирометра для контроля «Хода температур» / А. А. Букарев, В. А. Лесной, А. П. Кислицын // Радіоелектронні і комп’ютерні системи: статті. – Х., 2013. – №1 (60). – С. 28-34.

УДК 621.86

ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГІЇ В РЕГУЛЬОВАНОГО ОБ'ЄМНОМУ ГІДРОСТАТИЧНОМУ ПРИВОДІ

***Є.О. ДОЛБІН*[1*], *О.В. ГРИГОРОВ*[2], *Д.М. ЗЮБАНОВА*[3]**

[1]*магістрант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2]*професор кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», докт. техн. наук НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

[3]*аспірант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: dolbin.vgenii@yandex.ua*

На даний час перед фахівцями підйомно-транспортної техніки поставлено завдання економії енергії. Одним з рішень цієї проблеми є перехід з електромеханічного привода на регульований об'ємно гідростатичний.

Порівняльний аналіз, виконаний за результатами промислових випробувань механізмів пересування мостових кранів вантажопідйомністю 32т і стендових випробувань показує, що чим вище завантаження приводів крутним моментом, тім більший енергетичний ефект дає використання гідроприводу. Отже, при розгоні гідропривід має значно менші енергетичні витрати, ніж електромеханічний привод.

При гальмуванні в широкому діапазоні швидкостей і навантажень спостерігається рекуперація енергії в мережу приводним двигуном. Гальмування електромеханічного приводу здійснюється за допомогою механічних гальм (приводний двигун енергію з мережі не споживає) або проти включенням (споживається значна кількість енергії з мережі). Отже, при гальмуванні гідропривід має незаперечну перевагу щодо енергетичних витрат.

Тепловий режим приводного електродвигуна гідроприводу менш напружений, що дозволяє понизити потужність електродвигунів при однаковому часі пуско-гальмівних режимів. В експерименті зафіксована можливість переходу з 37 до 32 кВт.

Найбільша перевага щодо витрат енергії можлива в разі експлуатації регульованого гідроприводу при великій тривалості включення механізму в постійних перехідних режимах при широкому використанні установочних швидкостей і незначному часі у сталих режимах на номінальній швидкості. Такі режими роботи є вкрай важкими для звичайних електромеханічних приводів і легко реалізуються на регульованих гідростатичних приводах.

Список літератури:

1. *Григоров О.В., Петренко Н.О.* Вантажопідйомні машини: Навч. посібник. –Харків: НТУ „ХПІ”, 2006. – 304 с.

УДК 621.86

ПОРІВНЯННЯ РІВНОПРИСКОРЕНОГО ТА S-ПОДІБНОГО ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄМНИМ РЕГУЛЬОВАНИМ ГІДРОПРИВОДОМ ЗА ВИТРАТАМИ ЕНЕРГІЇ

Д.М. ЗЮБАНОВА [1*], ***О.В. ГРИГОРОВ*** [2], ***Г.О. АНІЩЕНКО*** [3], ***О.В. ТУРЧИН*** [4], ***М.В. ЦЕБРЕНКО*** [5]

[1] *аспірант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[3] *доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

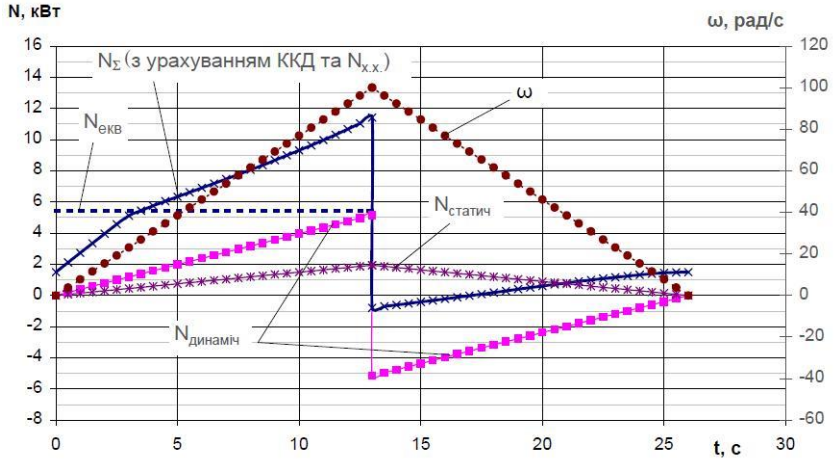
[4] *інженер кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[5] *асистент кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: daria_ziubanova@yahoo.com*

На кафедрі ПТМіО створений стенд імітації механізму пересування мостового крана вантажопідйомністю 30/5т. Стенд має наступні характеристики: момент інерції, приведений до ротора гідромотора I = 6,7 кгм^2, статичний момент опору пересуванню на валу гідромотора $M_{статич}$ = 20 Нм, потужність холостого ходу електродвигуна АТ-62-4 $N_{х.х}$ = 1,5 кВт. Раніше [1, 2] проводилися дослідження з вивчення параболічних законів керування приводами при ККД системи $\eta = 1$ і $M_{статич} = 0$ безвідносно до типу привода. У дійсному дослідженні ми прийняли $M_{статич} \neq 0$, а також урахували залежність ККД від навантаження й продуктивності відповідно до результатів стендових досліджень. Ставилося завдання забезпечення рівності пройденого кутового шляху при рівноприскореному й S-подібному законах зміни швидкості ($s_{рівноприск} = s_{s\text{-}подібн}$ = 1300 рад) і однакових часах розгону й гальмування ($t_{рівноприск.розг} = t_{рівноприск.гальм.} = t_{s\text{-}подібн\ розг} = t_{s.\text{-}подібн\ гальм}$ = 13с). Максимальна кутова швидкість для обох випадків становить 100 рад/с. Подібного роду закономірності використаються в різних стандартних приводах. Була створена система керування, здатна реалізувати 3 закони керування швидкістю гідромотора: лінійний (рівноприскорений), параболічний і S-подібний. Нижче приведені графіки сумарної потужності на валу приводного електродвигуна N_Σ, її складових і кутової швидкості обертання вала гідромотора у функції від часу для рівноприскореного (див. рис. 1а) і S-подібного (див. рис. 1б) законів. Розрахунки показують, що при S-подібному законі ККД рекуперації системи досягає 0,3. Для інших законів ККД рекуперації менше. Також для S-подібного закону має місце найбільша еквівалентна потужність $N_{екв}$ = 6,11 кВт. Для S-подібного закону динамічні навантаження на початку розгону й наприкінці гальмування істотно менші, ніж при параболічному й рівноприскореному розгоні й гальмуванні. Так, середні значення кутових прискорень за проміжок часу 0-2с (при цьому при $t = 0$ й $t = t_ц$, $\varepsilon_{S\text{-}подібн} = 0$):

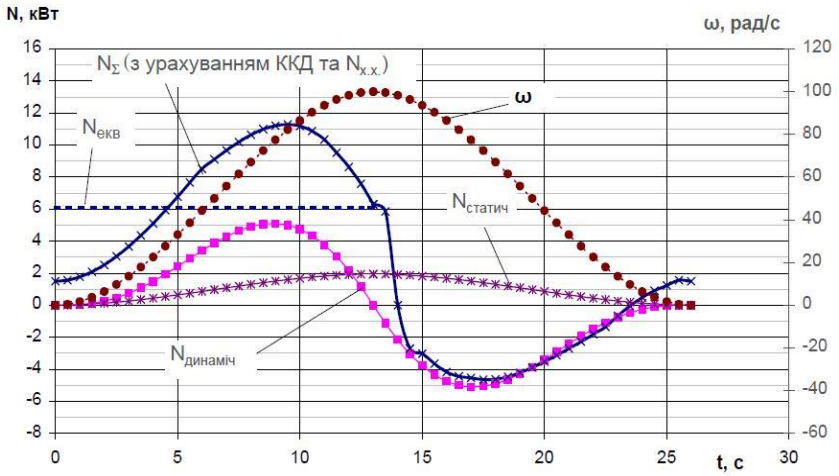
$\varepsilon_{\text{сер S-подібн}} = 3{,}1$ рад/с^2 < $\varepsilon_{\text{сер рівноприскор}} = 7{,}7$ рад/с^2 < $\varepsilon_{\text{ср параболіч}} = 10{,}7$ рад/с^2.



а)

$$\eta_{\text{рекуперації}} = \frac{A_{\text{рекуперації}}}{A_{\text{витрачена}}} = \frac{\int_{tp}^{t_ц} N_{\text{гальм}}\,dt}{\int_{0}^{t_ц} N_{\text{сум}}\,dt} = 0{,}16$$

$$N_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\int_{0}^{t_ц} N^2\,dt}{t_ц}} = 5{,}45\,\text{кВт}$$



б)

$$\eta_{\text{рекуперації}} = \frac{A_{\text{рекуперації}}}{A_{\text{витрачена}}} = \frac{\int_{tp}^{t_ц} N_{\text{гальм}}\,dt}{\int_{0}^{t_ц} N_{\text{сум}}\,dt} = 0{,}3$$

$$N_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{\int_{0}^{t_ц} N^2\,dt}{t_ц}} = 6{,}11\,\text{кВт}$$

Рис. 1 – Графік залежностей потужності й швидкості від часу для: а). рівноприскореного закону керування швидкістю гідромотора; б). S-подібного закону керування швидкістю гідромотора. В обох випадках час розгону й гальмування становить 13с.

Високе загальне ККД рекуперації привода за період розгону-гальмування (0,3) пояснюється високим значенням власного ККД гідроприводу протягом значної частини розгону (на противагу періоду рівномірного ходу, для якого має місце менше значення ККД). Також є відмінність від параболічного закону, для якого протягом більшої частини розгону значення ККД досить низьке.

Список літератури:

1. *Л.В. Карнюшин*. О наивыгоднейшем законе движения электропривода при работе, в режиме пусков и торможений // Научные записки. Выпуск XI. Серия электротехническая №9 / Издательство Львовского государственного университета. – 1956г. сс. 211-218

2. *Григоров О.В., Ловейкін В.С.* Оптимальне керування рухом механізмів вантажопідйомних машин: Навч. Посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 264с.

УДК 621.86

ПОРІВНЯННЯ РІВНОПРИСКОРЕНОГО ТА ПАРАБОЛІЧНОГО ЗАКОНІВ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄМНИМ РЕГУЛЬОВАНИМ ГІДРОПРИВОДОМ ЗА ВИТРАТАМИ ЕНЕРГІЇ

Д. М. ЗЮБАНОВА [1*], ***О. В. ГРИГОРОВ*** [2], ***Г. О. АНІЩЕНКО*** [3], ***О. В. ТУРЧИН*** [4], ***М. В. ЦЕБРЕНКО*** [5]

[1] *аспірант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[3] *доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[4] *інженер кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[5] *асистент кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: daria_ziubanova@yahoo.com*

На кафедрі ПТМіО створений стенд імітації механізму пересування мостового крана вантажопідйомністю 30/5т. Стенд має наступні характеристики: момент інерції, приведений до ротора гідромотора I = 6,7 кгм^2, статичний момент опору пересуванню на валу гідромотора $M_{статич}$ = 20 Нм, потужність холостого ходу електродвигуна АТ-62-4 $N_{х.х}$ = 1,5 кВт.

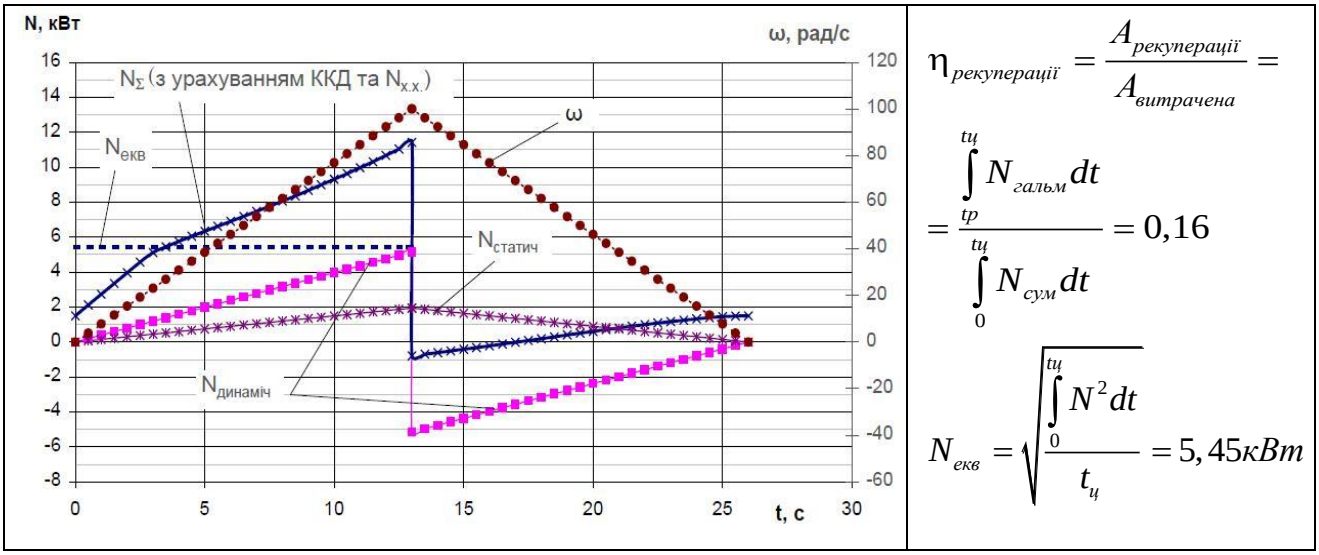
Раніше [1, 2] проводилися дослідження з вивчення параболічних законів керування приводами при ККД системи $\eta = 1$ і $M_{статич} = 0$ безвідносно до типу привода. У дійсному дослідженні ми прийняли $M_{статич} \neq 0$, а також урахували залежність ККД від навантаження й продуктивності відповідно до результатів стендових досліджень.

Ставилося завдання забезпечення рівності пройденого кутового шляху при рівноприскореному та параболічному законах зміни швидкості ($s_{рівноприск} = s_{параболіч}$= 1300 рад) і однакових часах розгону й гальмування ($t_{рівноприск.розг} = t_{рівноприск.гальм.} = t_{параболіч\ розг} = t_{параболіч\ гальм}$ = 13с). Максимальна кутова швидкість становить 100 рад/с для рівноприскореного закону та 75 рад/с для параболічного закону.

Була створена система керування, здатна реалізувати 3 закони керування швидкістю гідромотора: лінійний (рівноприскорений), параболічний і S-подібний. Нижче приведені графіки сумарної потужності на валу приводного електродвигуна N_Σ, її складових і кутової швидкості обертання вала гідромотора у функції від часу для рівноприскореного (див. рис. 1а) та параболічного (див. рис. 1б) законів. Розрахунки показують, що при параболічному законі ККД рекуперації системи більший, ніж у випадку рівноприскореного руху:

$$\eta_{рекуперації\ параболіч} = 0{,}16 > \eta_{рекуперації\ рівноприскор} = 0{,}02.$$

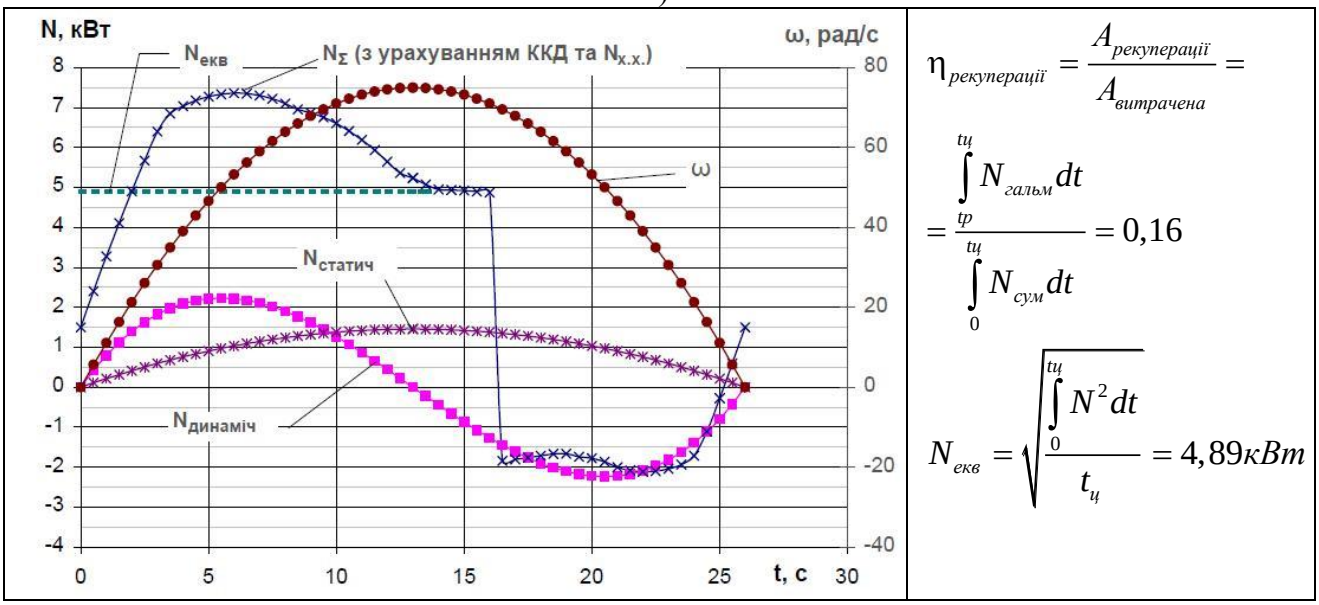
Також при параболічному законі має місце менша еквівалентна потужність: $N_{екв\ параб} = 4{,}89$ кВт < $N_{екв\ рівноприскор} = 5{,}45$ кВт.



$$\eta_{рекуперації} = \frac{A_{рекуперації}}{A_{витрачена}} = \frac{\int_{tp}^{tц} N_{гальм}\,dt}{\int_{0}^{tц} N_{сум}\,dt} = 0{,}16$$

$$N_{екв} = \sqrt{\frac{\int_{0}^{tц} N^2\,dt}{t_ц}} = 5{,}45 кВт$$

а).



$$\eta_{рекуперації} = \frac{A_{рекуперації}}{A_{витрачена}} = \frac{\int_{tp}^{tц} N_{гальм}\,dt}{\int_{0}^{tц} N_{сум}\,dt} = 0{,}16$$

$$N_{екв} = \sqrt{\frac{\int_{0}^{tц} N^2\,dt}{t_ц}} = 4{,}89 кВт$$

б).

Рис. 1 – Графік залежностей потужності й швидкості від часу для: а). рівноприскореного закону керування швидкістю гідромотора; б). параболічного закону керування швидкістю гідромотора. В обох випадках час розгону й гальмування становить 13с.

Список літератури:

1. *Карнюшин Л.В.*. О наивыгоднейшем законе движения электропривода при работе, в режиме пусков и торможений // Научные записки. Выпуск XI. Серия электротехническая №9 / Издательство Львовского государственного университета. – 1956г. сс. 211-218

2. *Григоров О.В., Ловейкін В.С.* Оптимальне керування рухом механізмів вантажопідйомних машин: Навч. Посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 264с.

УДК 621.86

ЗМЕНШЕННЯ ПЕРЕКОСУ КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ

І.В. КОБЕЦЬ[1*], Н.О. ПЕТРЕНКО[2]

[1]магістрант кафедри „Підйомно-транспортні машини і обладнання", НТУ „ХПІ", Харків, УКРАЇНА

[2] професор кафедри „Підйомно-транспортні машини і обладнання", канд. техн. наук НТУ „ХПІ", Харків, УКРАЇНА

[*]email: ivan.kobecz@mail.ru

Перекосом крана можна назвати забігання однієї з його опор. Перекіс супроводжується деформацією конструкції і її поворотом у плані. Перекіс має складну природу, виникає як результат зв'язаних між собою процесів і впливає на перерозподіл навантажень, що діють на конструкцію й механізми крана.

Причинами перекосу є наступні фактори: відхилення від перпендикулярного напрямку осі одного або декількох ходових коліс до підкранової колії; різниця в діаметрах приводних ходових коліс при центральному приводі механізму пересування або різниця в обертах приводних електродвигунів при роздільному приводі механізму пересування; незадовільний стан підкранової колії при точній установці ходових коліс; розташування не всіх осей ходових коліс ненавантаженого крана на одному рівні через неточність монтажу; проковзування блокованого ходового колеса на менш навантаженій стороні крана при центральному приводі механізму пересування через занадто інтенсивне гальмування.

В даний час мається дуже велика кількість всіляких обмежників перекосів. Однак в загальному випадку вони не усувають забіг однієї зі сторін крана, а лише виключають роботу крана при небезпечному перекосі пролітної будівлі. Для кранів з роздільним приводом при використанні циліндричних ходових коліс зменшити перекіс можна застосуванням системи автоматичної стабілізації прямолінійного руху кранів без перекосу.

Шляхом зменшення перекосів кранів є також: застосування лазерних установок при прокладанні підкранових рейок та при виготовленні кранів для збільшення точності; збільшення зносостійкості та довговічності ходових коліс та рейок; використання конічних ходових коліс кранів; розробка нових конструкцій вузлів ходової частини кранів; оптимальне керування кранів для зменшення динамічного навантаження та гасіння коливань вантажу.

Тривалий безперекісний рух мостових кранів і економічність крана залежать від правильної виставки його ходових коліс і рейок підкранових колій. Занадто великий знос конструктивних елементів спричиняє безпосереднє підвищення виробничих витрат на технічний догляд та обслуговування крана а також витрат зв'язаних з простоєм крана. Отже забезпечення безперекісного руху мостових кранів є дуже негайною потребою.

УДК 621.9.06

РОЗРОБКА ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗОВНІШНІХ КІЛЕЦЬ БУКСОВИХ ПІДШИПНИКІВ НА ТОРЦЕ - ШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

***Ю.С. КОСТИЛЄВА*[1*], *В.А. АЛЬОХІН*[2]**

[1]*магістр кафедри «Технологія машинобудування та металорізальні верстати», НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

[2]*старший викладач кафедри «Технологія машинобудування та металорізальні верстати», НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

[*] *email: e.v.basova@list.ru*

В умовах сучасного машинобудівного заводу характерна значна нерівномірність у рівні автоматизації виробництва - поєднання складних автоматичних пристроїв і примітивних ручних операцій, на яких значне число робітників зайняті монотонним і важкою фізичною працею. До таких операцій належить транспортування матеріалів і деталей на всіх етапах технологічного процесу від складу матеріалів до складу готових виробів, включаючи установку заготовок на верстат. Основними напрямками розвитку сучасного автоматизованого устаткування для масового і крупносерійного виробництва є розробка, виготовлення і ефективне використання обладнання, у яких весь технологічний процес виготовлення машинобудівної продукції повинний здійснюватися з мінімальними витратами ручної праці.

Автоматизація виробничого процесу досягається шляхом використання систем машин-автоматів, що являють собою комбінацію різнорідного устаткування та інших технічних пристроїв, розташованих у технологічній послідовності й об’єднаних засобами транспортування, контролю та управління для виконання часткових процесів виготовлення виробів. За робітником залишається виконання функцій налагодження та управління. Актуальність даної проблеми полягає в тому, що використання автоматизованої транспортної системи дозволяє досягти високої продуктивності та якості виготовлення продукції; усуває людину від тяжкої фізичної праці, тим самим зменшує ризик травматизму; створити комфортні умови для обслуговування. Згідно з завданням, було розроблено транспортну систему для переміщення деталі «Зовнішнє кільце» буксового підшипника на торце-шліфувальних верстатах та розрахований час переміщення заготовок. В результаті нововведення, продуктивність праці збільшилась на 8,1 %, собівартість знизилась на 8,7 %.

Список літератури:

1. *Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А.* Расчет и конструирование деталей машин. Харьков: Основа, 1991., 275с..

2. *Анурьев В.И.* Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х томах: Т.1. Москва: Машиностроение, 2001., 920с..

3. Справочник технолога - машиностроителя. Под ред. Косиловой А.Г.

УДК 621.923

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

***А.П. КУЗЬМИНА*[1*], *В.А. ФЕДОРОВИЧ*[2]**

[1]*магистрант кафедры «ИТМ им. М.Ф. Семко», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры «ИТМ им. М.Ф. Семко», докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: silence682@gmail.com*

Алмазно-абразивный инструмент – это инструмент, который состоит из корпуса и алмазоносного слоя, структура которого в общем случае определяется соотношением количества алмазных зерен, связки и пор. Применяемые связки (металлические, органические, керамические и специальные) должны обеспечивать необходимую прочность удержания алмазных зерен, сопротивляемость изнашиванию, высокую теплопроводность и др. [1]

На этапе изготовления алмазно-абразивных инструментов важно определить технологические параметры их изготовления, а именно: содержание металлофазы, давление, температуру спекания, при которых не будет нарушена целостность алмазных зерен в процессе спекания.

Работоспособность алмазно-абразивного инструмента обусловлена рядом причин, в число которых входит дефектность структуры, связанная с разрушением части зерен в процессе изготовления инструмента.

Марка алмазного порошка определяется его работоспособностью и эффективностью при выполнении того или иного вида обработки. Ввиду того, что режущие свойства алмазно-абразивного инструмента улучшаются с увеличением размеров зерен, а чистота обработки повышается с уменьшением их размеров, зернистость алмазного порошка является важной характеристикой инструмента, правильность выбора которой определяет эффективность применения инструмента. [2]

Для исследования влияния количественного состава металлофазы в зерне разработаны модели с различным процентным содержанием металлофазы, а так же с произвольной ориентацией последней. Была использована расчетная модель, содержащая одно, два и три включения металла-катализатора (рисунок 1 а, б, в соответственно).

При нагревании наибольшие напряжения сконцентрированы в области металлофазы и именно она играет ключевую роль в разрушении алмазных зерен в процессе спекания алмазно-абразивного инструмента. При расположении металлофаз вблизи друг от друга наблюдается рост полей напряжений, распространяющийся на 40% от объема зерна. При расположении всех трех металлофаз в нижней части зерна наблюдается наложение

напряжений, что приводит к разрушению значительного объема алмазного зерна.

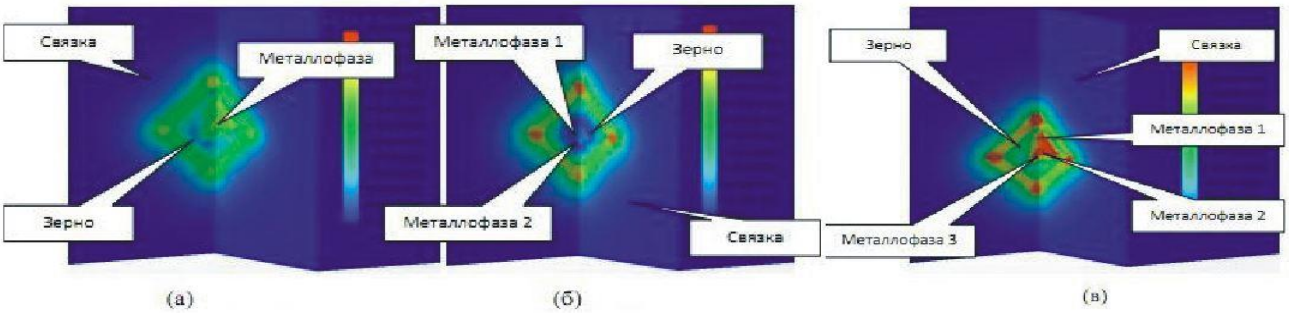


Рис. 1 – Влияние количественного содержания металлофазы в зерне на изменение эквивалентных напряжений, возникающих в зоне спекания алмазоносного слоя: а) – одно включение металла-катализатора; б) – два включения металла-катализатора; в) – три включения металла-катализатора

На рис. 1 представлено влияние количественного содержания металлофазы в зерне на изменение эквивалентных напряжений, возникающих в зоне спекания алмазоносного слоя. Наличие большого количества металлических включений в кристаллах приводит к снижению их прочности и особенно термостойкости. Как и с увеличением температуры спекания, увеличение модуля упругости металлической связки приводит к тому, что напряжения в ней и в зерне растут и могут достигать предела прочности для определенных марок алмаза. С повышением прочности связок у величин напряжений наблюдается рост участков, на которые они распространяются, разрушая при этом все большие объемы алмазного зерна. Объяснением этого могут быть возросшие значения напряжений в связке, оказывающие усиливающее воздействие на напряжения в зерне. Таким образом, увеличение модуля упругости металлической связки усиливает напряженное состояние зерна.

Одним из эффективных методов повышения износостойкости алмазно-абразивного инструмента является металлизация сверхтвердых абразивных материалов, что способствует значительному улучшению использования абразивных зерен в режущих инструментах, особенно при повышенных режимах обработки. Теоретические исследования показали, что температура спекания алмазоносного слоя оказывает наибольшее влияние на НДС «алмазное зерно-связка» независимо от вида связки. Установлено, что в процессе спекания алмазоносного слоя на металлических связках главной причиной преждевременного разрушения алмазных зерен являются внутренние напряжения в зерне, обусловленные резко отличительными значениями коэффициента температурного расширения металлофазы и алмаза.

Список литературы:

1. *Бакуль В.Н., Никитин Ю.И., Верник Е.Б., Селех В.Ф.* Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. Учеб. пособие для техникумов. М., «Машиностроение», 1975. – 295с.;

2. *Семко М.Ф., Грабченко А.И., Раб А.Ф., Узунян М.Д., Пивоваров М.С.* Основы алмазного шлифования. К.: Техника, 1978. – 192с.

УДК 621.923

РАСЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ АЛМАЗНО - АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

***Г.С. ЛЕВЕНЕЦ*[1], *В.А. ФЕДОРОВИЧ*[2]**

[1]*магистрант кафедры«Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф.Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*профессор кафедры«Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

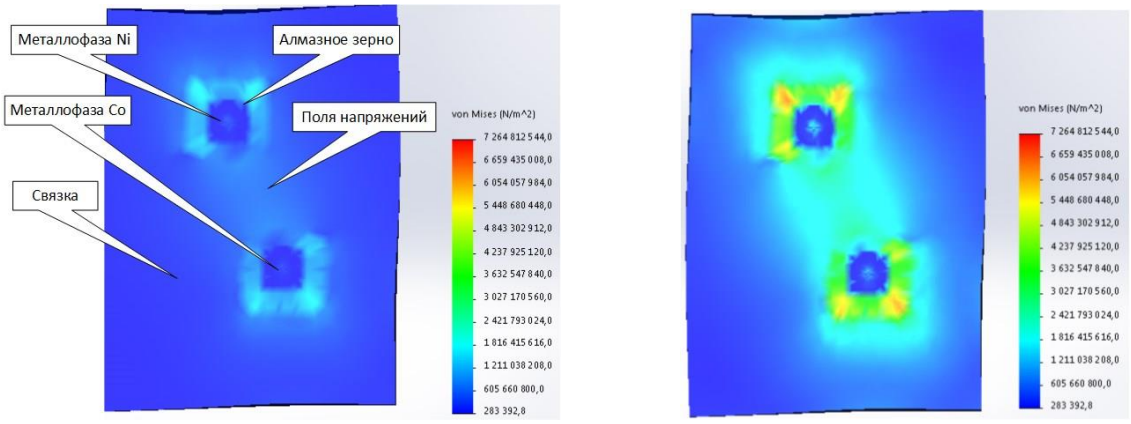
[*]*email*: *lievieniets92@mail.ru*

В связи с расширением применения синтетических сверхтвердых поликристаллов, металло- и минералокерамических, жаропрочных сплавов и других трудношлифуемых материалов возрастает роль алмазно-абразивного инструмента [1]. Однако ряд таких факторов, как повышенное самозатачивание алмазных зерен, наличие в них металлических включений, влияние температуры спекания алмазоносного слоя, разные показатели модуля упругости связки, алмазного зерна и материала металлофазы, их различный коэффициент теплового расширенияи др. приводят к дефектам структуры инструмента в виде разрушенных алмазных зерен. Вследствие этого дорогостоящие материалы используют лишь10-15 %своего режущего потенциала и не совершая больше полезной работы уходят в шлам [2]. Поэтому актуальным является расчет рациональной структуры и свойств алмазно-абразивного инструмента. Развитие аппаратных возможностей вычислительной техники и программного обеспечения дляметода конечных элементов (МКЭ) дают возможность решать подобные задачи.

В ходе исследования в программном продукте SolidWorksбыла построена 3D-модель «связка-алмазное зерно-металлофаза». Фрагмент связки и металлические включения были представлены в виде пластин, а алмазные зерна в форме четырехгранной пирамиды. Исходными данными для расчета были заданные в программном пакете SolidSimulationфизико-механические свойства материалов деталей сборки. На следующем этапе задавались крепления, давление и температура, приложенные к элементам, генерировалась сетка, которая сгущается в области контакта абразивного зерна со связкой, и в зоне воздействия металлофазы[3].

Использование данных программных продуктов позволили определить 3D НДС исследуемых объектов, которое может быть вызваноне только силовыми или температурными факторами, но и их суммарным воздействием.

Для исследования использовалась медная связка, никелевая и кобальтовая металлофазы, алмазное зерно марки АС160, обладающее следующими прочностными характеристиками: $\sigma_{раст}$ = 2,18 ГПа; $\sigma_{сж}$ = 12,9 ГПа, $E = 9 \cdot 10^{11}$ Па, КТР $\alpha = 3{,}7 \cdot 10^{-5}$1/К.



а) б)

Рис. 1. – Результаты расчета 3D НДС в системе «связка – алмазное зерно – металлофаза» в зависимости от температуры: а) 240°С; б) 880°С

К исследуемым 3D-моделям прикладывалось давление 50МПа и температура равная240°С и 880°С (рис. 1).Из эпюр напряжений видно, что более напряженными являются алмазные зерна с материалом металлофазы никель. В первом случае максимальные напряжения составляют 1,66 ГПа, а во втором 6,59 ГПа. Это объясняется тем, что модуль упругости никеля $E=2{,}1\cdot10^{11}$ Па, а кобальта $E=2{,}11\cdot10^{11}$ Па. Коэффициент теплового расширения никеля КТР $\alpha=1{,}7\cdot10^{-5}$ 1/К, а кобальта $\alpha=1{,}2\cdot10^{-5}$ 1/К.

В виду высокой теплопроводности алмаза, температура спекания концентрируется на границах контактов связка-зерно-металлофаза. Возникают поля напряжений, вызванные включениями металла-катализатора.

Проведенные расчеты показали, что температура спекания значительно влияет на структуру алмазно-абразивного инструмента поскольку возникающие напряжения, могут превышать предел прочности алмазных зерен и приводить к скалыванию их режущих граней. Наличие металлических включений обуславливает рост внутренних напряжений и появление трещин в алмазе.

Аналогичные расчеты были проведены при разном материале металлофазы, ее количественном составе, для другой формы алмазных зерен, температуры спекания, модуля упругости, коэффициента термического расширения, приложенного давления и с учетом покрытия.

Таким образом, проведенные расчеты позволяют установить рациональную структуру и свойства алмазно-абразивного инструмента, обеспечивающие сохранность целостности зерен при его изготовлении и высокие показатели при шлифовании.

Список литературы:

1. *Наконечный Н.Ф.* Расширение технологических возможностей алмазного шлифования кругами на металлических связках. – автореферат диссертации: 05.03.01. – Тбилиси, 1984.

2. *Ковальчук Ю.М., Букин В.А., Глаговский Б.А*. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. - М.: Машиностроение, 1984 – 288 с.

3. *Грабченко Л.И., Доброскок В.Л., В. А. Федорович.* 3D моделирование алмазно – абразивных инструментов и процессов шлифования. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2006 – 364 с.

УДК 621.833

РОЗРОБКА ГНУЧКОГО РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ "КОЛЕСО ЗУБЧАСТЕ"

***А.М. МОЧЕРНЮК*[1*]**

[1]*магістрант кафедри «Технологія машинобудування та металорізальні верстати», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: e.v.basova@list.ru*

В даний час актуальним завданням в машинобудуванні є підвищення технічного рівня виробництва зубчастих коліс, їх рентабельності і якості. Метою даної роботи є розробка компоновки гнучного роботизованого комплексу на базі токарного верстата Puma MX 1600 для вдосконалення обробки деталі «Колесо зубчасте».

Раніше для досягнення потрібної кінематичної точності зубчатих коліс використовувались малопродуктивні шліфувальні верстати, які обслуговували робітники високої кваліфікації. Актуальність проблеми полягає в тому, що запровадження даного комплексу дозволяє збільшити продуктивність праці та якість продукції, усуває людину від важкої фізичної праці.

Для досягнення поставленої мети в роботі було виконано: аналіз деталі на технологічність, який показав, що конфігурація деталі дозволяє вести обробку стандартними різальними інструментами; розрахунок режимів різання для нового варіанту технологічного процесу обробки деталі; впровадження токарно-фрезерного оброблювального центру Puma MX 1600 з промисловим роботом, для його обслуговування; впровадження сучасних програмних пакетів САПР ТП «Вертикаль» та Feature CAM.

Даний комплекс заходів дозволив удосконалити технологічний процес виготовлення деталі і скоротити загальну кількість операцій з десяти, в базовому варіанті технологічного процесу, до семи в новому; за рахунок використання програмних пакетів САПР ТП «Вертикаль» та Feature CAM скоротився час технологічної підготовки виробництва; використання оброблювального центру дозволяє швидко переналаштовувати виробничий процес для виготовлення інших деталей даної групи; впровадження промислового робота виключає присутність людини під час роботи комплексу, тим самим знижує ризик травматизму персоналу.

Список літератури:

1. *Балабанов А. Н.* Краткий справочник технолога машиностроителя / *А. Н. Балабанов.* – М: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.

2. *Руденко Н. А.* Проектирование технологических процессов в машиностроении / *Н. А. Руденко* – К: «Вища школа», 1985.–255 с.

3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.

УДК 621.86

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕКОСІВ В КРАНАХ МОСТОВОГО ТИПУ

***А.І. НЕТЮХАЙЛО*[1*], *В.В. ОФІЙ*[2]**

[1]*магістрант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2]*доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», канд. техн. наук НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: ovv1507@mail.ru*

На мостовий кран, як і на інші рейкові крани, діють зовнішні й, передані через силове замикання сили тертя або ж, відповідно, через геометричне замикання між краном і підкрановим шляхом, внутрішні сили в горизонтальній площині. Зовнішні сили є наслідком, насамперед, впливу:

– прискорення й з ходових переміщень кранових візків і кранових мостів;

– розгойдування вантажу;

– вітрового впливу в поздовжньому й поперечному стосовно руху крана напрямках.

Внутрішні сили виникають як наслідок перекосу крана під час його руху, тобто відхилення його від ідеальної лінії руху. Першою передумовою появи перекосу є розходження між вертикальними силами й, як наслідок, між опорами руху ходових коліс, наслідком яких стають різні моменти двигунів і різні числа їх обертів . Другою причиною виникнення перекосу є погрішності у вигляді коливань, що визначають напрямок руху крана та параметрів ходового механізму.

Однак, крім перекосу, вони обумовлюються й цілим рядом інших причин: поперечними ковзаннями ходових коліс; місцевими нерівностями рейок і зсувом їхніх торців у стиках; силами інерції при зміні траєкторії руху опор; коливаннями розпору від можливої невідповідності коліс шляхів і прольоту крана, температурних деформацій ; динамічності вертикальних навантажень.

Всі ці фактори взаємозалежні з перекосами крана: вони змінюють опори руху сторін.

Набагато сильніше вони відбиваються безпосередньо на величинах бокових сил.

Найбільші додаткові сили викликаються поперечним ковзанням коліс. При їхніх перекосах в 0,1%, регламентованих нормами на установку, вони досягають приблизно 25% максимальної сили зчеплення.

УДК 65.012.32 (075)

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СЕМИ БАЗОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ В РЕАЛІЯХ УКРАЇНСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

***Е.В. НОРИК*[1*], *Г.К. КРИЖНИЙ*[2]**

[1] *магістрант кафедри «Інтегрованих технологій машинобудування» ім. М.Ф. Семко, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри «Інтегрованих технологій машинобудування» ім. М.Ф. Семко , канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: norykelina@mail.ru*

Відставання рівня забезпечення якості продукції українського машинобудівного комплексу у порівнянні з продукцією провідних країн спричинює втрату конкурентоспроможності вітчизняної машинобудівної продукції як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринках [1].

Повний цикл виробництва потребує впровадження комплексного керування якістю, метою якого буде запобігання появі браку, передумовою чого слугує моніторинг втрат якості та усунення причин дефектів шляхом зосередження на контролі вхідних параметрів, які виявляються критично важливими. Метою є адаптування ефективних статистичних методів забезпечення якості до сучасного становища українського машинобудування та їх спрямування на попередження причин появи дефектів в процесі виробництва, що дозволить підвищити рівень якості вітчизняної машинобудівної продукції та знизити частку виникаючого браку безпосередньо при виробництві. Союз японських учених і інженерів (JUSE) зібрав воєдино сім достатньо простих у використанні методів аналізу процесів, які дозволяють полегшити задачу контролю виробничих процесів і надати різного роду факти для аналізу, коригування та покращення якості процесів [2]. Ще в радянські часи на вітчизняних підприємствах запроваджувалася представлені японські інструменти забезпечення якості, але їх застосування не принесло очікуваного результату. У зв'язку з чим, сім базових інструментів потребують розробки нового пристосованого до реалій українського машинобудування адаптованого підходу їх використання зі сторони персоналу, інакше в первинному вигляді основні японські методи можуть бути проігноровані і не принесуть очікуваного ефекту.

Контрольний листок – інструмент для збору даних і їх впорядкування, результати контролю можуть бути представлені у вигляді гістограми, яка дозволяє оцінити розподіл статистичних даних, згрупованих за частотою попадання даних у певний інтервал, або діаграми Парето (рис. 1), що дозволяє об'єктивно представити і виявити основні фактори, які впливають на досліджувану проблему. Аналіз діаграми Парето дозволяє виявити головні причини невідповідності на які варто спрямувати попереджувальні заходи.

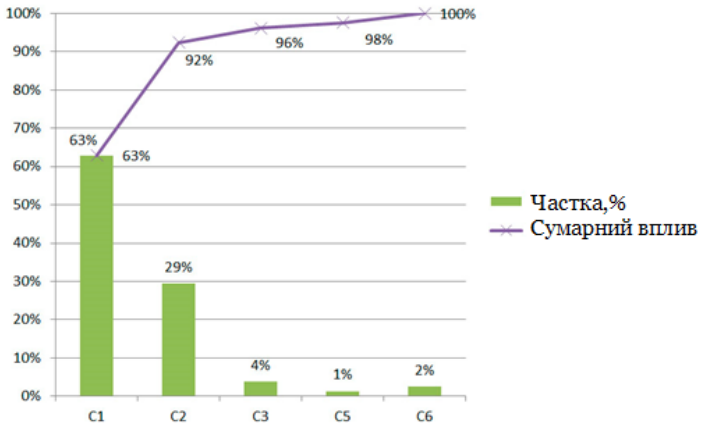


Рис. 1 – Діаграма Парето

Метод стратифікації (розшаровування даних) – інструмент, що дозволяє зробити поділ даних на підгрупи за певною ознакою. Для визначення типових причини, за якими може бути проведена стратифікація статистичних даних рекомендується використовувати мнемонічний прийом 4M ... 6M (Manpower (персонал), Machine (машина), Material (матеріал), Method (метод, технологія), Measurement (вимірювання), Media (навколишнє середовище)). Діаграма розкиду (розсіювання) – інструмент, що дозволяє визначити вид і тісноту зв'язку між двома параметрами, закономірності взаємозв'язку можуть бути відсутніми взагалі. При умові наявності взаємозв'язку відхилення по одному з параметрів усувається впливом на інший параметр. Діаграма Ісікави (причинно-наслідкова діаграма) – інструмент, який дозволяє виявити найбільш істотні фактори (причини), що впливають на кінцевий результат (наслідок). Причинно-наслідкова діаграма корисна для усунення причин появи проблем, аналіз факторів дозволяє визначити першочергові причини, які призводять до дефектів і підлягають усуненню. Контрольна карта – інструмент, що дозволяє відстежувати хід протікання процесу і впливати на нього, попереджуючи його відхилення від пред'явлених до процесу вимог. Для моніторингу виробничих процесів доцільно застосувати контрольні карти. Вони відображають характер зміни показника якості в часі. При стійкому наближенні показника до критичного значення необхідно застосувати превентивні дії.

Таким чином, для проведення моніторингу втрат якості продукції необхідно провести збір повних та достовірних даних, опрацювання результатів яких слід проводити засобами семи базових інструментів забезпечення якості. Завдяки отриманим результатам існуючі процеси на підприємстві стають детально вивченими, у тісному взаємозв'язку і взаємозалежності, стає можливим передвчасне попередження виникнення браку.

Список літератури:

1. *Савченко С. М.* Конкурентоспроможність українського машинобудівного комплексу на зовнішніх та внутрішніх ринках/ *С. М. Савченко*// -К.: НАУ, №29, 2011.

2. *Барабанова О.А.*, Семь инструментов контроля качества/ *О. А. Барабанова, В. А. Васильев, С. А. Одиноков* // - М.: ИЦ «Мати» - РГТУ им. Циолковского, 2001.

УДК 621.86

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ПЕРЕКОСУ КОЛІС У КРАНІВ МОСТОВОГО ТИПУ

А.І.ОБІЗНИЙ [1*], К.К. КОРОТКИЙ[2], О.В. ГРИГОРОВ [3]

[1] магістрант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

[2] студент кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

[3] професор кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», док. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

**email: Arthurobiznyi@gmail.com*

Проблема перекосу мостового крану не втрачає своєї актуальності з моменту появи перших кранів даного типу. Безперебійна робота кранів може бути забезпечена лише за умови високої надійності і довговічності їх основних вузлів та деталей. Дане негативне явище неминуче виникає в процесі роботи крана. Перекіс, по суті є поворот крана відносно вертикальної осі, що зазвичай супроводжується поперечним зміщенням і обумовлений наступними факторами:

– несиметричним навантаженням на опори крана;

– розкидом параметрів обладнання (електродвигунів, передатних механізмів, пускорегулювальної апаратури);

– вітровою дією по відношенню до руху крану в поперечному та повздовжньому напрямах;

– змінним характером взаємодії коліс з підкрановими рейками;– технологічної різницею між діаметрами кранових коліс;

– коливаннями вантажу.

Перекіс і поперечне зміщення моста відносно напрямку руху, в свою чергу, викликають контакт реборд кранових коліс з рейками. Реборди сприймають навантаження, обмежуючи подальший зсув крана. Тим самим вони запобігають сходу крана з рейок. При цьому в точках контакту реборд з рейками виникає процес тертя ковзання, що сприяє скороченню терміну служби як кранових коліс (внаслідок інтенсивного зносу реборд), так і підкранових колій. Через скорочення терміну служби ходової частини знижується коефіцієнт використання обладнання, збільшуються витрати на утримання і ремонт крана.

Для обмеження перекосу та зниження його негативного впливу на роботу крану потрібне дотримання норм ДСТ 27584-88 і ДНАОП 0.00-1.03-02, та використання спеціальних приладів. Також істотно поліпшує ходові характеристики мостових кранів ретельне встановлювання ходових коліс, що збільшує термін їх використання в декілька разів.

УДК 621.923

МОДЕЛИРВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВИБРАЦИОННОГО ШЛИФОВАНИЯ

***А.С. ОВСЕЕВА*[1*], *В.А. ФЕДОРОВИЧ*[2]**

[1]*магистрант кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*профессор кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: anastassiya.ovseeva@gmail.com*

Для изучения процесса вибрационного шлифования, прежде всего, необходимо определить влияние ультразвуковых колебаний, накладываемых на шлифовальный круг при абразивной обработке материалов, на НДС системы «связка - зерно - ОМ». С этой целью был использован CosmosWorks, позволяющий проводить трехмерное статическое моделирование программный пакет.

Прежде всего, была построена исходная 3D-модель «связка – алмазное зерно – ОМ» (рис. 3.1). Заготовка и фрагмент связки представлялись в виде пластин, а алмаз с геометрией октаэдра. В пластине ОМ создана канавка.

Далее производилось генерирование сетки конечных элементов и ее сгущение в области контакта абразивного зерна с обрабатываемым материалом.Затем были определены физико-механические свойства всех элементов системы.

В исходной модели была использована медная связка, обрабатываемый материал - алмаз и алмазное зерно марки АС100, свойства которого представлены на (рис. 3.3.) Для задачи без использования ультразвука и для задачи с использованием ультразвука все начальные условия были заданы одинаково, отличие состояло только в наличии ультразвуковых колебаний для задачи с ультразвуком.

Следующим этапом моделирования является задание параметров нагружения модели. В ходе расчетного эксперимента, модель нагружалась распределенной нагрузкой приложенной к верхней грани связки, что моделировало усилие прижима алмазного шлифовального круга(рис 3.4) во время абразивной обработки.

Также равномерная нагрузка прикладывалась к боковой грани связки, моделируя подачу(рис 3.4).

Для моделирования вибрационного шлифования усилие прижима алмазного шлифовального круга варьировали со временем.

Для этого усилие прижима задается как гармоническая нагрузка, график которой был создается заранее в виде синусоиды(рис. 3.5) с частотой 10 ÷ 50 кГц и амплитудой равной приложенной нагрузке.

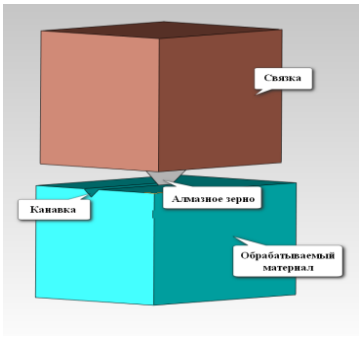


Рис. 1 - исходная 3D-модель «связка - зерно - ОМ»

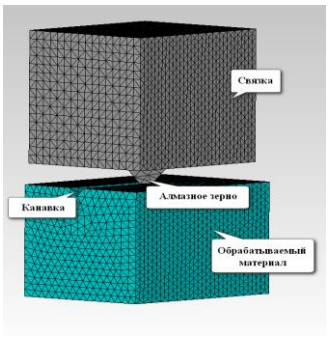


Рис. 2 – Исходная 3D-модель «связка – зерно – ОМ»

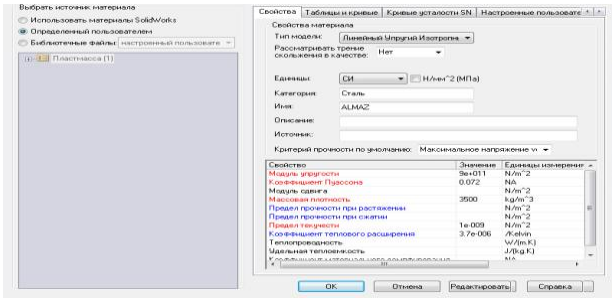


Рис. 3 – Задание физико-механический свойств зерна марки АС100

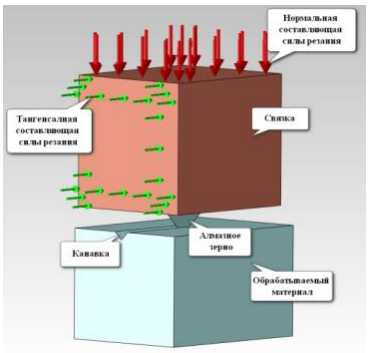


Рис. 4 – Задание параметров нагружения 3 D

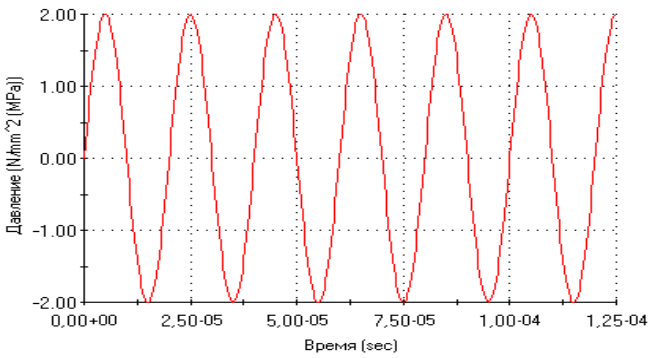


Рис. 5 – График модели гармонической нагрузки

Список литературы:

1. *Федорович В. А.* Разработка научных основ и способов практической реализации управления приспосабливаемостью при алмазном шлифовании сверхтвердых материалов. – Дис. доктора технических наук: 05.03.01. - Харьков, 2003. - 469 с

2 *Грабченко Л. И.*, Доброскок В. Л., В. А. Федорович. 3D моделирование алмазно – абразивных инструментов и процессов шлифования / Л. И. Грабченко, В. Л. Доброскок, В.А. Федорович //. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2006 – 364 с.

УДК 621.7

СИСТЕМА СОЗДАНИЯ ТРИАНГУЛЯЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

С.С. ПЕНЧУК[1*], В.Л. ДОБРОСКОК[2]

[1] магистрант кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М. Ф. Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[2] профессор кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М. Ф. Семко, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[*]email: ppkserg@yandex.ua

Современное машиностроение характеризуется высокими требованиями к техническому уровню, качеству выпускаемых изделий и срокам постановки на производство новой продукции. Аддитивные технологии послойного выращивания (АТ) в последние десятилетия получили мощное развитие в технически развитых странах. Такие технологии позволяют создавать промышленные изделия на базе компьютерной 3D модели без применения технологической оснастки и инструмента. В качестве исходных данных для построения изделий в АТ-технологиях используются триангуляционные модели. Поэтому совершенствование методов создания триангуляционных моделей представляет актуальную научную и практическую задачу.

Целью работы является разработка системы создания триангуляционных моделей для решения двух основных задач: научно-прикладной (создание сложных аналитически задаваемых поверхностей промышленного назначения) и учебно-методической (формирование у студентов углубленного представления о поверхностях сложной формы путем цветовой визуализации их особенностей).

Триангуляционная модель — частный случай полигональной модели, когда все грани представлены треугольниками. В триангуляционных моделях одновременно представлены элементы трех топологических порядков: точки (вершины), линии (ребра) и грани (плоские треугольники). Основные требования к триангуляционной модели твердотельного объекта — замкнутость и связность [1]. Замкнутость поверхности триангуляционной твердотельной модели — топологическое понятие, означающее отсутствие ребер с числом смежности $A_{Edge} \neq 2$ и вершин $A_{Vert} < 3$. Связность объекта (многогранника) означает то, что он не состоит из нескольких непересекающихся объектов, т. е. от любой вершины можно перейти к любой вершине по ребрам. Смежностью ребра называют количество его вхождений в треугольники триангуляционной модели. Числом смежности (степенью) вершины называют количество ее вхождений в ребра триангуляционной модели.

Создание триангуляционных моделей реализовано в специальной системе, разрабатываемой на кафедре «Интегрированные технологии машиностроения»

им. М.Ф. Семко Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (рис. 1).

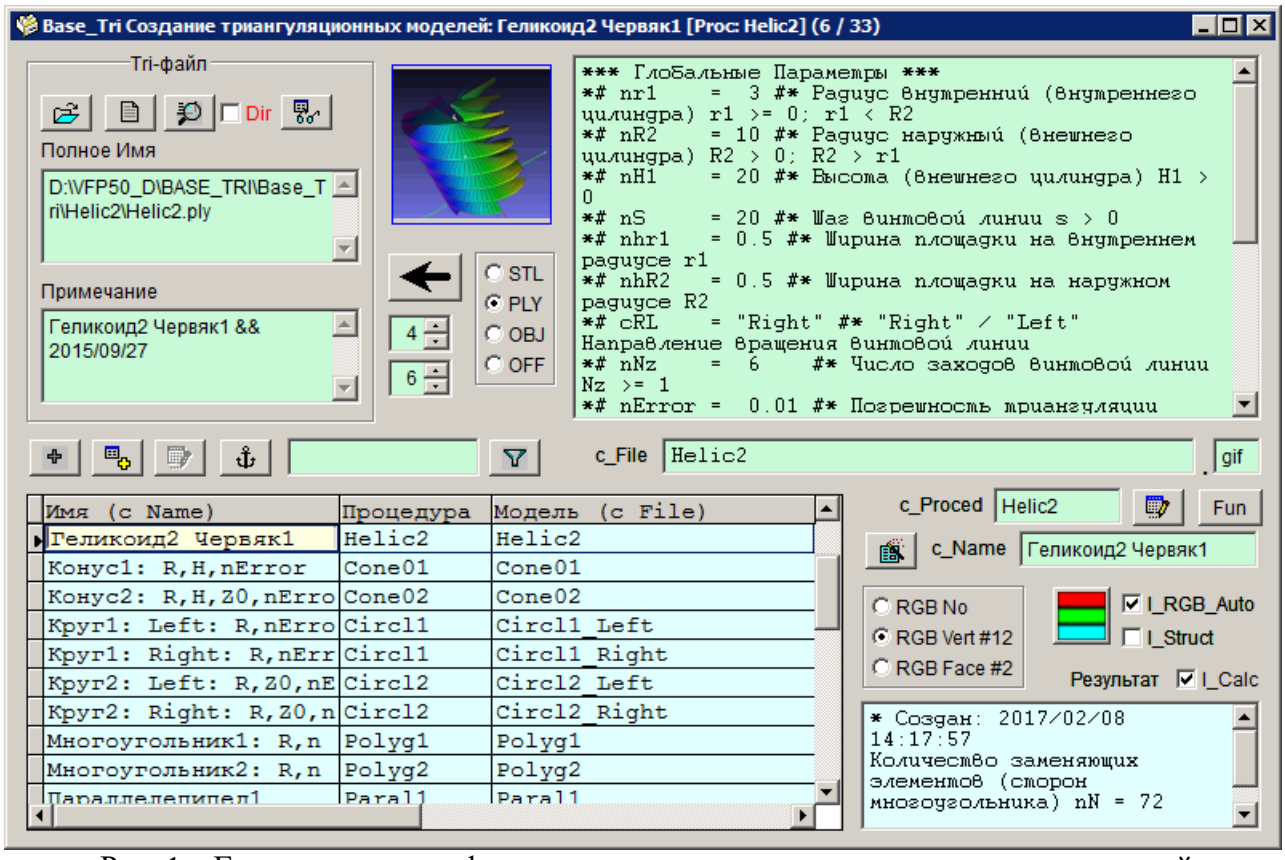


Рис. 1 – Главная экранная форма системы создания триангуляционных моделей

Система создания триангуляционных моделей имеет следующие возможности:

– создавать поверхностные или твердотельные параметрические модели на базе задания изменяемых параметров, процедуры формирования конкретного класса моделей и системы встроенных специальных функций;

– выполнять цветовую визуализацию элементов моделей (вершины, ребра, грани) по различным признакам с использованием дискретных цветов и цветовых шкал;

– сохранять результаты моделирования в форматах файлов используемых в АТ-технологиях: STL, PLY, OBJ и OFF.

Результаты работы могут быть использованы при технологической подготовке производства сложных изделий на этапе предшествующем материализации АТ-технологиями и в учебном процессе.

Список литературы:

1. *Голованов, Н.Н.* Геометрическое моделирование/ *Н.Н. Голованов* // М.: Изд-во Физ.-мат. лит., 2002. — 472 с.

УДК 621.97

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ НА ЙОГО ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

***О.В. ПЕНЧУКОВ*[1*]*, В.М.ЧЕРНИШ*[2]

[1] *магістрант кафедри «Деталі машин та мехатронних систем», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *доцент кафедри «Деталі машин та мехатронних систем», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

** email: penchukov94@mail.ru*

Для аналізу динаміки гідроприводу необхідно мати його математичну модель максимально наближену до реального об'єкту.

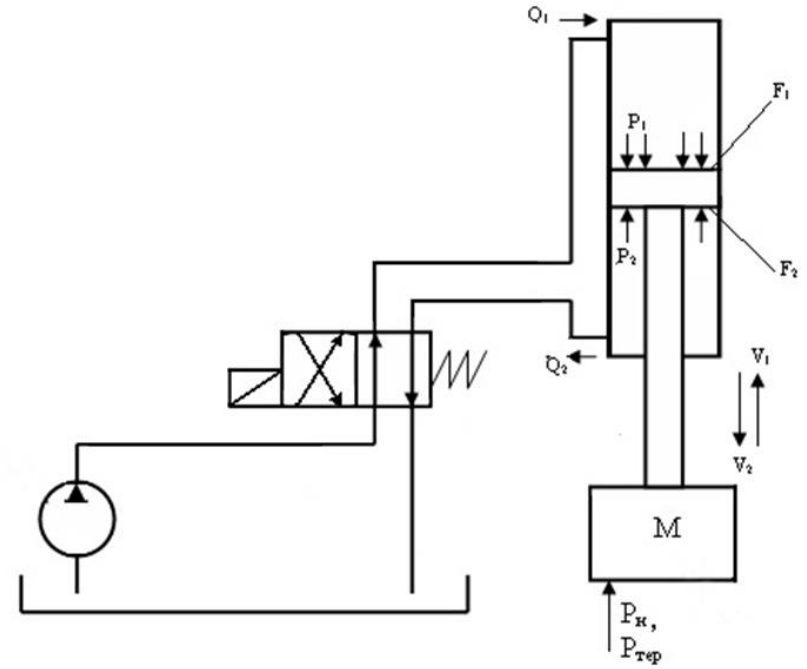


Рис.1 – Розрахункова схема головного гідроциліндру пресу

З цією метою при складанні математичної моделі гідравлічного пресу, розрахункова схема якого зображена на рис.1, були враховані пружність робочої рідини та трубопроводів, рухома маса рідини та навантаження, приведені до поршня гідроциліндра.

Складальні частини гідросхеми (розподільна та регулююча гідроапаратура), які також впливають на динамічні характеристики, були враховані допоміжними передаточними функціями.

Результати проведених розрахунків приведенні на рис. 2 і рис 3.

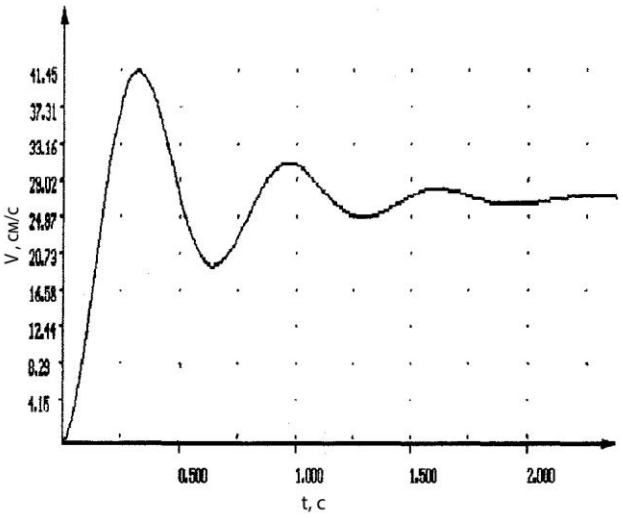


Рис. 2 - Графік перехідного процесу швидкості зсуву штока гідроциліндра.

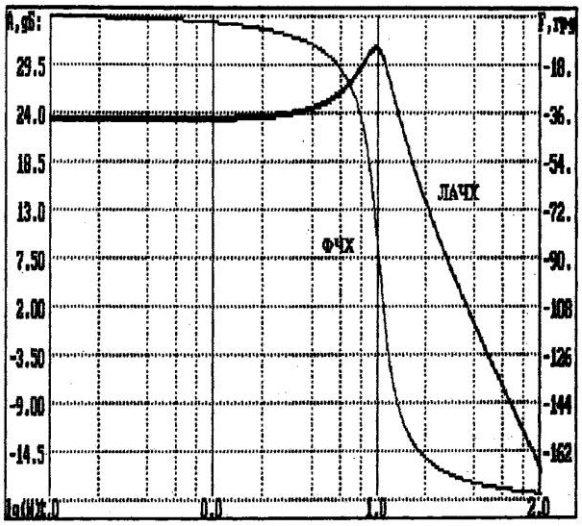


Рис.3 - Логарифмічні амплітудно - фазочастотні характеристики.

Для перехідного процесу зміни швидкості ступень коливальності швидкості дорівнює σ = 49,1%

Час регулювання швидкості tp=2.1 сек.

Аналіз частотних характеристик показує, що горизонтальна ділянка ЛАЧХ швидкості штока зберігається до lg=0.2 це свідчить про те, що в цьому діапазоні частот вхідного сигналу система поводиться як ідеальна підсилювальна ланка з коефіцієнтом підсилення $20\lg(K_{усил})=24$ і амплітуда вихідного сигналу залишається постійною. У діапазоні частот від $\lg(\omega)=0.2$ до $\lg(\omega)=1$ тобто $\omega=10$ рад/сек, амплітуда вихідного сигналу наростає. Після частоти W=10 рад/сек амплітуда вихідного сигналу різко падає, що свідчить про зниження підсилювальних властивостей системи, що допустимо для технічних систем. Відповідно до цього діапазон відпрацьовування вхідного сигналу, а значить і діапазон регулювання системи обмежений частотою $\lg(\omega)=0.2$, у цьому діапазоні фазове зрушення між вхідною і вихідною синусоїдою не перевершує $\varphi = -9°$, що цілком допустимо для досліджуваного гідроприводу.

Список літератури:

1. *Бочаров Ю.А., Прокофьев В.Н.,* Гидропривод кузнечно-прессовых машин // Москва: «Высшая школа», 1969.

2. *Типикин В.Ф., Лейбзон Л.Н.,Новак В.Н.,* Гидравличиские прессы для неметаллических материалов // Москва: Машиностроение, 1969.

3. *Попов Д.Н.,* Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем // Москва: Машиностроение,1987.

УДК 62-82.001.52

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА

***Д.С. ПОГОРЄЛОВ*[1*], *П.М. АНДРЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри «Деталі машин та мехатронних систем», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри «Деталі машин та мехатронних систем», докт. техн. наук., професор, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

** denis.pogorelov@mail.ru*

Гідророзподільники (ГР) знайшли широке застосування в гідроагрегатах мехатронних систем технологічного обладнання. Вони значно спрощують автоматизацію виробничих процесів та підвищують якість машин, дозволяють суттєво зменшити їх вагу і габарити, надійно працюють у широкому діапазоні параметрів оточуючого середовища.

Метою роботи було визначення часу переключення ГР навантаженого гідромотором. Приймали такі припущення: геометричні розміри симетричні відносно осей; опором гідравлічних каналів нехтуємо; корпус ГР і ЗРЕ абсолютно жорсткі; пружини мають невелику довжину і кількість робочих витків, не відбувається відриву їх кінців від поверхні контакту та вони працюють у лінійному діапазоні своїх характеристик, ЗРЕ має нульове перекриття.

Математична модель чотирищілинного ГР описується рівняннями:

– руху ЗРЕ відносно осі його переміщення

$$m\ddot{x}_2 = F_{\text{кер}}(t) - F_{\text{пр}\,\Sigma}(t) - F_{\text{гд}}(t) - F_{\text{тр}}(t); \quad (1)$$

– витрати через ГР

$$q_2(t) = q_{\text{щ}_4}(t) - q_{\text{вит}}(t) - q_{\text{пер}}(t); \quad (2)$$

– обмеження переміщення ЗРЕ

$$0 < x_2(t) \le x_{2\,\max}; \quad (3)$$

– зміну стану робочої рідини (РР)

$$T_{\text{а}} = \text{const}, \ \rho = \text{const}. \quad (4)$$

При цьому, температуру $T_{\text{а}}$ і густину РР ρ приймають рівними їх середньому значенню.

У рівнянні (1) приведену масу ЗРЕ розраховують згідно залежності

$$m = m_2 + \frac{m_{\text{пр}}}{3}, \quad (5)$$

де m_2 – маса ЗРЕ; $m_{\text{пр}}$ – маса пружини.

Сили, що входять до рівняння (1), а саме: $F_{\text{пр}\,\Sigma}(t)$ – сумарна пружин; $F_{\text{гд}}(t)$ – гідродинамічна; $F_{\text{тр}}(t)$ – тертя; визначають згідно з залежностями, наведеними в [1]. При розрахунку сили керування $F_{\text{кер}}(t)$ (сили на виході

електромагніта) необхідно враховувати конструктивні особливості електромагніта. У загальному випадку вона пропорційна струму $i_{вх}(t)$

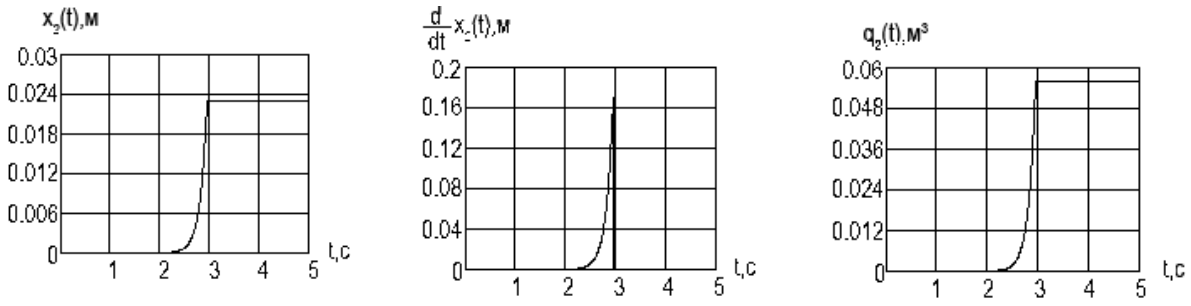
$$F_{кер}(t) = k_1 i_{вх}(t), \qquad (6)$$

де k_1 – коефіцієнт пропорційності.

Витрата РР, якщо припустити, що навантаження на виході ГР становить $p_д$, визначається за формулою

$$q_{щ_4}(t) = \mu_{гр}(\mathrm{Re}, x_2)\, A_щ(x_2)\, \mathrm{sign} x_2(t) \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{\frac{1}{2}\left[p_{жив} - p_д(t)\right]}, \qquad (7)$$

де $\mu_{гр}(\mathrm{Re}, x_2)$ – коефіцієнт витрат ГР, який крім геометричних розмірів дроселюючої щілини враховує також режим течії РР; $A_щ(x_2)$ - площа дроселюючої щілини ГР; $\mathrm{sign}\, x_2$ – функція Кронекера від x_2; $p_{жив}$ – тиск живлення. У рівнянні (3) витрати витоків $q_{вит}(t)$ і перетікань $q_{пер}(t)$ визначається за формулами з [2]. Для визначення часу переключення ГР рівняння (1)–(7), розглядали разом з початковими умовами. Для ГР: $x_2(0) = x_{20}$, $\dot{x}_2(0) = 0$, $q_2 = 0$, $p_{жив\,0}$, $p_{зл}$, $A_щ(x_2)$. Геометричні розміри ГР визначали з [2]. В результаті моделювання перехідного процесу в пакеті прикладних програм MatCad отримали графіки перехідних процесів, рис. 1.



а *б* *в*

Рис. 1 – Графіки перехідних процесів ГР при його включені:
а – переміщення ЗРЕ ГР; *б* – швидкість ЗРЕ ГР; *в* – зміна витрати на виході з ГР

Переміщення, швидкість ЗРЕ ГР при його включені та зміна витрати на його виході відбуваються за функцією наближеною до кубічної параболи, рис.1. Час запізнення, який становить 2,4 секунди, обумовлений спрацюванням електромагніту та подоланні сили тертя спокою. На третій секунді руху ЗРЕ ГР відбувається повне відкриття його вікон, що визначається зоною насичення, а його швидкість миттєво стає рівною нулю. Час переключення становить 0,6 с.

Список літератури:

1. *Андренко П.М.* Гідравлічні пристрої мехатронних систем : навч. посіб. / *П.М. Андренко*. – Харків : Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2014. – 188 с.

2. Каталог ГСКТБ – Режим доступу: http://www.gsktb.com/catalog.php.

УДК 621.7.01

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ УДАРНОЇ ОБРОБКИ БАГАТОШАРОВИХ ВИРОБІВ З КРИХКИХ ТА ПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Є.Г. ПОДРІЗ [1*], ***С.С. ДОБРОТВОРСЬКИЙ*** [2]

[1] *магістр кафедри «Технологія машинобудування та металорізальні верстати», НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

[2] *професор кафедри «Технологія машинобудування та металорізальні верстати», доктор технічних наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

[*] *email: sdobro@mail.ru*

Математичне моделювання є одним з основних і ефективних сучасних методів дослідження. В порівнянні з випробуванням на практиці, математичне моделювання є економічно вигіднішим як за трудоємкістю, так і за вартістю.

Процеси деформування твердих тіл, при їх високошвидкісному зіткненні, руйнуванні і ударному навантаженні в умовах інтенсивного імпульсного впливу представляють значний науковий і технічний інтерес.

Мета роботи полягає в дослідженні процесу ударного деформування яке виникає в зоні контакту з перешкодою у вигляді багатошарових виробів з крихких та пластичних матеріалів різної товщини, конічним ударником.

Розглядається контактно-динамічна задача процесу деформування пакету з багатошарових пластин на основі кераміки, скла та пластичних матеріалів (полікарбонат). Даний розрахунок проведений в пакетному середовищі ANSYS, з застосуванням методу скінченних елементів. Одним з етапів проектування є перевірка на міцність, розглянуті інженерні методи розрахунку стійкості багатошарових структур.

Суть дослідження полягає в знаходженні зв'язків між впливом високошвидкісного сталевого конічного ударника на набір крихких та пластичних матеріалів з ціллю визначення допустимої величини деформації пакета, та оцінці динамічної міцності комбінованих перешкод при наявності в них декількох шарів з різних матеріалів. Що в подальшому дасть можливість прогнозувати результат того, як поведе себе даний матеріал при високошвидкісному зіткненні.

Пошук стійкості та деформації здійснювався на основі зміни товщини та порівнянні поведінки багатошарових конструкцій, до складу яких входили пластичні матеріали.

У подальшому планується дослідити та змоделювати залежність товщини матеріалу від швидкості та типу ударника. Розвиток чисельно-аналітичного апарату для прогнозування поведінки керамічних матеріалів і елементів конструкцій дає можливість в подальшому прогнозувати поведінку матеріалів, при впливі на них ударних навантажень.

УДК 621.9.06

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АГРЕГАТНЫМ СТАНКОМ-ПОЛУАВТОМАТОМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ “РАСПЫЛИТЕЛЬ”

***М.Д. ПОПОВ*[1*], *Ф.М.ЕВСЮКОВА*[2]**

[1]*магистрант кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки», НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*

[2]*старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки», НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*

[*] *email: e.v.basova@list.ru*

Современное машиностроительное производство должно иметь возможность изготовления продукции высокого качества и низкой себестоимости при этом иметь высокую производительность. Это приводит к необходимости использования такого технологического оборудования как агрегатные станки.

Агрегатный станок – металлорежущий станок, состоящий из кинематически не связанных между собой агрегатов, синхронизация которых происходит благодаря единой системе управления.

Данное оборудование обеспечивает высокую точность размеров отверстий, а также необходимую точность их взаимного расположения. На таких станках достигается высокая производительность благодаря многоинструментальной обработке, одновременному выполнению нескольких переходов, концентрации различных видов обработки в рабочей позиции, использованию автоматического рабочего цикла, исключающего непосредственное влияние субъективного фактора на длительность цикла.

Актуальность данной работы заключается в том, что агрегатные станки более производительные чем универсальные, а следовательно годовой эффект от использования значительно выше; унификация узлов и механизмов упрощает изготовление; обслуживания станков возможно операторами низкой квалификации.

При выполнении был разработан технологический процесс изготовления детали “Распылитель”, рассчитаны режимы резания и произведена коррекция, исходя из требуемой производительности. Расчеты производились с помощью ЭВМ.

Исходя из полученных данных была произведена технологическая компоновка станка, спроектирована система управления и произведен расчёт основных параметров пневмооборудования, гидрооборудования и электрооборудования. После проектирования системы управления была рассчитана себестоимость детали и экономический эффект от использования.

УДК 621.86

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В МАШИНОБУДУВАННІ

***О.О. САГАЙДАЧНИЙ*[1*], *Н.О. ПЕТРЕНКО*[2]**

[1]*магістрант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2]*професор кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», канд. техн. наук НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email*: petrenko_nadezhda_53@mail.ru

Нанотехнології обіцяють цілий ряд вигод від широкомасштабного впровадження в масове виробництво машин. Так, буквально кожен вузол або компонент в конструкції може бути в значній мірі вдосконалений за допомогою нанотехнологій.

Розвиток нанотехнологій обіцяє масове розповсюдження нових конструкційних матеріалів з унікальними властивостями і характеристиками. Найбільший інтерес для інженерів і дослідників представляють вуглецеві матеріали, з яких в даний час найбільш вивченими, а також найбільш перспективними для цілей практичного застосування є вуглецеві нанотрубки (ВНТ). Вони володіють найширшим набором унікальних властивостей, що роблять їх надзвичайно перспективними для використання, зокрема в автомобілебудуванні.

Вуглецеві нанотрубки вже знаходять застосування в конструкції сучасних автомобілів. Наприклад, інженери компанії Toyota додають композиційний матеріал на основі ВНТ в пластикові бампери і дверні панелі своїх автомобілів. Крім підвищення міцності і зниження маси, пластик із смолою з УНТ стає електропровідним, і його можна покривати тими ж фарбами з електричним нанесенням, що і металеві деталі. Зусилля Ford в нанотехнологіях направлені на зниження ваги транспортного засобу.

Фахівці Інституту проблем надпластичності металів (ІПНМ) РАН розробили методи отримання об'ємних і листових матеріалів з однорідною наноструктурою. Дослідники з ІПНМ РАН створили метод всестороннього ізотермічного кування, що дозволяє отримувати метали і сплави з однорідним за розміром зерном діаметром 300-400 нм. З отриманого матеріалу методом теплового плющення можна випустити і листовий напівфабрикат з тим же розміром зерна. Розміри напівфабрикату обмежуються лише масою преса. Дослідники показали, що такий листовий напівфабрикат з титанового сплаву має на 15 – 25 % вище міцність і опір втомі, чим промисловий напівфабрикат з того ж сплаву (із зерном мікронного діаметру). Крім того, наноструктурований напівфабрикат придатний для зварки тиском і надпластичного формування при температурах на 250–300 °С нижчих, ніж звичайний. Це, крім іншого, значить, що при понижених температурах можна зварювати тиском і промислові зразки титанового сплаву – через наноструктурований прошарок.

Виявилось, що управляти експлуатаційними властивостями конструкційних матеріалів можна не тільки введенням легуючих компонентів, але і за допомогою деформації будь-якого характеру. При такій дії відбувається дроблення неметалічних включення. Традиційний відпал, відпуск є ні що інше, як нанотехнології в металургії. В результаті подібних дій вдається отримати сталі, у яких висока міцність поєднується з пластичністю, тобто саме ті властивості, які не вистачає в машинобудуванні. А нанотехнології дозволяють успішно отримувати такі матеріали. Наноструктурірувані стали міцнішими за звичайні в десятки разів.

У перспективі створені надміцні матеріали на основі нанотехнологій застосовуватимуться в підйомно-транспортному машинобудуванні для конструкцій кранів, що несуть: мостів, стріл і башт.

Застосування нанотехнології дифузного поверхневого легування при виготовленні швидкозношуваних деталей, таких як ходові колеса кранів допоможе підвищити їх твердість, корозійну стійкість, зносостійкість і довговічність, що є вельми актуальним, оскільки виготовлення ходових коліс достатньо дорого, а служать вони іноді при неправильному їх виготовленні всього декілька місяців.

Великі перспективи з використанням нанотехнологій відкриваються для канатів, так нитка діаметром 1 мм, що складається з нанотрубок, могла б витримати вантаж в 20 т, що в сотні мільярдів разів більше її власної маси (нанотрубки – молекули у вигляді трубки з діаметром біля Нм і довжини в декілька десятків мкм з великим числом атомів).

У 2003 р. на 2-ій Щорічній Конференції з підйомних пристроїв в космосі експерти серйозно обговорили деталі проекту ліфта для виведення вантажів на навколоземну орбіту на основі надміцного троса з циліндрових молекул вуглецю, створеного із застосуванням нанотехнологій. NASA планує побудувати «космічний ліфт» на основі троса, що складається з багатошарових нанотрубок завдовжки до 1 метра. Космічний ліфт – це трос завдовжки в декілька десятків тисяч кілометрів, що сполучає орбітальну космічну станцію з платформою, розміщеною на Землі. Запуск космічного ліфта намічений на 12 квітня 2018 р.

З використанням нанотехнології проводяться високоефективні антифрикційні покриття, які можуть застосовуватися і в підйомно-транспортному машинобудуванні. Використання такого покриття дозволяє збільшувати ресурс роботи вузлів і деталей в 2-3 рази за рахунок заміни планових ремонтів попереджувальною обробкою, знижує вібрації і шум, на 70-80% знижує токсичність вихлопу автомобіля без застосування яких-небудь інших мерів.

Розроблені титан-фулеренові покриття володіють важливими механічними, корозійними властивостями, поєднуючи в одному матеріалі високу міцність і високу пластичність. Поєднання названих властивостей дозволяє зробити вивід про перспективність застосування титан-фулеренових покриттів також і в кранобудуванні.

УДК 621.923

РАСЧЕТ РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

***Т.В. СЕМЕНИХИНА*[1*], *В.А. ФЕДОРОВИЧ*[2]**

[1]*магистрант кафедры «Интегрированные технологи машиностроения» им. М.Ф.Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*профессор кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email*: Semenihina_Tanya@ukr.net

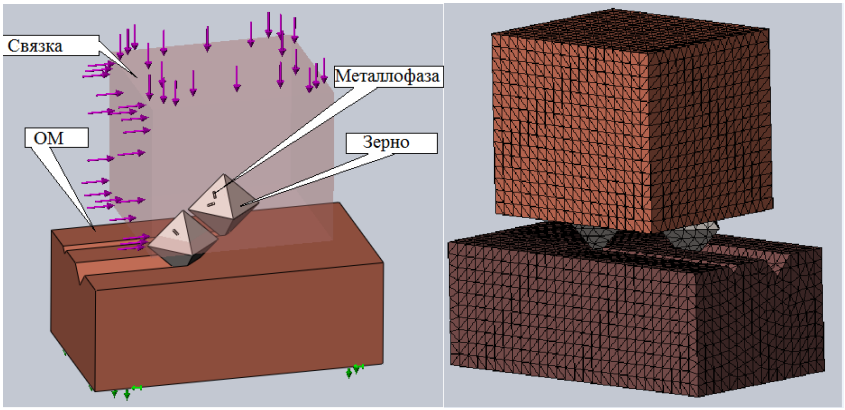
Наиболее эффективным способом определения рациональных условий процесса алмазного шлифования, в настоящий момент, является расчет параметров зоны обработки методом конечных элементов (МКЭ)[1].

Использование МКЭ в пакете программ COSMOSWorks позволяет определять 3D НДС исследуемого объекта, вызванное как отдельно силовыми и температурными факторами, так и их суммарным воздействием.

В ходе исследования была построена исходная 3D-модель «зерно – металлофаза – связка– обрабатываемый материал». Заготовка и фрагмент связки представлялись в виде пластин, а алмазное зерно с геометрией октаэдра.

Для всех элементов системы были определены физико-механические свойства как исходные данные для расчета. В модели была использована медная связка, никелевая металлофаза, заготовка из меди и твердого сплава и алмазное зерно марки АС100обладающее следующими прочностными характеристиками: $\sigma_{раст}$ = 2,18 ГПа; $\sigma_{сж}$ = 12,9 ГПа,E = $9\cdot10^{11}$ Па, КТР $\alpha = 3{,}7\cdot10^{-5}$1/К.

Следующим этапом моделирования является задание параметров нагружения модели.



а) б)

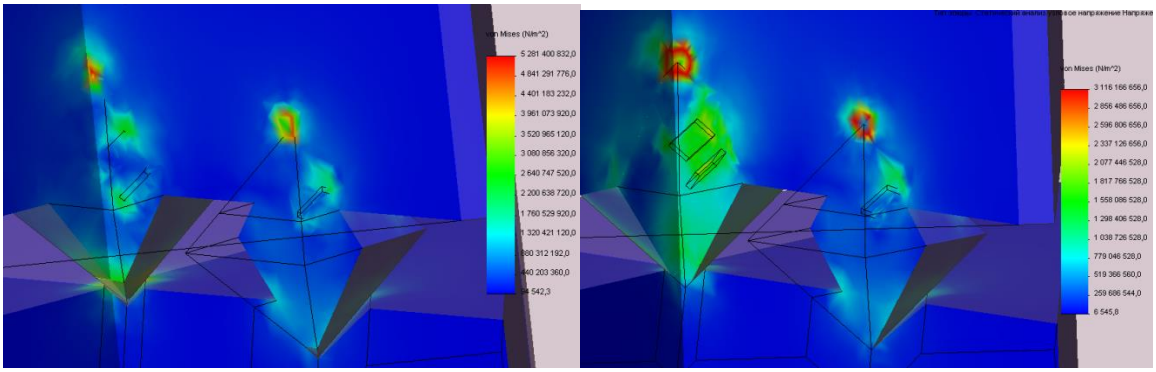
Рис. 1 – Задание параметров нагружения и создание сетки 3D модели

В ходе расчетного эксперимента, модель нагружалась нормальными силамиРу равными 5Н и тангенциальными силами Pzравными 7Н,

чтомоделировало движение алмазного шлифовального круга во время абразивной обработки с ограничением степеней свободы обрабатываемого материала представленного на рис. 1а.

Далее производилось генерирование сетки конечных элементов и ее сгущение в области контакта абразивного зерна с обрабатываемым материалом, а также в области включения металлофазы представленной на рис.1б.

С целью определения рациональных условий шлифования проводилось исследование влияния обрабатываемого материала на 3D НДС системы «СТМ–зерно–связка – обрабатываемый материал» в режиме самозатачивания и сверхскоростного шлифования. На рис. 2представленырезультаты расчета 3D НДС системы для различных обрабатываемых материалов.



а) медь $\sigma_{экв}$ = 2,19 ГПа б) твердый сплав $\sigma_{экв}$ = 3,51 ГПа

Рис. 2 – Результаты расчета 3D НДС в системе «зерно – металлофаза – связка– обрабатываемый материал» в зависимости от обрабатываемого материала: а) медь; б) твердый сплав

Проведенные расчеты показали, что при нагрузке в 5Н наименее напряженной является модель, в которой используется обрабатываемый материал медь, в этом случае напряжения не превышают 2,19 ГПа. Напротив, наиболее напряженной является модель с обрабатываемым материалом - твердый сплав здесь напряжения достигают 3,51 ГПа. Это объясняется тем, что модуль упругости меди $E=1{,}1\cdot10^{11}$ Па, а твердогосплава$E=2{,}03\cdot10^{11}$ Па. Коэффициент теплового расширения меди КТР $\alpha=2{,}4\cdot10^{-5}$ 1/К, а твердого сплава $\alpha=1{,}1\cdot10^{-5}$ 1/К.

Аналогичные расчеты, проведенные для различных связок, различных марок зерен (материал и процентное содержание металлофазы), различной концентрации и зернистости алмазных зерен, а также различных условий нагружения модели (режимы шлифования). Что позволяет сделать обоснованный выбор технологических характеристик круга и режимов шлифования для конкретных условий эксплуатации инструмента.

Список литературы:

1. Федорович В.А. Разработка научных основ и способов практической реализации управления приспосабливаемостью при алмазном шлифовании сверхтвердых материалов: дис.…д-ра техн. наук: 05.03.01 / Федорович Владимир Алексеевич. – Харьков: - 2002. – 466с.

УДК 621.833

ОБРАБОТКА ВЫСОКОТОЧНЫХ СРЕДНЕМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗУБОШЛИФОВАНИЯ

***СИНИЦА Ю.А.*[1], *КЛОЧКО А.А.*[2], *БАСОВА Е.В.*[3*]**

[1] *магистрант кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *профессор кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки», докт. техн. наук, «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[3] *доцент кафедри ««Технология машиностроения и металлорежущие станки», канд. техн. наук, «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

**email: e.v.basova@list.ru*

В настоящее время актуальной является задача снижения уровня шумов зубчатых передач в связи с ужесточением и нормированием требований к уровню шумов автотракторной техники. Требуемая точность зубчатых колес регламентировалась отраслевыми стандартами, которые, с одной стороны, обеспечивали требуемую долговечность, с другой – позволяли изготавливать зубчатые колеса на отечественном оборудовании с использованием отечественных инструментов. Целью данной работы является проверка возможности изготовления среднемодульных зубчатых колес исключая малопроизводительный абразивный вид обработки по схеме «зубофрезерование на станке с ЧПУ – термообработка–лезвийная зубообработка».

Актуальность данной проблемы заключается в том, что ранее финишная лезвийная обработка не представлялась возможной из-за жёсткой системы элементов кинематической цепи станков, а именно, скорость поворота стола не могла превышать 1 м/сбез повреждений механизма поворота стола. Решением данной проблемы стало появление зубофрезерных станков с ЧПУ, в которых каждый рабочий орган оснащен независимым приводом и синхронизирован с помощью системы ЧПУ. В ходе исследования была изготовлена экспериментальная партия зубчатых колес назубофрезерном станке OFA75CNC с использованием червячных фрез оснащенными пластинками из твёрдого сплава. Контроль зубчатых колес был произведён на измерительной машине «GearSpectDO-3 PC».

Полученные результаты подтвердили возможность использования зубофрезерного станка с ЧПУ для изготовления среднемодульных зубчатых колес 7-й степени точности диаметром до 500мм по ГОСТ1643-81 с уровнем шума не превышающего, достигаемый при использовании абразивной обработки. Для обеспечения 6-7-7 степени точности по ГОСТ 1643-81 без зубошлифования для среднемодульных зубчатых колес рекомендуется использовать чистовые червячные фрезы класса точности А, АА, ААА.

Список літератури:

1. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач / *В.Е. Антонюк* [и др.]. – СПб.: Профессия, 2007. – 832 с.;

2. *Антонюк В.Е.* Тенденции современного производства зубчатых колес / *В.Е. Антонюк* // Инженерный журнал. Справочник. Приложение № 12. – 2004. – С. 2 – 15.

УДК 621.86

ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОПРИВОДУ НА КРАНОВИХ МЕХАНІЗМАХ

***Є.Б. СОЛОВЙОВ*[1*], *Н.О. ПЕТРЕНКО*[2]**

[1]*магістрант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2]*професор кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», канд. техн. наук НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: petrenko_nadezhda_53@mail.ru*

Однією з основних цілей застосування гідродинамічного приводу у вантажопідйомних, будівельних і дорожніх машинах є очікуване зниження динамічного навантаження елементів трансмісії і металоконструкції. Асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором, оснащений гідромуфтою, здатний працювати в складних умовах шахт і забезпечувати плавний пуск і захист від перевантажень конвеєрів. Ці ж приводи знайшли застосування відносно недавно в закордонних баштових кранах, хоча вітчизняні вчені (Г.І. Проскура, Д.Н. Тамарін, В.Ф. Гайдамака, П.Г. Лосєв, Б.І. Жермунський) експериментально доводили таку можливість 80 років тому.

Прагнення до безступінчастого регулювання швидкості, спрощення конструкції трансмісій, підвищення керованості, призвело до необхідності обладнання підйомно-транспортної, будівельної, дорожньої техніки, що виробляється серійно, гідрооб'ємними передачами, а сільськогосподарської техніки – гідрооб'ємно-механічною трансмісією (ГОМТ).

Більшість сучасних підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх і меліоративних машин (бульдозери і розпушувачі, фронтальні навантажувачі і лісонавантажувачі, скрепери, автогрейдери, одноківшеві універсальні і багатоківшеві екскаватори, самохідні стрілові крани, дорожні катки, бетоноукладальники, асфальтоукладальники та інші) мають гідравлічний привод робочих органів.

Видається доцільним провести порівняння гідростатичного й електромеханічного (якій найбільш поширений у вітчизняному кранобудуванні у кранів мостового типу та баштових) приводів за енергетичними витратами за цикл. В усталеному режимі при роботі на номінальній швидкості ККД гідростатичного привода менше, ніж ККД електромеханічного привода за рахунок додаткових втрат у насосі й гідромоторі. Однак, крани є машинами, які більшу частину часу працюють в пуско-гальмівних режимах і незначний час – в усталеному режимі. У перехідних режимах ККД гідростатичного привода більше, ніж електромеханічного. У зв'язку із цією обставою у загальному за цикл витрата енергії на здійснення однакової роботи при однакових тахограмах у гідростатичному приводі виходить меншою, ніж в електромеханічному.

УДК 621.86

МЕТОДИ ЗМЕНШЕННЯ ПЕРЕКОСІВ ХОДОВИХ КОЛІС В КРАНАХ МОСТОВОГО ТИПУ

***П.Ю. СУХЕНКО*[1*], *В.В. ОФІЙ*[2]**

[1]*магістрант кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання» НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2]*доцент кафедри «Підйомно-транспортні машини і обладнання», канд. техн. наук НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: ovv1507@mail.ru*

Перекосом крана можна назвати забігання однієї з його опор. Перекіс супроводжується деформацією конструкції і її поворотом у плані.

Перекіс має складну природу, виникає як результат зв'язаних між собою процесів і впливає на перерозподіл навантажень, що діють на конструкцію й механізми крана.

Проблема перекосів кранів нараховує близько 150 років - з моменту появи перших кранів і актуальна на сьогоднішній день. Перекіс сприяє зносу ходових коліс і підкранових колій; додатковому опору руху; навантаженню на елементи металоконструкції та механізм пересування, а також на підкранові спорудження.

Перекіс порушує нормальну експлуатацію крана й часто приводить до небажаних наслідків.

На сьогоднішній день існує кілька моделей перекосу кранів різного типу (мостових великої та малої вантажопідйомності, козлових кранів та мостових перевантажувачів). Теорії для різних типів кранів відрізняються одна від одної.

Через великі передані вертикальні і горизонтальні навантаження і невеликі діаметри, ходові колеса рейкових ходових механізмів підйомно-транспортних машин мають ущільнену форму із широкою поверхнею кочення, з масивним ободом, товстим і цільним або складальним з двох частин диском і потужною маточиною. Широкі ребра жорсткості в ходових колесах служать бічною опорою ободів великих діаметрів і запобігають пластичній деформації через діючих на них ексцентрично, стосовно площини диска, нормальних сил.

Конструкції кранових ходових коліс розрізняються по наступних ознаках:

- виготовлені з литих, катаних або ж кованих заготівель;
- виконані з ребордою або без реборди;
- мають циліндричну або конічну ходову поверхню кочення;
- оснащені напресованим бандажем;
- виконані для опори на підшипниках ковзання або кочення.

УДК 621.923

СТАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЗЕРЕН АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

***М.С. ТАРАСЕНКО*[1*], *В.Л. ДОБРОСКОК*[2]**

[1]*магистрант кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*профессор кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email*: *marina-7636@yandex.ru*

Моделирование алмазно-абразивных инструментов является определяющим этапом при разработке теоретических основ процесса шлифования. Теоретические работы в этой области, как правило, направлены на создание модельных представлений о шлифовальном круге как объекте и получение на их основе аналитических зависимостей, связывающих исходные параметры с характеристиками расположения элементов зерен на его рабочей поверхности.

Сложность получения реалистической модели рабочей поверхности абразивного инструмента связана со стохастической природой исходного объекта. Среди всех режущих инструментов абразивные являются единственными, у которых регламентируются не геометрические параметры режущих элементов, а зерновой состав исходной навески зерен. Это затрудняет исследование рельефа инструмента, требует применения методов математической статистики при моделировании и описании результатов экспериментальных исследований.

Можно выделить четыре основных элемента [1], на базе которых строятся статические модели рабочей поверхности алмазно-абразивного инструмента:

– форма и закон распределения размеров зерен;

– закон распределения центров зерен в абразивном пространстве;

– форма и размеры алмазосодержащего слоя;

– поверхность связки, определенным образом расположенная в абразивном пространстве.

При теоретических расчетах и моделировании сложная геометрическая форма реальных алмазных и абразивных зерен заменяется упрощенным эквивалентом на базе трехосного эллипсоида: шаром или эллипсоидом вращения с постоянным соотношением осей.

Порошки из синтетических алмазов и других сверхтвердых материалов представляют собой совокупность зерен различной величины и формы: монокристаллы, осколки, сростки и поликристаллы. При производстве и контроле порошок подразделяют на фракции. Получить алмазный порошок, состоящий только из зерен одного размера, не представляется возможным, поэтому, кроме основной фракции, в составе порошков содержатся побочные

фракции, которые крупнее или мельче основной.

Одной из центральных задач теории шлифования инструментами из сверхтвердых материалов является определение законов распределения параметров, характеризующих размеры и форму зерен. Сложность ее решения заключается в несоответствии контролируемых (содержание фракций по массе) и определяемых (закон распределения) параметров. Общего аналитического решения такой задачи в настоящее время не существует, поэтому имеет смысл рассмотреть некоторые пути ее решения методом статистического моделирования.

В основу рассматриваемой системы статистического моделирования положены научные разработки кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко НТУ «Харьковский политехнический институт».

При создании экземпляра модели навески зерен принята следующая структура подсистемы:

– формирование навески зерен (модельная форма зерен, статистический закон распределения размеров зерен, коэффициент заполнения модели зерен, формирование базы данных навески зерен);

– имитационный контроль зернового состава навески, осуществляемый методом рассеивания для шлифпорошков и методом проекций для микропорошков; комплексный контроль для всего диапазона зернистостей шлифпорошков и микропорошков методами рассеивания и проекций (база данных навески зерен, определение процентного содержание фракций и коэффициента формы зерен).

Статистическая параметризация обеспечивается модификацией параметров масштабируемых законов распределения с приведением их к трем: характеристическому размеру абразивных зерен a_0, коэффициенту смещения математического ожидания относительно характеристического размера k_{m} и коэффициенту вариации k_{v}. Модификация параметров позволяет сформулировать понятие статистического подобия и определить условия его выполнения.

В результате модельных исследований выявлено, что определяющее влияние на модифицированные параметры распределения размеров алмазно-абразивных зерен оказывает величина знаменателя геометрического ряда зернистостей (для шлифпорошков — отношение размеров ячеек в свету верхнего сита к нижнему, микро- и субмикропорошков — отношение максимальной полсуммы размеров проекции зерен к минимальной). Из требований на содержание фракций в наибольшей степени определяющими являются основная и крупная фракции.

Список литературы:

1. *Грабченко, А. И.* 3D моделирование алмазно-абразивных инструментов и процессов шлифования: Учебн. пособие/ *А. И. Грабченко, В.Л. Доброскок, В. А. Федорович* // Харьков: НТУ «ХПИ». – 2006. – 364 с.

УДК 621.91

ТИПИЗАЦИЯ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ И ЛЕЗВИЙНАЯ ОБРАБОТКА НЕЖЁСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

А.Ю.ТОДАВЧИЧ [1*], Е.В.БАСОВА [2], С.С. ДОБРОТВОРСКИЙ [3]

[1] специалист кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки» НТУ «ХПИ», Харьков, Украина

[2] доцент кафедри ««Технология машиностроения и металлорежущие станки», канд. техн. наук, «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[3] професор кафедри «Технология машиностроения и металлорежущие станки, канд. техн.наук, НТУ «ХПІ», Харькьков, УКРАИНА

** email: aleksandratodavcici@gmail.com*

Детали с переменной жесткостью – сложные технологические объекты, изготовить которые в соответствии с необходимыми требованиями может быть очень сложно. Целью работы стало выполнение анализа таких деталей и проведение их типизации, что позволит выработать технологические рекомендации относительно лезвийных методов обработки в процессе производства. Новые технологии с применением CAD/CAM/CAE-систем позволяют обработать детали на прогрессивном оборудовании, например, на обрабатывающих центрах. Это позволяет максимально сократить переходы в пределах одной операции на одном станке за один установ. Современные технологические решения разрабатываются в виде различного рода адаптивных систем, где методология управление точностью применима без использования специальных приспособлений и оборудования. Типизация деталей позволяет один технологический процесс для конкретной детали, что дает предпосылки для сокращения затрат на их изготовление.

Обработка нежёстких деталей, классифицируемых по по типам, классам и группам, а также по перспективам применения технологии лезвийной обработки, связана со значительными трудностями, обусловленными деформациями обрабатываемых тел под действием усилия резания; возникновением вибраций и т.д. Таким образом, сложности в механической обработке нежестких деталей и являются ключевым фактором в поиске новых технологических решений усовершенствования их изготовления. Опираясь на результаты исследований, мы установили, что частично исключить возникшие вибрации (которые являются нежелательными на конечных чистовых операциях) возможно при правильном назначении режимов лезвийной обработки. Как вариант решения этой проблемы предполагаем возможность изготавливать детали с минимальным припуском с учетом разработанных типовых технологических процессов на базе проведенной типизации нежёстких деталей. Предположительно, результат исследований позволит в перспективе облегчить переналадку оборудования и исключить брак на производстве.

УДК 621.787.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛИ ПОСЛЕ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

А.В. УДОВИЧЕНКО [1*], ***Н.В. РЯЗАНОВА-ХИТРОВСКАЯ*** [2], ***Л.И. ПУПАНЬ*** [3], ***И.Н. ПЫЖОВ*** [4]

[1]*магистрант кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *преподаватель-стажер кафедры «Сварки», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[3]*доцент кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[4]*профессор кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, док. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

**email: udovichenko_1994@list.ru*

При механической обработке в поверхностных слоях (ПС) деталей, которые подвергаются пластической деформации, возникают остаточные напряжения (ОН), которые оказывают существенное влияние на эксплуатационные свойства обработанной поверхности [1]. Известно, что нагрев ПС в процессе обработки (действие температурного фактора) способствует возникновению растягивающих ОН. Отметим, что при алмазном выглаживании ПС обрабатываемой детали испытывает интенсивную пластическую деформацию, нагрев же его относительно невелик. Известно, что при алмазном выглаживании сталей происходит распад остаточного аустенита в ПС и переход его в мартенсит. Все это должно обусловливать появление в ПС сжимающих ОН, которые, как известно, во многих случаях считаются полезными напряжениями.

Целью данного исследования является подготовка необходимых данных для определения характера и величины ОН в поверхностном слое детали после алмазного выглаживания стальных деталей.

Для достижения поставленной цели воспользуемся данными работ [1] и [2]. Во многих случаях при определении ОН детали машин (или их отдельные части) могут рассматриваться как полые или сплошные цилиндры (валы, роторы, прокатные валики и т.п.) [2]. Основная особенность цилиндрических деталей состоит в том, что в них могут существовать осевые ОН (кроме окружных и радиальных ОН, см. рисунок 1).

В пределах упругих деформаций будем иметь следующие уравнения упругости [2]:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E}[\sigma_r - \mu(\sigma_\theta + \sigma_z)] + \varepsilon_{0r};$$

$$\varepsilon_\theta = \frac{1}{E}[\sigma_\theta - \mu(\sigma_r + \sigma_z)] + \varepsilon_{0\theta};$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}[\sigma_z - \mu(\sigma_r + \sigma_\theta)] + \varepsilon_{0z},$$

где $_r$, и $_z$ – радиальные, окружные и осевые ОН, соответственно;

$_{0r}$, $_0$ и $_{0z}$ – радиальные, окружные и осевые первоначальные остаточные деформации, соответственно; E – модуль упругости материала;

μ - коэффициент Пуассона.

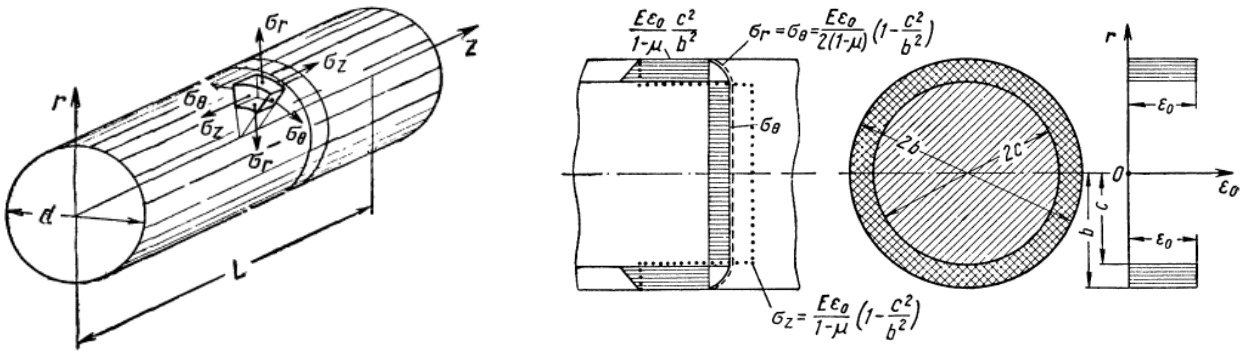


Рис. 1 – Схема распределения остаточных напряжений в сплошном цилиндре при объемной деформации в поверхностном слое [2]

После необходимых преобразований нами были получены формулы для определения ОН в ПС детали после алмазного выглаживания:

$$\sigma_r = \frac{E\varepsilon_0 c^2}{2(1-\mu)}\left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{b^2}\right);$$

$$\sigma_\theta = -\frac{E\varepsilon_0 c^2}{2(1-\mu)}\left(\frac{1}{r^2} + \frac{1}{b^2}\right);$$

$$\sigma_z = -\frac{E\varepsilon_0}{1-\mu}\frac{c^2}{b^2}.$$

В дальнейшем, базируясь на полученных уравнениях, планируется определить зависимость ОН в ПС после алмазного выглаживания от режимов обработки и материала детали. Для этого можно будет воспользоваться данными, полученными нами ранее в работе [3] и которые отражают зависимость эквивалентных напряжений в точке контакта алмазного выглаживателя и детали.

Список литературы:

1. *Торбило В. М.* Алмазное выглаживание / В. М. Торбило. – М.: Машиностроение, 1972. – 105 с.

2. *Биргер И. А.* Остаточные напряжения / И. А. Биргер. – М.: Машгиз, 1963. – 232 с.

3. *Рязанова - Хитровская Н. В.* Исследование напряженно-деформированного состояния зоны обработки при алмазном выглаживании / Н. В. Рязанова – Хитровская И. Н. Пыжов // Резание и инструмент в технологических системах – Харьков: НТУ «ХПИ», 2016.- с. 151-159.

УДК 621.7

ПОИСК ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ СЕЛЕКТИВНЫМ ЛАЗЕРНЫМ СПЕКАНИЕМ

***Я.А. УДОВИЧЕНКО*[1*], *В.Л. ДОБРОСКОК*[2]**

[1] *магистрант кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *профессор кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, докт. техн. наук., профессор, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

** email: yana.udovichenko.2015@mail.ru*

Аддитивные технологии обеспечивают переход от исходной CAD-модели к изделию. Использование аддитивных технологий позволяет преодолеть ограничения вызванные сложностью формы изделия, существенно сократить время изготовления по сравнению с обработкой резанием. Широкое распространение получила технология селективного лазерного спекания (SLS). Преимуществом этой технологии является высокая скорость построения (по сравнению с аналогами), возможность изготовления функциональных изделий и широкая номенклатура используемых материалов. Формообразование методом SLS осуществляется путем избирательного спекания частиц порошка тепловой энергией лазерного луча.

Процесс изготовления должен обеспечивать заданное качество изделий. Наиболее важным направлением повышения размерной точности изделий является определение и последующая компенсация наиболее значимых погрешностей возникающих при изготовлении изделий методом SLS. При изготовлении изделий на установках селективного лазерного спекания (SLS) возникает неравномерная усадка. Для снижения эффекта усадки при построении осуществляется ее компенсация путем выполнения технологической трансформации (масштабирования) исходных STL-моделей. Неравномерность усадки усложняет определение коэффициентов функций компенсации усадки и приводит к возникновению погрешностей настройки компенсации усадки. Помимо погрешностей настройки компенсации усадки на результирующую погрешность формообразования изделий SLS влияют другие первичные погрешности, зависящие от состояния исходного порошкового материала и условий технологической подготовки.

Для определения путей повышения точности формообразования SLS необходимо проведение исследования механизмов формирования первичных и результирующих погрешностей. Первичные погрешности являются составляющими результирующей погрешности. Это создает необходимость определения их статистических характеристик и законов распределения. Основные этапы формирования результирующей погрешности представлены на схеме (рис. 1), где показано изменение размеров в результате влияния

первичных погрешностей. При переходах между технологическими этапами возникают погрешности, приводящие к отклонению размеров, заданных исходной CAD-моделью.

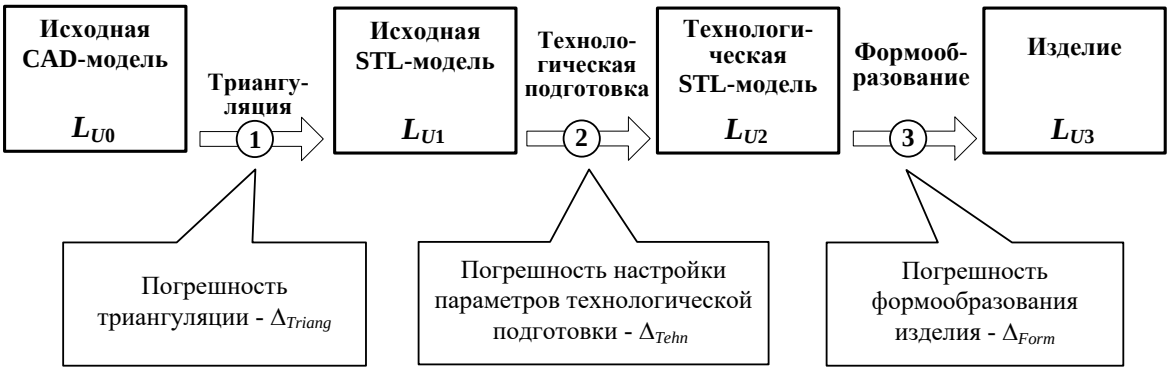


Рис. 1 – Схема формирования результирующей погрешности формообразования

В процессе исследований предложено разделить первичные погрешности формообразования на три группы: погрешности перехода от CAD-модели к триангуляционной Δ_{Triang}, погрешности настройки технологических параметров Δ_{Tehn} и погрешности формообразования Δ_{Form}. Результатом совместного влияния первичных погрешностей, возникающих на этапах перехода от CAD-модели к изделию, является результирующая погрешность Δ_{Rez}.

Для исследования механизмов формирования результирующей погрешности формообразования разработана вероятностная модель, которая учитывает технологические и физические особенностей изготовления изделий методом SLS. Разработанная модель позволила провести анализ первичных погрешностей формообразования и выявить наиболее значимые (рис. 2).

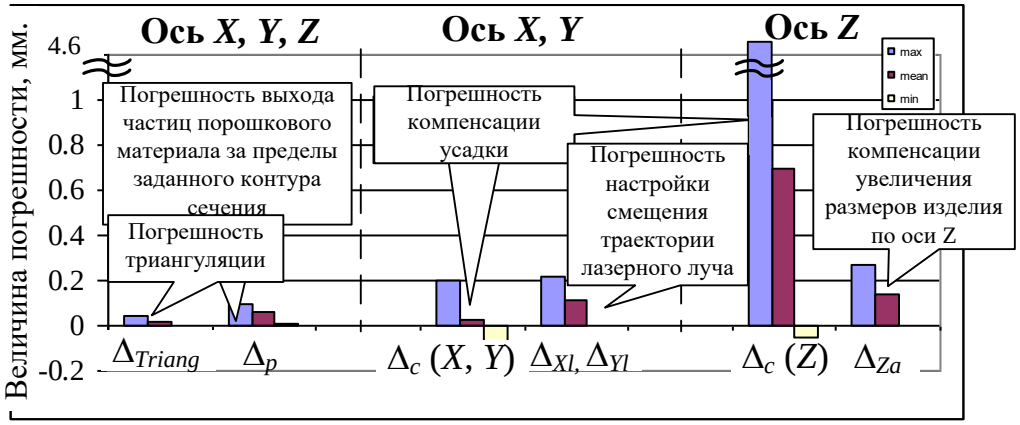


Рис. 2 – Первичные погрешности формообразования изделий

Анализ первичных погрешностей формообразования показал, что наиболее эффективным способом повышения точности формообразования является уменьшение наиболее значимой погрешности компенсации усадки Δ_c. Систематическая коррекция коэффициентов функций компенсации усадки по результатам мониторинга точности размеров изделий может быть эффективным подходом для повышения результирующей точности.

УДК 621.9.06

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АГРЕГАТНЫМ СТАНКОМ-ПОЛУАВТОМАТОМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ “ВАЛ”

Д.А. ФЕДОТОВ[1*], Ф.М. ЕВСЮКОВА[2]

[1]магистрант кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки», НТУ «ХПИ», Харьков, Украина

[2]старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки», НТУ «ХПИ», Харьков, Украина

[*] email: e.v.basova@list.ru

Агрегатные станки прочно вошли в обязательную номенклатуру станочного парка. В этом немалую роль сыграло то обстоятельство, что наряду с количественным ростом этих станков совершенствуется их конструкция, расширяются технологические возможности, которые стали довольно обширными. Станки предназначены для обработки сложных и ответственных деталей в условиях серийного и массового производства. Благодаря неподвижности детали и сообщению главного движения и движения подачи инструментом достигается наибольшая концентрация операции: можно производить обработку деталей одновременно с нескольких сторон многими режущими инструментами при автоматическом управлении рабочим циклом.

Актуальность данной работы заключается в том, что оборудование данного типа обеспечивает высокую производительность, обусловленную многоинструментальной обработкой заготовок одновременно с нескольких сторон; годовой эффект от использования агрегатных станков значительно выше по сравнению с универсальными станками; простота изготовления благодаря унификации механизмов и деталей; возможность обслуживания станков операторами низкой квалификации. При выполнении был разработан технологический процесс изготовления детали “Вал”, рассчитаны режимы резания и скорректированы по требуемой производительности проектируемого оборудования. Расчеты производились с помощью специального программного обеспечения с использованием ЭВМ. На основании полученных расчетных данных была спроектирована система управления агрегатным станком-автоматом и произведен расчёт основных параметров пневмооборудования, гидрооборудования и электрооборудования. После проектирования системы управления была рассчитана себестоимость детали и экономический эффект.

Список літератури:

1. Агрегатные станки средних и малых размеров / *Ю.В. Тимофеев, В.Д. Хицан, М.С. Васерман, В.В. Громов* / Под ред. Ю.В. Тимофеева. - М.: Машиностроение, 1985. - 248 с.

2. *Матвеев В.Н., Остапенко В.Ф. и Рау Б.Б.* Агрегатные станки. М.-Л.: Машиностроение, 1965. - 236 с., ил.

3. *Цымбал И.Л., Соколов В.Н., Кожухарь А.А.* Проектирование и расчет узлов агрегатных станков. К.: Техника, 1980. - 190 с.

УДК 621.86

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ КРАНІВ, ЩО ВІДПРАЦЮВАЛИ НОРМАТИВНИЙ ТЕРМІН СЛУЖБИ

***М.Є ХАБЕНКО*[1*], *Н.О. ПЕТРЕНКО*[2]**

[1]*магістрант кафедри „Підйомно-транспортні машини і обладнання", НТУ „ХПІ", Харків, УКРАЇНА*

[2]*Проф. кафедри „Підйомно-транспортні машини і обладнання", канд. техн. наук НТУ „ХПІ", Харків, Україна*

[*]*email: petrenko_nadezhda_53@mail.ru*

У наш час до 80% мостових кранів відробили свій нормативний вік роботи. З допомогою методу неруйнівного контролю (НК) можливо визначити реальний стан металу і спрогнозувати ресурс металоконструкції. НК – випробування об'єкта контролю з використанням фізичних методів контролю, що не зачіпають властивостей об'єкта й використання його по призначенню.

Для оцінки залишкового ресурсу використовується фальш-елемент, який встановлюється на одному з несучих елементів металоконструкції, або тензометричний датчик утомності, підключений до сигналізуючої апаратури. Руйнування фальш-елемента або сигнал від датчика утомності інформує експлуатаційників про зупинку роботи і проведення наступного обстеження з метою оцінки залишкового ресурсу на другому етапі діагностування.

Розрахунок на опір утомі виконується для конкретного місця конструкції, потенційно найбільш небезпечного з погляду виникнення утомного руйнування. Це місце називають розрахунковою зоною. Розрахунковими зонами слід уважати такі місця конструкції, в яких поєднуються достатньо великий розмах номінальних напружень від зовнішнього навантаження та істотна концентрація напружень від зварних або болтових з'єднань, галтельних переходів, вирізів тощо.

У більшості випадків розрахункова зона являє собою зварний вузол, розташований в області дії високих (як правило, розтяжних) напружень. Зони можна розділити на дві групи.

До першої групи входять розрахункові зони розташовані в основних перерізах конструкції, в області найбільших розтяжних напружень. Друга група об'єднує розрахункові зони, що являють собою зварні вузли, для яких рівень діючих напружень і/або число циклів навантаження не пропорційні вазі вантажу та числу циклів роботи крана. Це можуть бути: вузли, які сприймають місцеві навантаження від ходових коліс або роликів; вузли статично невизначених конструкцій, завантаженість яких в основному зумовлена перекосом, похибками кранових колій або установки коліс; вузли кріплення кронштейнів, які підтримують галереї або механізми пересування мостових кранів тощо.

УДК 621.923

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ АЛМАЗНО - АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

***А.Е. ХЛЁСТКИН*[1*]*,В.А. ФЕДОРОВИЧ*[2]**

[1]*магистрант кафедры«Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

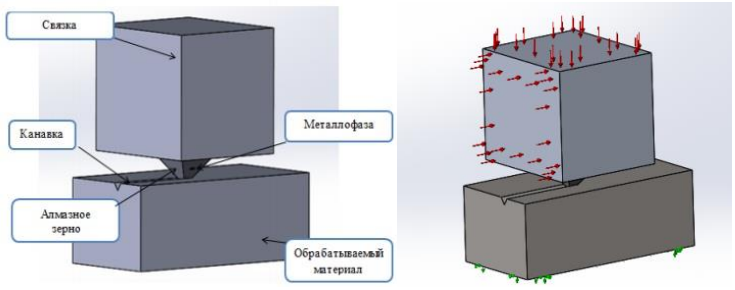
[2]*профессор кафедры«Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email*: *bloodday23@gmail.com*

Для изучения процесса вибрационного шлифования, необходимо определить влияние ультразвуковых колебаний, накладываемых на шлифовальный круг при абразивной обработке материалов, на НДС системы «связка - зерно - ОМ». С этой целью был использован программный пакет CosmosWorks, позволяющий проводить трехмерное статическое моделированиеметодом конечных элементов.

На первом этапе, была построена исходная 3D-модель системы «связка – алмазное зерно – металлофаза – обрабатываемый материал» (рис.1а).

Фрагменты связки и обрабатываемого материала представлены в виде призматических пластин с размерами соответственно 0,4х0,4х0,4 мм и 0,4х0,4х0,2 мм.. Наиболее распространенной формой кристаллитов (монокристаллов) алмаза считается октаэдр. Поэтому зерна алмаза моделировались в форме октаэдра размером 100х70 мкм. Металлофаза моделировалась в виде небольшой пластины размером 5 мкм.



а) б)

Рис.1 – Исходная 3D-модель системы «связка – алмазное зерно – металлофазы – обрабатываемый материал» (а) ипараметры нагружения 3D модели (б)

Всем элементам системы были заданы материалы: связка – на основе меди, обрабатываемый материал – сверхтвердый материал (СТМ), металлофаза – никель. В качестве материала зерна выбран алмаз марки АС100 (160/125), обладающий следующими прочностными характеристиками: $\sigma_{раст}$ = 2,18 ГПа; $\sigma_{сж}$ = 12,9 ГПа.

В ходе расчетного эксперимента, модель нагружалась распределенной нагрузкой приложенной к верхней грани связки, что моделировало усилие

прижима алмазного шлифовального круга (рис. 1б) во время абразивной обработки. Также равномерная нагрузка прикладывалась к боковой грани связки, моделируя подачу (рис. 1б).

Для моделирования вибрационного шлифования усилие прижима алмазного шлифовального круга варьировали во времени, для этого усилие прижима задается как гармоническая нагрузка, график которой создается заранее в виде синусоиды (рис. 2) с частотой 10 ÷ 50 кГц и амплитудой равной приложенной нагрузке.

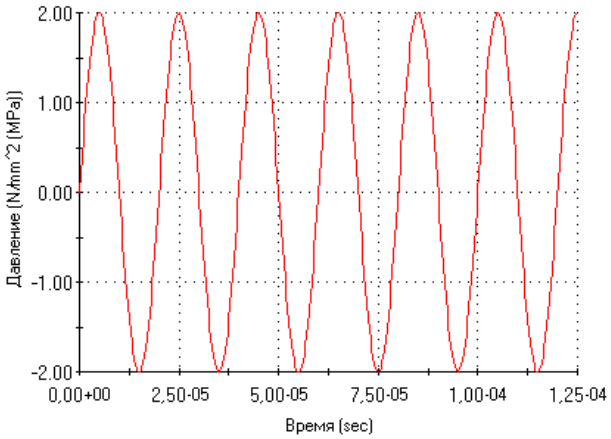
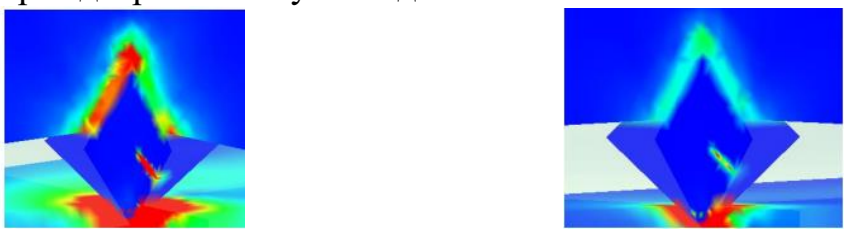


Рис. 2 – График гармонической нагрузки (частота 50 кГц амплитуда 2 МПа)

Проведенные расчеты (рис. 3) показали, что при наложении ультразвуковых колебаний напряжения, возникающие в контакте «зерно-связка» равномерно распределяются вдоль всего зерна (Рис.3 б), что улучшает его удержание в связке. При моделировании шлифования без вибрационных колебаний, максимальная нагрузка концентрируется на определенной грани алмазного зерна (Рис. 3 а). Это может послужить разрушению связи зерна со связкой и его преждевременному выпадению.



а – без ультразвука б – с ультразвуком

Рис.3 – Распределение эквивалентных напряжений в контакте «зерно – связка-обрабатываемый материал» при изменении метода шлифования

Анализ полученных зависимостей позволил установить, что максимальный уровень напряжений, возникающих в системе «связка – алмазное зерно – металлофаза – обрабатываемый материал» наблюдается для значений модуля упругости связки, соответствующему верхнему уровню фактора.

Список літератури:

1. *Федорович В.А.* Разработка научных основ и способов практической реализации управления приспосабливаемостью при алмазном шлифовании сверхтвердых материалов: дис.…д-ра техн. наук: 05.03.01 / Федорович Владимир Алексеевич. – Харьков: - 2002. – 466с.

УДК 621.9.06

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АГРЕГАТНОГО СТАНКА-АВТОМАТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ "НИППЕЛЬ"

***Н.Ю. ШЕПТУХИН*[1*], *Ф.М. ЕВСЮКОВА*[2]**

[1]*магистрант кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки», НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*

[2]*старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения и металлорежущие станки», НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*

[*] *email: e.v.basova@list.ru*

Агрегатные станки являются одним из наиболее прогрессивных видов современного специального металлорежущего оборудования, ориентированного на серийный и массовый тип производства. Основным их достоинством является сравнительно низкая трудоемкость и длительность их проектирования и изготовления, сравнительно невысокая квалификация операторов, работающих на этих станках, при достаточно высоких качественных показателях.

Актуальность агрегатного станка заключается в том, что разработав систему управления для него, мы сможем производить продукцию в массовом и серийном производстве с максимальной производительностью.

Целью работы было проектирование системы управления агрегатным станком - автоматом для обработки детали "Ниппель".

Для достижения поставленной цели в работе было выполнено: разработка технологического процесса обработки детали; рассчитаны режимы резания как вручную, так и с использованием вспомогательной программы «REGIM» с применением ЭВМ; построена циклограмма работы станка и скорректированы режимы резания по требуемой производительности; была спроектирована система управления агрегатным станком-автоматом, а именно разработка электропривода, гидропривода и пневмопривода; произведен расчёт основных параметров пневмооборудования, гидрооборудования и электрооборудования; рассмотрено назначение и область применения агрегатных станков; описаны вспомогательные системы станка; после проектирования системы управления была рассчитана себестоимость детали и экономический эффект от внедрения; освещены вопросы охраны труда и окружающей среды. Результаты работы позволили получить систему управления станком-автоматом.

Литература:

1. Агрегатные станки средних и малых размеров / *Ю.В. Тимофеев, В.Д. Хицан, М.С. Васерман, В.В. Громов* / Под общ. ред. Ю.В. Тимофеева. - М.: Машиностроение, 1985. - 248 с.

2. *Вороничев Н.М., Тартаковский Ж.Э., Генин В.Б.* Автоматические линии из агрегатных станков. - М.: Машиностроение, 1979. – 487 с.

СЕКЦІЯ 4. НАУКОВІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.434.1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВТРАТ В ДВИГУНІ АВТОМОБІЛЯ ВАЗ-21081

***Д.С. АЛЬОХІН*[1*], *О.О. ОСЕТРОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри двигунів внутрішнього згоряння, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: alyokhindima@gmail.com*

Механічні втрати є важливою складовою енергетичного балансу двигуна внутрішнього згоряння. Вони складають 7–11% внесеної з паливом енергії. До механічних втрат відносять втрати на подолання сил тертя в рухливих сполученнях (70-80% від сумарних механічних втрат, які оцінюють середнім тиском механічних втрат $P_м$), на привід допоміжних агрегатів (6-17% від $P_м$), на подолання аеродинамічного опору повітря переміщенню деталей (0,5-1,5% від $P_м$), на здійснення в чотиритактному двигуні процесів газообміну – так звані насосні втрати (14-19% від $P_м$). Таким чином, дослідженню механічних втрат двигунів приділяється значної уваги [1-4].

В роботі виконано експериментальне дослідження сумарних механічних втрат в автомобільному двигуні ВАЗ-21081. Двигун обладнано системою впорскування бензину до впускного колектора двигуна. На двигун встановлено комплекс датчиків, за сигналами яких електронний блок керування визначає момент початку і тривалість керуючого імпульсу, що подається на електромагніти паливних форсунок.

За методом відключення циліндрів дослідження проводилися на режимах швидкісної характеристики з частотою обертання колінчастого валу від 2800 до 3600 хв$^{-1}$. Після стабілізації параметрів режиму роботи двигуна проводили вимірювання навантаження і частоти обертання колінчастого валу, за якими визначали потужність двигуна. Далі на робочому двигуні вимикали подачу палива до першого циліндра і проводили відповідні вимірювання, після чого включали подачу палива. Ці дії повторювали для другого, третього і четвертого циліндрів двигуна.

Для прокручування двигуна від стороннього джерела енергії використовувався електродвигун постійного струму. Дослідний двигун попередньо прогрівали до досягнення сталого температурного режиму. Потім вимикали подачу палива, включали електродвигун, доводили частоту обертання до заданої, після чого проводили вимірювання навантаження та частоти обертання ротора електродвигуна. Дослідження проводили при різних частотах обертання колінчастого валу двигуна від 1500 хв$^{-1}$ до 2700 хв$^{-1}$.

Подальше збільшення частоти обертання колінчастого вала обмежувалося максимально припустимою частотою обертання вала електродвигуна.

Результати визначення механічних втрат наведені на рис. 1.

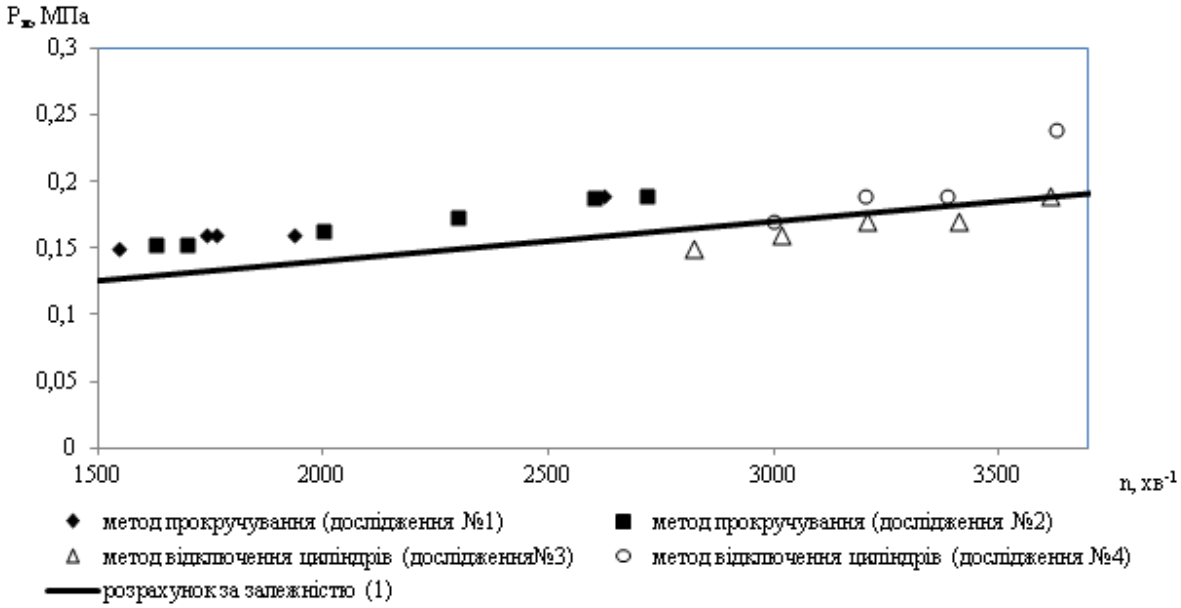


Рис. 1 – Результати визначення загальних механічних втрат за методами відключення циліндрів і прокручування колінчастого валу

З рис. 1 видно, що механічні втрати, що визначені за методом прокручування у різні дні випробувань (на графіку позначені «дослідження №1» і «дослідження №2»), добре погоджуються одне з одним і лежать на похилій прямій. Зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу ці втрати також зростають. Зокрема, при збільшенні n від 1500 до 2700 хв$^{-1}$ загальні механічні втрати зростають на 26%. Подібна тенденція відзначена в роботах [1-4]. Механічні втрати, що визначені за методом відключення циліндрів є більш достовірними. Вони добре погоджуються з даними інших дослідників [1–4]. Наприклад, у роботі [1] запропоновано залежність середнього тиску втрат на тертя від відношення частоти обертання колінчастого валу на поточному режимі роботи двигуна n до частоти обертання на номінальному режимі $n_н$:

$$P_м = a + b\frac{n}{n_н}, \qquad (1)$$

де a, b – емпіричні коефіцієнти, відповідно a=0,08, b=0,15 за $n_н$ = 5000 об/хв.

Крива, що побудована за цим рівнянням, добре корелюється з отриманими експериментальними результатами.

Список літератури:

1. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія: підручник / *В. Г. Дяченко* ; За ред.. *А. П. Марченка*. – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. –488 с.

2. Теория двигателей внутреннего сгорания. Под ред. проф. д-ра техн.. наук *Н. Х. Дьяченко.* Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1974, 552 с.

3. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. Пособие для вузов./*А. И. Колчин, В. П. Демидов* – 3-е изд. перераб и доп. – М.: Высш шк., 2002. – 496 с.

4. *Орлин А.С.* и др. Двигатели внутреннего сгорания. Конструкция и расчет поршневых и комбинированных двигателей. – М.: Машиностроение. 1972 –464 с.

УДК 621.434.1

РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДУ З ДВИГУНОМ BRIGGS&STRATTON VANGUARD

***О.М. БЕКАРЮК*[1*], *О.О. ОСЕТРОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри двигунів внутрішнього згоряння, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: Lex09199509@gmail.com*

Експериментальні дослідження робочого процесу двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) є необхідною складовою наукових досліджень. Експериментальні випробування ДВЗ проводять на моторних стендах, що включають необхідне навантажувальне і вимірювальне обладнання для визначення параметрів робочого процесу і показників двигунів.

На кафедрі ДВЗ НТУ «ХПІ» проводяться роботи зі створення моторного випробувального стенду з двигуном Briggs&Stratton Vanguard, що призначений для встановлення на мотоблок (рис. 1).

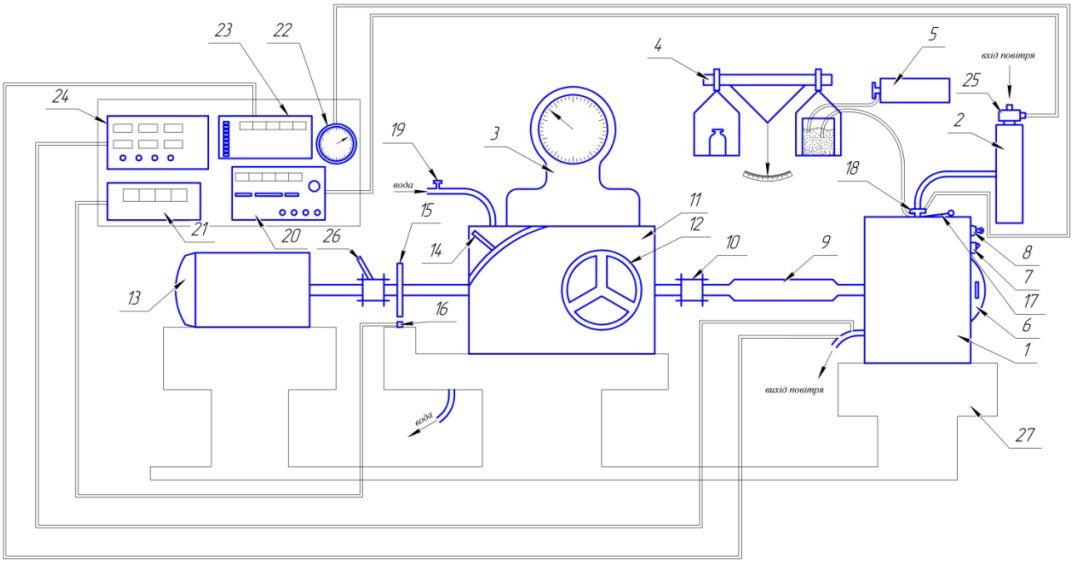


Рис. 1 – Схема експериментального моторного стенду з двигуном Briggs&Stratton Vanguard: 1 – двигун Briggs&Stratton Vanguard 18 к.с.; 2 – повітряний ресивер; 3 – ваговий пристрій для визначення навантаження на плечі гальма; 4 – ваги для вимірювання витрати палива; 5 – паливний бак; 6 – ручний пусковий пристрій; 7 – важіль регулювання обертів колінчастого валу; 8 – вимикач стартера; 9 – вал; 10 – муфта; 11 – гальмівна установка; 12 – вентиль гідравлічного гальма; 13 – електричний двигун для запуску ДВЗ; 14 – важіль механічного гальма; 15 – шестерня; 16 – датчик числа обертів; 17 – орган управління повітряною заслінкою; 18 – карбюратор; 19 – вентиль для подачі рідини на гідравлічне гальмо; 20 – витратомір повітря; 21 – сумарний лічильник для визначення кількості обертів колінчастого валу; 22 – манометр для вимірювання розрідження за дросельною заслінкою; 23 – гальванометр для вимірювання температури відпрацьованих газів; 24 – газоаналізатор для визначення складу відпрацьованих газів; 25 – мірне сопло для вимірювання витрати повітря; 26 – муфта для з'єднання електродвигуна з ДВЗ; 27 – опора

З використанням розробленого стенду було знято ряд навантажувальних характеристик з частотами обертання колінчастого валу n 1600, 1800 і 2400 хв$^{-1}$. Приклад навантажувальної характеристики двигуна з частотою обертання 1800 хв$^{-1}$ наведено на рис. 2, де зображено залежності питомої ефективної витрати палива g_e, масової витрати повітря $G_в$, коефіцієнту наповнення η_v та коефіцієнту надлишку повітря α від ефективної потужності двигуна N_e.

Результати випробувань добре корелюються з даними інших дослідників для двигунів подібної розмірності і призначення. Таким чином, розроблений стенд дозволяє проводити дослідження параметрів і показників робочого процесу малолітражних ДВЗ в широкому діапазоні експлуатаційних режимів.

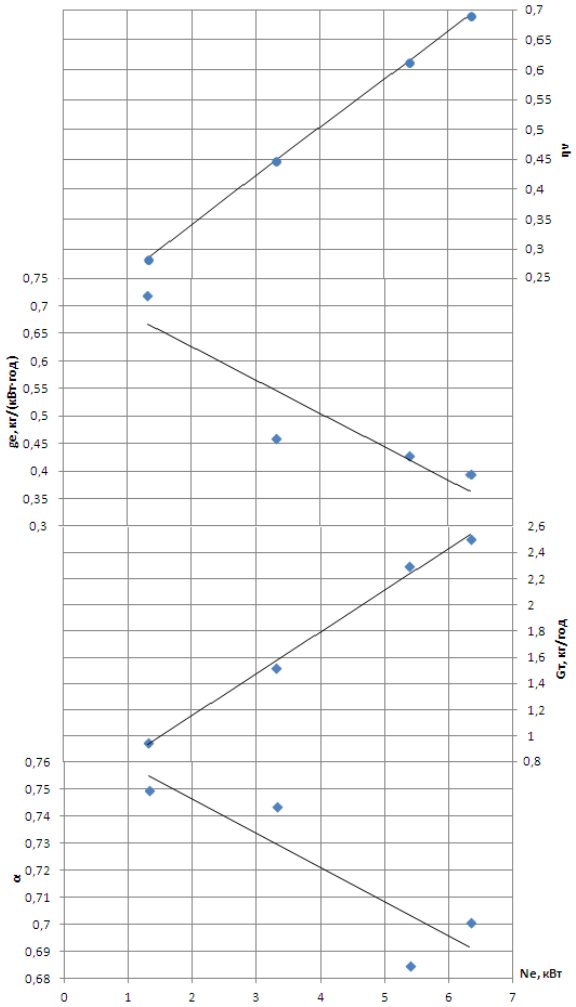


Рис. 2 – Навантажувальна характеристика двигуна з частотою обертання 1800 хв$^{-1}$

Список літератури:

1. Методические указания по курсам «Теория двигателей внутреннего сгорания», «Теория, конструирование и расчет энергетических установок» для студентов специальностей 0523, 0513. / Сост. Г.А. *Кох*. – Харьков: ХПИ, 1982. – 31 с.

2. Методическое руководство «Определение характеристик двигателей внутреннего сгорания» по курсу «Теория двигателей внутреннего сгорания». / Сост. А.А. *Воронкин*, А.С. *Цеслинский*, Г.А. *Кох,* Б.Л. *Гоцкало*. – Харьков – 1973. – 78 с.

3. Учебник для вузов «Испытания двигателей внутреннего сгорания». / Сост. И.Я. *Райков*. – Москва, «Высш. школа» - 1975. – 320 с.

УДК 629.4.028.1(07)

НОВІТНІ НАПРЯМКИ У ПРОЕКТУВАННІ ТЯГОВИХ ПРИВОДІВ

***С.В. ВАСІН*[1], *В.Г. МАСЛІЄВ*[2*]**

[1] *магістрант кафедри ЕТТ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри ЕТТ, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: masliew@ukr.net*

Оскільки витрати на тяговий привід складають суттєву частину загальних експлуатаційних витрат на тяговий рухомий склад, то підвищення його надійності є актуальним завданням. На конструкцію сучасного тягового приводу впливають такі фактори. Створення гнучких автоматизованих виробництв дозволило збільшити ступінь складності великих деталей, що виготовляються методом механічної обробки, скоротивши при цьому обсяг необхідного регулювання та обробки за місцем при монтажі. Створення безколекторних електродвигунів дозволило знизити масу тягового електродвигуна і пом'якшити вимоги до його віброзахисту.

Впровадження автоматизованого проектування та математичного моделювання динаміки екіпажів і напруженого стану деталей приводів дозволило зменшити їх матеріалоємність. Корпуси тягових редукторів виготовляють із алюмінієвих сплавів. Форма корпусу редуктора забезпечує йому високу жорсткість, що мінімізує його деформації при дії в приводі осьових сил. Продовжуються спроби досягти більшої інтеграції тягового електродвигуна з іншими елементами тягового приводу, зокрема із тяговим редуктором. У сучасному приводі тяговий електродвигун через роликові підшипники обпирається на вісь колісної пари, Корпус тягового редуктора виконують несучим і об'єднаним із остовом тягового електродвигуна. Це дозволило конструкторам піти від консольного розташування шестерні на валу якоря тягового електродвигуна без збільшення кількості підшипників в тяговому приводі і без введення будь яких компенсуючих муфт між валом якоря тягового електродвигуна і тяговим редуктором.

Отже, новітні напрямки у проектуванні тягових приводів коліс електрорухомого складу за кордоном полягають у такому. Використання комп'ютерних технологій у процесі проектування та виготовлення. Впровадження блокової конструкції тягових приводів. Використання моторно-осьових підшипників кочення. Відмова від консольного розташування зубчастої шестірні тягового редуктора і розміщення її на підсиленому валу якоря у просторі між двома підшипниками кочення, які встановлено у жорстко з'єднаних корпусах електродвигуна та тягового редуктора.

Список літератури:

1. Испытание поезда AGV в Велиме // Железные дороги мира. – 2009. – Вып. 8. – С. 9-10.

УДК 629.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ 3ТД-3 И ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ТЯГАЧА МТ-ЛБ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ГУСЕНИЧНОГО БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-50П

***В.Н. ГАРМАШ*[1], *С.С. ПАСЕЧНЫЙ*[2], *Д.О. ВОЛОНЦЕВИЧ*[3*]**

[1] *магистрант кафедры информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *аспирант кафедры информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[3] *заведующий кафедрой информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, докт. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: vdo_khpi@ukr.net*

Введение. Военная гусеничная техника так же, как и любая металлоемкая гражданская техника в отличие от современных легковых автомобилей включает в свой жизненный цикл проведение нескольких капитальных ремонтов. При прохождении машинами капитального ремонта принято одновременно проводить более или менее существенную модернизацию, позволяющую если не привести их в полное соответствие, то хотя бы приблизить машины предыдущих поколений к современным требованиям. В свое время в СССР, Чехословакии и КНР было произведено большое количество плавающих гусеничных бронетранспортеров БТР-50П, которые в своем первозданном виде, безусловно, и морально и физически устарели, но по набору функциональных возможностей при проведении модернизации они остаются востребованными как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Активной модернизацией этих машин занимаются Россия, Беларусь, Сербия и Индонезия, что подтверждает высокую **актуальность** решаемой задачи.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является проверка возможности совместного применения двигателя 3ТД-2 и главной передачи тягача МТ-ЛБ при модернизации гусеничного бронетранспортера БТР-50П, оценка ресурса главной передачи и тактико-технических характеристик бронетранспортера рослее модернизации.

Основная часть. Базовая трансмиссия гусеничного многоцелевого транспортера-тягача МТ-ЛБ изначально проектировалась для машины весом до 12,5 тонн и двигателя мощностью 240 л.с. при 2100 об/мин с максимальным крутящим моментом 882,6 Нм при 1500 об/мин. Она показала хорошие результаты по надежности и ресурсу. В дальнейшем при проведении модернизаций для этой трансмиссии было проведено расчетное обоснование по допустимости совместной работы с более мощными двигателями (310 л.с.) и при увеличившемся весе машины (16 т.). Однако планируемая модернизация требовала проверки возможности совместной работы этой трансмиссии с

двигателем 3ТД-2, который развивает 400 л.с. и имеет характеристику по крутящему моменту, представленную в табл. 1.

Таблица 1 – Внешняя характеристика свободного крутящего момента двигателя 3ТД-2.

$n_д$, об/мин	1600	1800	1900	1950	2000	2200	2400	2600	2800
М, кГм	120	129	131	132	131.5	128	122	114	0

При возросшей частоте вращения коленчатого вала дополнительной проблемой была невозможность из-за сложности компоновки увеличить передаточное отношение трансмиссии на бортовых передачах. Поэтому в процессе модернизации закладывалось изменение передаточного отношения входной конической пары главной передачи тягача МТ-ЛБ. Это привело к дополнительному возрастанию крутящего момента, попадающего на первичный вал главной передачи.

В результате в проведенной работе были осуществлены расчеты:

– всех передаточных отношений, требующих изменения для получения стыковки характеристик нового двигателя 3ТД-2, новой главной передачи от тягача МТ-ЛБ, штатных бортовых передач и размеров штатных ведущих колес с требуемыми скоростными характеристиками модернизированного бронетранспортера;

– на выносливость и прочность всех зубчатых зацеплений, подшипников, фрикционных элементов, шпоночных и шлицевых соединений, входящих в механизм передач и поворота (главную передачу) тягача МТ-ЛБ, который планируется ставить на БТР-50П в процессе модернизации, и штатные бортовые передачи бронетранспортера в соответствии с алгоритмами и методиками, приведенными в [1];

– разгонных характеристик в соответствии с алгоритмами и методиками, приведенными в [2], модернизированного гусеничного бронетранспортера в плане получения времени и пути разгона машины до максимально достижимых на шоссе и грунтовой дороге скоростей движения.

Выводы. Проведенный анализ показал принципиальную возможность при сохранении моторесурса трансмиссии до среднего ремонта не менее 300 часов использовать совместно с главной передачей тягача МТ-ЛБ более мощного двигателя 3ТД-2.

Характеристики подвижности бронетранспортера после модернизации стали соответствовать характеристикам современных военных гусеничных машин с механической ступенчатой трансмиссией и удельной мощностью более 30 л.с./т.

Список литературы:

1. *Киркач* Н. Ф. Расчет и проектирование деталей машин: Учебное пособие для техн. вузов – 3-е изд. / *Н. Ф. Киркач,* Р. А. *Баласанян* // – Харьков : Основа, 1991. – 276 с.

2. *Александров* Е. Е. Тягово-скоростные характеристики быстроходных гусеничных и полноприводных колесных машин. / Е. Е. *Александров,* В. В. *Епифанов,* Н. Г. *Медведев,* А. В. *Устиненко*. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2007. – 124 с.

УДК 629.113

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОБЛОКИРУЮЩИХСЯ МЕЖКОЛЕСНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ С КОЭФФИЦИЕНТОМ БЛОКИРОВКИ, ЗАВИСЯЩИМ ОТ СКОРОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ВРАЩЕНИЯ КОЛЕС, ДЛЯ БРОНЕТРАНСПОРТЕРОВ

***М.И. ЗДОРОВКО*[1*], *Я.М. МОРМИЛО*[2], *Д.О. ВОЛОНЦЕВИЧ*[3*]**

[1] *магистрант кафедры информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *аспирант кафедры информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[3] *заведующий кафедрой информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, докт. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: vdo_khpi@ukr.net*

Введение. Для автомобилей с механическим распределением мощности обязательным элементом является межколесный дифференциал. К военной технике предъявляются очень высокие требования по проходимости. Для ее обеспечения обычно используются или полная механическая блокировка дифференциала или кулачковые дифференциалы повышенного трения [1]. Однако при механической блокировке, как правило, требуется для включения блокировки дифференциала полная остановка машины, так как процесс включения блокировки обычно обеспечивается классической зубчатой муфтой. Исключение составляет немногочисленная группа дифференциалов, имеющая фрикционное включение, но она требует дополнительных затрат энергии для работы сервопривода, обеспечивающего сжатие пакета фрикционных дисков.

Проблема классических дифференциалов повышенного трения состоит в том, что они имеют либо постоянный коэффициент блокировки, либо коэффициент блокировки, зависящий от нагрузки. Для получения нужной проходимости коэффициент блокировки должен быть большим, а для сохранения управляемости и устойчивости движения – стремиться к единице.

Кулачковые (сухарные) дифференциалы повышенного трения при работе в режиме полного вывешивания одного из колес не могут обеспечить достаточно большую силу тяги на отстающем колесе, так как даже при относительно большом (< 6) коэффициенте блокировки могут опереться только на момент трения в подшипниках и уплотнениях ступицы и колесного редуктора.

В последнее время на автомобилях получили широкое распространение прогрессивные противобуксовочные системы, построенные на использовании элементов АБС. При их использовании буксующее колесо индивидуально подтормаживается (не доводя до полной остановки или до текущей реальной скорости движения машины), создавая опорный момент на втором (отстающем) колесе. Электроника с помощью системы датчиков, контролирующих скорости вращения колес, реальную продольную и угловую скорости корпуса машины и

сигналы с органов управления, определяет момент начала торможения, его интенсивность с учетом меняющейся обстановки и момент прекращения подтормаживания. При этом в качестве межколесного дифференциала используется дешевый и технологичный тривиальный симметричный дифференциал на базе конических шестерен.

Однако на данный момент, к сожалению, мы не имеем отработанных достаточно надежно работающих в условиях военного применения отечественных АБС, которые могли бы лечь в основу создания противобуксовочной системы. Поэтому, как было обосновано в [2], возможным альтернативным решением проблемы может стать разработка эффективного гидравлического (героторного) дифференциала, что подтверждает высокую **актуальность** решаемой задачи.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является определение закона изменения коэффициента блокировки героторного дифференциала в зависимости от скорости относительного вращения колес на примере четырехосного колесного бронетранспортера.

Эта задача может быть актуальна как для разработки электронной системы автоматического управления коэффициентом блокировки, так и для выработки требований к характеристикам героторного дифференциала.

Основная часть. В работе проанализированы максимальные скорости относительного вращения колес разных бортов, которые могут возникать при криволинейном движении машины, и определены требуемые зоны нечувствительности дифференциала. Также на основе анализа коэффициентов сопротивления движению и сцепления движителя с опорной поверхностью для основных типов местности проведены расчеты максимального момента блокировки дифференциала и определена относительная скорость вращения колес разных бортов, при которой должен достигаться этот максимальный момент.

Дальнейшее продолжение работы планируется в направлении проведения параметрического синтеза героторного дифференциала и определения характеристик бронетранспортера с предлагаемым дифференциалом по параметрам проходимости и управляемости.

Выводы. Проведенный анализ показал принципиальную возможность создания для четырехосных колесных бронетранспортеров героторного межколесного дифференциала, который позволит получить автоматически изменяемый коэффициент блокировки в зависимости от скорости относительного вращения колес.

Список литературы:

1. Проектирование полноприводных колесных машин: Учебник для вузов: в 3 т., Т.2 / *Б. А. Афанасьев, Л. Ф. Жеглов, В. Н. Зуев и др.*; Под ред. *А. А. Полунгяна.* – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 528 с. : ил.

2. *Волонцевич Д. О.* К вопросу определения зоны нечувствительности самоблокирующихся межколесных дифференциалов с коэффициентом блокировки, зависящим от скорости относительного вращения колес / *Д. О. Волонцевич, Я. М. Мормило* // Механіка та машинобудування, – №1, 2016. – С. 30–35.

УДК 621.8

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ СКЛАДАНОГО ПОРШНЯ ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ

***А.С. КОРИНКЕВИЧ*[1*], *О.Ю. ЛИНЬКОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри ДВЗ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ДВЗ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: korinkevich93@mail.ru*

На сьогоднішній день ще мають широке поширення двигуни серії Д100 (як на магістральних тепловозах, так і в якості стаціонарних енергетичних установок). Вони були створені ще у середині двадцятого сторіччя і хоча пройшли декілька вдосконалень, вони вже не відповідають вимогам, що пред'являються до сучасних енергетичних установок. Схема яка застосовується у цих двигунах має ряд переваг і дозволила їм зайняти свою нішу серед транспортних і стаціонарних енергетичних установок. Таким чином, актуальною є задача модернізації вузлів і систем даного двигуна, яка дозволить наблизити його експлуатаційні властивості до сучасного рівня. Серед вузлів які потребують модернізації слід відмітити циліндропоршневу групу, а саме поршень, який має велику масу. Його конструкція може бути вдосконалено, що дозволить зменшити витрату палива і знос деталей ЦПГ. Задача роботи: розробити нову конструкцію складаного поршня двотактного двигуна.Мета роботи: підвищити техніко-економічні показники двотактного двигуна типу Д100.Поршень має складану конструкцію (рис. 1) і більша частина його деталей виробляється з чавуна [1].

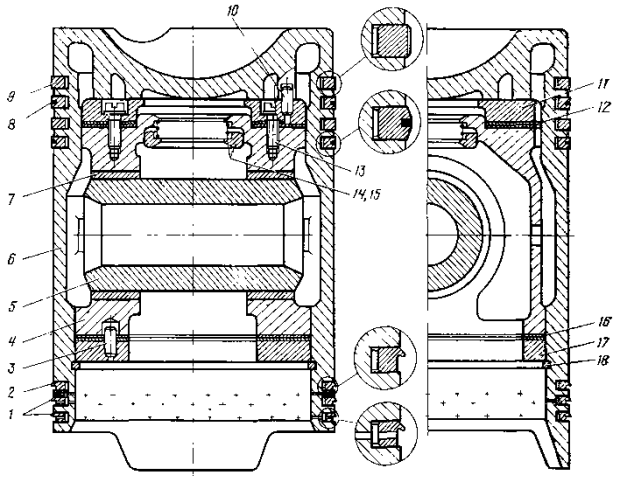


Рис. 1 – Нижній поршень дизеля 10Д100: 1, 2 – маслоз'ємні кільця; 3, 10 – штифти; 4 – вставка; 5 – поршневий палець; 6 – стакан; 7 – втулка; 8, 9 – ущільнюючі кільця; 11 – верхня плита; 12, 16 – прокладки; 13 – гвинт; 14 – ползушка; 15 – пружина; 17 – нижня плита; 18 – стопорне кільце.

Така конструкція обумовлена тим що поршень виконуючи функцію газорозподільного механізму (двотактний двигун з прямоточно щелевою продувкою) зтикається з відпрацьованими газами які мають температуру більшу за 2000 ºС. Тому у двотактних двигунах використовують складані поршні з жаровою накладкою.

Було проаналізовано сучасні конструкції поршнів такого типу. У роботі [2] запропоновано конструкцію яка дозволяє значно зменшити масу поршня оскільки корпус поршня виготовляється з алюмінієвого сплаву але вона має і недоліки. У такому варіанті неможливо регулювати ступінь стиску у двигуні, що робиться за допомогою прокладок (рис. 1) у базовому поршні.

Було запропоновано змінити базову конструкцію поршня відповідно до рис. 2.

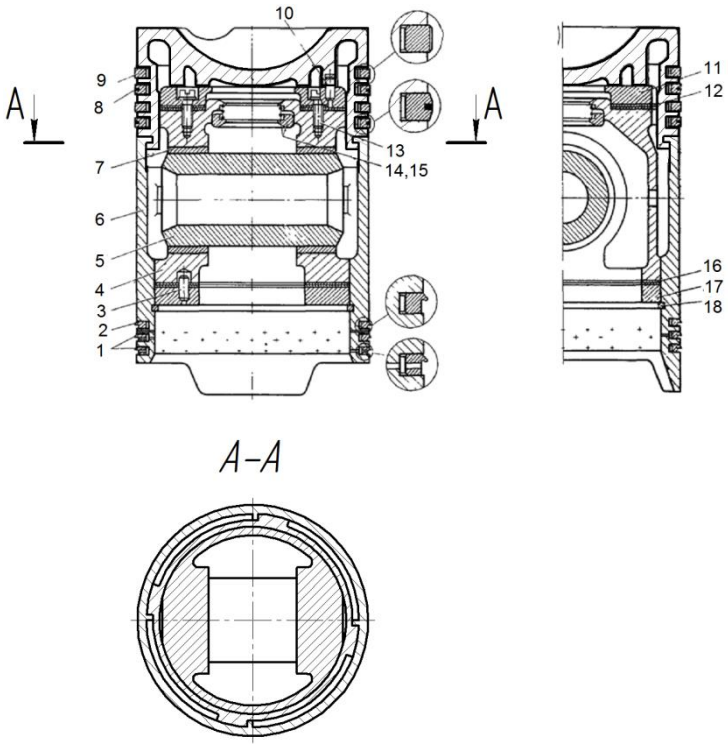


Рис. 2 – Запропонована конструкція поршня

У новій конструкції пропонується розділити стакан поршня (позиція 6, рис. 1) на дві деталі – жарову накладку, яка виготовляється з жароміцного чавуна та юбки яка виготовляється з алюмінієвого сплаву. Також пропонується змінити матеріал вставки 4 на алюмінієвий сплав. Ці зміни дозволять значно зменшити масу поршня, а значить зменшити сили інерції та, відповідно, зменшити витрату палива і знос деталей ЦПГ.

Список літератури:

1. *Володин А.И. Локомотивные двигатели внутреннего сгорания [Текст]. – М.: Транспорт. – 1990. – 256 с.*

2. *Белогуб А.В. Разработка конструкции «легкого» поршня для дизелей типа Д100 / А.В. Белогуб, Нгуен Ван Зионг, О.Ю. Линьков, С.А. Кравченко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. –№1. –С. 50-55.*

УДК 62-1/-9

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПРОЕКТ СТЕНДОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

В.С. МАМАЙ [1*], ***О.С. АФАНАСЬЄВА*** [2]

[1] *магістрант кафедри Електричного транспорту та тепловозобудування, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *старший викладач кафедри Електричного транспорту та тепловозобудування, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email:viktormamay08@gmail.com*

Одним із найважливіших аспектів повноцінної інтеграції України до європейської спільноти є забезпечення пасажирів можливістю комфортного та безпечного подорожування залізничними шляхами нашої країни. Така тенденція вже має місце, оскільки з червня 2012 року нашими залізницями курсують сучасні поїзди Hyundai Інтер Сіті та Hyundai Інтер Сіті-Плюс. Але одразу ж з початку експлуатації виявився найголовніший ризик, що пов'язаний з купівлею імпортного рухомого складу – неготовність інфраструктури шляху, контактної мережі, пристроїв сигналізації та зв’язку до експлуатації таких поїздів. Ситуація ускладняється і тим, що в Україні на сьогоднішній день фактично відсутні лінії, призначені для швидкості руху, що перевищує 160 км/год.

У зв’язку з цією проблемою корисно звернутись до досвіду країн, що активно закупають сучасні транспортні технології та адаптують їх до наявних умов експлуатації. Так, перший електропоїзд А250, збудований підприємством Alstom для залізниці Китаю, спочатку направили на стендові випробовування, потім – на ходові випробовування в експериментальному центрі Академії залізничних наук у Пекіні, після чого поїзд впровадили у експлуатацію [1]. Аналогічний цикл випробувань проходять і поїзди Velaro RUS (виготовлені компанією Siemens), закуплені Російськими залізницями для лінії Санкт-Петербург – Москва. Перед постачанням до Росії поїзди Velaro RUS проходять кліматичні та ходові випробовування в екстремальних температурних умовах. Випробовування проводяться у кліматичній камері центру Rail Tec Arsenal (Відень, Австрія). Кліматична камера – аеродинамічна труба, у якій можна регулювати температуру від -50 до +60°С та імітувати швидкість руху від 10 до 300 км/ч шляхом створення зустрічного струменю повітря різної інтенсивності. У цій камері також є стенд для перевірки роботи ходової частини на швидкості до 300 км/ч [2].

Ефективність випробувань рухомого складу – це ключовий елемент для створення технічно досконалої, конкурентоспроможної продукції, а також більш швидкої адаптації рухомого складу до конкретних умов.

Випробовування пов'язані з необхідністю відтворення широкого спектру умов та режимів експлуатації рухомого складу, що потребує значних затрат часу та грошей. Особливо складно відтворити необхідні умови у рамках певного випробувального полігону. Розуміння цього моменту наштовхнуло провідні підприємства на шлях фінансування розробки та створення спеціальних випробувальних установок – коткових стендів. Можливості коткових стендів дозволяють вивчати процес сходу з рейок, досліджувати стійкість екіпажів до впливу, досліджувати динамічні відгуки екіпажу і комфорту при русі, імітувати рух у кривих, досліджувати вібрації, визначати власні частоти та динамічні навантаження рухомого складу та його компонентів, досліджувати безпеку вантаження вагонів, проводити тягові та гальмівні випробування, оптимізувати алгоритми ведення поїзда, досліджувати сили зчеплення і т.д. Конструкція стенду складається з декількох систем, що включають: котковий блок, блок тягового приводу, систему управління приводу, гідравлічну систему, систему збору та обробки даних, систему контролю.

Також окрему нішу займають масштабовані коткові стенди, котрі пропонують такі переваги, як: зменшена вартість випробувань і самого стендового обладнання; такі стенди не потребують великих спеціалізованих лабораторій; мають полегшений доступ до компонентів стенду та випробувальної апаратури; небезпечні вузли рухомого складу можна випробувати на їх граничних умовах без ризику утворення залізничної аварії. Очевидно, що Україна потребує стенди, на яких могла б випробовуватись продукція Дніпропетровського електровозобудівного та Крюківського вагонобудівного заводів.

Крім того, оскільки побудова нової інфраструктури для високошвидкісного руху є досить дорогоцінною (1 км шляху коштує в межах 18…50 млн €), доцільно застосування швидкісних поїздів з кузовами, що нахиляються. Це дозволить підвищити швидкість руху на існуючій мережі залізниць за рахунок збільшення швидкості проходження кривих ділянок шляху.

Розробка та сертифікація рухомого складу з кузовами, що нахиляються пов'язана з необхідністю імітації виникнення і зміни відцентрової сили інерції, що є необхідною умовою адекватного відтворення руху поїзда у кривих на випробувальному стенді, а також оцінки впливу відцентрової сили інерції на систему примусового нахилу кузова.

На даний час у світовій практиці не існує випробувального стенду з можливістю імітації дії відцентрової сили інерції на рухомий склад.

Список літератури:

1.Испытание поезда AGV в Велиме // Железные дороги мира. – 2009. – Вып. 8. – С. 9-10.

2.*Липп* А. Высокоскоростной поезд Velaro для России / А. *Липп*, Д. *Йон* и др. // Железные дороги мира. – 2009. – Вып. 1. – С. 36-50.

УДК 629.1.032.1

СИНТЕЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ ВЕНТИЛЯТОРНОЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА НА КОЛІСНОМУ БРОНЕТРАНСПОРТЕРІ

***С.С. МЕЛЕШКО*[1*], *С.В. СТРІМОВСЬКИЙ*[2]**

[1] *магістрант кафедри ІТС КГМ ім. О.О.Морозова, НТУ«ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *доцент кафедри ІТС КГМ ім. О.О. Морозова, канд. техн. наук, НТУ«ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: sahuniya.rudenko@yandex.ua*

Прагнення українських вчених і конструкторів підвищувати тактико-технічні характеристики вітчизняних колісних бронетранспортерів в напрямку збільшення запасу ходу машини і зниження експлуатаційних витрат за допомогою зменшення питомої витрати палива призвело до впровадження на них економічних чотирьохтактних дизельних двигунів з електронною системою управління подачею палива [1].

Оскільки дизельний двигун в бронетранспортерах розміщується в броньованому відсіку моторного відділення і зустрічний потік, що набігає повітря не бере участі в охолодженні радіаторів системи охолодження, як у вантажних автомобілях цивільного призначення, то до системи охолодження пред'являються особливі вимоги [2]. Це повинна бути система охолодження вентиляторного типу з автоматичним управлінням, яка розрахована на відведення більшої кількості тепла, ніж у вантажного автомобіля з двигуном такої ж потужності. Так як по ряду конструктивних причин ежекційних система охолодження, що застосовується з двотактними дизельними двигунами великої потужності, не може бути застосована на чотиритактних дизельних двигунах, а система охолодження без автоматичного регулювання не забезпечує одночасно ефективну і економічну роботу сучасних потужних чотиритактних дизельних двигунів.

Таким чином, синтез системи управління гідравлічним приводом вентиляторної системи охолодження дизельного двигуна має на меті на створення оптимального закону керування вентиляторної системою охолодження, яка забезпечить ефективну та економічну роботу чотиритактного дизельного двигуна на колісному бронетранспортері.

Список літератури:

1. *Смоляков В.А.* Выбор и обоснование направлений создания микропроцессорных систем управления составными частями шасси легкобронированных колесных машин украинского производства */ В.А. Смоляков, Ю.М. Гужва, А.А. Бадекин, А.А. Безлепкин, С.В. Стримовский //* Механіка та машинобудування. – 2011. – №2. – С 193–35.

2. Энергетические установки колесных и гусеничных машин. Книга 2. Автоматическое управление транспортными двигателями внутреннего сгорания: */ [Е.Е. Александров, А.В. Белогуб, В.В. Белогуб и др.]; под ред. Е.Е. Александрова* – Харьков: ХГПУ, 1996. – 548 с.

УДК 621.331

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗМІННОГО СТРУМУ ЕЛЕКТРИФІКОВАНОЇ ДІЛЯНКИ ЗАЛІЗНИЦІ З СКЛАДНОЮ СХЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ

Ю.Ю. МЕЛЬНИК[1*], В.Т. ДОМАНСЬКИЙ[2]

[1] магістрант кафедри ЕТТТ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2] професор кафедри ЕТТТ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*]email: labeltj@bigmir.net

Імітаційна модель – це сукупність опису електротягової системи і зовнішніх впливів, алгоритмів функціонування (правил зміни стану системи) під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів. Ці алгоритми і правила не дають можливості використання наявних математичних методів аналітичного і числового розв'язання, але дозволяють імітувати процес функціонування системи і проводити вимірювання цікавих для нас характеристик. Імітаційні моделі для дослідження електротягових мереж електрифікованих ліній можуть бути розроблені на основі використання різних підходів. Майже всі ці підходи засновані на використанні поняття простору станів. Найбільш поширеними є стохастичні системи і мережі масового обслуговування. Однак в останні роки спостерігається зростання інтересу до таких моделей і методів, як стохастичні автомати, стохастичні мережі Петрі, *E*-мережі,*F*-мережі, нейронні мережі.

В останні роки з'явилися програмні продукти високого ступеня універсальності у галузі електротехніки, механіки тощо, що дозволяють здійснювати моделювання електротягових мереж у середовищі MATLAB. До переваг моделей у середовищі MATLAB слід віднести можливість швидкого отримання результатів моделювання екстремальних значень електротехнічних розрахунків, а також пропускної здатності, максимальних значень струмів, втрат напруги, перетоків потужності, роботи комутаційної апаратури, релейного захисту. Безумовно, цілий ряд обмежень, наприклад, дискретність ділянок контактної мережі не менше 2–4 км, необхідність виконання індуктивної розв'язки при складанні схем заміщення електротягових мереж, спрощена схема ЕРС не дозволяють сподіватися на високу точність електротехнічних розрахунків, але водночас дають можливість моделювання проміжних режимів роботи СТЕ. Способи адекватного моделювання СЗЕ, а також моделі елементів СТЕ, що враховують електромагнітні взаємовпливи і засновані на використанні фазних координат вузлових напруг, реалізовані в програмному комплексі розрахунків Flow3 з графічним інтерфейсом і базами даних за моделями елементів та за розрахунковими схемами. Тому для створення методів визначення параметрів і показників СТЕ 25 та 2 × 25 кВ і нових систем тяги змінного струму ЕПП-27,5 кВ з коректним урахуванням зовнішньої мережі потрібна розробка алгоритмів об'єднання розрахунків окремих миттєвих схем з урахуванням режимів роботи СЗЕ в комплекс, що дозволяє імітувати переміщення поїздів.

Список літератури: 1. Корниенко, В.В. Электрификация железных дорог. Мировые тенденции и перспективы (Аналитический обзор)/ А.В. Котельников, В.Т. Доманский // К.: Транспорт Украины - 2004. – С. 196. **2.** Доманський, І.В/ Основи енергоефективності електричних систем з тяговими навантаженнями: монографія. – Харків// ТОВ «Центр інформації транспорту України» - 2016. – С.224.

УДК 629.021

ТЯГОВЫЙ БАЛАНС ПЕРСПЕКТИВНОГО ГУСЕНИЧНОГО МНОГОЦЕЛЕВОГО ТРАНСПОРТЕРА-ТЯГАЧА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ

***М.И. ПРОКОПЬЕВ*[1], *А.И. ЕФРЕМОВА*[2], *Д.О. ВОЛОНЦЕВИЧ*[3*]**

[1] *магистрант кафедры информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *аспирант кафедры информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[3] *заведующий кафедрой информационных технологий и систем колесных и гусеничных машин им. А.А. Морозова, докт. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: vdo_khpi@ukr.net*

Введение. Электрические трансмиссии в последнее время находят все более широкое распространение не только в гражданской, но и в военной технике [1]. Это связано с тем, что электрические трансмиссии для гусеничных машин позволяют обеспечить:

– бесступенчатое изменение скорости, тягового усилия, радиуса поворота;

– легкость автоматизации трансмиссии и обеспечения управления машиной любым членом экипажа и дистанционного управления;

– расширенные возможности по рекуперации энергии замедления, поворота, колебаний подрессоренных масс и т.д.;

– возможность кратковременного движения без работающего ДВС;

– возможность кратковременного суммирования мощности генераторной установки и накопителей энергии;

– отсутствие жестких механических связей между основными агрегатами, облегчающее компоновку.

За два последних десятилетия произошел революционный скачек в развитии накопителей электроэнергии, резко сократились габариты и вес управляющей аппаратуры, а также были созданы тяговые электродвигатели (ТЭД) с показателями, позволяющими на их основе создать конкурентоспособную электрическую трансмиссию.

Все это сделало задачу проектирования электромеханических трансмиссий для военных гусеничных машин **актуальной и своевременной.**

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является определение рациональных характеристик ТЭД, которые смогли бы обеспечить требуемые параметры подвижности гусеничного многоцелевого транспортера–тягача на примере тягача МТ-ЛБ.

Задачи, решаемые для достижения поставленной цели:

– определение суммарной мощности ТЭД, необходимой для обеспечения требуемых параметров подвижности тягача при постоянном передаточном отношении механических редукторов на примере характеристик современных ТЭД ведущих западных производителей;

– определение возможности построения электромеханической трансмиссии для тягача МТ-ЛБ на базе ТЭД EMRAX 348 (Словения) и М73 (Германия) с одноступенчатыми бортовыми передачами.

Основная часть. В работе для закрытого металлического и резинометаллического шарниров гусеницы проанализированы показатели механической мощности, необходимой для реализации параметров, приведенных в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчетов

Наименование показателя		Значение
Вес машины G_M, Н		156960
Максимальная скорость движения по шоссе V_{max}, км/ч		72
Средняя скорость движения, км/ч	по шоссе $V_{ср}$	45
	по грунтовой дороге $V^*_{ср}$	30
Максимальный угол подъема по грунту α_{max}, ^{0}		35
Скорость на подъем с уклоном 30^0 не менее, км/ч		5
Радиус ведущего колеса $R_{вк}$, м		0,265
Коэффициент обтекаемости k, $(Н \cdot с^2)/м^4$		0,65
Расчетное время разгона по шоссе до скорости 72 км/час, с		≤45
Расчетное время разгона по шоссе до скорости 45 км/час, с		≤15
Расчетное время разгона по грунту до скорости 30 км/час, с		≤15
Максимальное значение динамического фактора (не менее)		≥0,8

Выводы. Проведенный анализ показал, что:

1. Для реализации заданных характеристик подвижности тягача МТ-ЛБ при переходе на электромеханическую трансмиссию без учета ограничения в ТЭД крутящего момента по величине силы тока в обмотках достаточно обеспечить на каждом ведущем колесе механическую мощность не менее 165 кВт.

2. Для реальных ТЭД типа EMRAX 348 (Словения) и М73 (Германия), имеющих коэффициент приспособляемости по крутящему моменту 1,5 – 3, невозможно обойтись без расширения диапазона изменения крутящего момента на механическом двухступенчатом редукторе.

3. Для реализации заданных характеристик подвижности тягача МТ-ЛБ при одноступенчатых бортовых передачах необходимо обеспечить на ТЭД длительно действующий крутящий момент 3552 Нм или закладывать возможность достижения максимальной скорости при использовании 25–27% от номинальной мощности ТЭД.

Список литературы:

1. Теорія електроприводу транспортних засобів: підручник / *А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, І. С. Трунова.* – Х. : ХНАДУ, 2015. – 292 с.

2. *Александров Е. Е.* Тягово-скоростные характеристики быстроходных гусеничных и полноприводных колесных машин. / *Е. Е. Александров, В. В. Епифанов, Н. Г. Медведев, А. В. Устиненко*. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2007. – 124 с.

УДК 629.1.032.1

СИНТЕЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕДПУСКОВОЮ ПІДГОТОВКОЮ І ПУСКОМ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ НА КОЛІСНОМУ БРОНЕТРАНСПОРТЕРІ З ДВИГУНОМ 3ТД-3А

***О.В. РУДЕНКО*[1*], *С.В. СТРІМОВСЬКИЙ*[2]**

[1] *магістрант кафедри ІТС КГМ ім. О.О. Морозова, НТУ«ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ІТС КГМ ім. О.О. Морозова, канд. техн. наук, НТУ«ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: sahuniya.rudenko@yandex.ua*

Необхідність контролю великої кількості параметрів при виконанні пуску дизельного двигуна на транспортних машинах, правильність вибору способу пуску при відповідних кліматичних умовах і наявному запасі енергії в системі пуску, а також складність виконання операцій передпускової підготовки і пуску ведуть до появи помилок в процесі виконання пуску двигуна, особливо у недосвідчених водіїв. Дані помилки призводять до збільшення тривалості часу пуску, зменшення ресурсу роботи дизельного двигуна і пускових пристроїв. Тому роботи, спрямовані на вдосконалення конструкцій систем передпускової підготовки, пуску та вхідних до них пристроїв, а також виконання автоматизації цих систем і пристроїв не втрачають своєї актуальності [1, 2].

В результаті проведення науково-технічних робіт з вдосконалення систем передпускової підготовки та пуску двигуна на транспортних машинах різного призначення з'явились системи автоматичного та дистанційного пуску двигуна по радіоканалу, системи інтелектуального доступу в машину та пуску двигуна без ключа, СТОП-СТАРТ системи. Впровадження системи автоматичного управління передпусковою підготовкою і пуском силової установки на військових машинах з двотактним дизельним двигуном сімейства 3ТД дозволить спростити водієві виконання операцій з пуску двигуна, забезпечити швидкий і надійний його пуск, регламентований ресурс роботи виконавчих пристроїв системи передпускової підготовки та пуску, а також вузлів і деталей двигуна. Для виконання синтезу системи управління передпусковою підготовкою і пуском силової установки з двигуном сімейства 3ТД необхідно виконати аналіз протікання процесів передпускової підготовки і пуску, аналіз конструкції пристроїв даної системи, дослідити їх технічні характеристики та виявити їх вплив на пускові процеси у силовій установці.

Список літератури:

1. *Бобер, А.В.* Сравнительная оценка силовых установок БТР-4 с различными двигателями / *А.В. Бобер, В.А. Зарянов, С.Г. Крот, В.А. Кузьминский, А.В. Федянин //* Механіка та машинобудування. – 2014. – №1 – С. 58 – 67.

2. *Гужва, Ю.М.* Перспективы внедрения автоматической системы управления предпусковой подготовкой и пуском силовой установки на военных машинах с дизельным двигателем семейства 3ТД / *Ю.М. Гужва, С.В. Стримовский, А.А. Безлепкин, А.А. Бадекин, Ю.В. Рудчук //* Механіка та машинобудування. – 2015. – С. 1, 6.

УДК 621.43.057.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗБЫТКА ВОЗДУХА В ДИЗЕЛЕ ПРИ РАБОТЕ НА ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ

***А.В. САВЧЕНКО*[1*]**

[1] *аспирант кафедры ДВС, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: Savchenko.sci@gmail.com*

Одним из наиболее важных показателей, характеризующих условия протекания процесса сгорания в цилиндре ДВС, является коэффициент избытка воздуха. Именно соотношение масс воздуха и топлива в цилиндре в значительной мере определяет степень полноты сгорания, а следовательно экономические и особенно экологические показатели дизеля.

Широко распространённые методы расчёта данного показателя позволяют определить усреднённое значение как по времени так и по цилиндрам двигателя. По результатам предыдущих исследований даже на установившемся режиме коэффициент избытка воздуха при работе дизеля изменяется в некоторых пределах [1]. Следовательно, среднее значение данного параметра не в полной мере характеризует условия работы двигателя. В данной работе было определено действительное значение коэффициента избытка воздуха отдельно для каждого рабочего цикла дизеля.

Для решения поставленной задачи был выбран расчётный метод. Величина цикловой подачи была определена по характеристикам впрыскивания, которые рассчитывались с использованием осциллограмм давления топлива перед форсункой по следующей формуле:

$$m = 10^{-3} \cdot \mu f \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_T - P_C)} \qquad (1)$$

где μf - эффективное проходное сечение распылителя форсунки; ρ – плотность топлива; P_T – давление топлива перед форсункой; P_C – давление в цилиндре дизеля.

При расчёте величина μf была принята постоянной величиной, что допустимо ввиду очень высокой скорости движения иглы форсунки. Полученные результаты хорошо согласуются с соответствующими интегральными характеристиками, что говорит о высокой степени адекватности используемой методики.

Была использована методика косвенного определения количества свежего заряда в цилиндре дизеля, основанная на предположении, что процесс впуска закончен в момент, когда давление в цилиндре становится равным давлению во впускном коллекторе. Учитывая, что подобное равенство наблюдается несколько раньше момента полной посадки клапана, происходит перетекание некоторой части воздуха из цилиндра обратно во впускной коллектор. Формула

для расчёта количества воздуха, который перетекает из цилиндра обратно во впускной коллектор:

$$\Delta m = \sum_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{P_S}{R \cdot T_S} \cdot \left(\frac{P_S}{P_\phi} \right)^{\frac{1}{k}} \cdot \mu_S f_S \cdot W_\phi \cdot \frac{\Delta \phi}{6 \cdot n} \qquad (2)$$

где T_S – температура воздуха после воздухоохладителя; P_S – давление воздуха после воздухоохладителя; P_φ – давление воздуха в цилиндре дизеля; R – газовая постоянная; k – показатель адиабаты для воздуха; $\mu_s f_s$ – эффективная площадь впускного клапана; W_φ – скорость в расчётном сечении клапана; $\Delta\varphi$ – шаг расчёта; n – частота вращения коленчатого вала.

В рамках данной методики принимается, что температура воздуха в цилиндре в момент равенства давлений P_S и P_φ выше температуры воздуха после промежуточного воздухоохладителя на величину Δt. Величина Δt вычислена по эмпирической зависимости. Расчётная формула количества свежего заряда в цилиндре в момент закрытия впускного клапана приведена ниже:

$$\nu = \frac{P_S \cdot V_P}{R \cdot (T_S + \Delta t)} - \frac{\Delta m}{M} \qquad (3)$$

где V_P - объём цилиндра в момент при котором $P_S=P_\varphi$; R – универсальная газовая постоянная; M – молярная масса воздуха, г./моль.

С использованием данных был получен коэффициент избытка воздуха для каждого рабочего цикла дизеля. Результаты исследования свидетельствуют, что на установившемся режиме работы дизеля данный изменяется в пределах 10-14%. Характерной особенностью работы дизеля является некоторое увеличение диапазона изменения коэффициента избытка воздуха на режимах низких нагрузок. Такая закономерность главным образом обусловлена снижением стабильности цикловой подачи по мере снижения её величины.

Результаты проведённого исследования дают возможность определить действительное значение коэффициента избытка воздуха в цилиндре дизеле при работе на установившихся режимах, что позволяет облегчить и углубить анализ эффективности рабочего цикла при использовании ВТЭ.

Список литературы:

1. *Chauvin J.* Real-time nonlinear individual cylinder air fuel ratio observer on a diesel engine test bench / *J. Chauvin, P. Moulin, G. Corde, N. Petit, P. Rouchon //* 16th Triennial World Congress, Prague, Czech Republic, - 2005 – С. 194-199.

2. *Марченко А.П. Универсальный* автоматизированный стенд для испытаний ДВС / *А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.Е. Самойленко, Д.В. Мешков* // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2006. – С. 140.

УДК 656.3

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНПОРТУ УКРАЇНИ

***С.А. СОРОКА*[1*], *Г.В. ОМЕЛЬЯНЕНКО*[2]**

[1]*магістр кафедри «Електричний транспорт та тепловозобудування», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2]*доцент кафедри «Передача електричної енергії», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: bwink@mail.ru*

Залізничний транспорт України має ряд певних особливостей, тим паче на теперішній стан нашої країни. По-перше це досить складна система. По-друге враховуючи особливу роль залізниці в економіці країни, перед державою стоїть завдання з модернізації усіх ланок залізничного господарства.

Насамперед треба сформувати вітчизняне виробництво електровозів, пасажирських та вантажних вагонів забезпечити їх ремонт та вдосконалення.

Також треба звернути увагу на те, що Україна знаходиться у зручному географічному розташуванні. Сьогодні українські залізниці являють собою могутню складову транспортного комплексу, який використовується в середньому на 70%. Основні особливості залізничного транспорту – це його наймогутніший технічний потенціал, універсальність, регулярність і відносна дешевизна. Незаперечна перевага залізничного транспорту України – поширена мережа залізниць, порівняно низька собівартість залізничного транспорту, надійність, безпека, екологічність. Здавалося б, всі пріоритети в наявності, і питання конкуренції залізницю хвилювати не повинні

Тому, одним з потенціалів підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту є комбіновані перевезення, які необхідно нарощувати. Застосування технології контрейлерних перевезень має і додаткові переваги: знижуються навантаження на автополотно, оскільки частина вантажопотоку переходить на залізничну колію, знижуються витрати залізниць на початкові-кінцеві операції, значно поліпшується екологічна обстановка.

На завершення, що сталий економічний розвиток залізничної галузі є завданням комплексним і вимагає певних зусиль від усіх гілок влади, та національного господарського комплексу в цілому.

Для цього необхідно вирішити певні законодавчі проблеми підвищити привабливість галузі, узгодити роботу всіх учасників транспортного ринку. Виконання вищезазначених заходів не тільки допоможе розвитку галузі, а й сприятиме розвитку країни в цілому, також поліпшиться добробут населення.

Список літератури:

1. *Самсонкін, В. М.* Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України» – 2007. – №1

УДК 629.4.064

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПРОЕКТ ПЕРСПЕКТИВНОГО ШВИДКІСНОГО ПОТЯГУ З ГІБРИДНИМ МЕХАНІЗМОМ НАХИЛУ КУЗОВА

***В.В. ТРУБІЦИН*[1*], *Д.І. ЯКУНІН*[2]**

[1]*магістрант кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2]*доцент кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: vetal@trubitsin@yandex.ua*

Попри складну економічну та політичну ситуацію, Україна міцно стоїть на шляху інтеграції до європейської спільноти. Після спрощення візового режиму, слід чекати на збільшення потоку туристів з розвинених країн Євросоюзу.

Введення до дії швидкісного потягу Інтерсіті + № 705/706 сполученням Київ – Львів – Перемишль, який вже 23 грудня 2016 року здійснив перший рейс, надає певності у актуальності зазначеного питання.

Проте залізниці України навряд чи спроможні надати належного рівня сервісу вибагливому європейському споживачеві. Відносно невеликі відстані та швидкісні транспортні сполучення привчили його не знаходитися в дорозі багато часу.

Суттєвим недоліком швидкісного електропоїзда виробництва Hyundai Rotem HRCS2, що здійснює міжнародні перевезення є те, що на наявній мережі Українських залізниць він не спроможний реалізувати увесь закладений до його конструкції швидкісний потенціал у 176 км/год [1]. Адже наявність обмежень за бічним прискоренням 0,7 м/с² у чисельних кривих ділянках шляху, вимагає зменшення швидкості руху на них, унаслідок чого загальний час у дорозі суттєво збільшується.

Також пріоритетнім явищем для нашої держави має бути налагодження власного виробництва швидкісного рухомого складу, підтвердженням чого є введення до експлуатації 24 червня 2014 року міжрегіонального швидкісного двосистемного електропоїзду ЕКр1 “Тарпан” з конструкційною швидкістю до 200 км/год [2], створеного на Крюківському вагонобудівному заводі (м. Кременчук, Полтавської області).

Наявність власних виробничих потужностей дає можливість модернізації власного рухомого складу, через облаштування візків швидкісного поїзда пристроями для нахилу кузову у кривих ділянках шляху. Ця технологія є апробованою та широко вживаною у світовій практиці [3].

Силовим приводом систем нахилу може бути як гідравлічна, так і пневматична, а у останній час найбільше - електромеханічна система. Зараз у такому приводі використовують ротативні електродвигуни у поєднанні з гвинтовою парою, що обмежує демпфування і виключає само повернення

системи до похідного стану при відмові силових ланок. Цього можна уникнути, використовуючи у якості приводу лінійний двигун, який забезпечує безпосереднє перетворення електричної енергії в механічну.

Мета роботи: Розробка електромагнітного ступеню комбінованої системи нахилу кузову для швидкісного електропоїзда.

Задачі дослідження:

- розробити математичну та імітаційну моделі динамічних процесів, що протикають у комбінованій системі нахилу кузова швидкісного електрорухомого складу;
- визначити залежності змін у часі основних показників комбінованої системи нахилу кузова;
- запропонувати концепцію механізму нахилу для швидкісного електропоїзда ЕКр1 «Тарпан».

В роботі розглянуто конструкції рухомого складу із кузовами, що нахиляються. Проаналізовано декілька типових схем механізмів нахилу та силового приводу. За базову обрано схему примусового нахилу із використанням силового приводу на базі лінійного електродвигуна.

Запропоновано використати «гібридну» систему нахилу кузова, що забезпечує нахил на 5° за рахунок електромагнітного приводу, та додатковий нахил на кут до 2° за рахунок керування другим ступенем ресорного підвішування візка [4].

Розроблено математичну модель, яка складається з трьох основних блоків, що описують механічну частину системи нахилу кузова, систему електромеханічного перетворення енергії, а також пневматичне підвішування, що працює в режимі нахилу кузова. Оскільки рішення системи рівнянь є досить складним і громіздким завданням, для моделювання механічній частині приводу нахилу використано середовище MATLAB Simulink і його складову SimMechanics.

Знайдені основні залежності енергетичніх показників приводу нахилу, запропоновано концептуальний проект електромеханічної системи для нахилу кузова поїзда. Описано основні складові системи нахилу.

Побудовано модель візка з комбінованою системою нахилу кузова. Отримано тягову та навантажувальну характеристики запропонованого механізму. Показана задовільна їх відповідність.

Список літератури:

1. Железнодорожное издательство «Подвижной состав» http://railway-publish.com /hyundai-rotem-hrcs-001.html.

2. ПАТ “Крюківський вагонобудівний завод” http://www.kvsz.com/index.php?option =com_content&view=article&id=466&Itemid=485&lang=ru.

3. *Якунин Д.И.* Поезда с наклоняемыми кузовами для скоростного пассажирского движения // *В.И. Омельяненко, Г.В. Кривякин, Д.И. Якунин, Е.С. Редченко* / Локомотивинформ.- Харьков: Техностандарт, 2008.– № 5. - С.12-17.

4. *Якунін Д.І.* Моделювання комбінованої системи нахилу кузову швидкісного рухомого складу залізничного транспорту // *Б.Х. Єріцян, Б.Г. Любарський, Д.І. Якунін* / Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2016. - №9 (80). С. 4-17.

УДК 665.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТОЧАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЕЛЕКТРИФІКОВННОЇ ДІЛЯНКИ ЗАЛІЗНИЦІ З СКЛАДНОЮ СХЕМОЮ ЖИВЛЕННЯ

О.Л. ЦИБА [1*], ***В.Т. ДАМАНСКИ*** [2]

[1]*студент НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*професор НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: aleksandr955742@yandex.ru*

Мета роботи: Імітаційно смоделювати систему електропостачання постійного струму електрифікованої ділянки залізниці з складною схемою живлення

Ідея: За допомогою імітаційного моделювання розробити працюючу схему електропостачання постійного струму. Це дасть змогу швидко і якісно перевірити працездатність схеми, зменшивши при цьому і час, і фінансову складову.

Пропозиції і рішення: Перевірити систему електропостачання на можливість функціонування.

Імітаційно змодельована система показала позитивні числа, і може бути використана для роботи на залізниці.

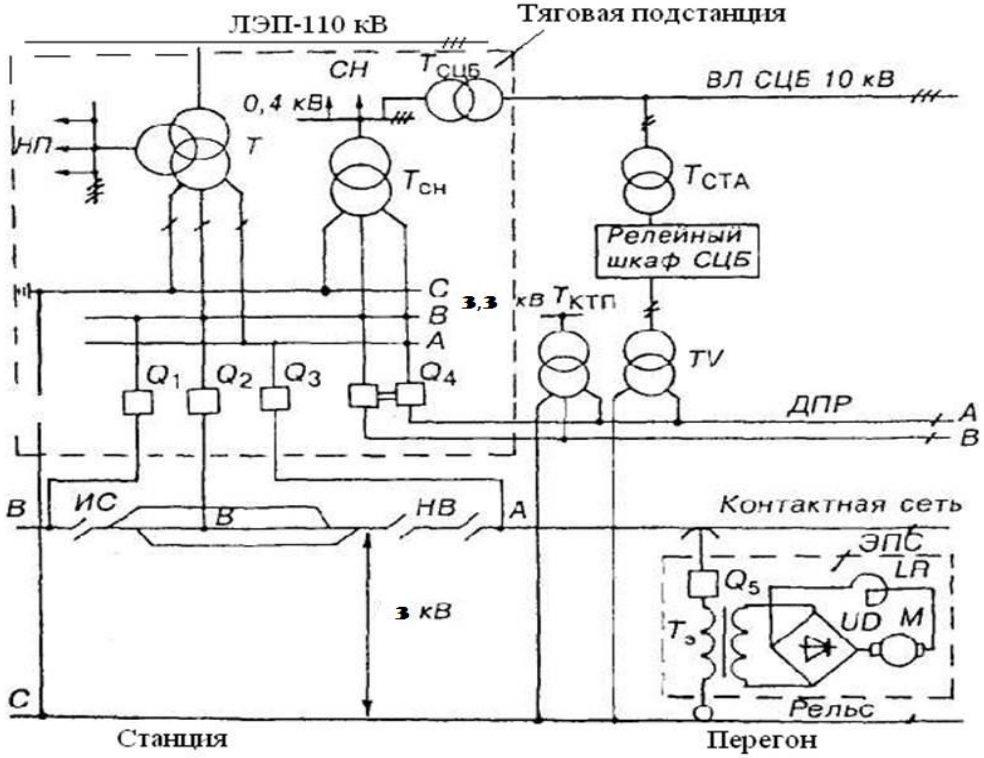


Рис. 1 – Схема електропостачання електрифікованої ділянки залізниці постійного струму

Напруга з трансформатора Т подається на шини А, В,С 3,3Квт і використовуються для живлення ЕПС через тягову мережу.

Для рівномірного завантаження всіх трьох фаз системи зовнішнього електропостачання в тягову мережу станції і перегону зліва подається напруга, що відрізняється по фазі від напруги, що подається в тягову мережу перегону справа.

Контактна мережа перегону зліва від станції отримує живлення від шин фази В через вимикач Q1, по живлячій лінії тягова рейка підключена до шини фази С, яка на підстанції заземляється, контактна мережа станції отримує живлення від шини фази В через вимикач Q2, перегін справа споживається від фази А через вимикач Q3.

Контактна мережа станції відділяється від перегону зліва ізолюючим сполученням ИС, а від перегону справа – нейтральною вставкою НВ, що складається з двох ізолюючих сполучень.

Нейтральна вставка дозволяє струмоприймачу ЕПС переходити з фази В станції на фазу А перегону, не створюючи короткого замикання між фазами, оскільки ізолюючі сполучення НВ перекриваються струмоприймачем по черзі. Після подачі напруги в тягову мережу вимикачами Q1, Q2, Q3 машиніст може піднявши струмоприймач електровоза і включивши вимикач Q5, подати напругу на первинну обмотку тягового трансформатора електровоза Т. Напруга, що знімається з вторинної обмотки Т, випрямляється випрямлячем UD і через згладжуючий реактор LR підводиться до тягових двигунів М, через які протікає струм. Обертання двигунів приводить ЕПС в рух. Від шин 3,3Квт тягові підстанції отримують живлення також не тягові споживачі.

Для цього через вимикач Q4 до шин А і В підключено два дроти, прокладенні на опорах контактної мережі с польовою сторони третім дротом цієї системи є рейка.

Система отримала назву ДПР (два проводи рейки). Знижувальні трансформатори комплектних трансформаторних підстанцій споживачів ТКТП підключається до проводів і рейки системи ДПР, знижують напругу до величини необхідної споживачеві.

Список літератури:

1. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія: підручник / *В. Г. Дяченко* ; За ред.. *А. П. Марченка*. – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. –488 с.

2. Теория двигателей внутреннего сгорания. Под ред. проф. д-ра техн.. наук *Н. Х. Дьяченко.* Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1974, 552 с.

3. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. Пособие для вузов./*А. И. Колчин, В. П. Демидов* – 3-е изд. перераб и доп. – М.: Высш шк., 2002. – 496 с.

4. *Орлин А.С.* и др. Двигатели внутреннего сгорания. Конструкция и расчет поршневых и комбинированных двигателей. – М.: Машиностроение. 1972 –464 с.

УДК 62-578.3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗДВОЄНОЮ МУФТОЮ ЗЧЕПЛЕННЯ ТРАКТОРА

***Д.Ю. ЦУКАР*[1*]*, М.Є. СЕРГІЄНКО*[2]

[1] *магістрант кафедри АіТ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри АіТ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: 123oniks321@mail.ru*

Підвищення ефективності роботи сільськогосподарських підприємств безпосередньо пов'язане з розвитком машинобудівного комплексу, важливою частиною якого є тракторобудування.

У сучасних тракторах та інших транспортних і тягових машинах одним з агрегатів трансмісії є муфта зчеплення. Довговічність роботи, система управління даного вузла не завжди в повній мірі відповідає сучасним вимогам.

Муфта зчеплення насамперед призначена для передачі крутного моменту від двигуна до коробки передач трактора. Крім цього вона повинна виконувати наступні функції: плавний розгін трактора з місця, короткочасне роз'єднання двигуна від трансмісії при перемиканні передач, без ударне включення передач, запобігання впливу на трансмісію великих динамічних навантажень, які виникають на перехідних режимах руху.

Метою роботи є розробка оригінальної системи управління здвоєним зчепленням, яка забезпечує зниження витрат енергії на управління та переключення передач без розриву потоку потужності.

Запропонована система управління двухпоточною непостійною замкнутою, здвоєною муфтою зчеплення транспортного засобу дозволяє вибірково передавати крутний момент на парні і непарні передачі і навпаки рядів коробки передач за допомогою автоматичної системи керування або водія, покращуючи експлуатаційні якості за рахунок скорочення часу переключення передач, зниження витрат енергії на управління, можливості регулювання часу включення фрикційних пар.

Розроблена система управління муфтою зчеплення дозволяє також покращити умови праці оператора машино тракторного агрегату, автоматизувати процес управління передачею моменту від ДВЗ на коробку передач.

Список літератури:

1. *Барский И. Б.,* Сцепления транспортных и тяговых машин/ *С. Г. Борисов, В. А. Галягин//* Машиностроение.- 1989.-С. 344.

2. *Шарипов В. М.,* Трансмиссии тракторов (конструкция)/ *И. М. Эглит, А. П. Парфенов, Ю. С. Щетинин* // МГТУ «МАМИ».-1999.- С. 245.

3. *Сергієнко М. Є.* 101711 Двопотокова муфта зчеплення [Текст] / *М. Є. Сергієнко, А. М. Сергієнко, О.І. Худолій* // Патенты и изобретения: Изобретения, – 2013.

УДК 62-1/-9

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СИСТЕМИ НАХИЛУ КУЗОВІВ ШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ

***Д.О. ЧЕРНИХ*[1*], *О.С. АФАНАСЬЄВА*[2]**

[1] *магістрант кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *старший викладач кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

[*] *email:dimas.x7@gmail.com*

У сучасну епоху розвитку світового співтовариства, коли зростання економіки окремої країни або регіону багато в чому визначається транспортною політикою держави, вельми важливими критеріями ефективності роботи міжміського пасажирського транспорту є швидкість і пропускна здатність. На залізницях передових у технічному відношенні країн їх вдалося істотно підвищити, впровадивши високошвидкісний електричний транспорт[1]. Високошвидкісним є електричний транспорт, який в стані проходити більшу частину протяжності колії зі швидкістю понад 200 км/год. Він являє собою сукупність якісно нового рухомого складу та відповідної їй інфраструктури – колій, систем електропостачання та управління рухом.

Цей транспорт, з позиції впровадження, являє собою досить складну, трудомістку і дуже витратну технологію. Вартість 1 км шляху коливається в межах € 18...50 млн. Така ж вартість і одиниці рухомого складу. Менш витратною технологією є швидкісний рух в інтервалі 150-200 км/ч. Цього можна досягти на існуючих лініях при використанні рухомого складу з кузовами, що нахиляються. Створення рухомого складу з кузовами, що нахиляються, являє собою раціональний спосіб скорочення тривалості поїздок швидкісних поїздів по дорозі з великим числом кривих малого радіуса. Перспективність застосування технології нахилу кузовів для швидкісного руху підтверджується успішною експлуатацією в 15 країнах світу понад 60 типів поїздів, створених провідними світовими виробниками залізничного рухомого складу. У цих поїздах в якості силового приводу систем нахилу використовуються пневматичні, гідравлічні, електрогідравлічні та електромеханічні системи, які мають як ряд незаперечних переваг, так і суттєві недоліки. До переваг гідравлічної системи можна віднести високий робочий тиск при доволі компактних габаритах. Електрогідравлічний привід забезпечує нахил за рахунок руху поршня в циліндрі під дією різниці тисків, що створюється нагнітає гідронасосом з електроприводом. Гасіння коливань здійснюється окремим демпфуючим контуром. Такий привід виключає необхідність наявності резерву робочої рідини, що робить його компактним, простим в обслуговуванні з більш ефективним демпфіруванням.

Пневматичний силовий привід володіє наступними перевагами: робоче середовище завжди в наявності, його поповнення не викликає труднощів, до того ж можливий відбір стисненого повітря від уже існуючої на поїзді гальмівної магістралі. Електромеханічний привід являє собою сукупність крокового електродвигуна, редуктора і гвинтової пари, що забезпечує лінійне переміщення штока. Для нього характерні мала потреба в догляді, простота налаштування і зміна швидкості регулюючого впливу.

З недоліків можна виділити наступні: гідравлічна система має велику кількість магістралей і апаратів, що працюють під високим тиском, що знижує загальну надійність системи і підвищує ймовірність витоку робочої рідини. Пневматична система, устрій якої, по суті, аналогічно гідравлічної, має збільшений час спрацювання внаслідок невисокої щільності робочого середовища – повітря. Електромеханічна система, застосовувана на сучасних потягах, не забезпечує можливості самоповернення кузова у вихідне положення при відключенні живлення або інших аварійних ситуаціях, що безпосередньо впливає на безпеку руху.

Таблиця 1 – Порівняння показників силових приводів нахилу кузова

Тип приводу	Швидкодія	Маса і розмір	Складність	Самопо-вернення
Пневматичний	погано	добре	відмінно	відмінно
Гідравлічний	відмінно	відмінно	погано	відмінно
Електрогідравлічний	відмінно	добре	добре	відмінно
Електромеханічний	відмінно	відмінно	відмінно	погано

Усунути вказані недоліки існуючих силових приводів є можливим шляхом використання лінійного двигуна електромагнітного типу постійного струму в якості силового приводу системи нахилу.

Проект силового приводу такого типу вже був розроблений в НТУ «ХПІ». Однак запропонована схема передбачає при нахилі кузова в одну сторону використання тільки одного з двох лінійних двигунів, що обумовлює незадовільні масогабаритні показники силового приводу.

Таким чином, науково-практична задача, спрямована на зниження масогабаритних показників електроприводу системи нахилу кузовів швидкісних поїздів за рахунок вдосконалення кінематичної схеми механізму нахилу, є актуальною.

Список літератури:

1.*Корниенко* В.В. Высокоскоростной электрический транспорт. Мировой опыт / В.В.*Корниенко*, В.И.*Омельяненк*о —Харьков: НТУ «ХПИ», 2007.—159с.

УДК 629.4.075

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗГОНУ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ З ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНИМИ ТРАНСМІСІЯМИ

***Д.О. ЧЕРНИШЕВ*[1], *Б.І. КАЛЬЧЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри автомобіле- та тракторобудування, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри автомобіле- та тракторобудування, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

Аналізуючи світові тенденції розвитку сучасного тракторобудування, необхідно підкреслити, що розвиток конструкцій трансмісій спостерігається в напрямку збільшення діапазонів ступеневого регулювання, забезпечення одночасної роботи приводів рушіїв та відбору потужності, застосування пристроїв безступінчастого регулювання, а також за рахунок вдосконалення механізмів управління елементів трансмісії [1]. З кожним роком великого розповсюдження набувають безступінчасті трансмісії: гідромеханічні, гідрооб'ємно-механічні (ГОМТ), електромеханічні, з механічним варіатором.

Розгін трактора з ГОМТ в складі машинно-тракторного агрегату – це несталий процес, який має свої аспекти при дослідженні техніко-економічних показників в ході виконання тягових операцій, тому обрана тема є актуальною.

В роботі розглянуті питання щодо дослідження процесу розгону колісних тракторів з безступінчастими ГОМТ. Проаналізовано роботу безступінчастої ГОМТ–1С, яка виконана внаслідок співробітництва вчених кафедри автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХПІ» та спеціалістами АТ «ХТЗ». Окрім того, дослідження розгону проводилось для двох ГОМТ, що виконані за схемним принципом диференціал на виході [2]. При виконанні тягових операцій розглядався процес оранки, як найбільш енерговитратний. При математичному моделюванні процесу розгону з безступінчастими ГОМТ в економічному режимі роботи двигуна підбирались такі передавальні відношення в механічній частині трансмісії, щоб забезпечити експлуатаційну швидкість машинно-тракторного агрегату при виконанні операції оранка. В ході дослідження аналізувалась робота обраних трансмісій при номінальних обертах колінчастого валу двигуна та в економічному режимі. З'ясовано, що показники перепаду робочого тиску в гідрооб'ємній передачі та необхідної потужності двигуна мають, відповідно, на 6% і 9,7% менші значення при роботі в економічному режимі, а показник ККД ГОМТ на 3% більше.

Список літератури:

1. *Шарипов, В.М., Эглит, И.М., Парфенов, А.П., Щетин, Ю.С,* Трансмиссии тракторов (конструкция). Под ред. В.М. Шарипова. – М.: МГТУ «МАМИ», 1999. – 245 с.

2. *Самородов, В.Б.* Основные параметры гидрообъемно-механических трансмиссий, работающих по схеме "дифференциал на выходе" / *В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – № 3/7 (57). – С. 4 – 12.

УДК 621.43

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВИГУНА 11ГД100М ПРИ РОБОТІ НА ШАХТНОМУ ГАЗІ

***Д.О. ЧІБІСОВ*[1], *С.С. КРАВЧЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри двигунів внутрішнього згоряння, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *асистент кафедри двигунів внутрішнього згоряння, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

Відомо, що Україна значно залежить від імпорту природного газу та нафти. Постійне зростання тарифів на традиційні енергоносії та посилення норм викидів шкідливих речовин спонукає дослідників до пошуку та реалізації способів економії цих енергоресурсів, підвищення ККД енергоустановок, використання альтернативних палив. В роботі проведені розрахункові дослідження впливу компонентного складу шахтного газу на робочий процес та показники газового двигуна 11ГД100М. Показано, що при використанні ШГ (вміст CH_4 від 30 до 90% об.) на режимі номінальної потужності показники ефективності циклу майже не змінюються у порівняні з роботою на природному газі. Проте, слід відзначити збільшення в 1,2-11 разів об'ємної витрати ШГ внаслідок суттєвого зменшення нижчої теплоти згоряння. На режимах часткових навантажень показники паливної економічності двигуна при використанні ШГ погіршуються внаслідок значного зростання коефіцієнту надлишку повітря в циліндрі (до α=2,8) та зменшення температури циклу.

Виконана оптимізація параметрів форкамери двигуна, з метою забезпечення якісного запалювання паливо-повітряної суміші як в форкамері так і в циліндрі двигуна. Результати свідчать, що при використанні ШГ потрібно збільшувати енергію іскрового розряду на електродах свічки запалювання та/або подавати до форкамери природний газ в якості додаткового палива.

Зниження теплотворної здатності шахтного газу передбачає збільшення циклової подачі для отримання незмінної потужності двигуна 11ГД100М. Для забезпечення відповідної циклової подачі палива запропоновано збільшувати прохідні перетини газової апаратури, збільшувати тиск в системі подачі газу та дублювати газову апаратуру.

Визначено, що при використанні ШГ в двигунах 11ГД100М потрібно зменшувати тиск наддувочного повітря на 6-12% та збільшувати його температуру на 3-7%. Ступінь стиску є залишається не змінною, кут випередження запалювання змінюються для різного складу ШГ у незначних межах (1-4 гр.п.к.в.). Запропоновані значення параметрів забезпечують підвищення індикаторного ККД двигуна на 2-8%.

Список литературы:

1. *Марченко А.П. Универсальный* автоматизированный стенд для испытаний ДВС / *А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, Д.Е. Самойленко, Д.В. Мешков* // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2006. – С. 140.

УДК 629.429.3:621.313

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ АСИНХРОННИХ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ

***А.К. ШЕВЧЕНКО*[1*], *О.М. ПЕТРЕНКО*[2], *Б.Г. ЛЮБАРСЬКИЙ*[3]**

[1] *магістрант кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *здобувач кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[3] *професор кафедри електричного транспорту та тепловозобудування, д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: lboris1911@ukr.net*

У основі математичної моделі нагріву асинхронного тягового двигуна (АТД) лежить основний закон теплопровідності, сформульований Фур'є у результаті аналізу експериментальних даних. Цей закон встановлює кількісний зв'язок між тепловим потоком і різницею температур в двох точках тіла: кількість переданої теплоти пропорційна градієнту температури, часу і площі перерізу F, перпендикулярному до напряму поширення теплоти.

Якщо кількість переданої теплоти віднести до одиниці часу, то сформульована залежність виразиться таким чином:

$$p = -\lambda \cdot F \cdot grad\theta, \qquad (1)$$

де p – кількість переданої теплоти, віднесена до одиниці часу, тобто потужність; λ – коефіцієнт теплопровідності; F – площа перерізу, перпендикулярного до напряму поширення теплоти; θ – температура точок тіла.

Для вирішення задач по визначенню температурного поля використовують диференціальне рівняння теплопровідності, яке виводиться на основі закону збереження енергії і закону Фур'є. При виведенні рівняння розглядається нестаціонарне тривимірне температурне поле в однорідному твердому тілі, з розподіленими за об'ємом джерелами теплоти.

Після перетворення рівняння теплового балансу набирає вигляду:

$$\Delta P = C \cdot \frac{d\theta}{dt} + A \cdot (\theta - \theta_c), \qquad (2)$$

де $C = c \cdot G$ – теплоємність тіла; $A = \alpha \cdot F$ – коефіцієнт тепловіддачі тіла.

В роботі [1] пропонується універсальна еквівалентна теплова схема, що дозволяє виконувати теплові розрахунки нестаціонарних режимів роботи АТД за різних систем охолодження. Розглянуто використання універсальної теплової схеми для теплових розрахунків асинхронних двигунів регульованих електроприводів.

Нагрів АТД залежить від режиму його роботи і величини навантаження. На нагрів АТД впливають співвідношення тривалості періодів роботи (режим

тяги, гальмування або підтримання заданої швидкості руху) і пауз (режим вибігу або механічного, пневматичного гальмування) між ними або періодів роботи з повним і частковим навантаженням, характер протікання перехідних процесів.

У тяговому електроприводі двигуни найчастіше працюють в режимі, що перемежається. Цикл включає періоди роботи поперемінно на різних частотах обертання з різними режимами роботи АІН, що забезпечує його живлення, і періоди переходів від одних частот обертання до інших. При перехідних процесах від однієї частоти обертання, що встановилася, до іншої збільшуються втрати, що впливає на зростання температур конструктивних елементів. Таким чином для визначення теплового стану АТД у кожному з режимів роботи необхідно визначитися скласти систему рівнянь для кожного з тіл з конструкції АТД. Кількість та вид рівнянь залежить від конструктивних особливостей системи обходження двигуна.

Рішення цієї системи першого порядку, методом Рунге-Кутта, дозволяє розглянути зміну температур конструктивних елементів АТД при перехідних процесах. Адекватність математичної моделі істотно підвищується при врахуванні змін на кожному кроці інтегрування як втрат (у тому числі від усіх вищих гармонік, що враховуються), так і теплової провідності.

Проведено ідентифікація елементів теплових схем АТД на підставі теорії теплових процесів в електричних машинах. Визначено параметри зовнішніх та вбудованих мотор-вентиляторів. На прикладі асинхронного двигуна АД 917 було розглянуто результати моделювання теплового процесу нагріву його до сталої температури.

Встановлено наступне. Нагрів до сталої температури при внутрішній вентиляції здійснено близько за 900..1000с постійна часу нагріву складає близько 265..290с. Найбільшу постійну часу має температура ротора. Він також має найбільшу температуру нагріву, що складає 132,3 °С в режимі однократної ШІМ та 107,6 °С при просторово-векторному режимі ШІМ. Це обумовлено меншою ніж статор площею теплообміну. Найбільш температурно навантаженою частиною статора є лобова частина його обмотки стала температура якої досягає 114,6 °С в режимі однократної ШІМ та 89,1 °С при просторово-векторному режимі ШІМ. Найбільше температурне навантаження цієї частини обумовлено можливістю лише конвекційним теплообміном цієї частини обмотки. Більша сталі температури двигуна в режимах однократної ШІМ обумовлені додатковими втратами від вищих гармонійних. Сталі температури обмотки статора двигуна не перевищують максимально допустимі температури для ізоляції класу Н при температурі навколишнього середовища 40 °С, що застосовано на цьому АТД.

Список літератури:

1. *Петрушин В.С.* Расчет температур конструктивных элементов асинхронных двигателей в динамических режимах / *В.С. Петрушин, С.В. Рябинин, А.М. Якимец* // Вісник Національного університету «Львівська политехніка», – 2000. – № 403. – С. 145 – 149.

УДК 621.43

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ І ДИНАМІКИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНІЗМУ СТАЦІОНАРНОГО ДВИГУНА 11ГД100М ІЗ СИСТЕМОЮ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИКЛІВ

***В.С. ЯРОВИЙ*[1*], *О.О. ОСЕТРОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри двигунів внутрішнього згоряння, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: osetrov2010@gmail.com*

В Україні накопичений значний досвід створення та надійної експлуатації потужних газових двигунів сімейства ГД100 (11ГД100, 11 ГД100М, 17ГД100, 15ГД100Б, 1ГД100 та інш.). Ці двигуни мають високі показники паливної економічності на режимах високих навантажень, що пов'язано із специфічною організацією робочого процесу – форкамерно-факельним запалюванням паливо-повітряної суміші та якісним сумішоутворенням. Проте на режимах малих і середніх навантажень внаслідок значного збіднення паливо-повітряної суміші відбувається збільшення неповноти згоряння палива, погіршення паливно-економічних і екологічних показників.

Покращити показники двигуна на режимах часткових навантажень і холостого ходу можливо відключенням циліндрів або циклів (спосіб регулювання потужності зміною робочого об'єму двигуна) [1]. Відключення групи циліндрів або окремих циклів дозволяє здійснити робочий процес у працюючих (невідключених) циліндрах на режимах з більшими навантаженнями, за яких ефективність роботи двигуна є найбільшою, і, як наслідок, покращити паливну економічність двигуна.

В роботі запропоновано спосіб відключення циклів двигуна, згідно з яким прийнято, що для забезпечення ефективної та надійної роботи двигуна при відключенні циліндрів або циклів потрібно витримувати умову знаходження коефіцієнта надлишку повітря в циліндрі α в межах 1,8–2,0. Означений спосіб регулювання забезпечує незмінність максимального тиску згоряння, індикаторного ККД, якості і повноти згоряння в робочих циліндрах в усьому діапазоні робочих навантажень.

Результати виконаних розрахунків показують, що при використанні запропонованого способу регулювання відбувається суттєве покращення експлуатаційних показників двигуна. Зокрема, на режимі 50 % N_e витрата палива зменшується в 1,6 рази, а на режимі 25% N_e - в 3 рази.

В роботі досліджено динаміку кривошипно-шатунного механізму двигуна із системою відключення циклів. На рис. 1 представлено значення ступеня нерівномірності обертання колінчастого валу $\bar{\delta}$ і нерівномірності крутного моменту двигуна $\bar{\mu}$ (у відносних одиницях, тобто віднесених до відповідних значень параметрів на режимі номінальної потужності).

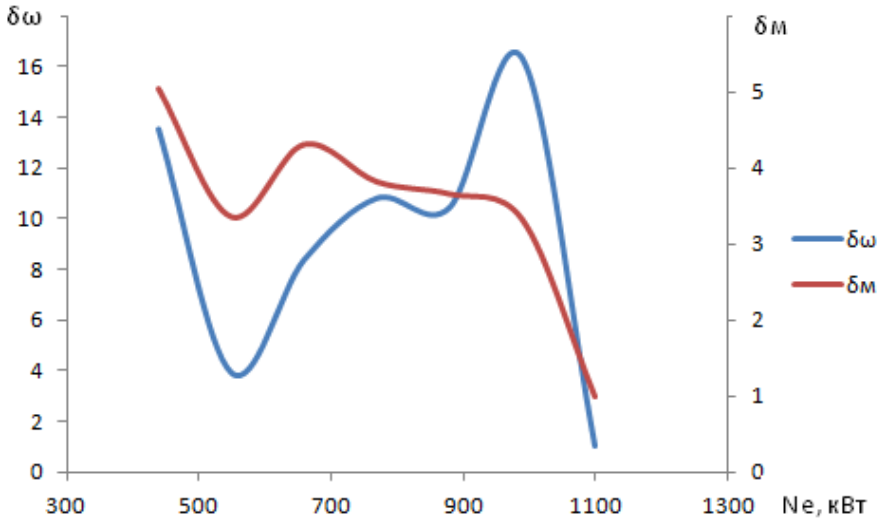


Рис. 1 – Нерівномірність обертання колінчастого валу і крутного моменту двигуна на режимах навантажувальної характеристики

З рис. 1 видно, що максимальні значення нерівномірності обертання колінчастого валу спостерігаються на режимах 990 і 440 кВт, тобто при відключенні відповідно 1 і 6 циліндрів. Нерівномірність обертання на цих режимах збільшується відповідно в 16,3 і 17,8 разів. Нерівномірність крутного моменту найбільша на режимах 990 і 770 кВт, тобто при відключенні 1 і 4 циліндрів. Відносне збільшення нерівномірності крутного моменту на означених режимах складає 5,1 і 4,4 разів.

Проаналізовано вплив порядку відключення циклів в порядку роботи циліндрів двигуна на нерівномірність обертання колінчастого валу. Показано, що порядок відключення циклів суттєво впливає на нерівномірність обертання колінчастого валу. Так, наприклад, при відключенні п'яти циліндрів різниця в значеннях нерівномірності обертання може складати 400% для різних варіантів послідовності відключення циклів. Побудовано алгоритм відключення робочих циклів, що забезпечує мінімальну нерівномірність обертання колінчастого валу двигуна.

Аналіз результатів розрахунків нерівномірності обертання колінчастого валу показує, що незважаючи на значне збільшення δ на режимах часткових навантажень, воно не перевищує припустимих значень цього параметра, які для двигунів-генераторів струму складають 0,001. Це пов'язано насамперед із великою кількістю робочих циліндрів двигуна та великим моментом інерції ротора генератора.

Список літератури:

1. *Осетров О.О.* Відключення циклів як захід покращення показників стаціонарного двигуна 11ГД100М на режимах часткових навантажень і холостого ходу / *Осетров О.О., Кравченко С.С., Яровий В.С.* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – № 2. – С. 3-8.

СЕКЦІЯ 5. ЕНЕРГЕТИЧНІ, ТЕПЛОФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 621.224

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО КОЛЕСА НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ РАДІАЛЬНО-ОСЬОВОЇ ГІДРОТУРБІНИ

Б.А. ДМИТРІЄВА [1*], О.В. ДМИТРІЄНКО [2]

[1] магістр кафедри «Гідравлічні машини», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2] доцент кафедри «Гідравлічні машини», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*]email: dmitrieva.bogdana@yandex.ru

У наш час вітчизняне гідротурбобудування займає одну з перших позицій у світі. Велика кількість ГТ різноманітних типів загальною потужністю 35 млн. кВт вітчизняного виробництва експлуатується на вітчизняних гідроелектростанціях та за кордоном. Особлива увага, що приділяється будівництву ГЕС та ГАЕС, пояснюється їх незаперечними перевагами перед тепловими та атомними електростанціями. Такими як: висока ефективність використання гідроенергії на ГЕС; собівартість 1кВт енергії що виробляється на ГЕС, значно дешевше ніж на теплових станціях; сучасні ГЕС – це повністю автоматизовані підприємства, де участь людей в управлінні агрегатами зведено до мінімуму; ГТ надійні в експлуатації та постачанні споживачів електроенергією; висока маневреність ГТ; використання енергії, що безперервно поповнюється. Одним з основних методів удосконалення енергетичних характеристик гідротурбін є внесення змін у геометрію проточної частини. Це пов'язане з тим, що в цей час відсутнє досить точне рішення завдання профілювання лопатевої системи (зворотного завдання теорії решітки) [1,2]. Проведення чисельного дослідження необхідно для вибору раціональних варіантів проточної частини в процесі її проектування. Рівняння математичної моделі є вихідними для розрахунку й аналізу параметрів оптимального режиму [2-4]. У даній роботі питання прогнозування та аналізу радіально-осьової гідротурбіни розглядаються стосовно до гідротурбіни типу РО 310. Метою даної роботи було вдосконалення проточної частини на основі аналізу енергетичних характеристик та чисельного дослідження впливу геометричних параметрів робочого колеса на енергетичні показники. На основі моделі осередненої вісесиметричної течії приблизно враховуючої зміщення поверхонь току при зміні режиму, проведено прогнозування та аналіз енергетичних характеристик радіально-осьової гідротурбіни [5]. Проаналізовані залежності різноманітних категорій втрат від геометричних та режимних параметрів. Були проведені чисельні дослідження енергетичного балансу, які дають можливість удосконалення проточної частини. Істотну частку втрат у загальному балансі на оптимальному режимі становлять циркуляційні та втрати на тертя. Для поліпшення енергетичних показників спроектованої проточної частини були проведені різноманітні розрахунки, у процесі котрих було досліджено вплив наступних геометричних параметрів: вхідні та вихідні геометричні кути уздовж вхідної та вихідної кромок лопаті робочого колеса, кут обхвату лопатевої системи.

Список літератури :1. Этинберг И.Э., Раухман Б.С. Гидродинамика гидравлических турбин// Л.: Изд-во Машиностроение , 1978. – 280с. **2.** Викторов Г.В. Классификация гидромашин и баланс энергии// Уч. пособие. - М., 1979. – 94с. **3.** Барлит В.В. Современные гидродинамические метода расчета лопастных систем и САПР гидромашин. – К.: УМК ВО, 1992. **4.** Топаж Г.И. Расчет интегральных гидравлических показателей гидромашин// Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1989. – 208с. **5.**Колычев В.А. Кинематические характеристики потока в лопастных гидромашинах// Учебное пособие. Киев: ИСС. - 1995. – 272с.

УДК 621.22

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРОТНИХ ГІДРАВЛІЧНИХ МАШИНАХ В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

***А.О. МАТВЄЄВ*[1], *К.С. РЄЗВА*[2*], *В.Е. ДРАНКОВСЬКИЙ*[3]**

[1]*магістрант кафедри «Гідравлічні машини», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*аспірант кафедри «Гідравлічні машини», НТУ «ХПІ», Харків, Україна*
[3]*професор кафедри «Гідравлічні машини», канд.техн.наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*
[*]*email: rezvayaks@gmail.com*

В останні роки в енергетичному балансі України на гідроенергетику припадає 6-8% від загального виробництва електроенергії. Для акумулювання енергії при низькому споживанні мережами електроенергії та віддачі при пікових навантаженнях використовують гідроакумулюючі електростанції.

Робочий процес перетворення гідравлічної енергії в механічну (або навпаки) супроводжується втратою частини енергії потоку. Втрати залежать від різних чинників. Тому при проектуванні проточних частин оборотних гідравлічних машин необхідним є прогнозування енергетичних характеристик. Для цього обирають режимні параметри (подача, частота обертів, потужність) та визначають втрати енергії та ККД (коефіцієнт корисної дії) для різних відкритій лопаток НА (направляючого апарату). Результатом цих розрахунків має бути розрахункова або універсальна характеристики спроектованої проточної частини для різних напорів гідромашини.

В даній роботі розглядається блочно-ієрархічний метод для визначення характеристик оборотних гідромашин. На першому етапі цього методу створюється математична модель робочого процесу декількох варіантів проточних частин на основі осереднених параметрів. Для подальшого контролю енергетичних параметрів необхідно провести розрахунки з використанням пакетів спеціальних програм. Основними критеріями проведення цих чисельних досліджень є правильно спроектована геометрія, задані початкові данні (тип розрахункової сітки, модель турбулентності, граничні умови).

Результати чисельного дослідження з використанням даних програм дають можливість отримати інформацію про втрати та розподіл досліджуваних параметрів в проточній частині гідромашини на стадії проектування. Це дозволяє проаналізувати вплив геометричних параметрів на енергетичні показники, змінити вихідну геометрію проточної частини, створюючи найбільш прийнятну проточну частину з високими енергетичними показниками.

Список літератури:

1. *Дранковский, В.Е.* Применение блочно-иерархического метода для определения гидродинамических характеристик обратимых гидромашин / *В.Е. Дранковский, К.С. Резвая* // Вестник НТУ "ХПИ". – 2015. – №45 (1154) – С. 60 – 63.

УДК 621.224

РАСЧЕТ ТРЕХМЕРНОГО ТЕЧЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТУРБИН С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА FLOW VISION

К.Ф. МАТВЕЙЧУК*[1], *Е.С. КРУПА*[2]

[1] *магистрант кафедри «Гидравлические машини», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедри «Гидравлические машини», канд.техн.наук НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: zhekr@ukr.net*

С развитием методов математического моделирования и внедрения в инженерную практику ЭВМ появилась возможность замены физического эксперимента численным.

Применение численного моделирования чрезвычайно расширяет возможности анализа влияния геометрических параметров на кинематические и энергетические характеристики.

Численный эксперимент позволяет оценить влияние отдельных геометрических параметров не только на энергетические характеристики гидротурбины в целом, но и на кинематические характеристики отдельных ее элементов, а также на категории потерь в этих элементах.

Последние позволяют наметить пути для уменьшения отдельных видов потерь, дает основу для совершенствования энергетических характеристик гидротурбины в целом.

Численное моделирование включает в себя этапы построения математической модели рабочего процесса и разработки методики численного исследования влияния геометрических и режимных параметров на энергетические характеристики гидротурбины.

Одним из положительных факторов численного моделирования является возможность исследования свойств объекта в большом диапазоне изменения параметров и при разном их сочетании.

В последние годы был достигнут существенный прогресс в создании средств моделирования и расчета течений жидкости, позволяющие выполнять расчет со столь высокой достоверностью полученных результатов, что необходимый объем эксперимента во многих случаях сводится к минимуму.

При проведении целенаправленных модификаций проточной части (ПЧ) спрогнозировать параметры, выдаваемые гидротурбиной, возможно лишь по сравнительным результатам расчета картин течения жидкости внутри заданной области проточной части.

В данной работе для численного исследования пространственного потока в ПЧ капсульного гидроагрегата ПЛГК-25, с диаметром рабочего колеса (РК) $D = 1$м на оптимальном режиме работы, был использован программный комплекс Flow Vision.

Одним из главных этапов решения задачи является выбор модели расчета. Для нашей задачи расчета капсульного гидроагрегата ПЛГК-25 для всех трех расчетных областей была задана модель расчета с названием «Несжимаемая жидкость» и принята *k-ε* модель турбулентности.

На рис.1 представлено сравнение значений относительных скоростей вдоль среднего профиля РК гидротурбины ПЛГК-25, определенных по методу ЦКТИ и по Flow Vision. Расхождение значений скоростей, определенных по этим двум методам, находится в пределах 5%.

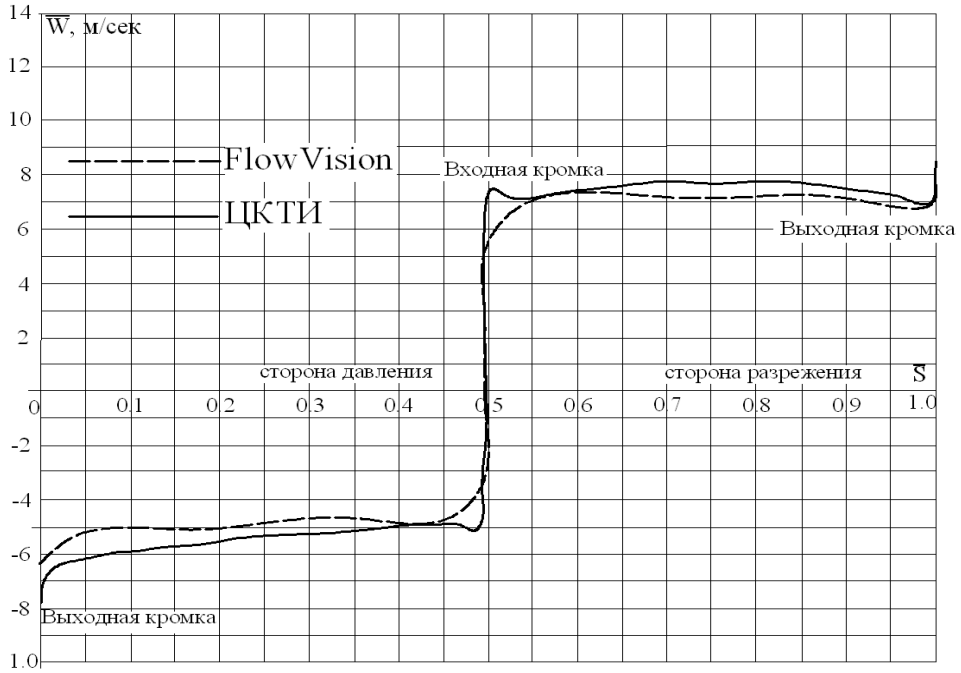


Рис. 1 – Сравнение относительных скоростей вдоль среднего профиля РК гидротурбины ПЛГК - 25

Список літератури:

1. *Аксенов А.А.* Программный комплекс FlowVision для решения задач аэродинамики и тепломассопереноса методами численного моделирования / *А.А. Аксенов, А.В. Гудзовский* // Третий съезд Ассоциации инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике: сб. докладов. Москва.–1993.–С. 114-119.

2. *Елин А.* Тестирование пакета CFX-5 на примерах течения жидкости и газа в проточных частях насосов специализации «ВНИИАЭН»: моделирование течения в проточной части промежуточной ступени многоступенчатого центробежного насоса / *А. Елин, С. Луговая, Е. Колесник [и др.]* // Научно-практический журнал «Насосы и оборудование». – Киев, 2007. – №6(47). – С. 42–46.

3. *Потетенко О.В.* Тенденции продвижения горизонтальных прямоточных и радиально-осевых гидротурбин на высокие напоры с широким диапазоном эксплуатации / *О.В.Потетенко, В.Э. Дранковский, Е.С. Крупа [и др.]* / Вісник Сумського державного університету. – Суми, 2010. – №3. – С. 125–135.

УДК 621.224

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫХОДНОЙ КРОМКИ ЛОПАСТИ И ЕЁ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ УГЛОВ НА ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ

***А.В. РОЖЕЦ*[1*], *К.А. МИРОНОВ*[2]**

[1] *магистр кафедры «Гидравлические машины», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры «Гидравлические машины», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: anna-rozhec@mail.ru*

Разработка современных гидротурбин, которые имеют высокие энергокавитационные показатели и повышенную быстроходность, стала возможной благодаря использованию современных теоретических и экспериментальных методов исследования рабочего процесса и проектирования проточной части при применении современных прикладных программ [1].

В данном докладе будет рассмотрена методика прогнозирования и анализа кинематических и энергетических характеристик, которая позволяет определять кинематические (скорости, углы потока) и энергетические параметры (баланс потерь энергии и КПД) в заданном диапазоне режимных параметров. $n`_I$, $Q`_I$. Эти данные необходимы для оценки отдельных видов потерь (трения, кромочных, ударных и др.) и степени согласования элементов проточной части. Полученная таким образом информация является основой для внесения изменений в геометрию проточной части (модификаций) с целью повышения энергетических показателей [2].

С большей степенью точности (по сравнения с величинами КПД) определяются параметры $n`_I$, $Q`_I$ оптимального режима.

При проектировании новых рабочих колес высоконапорных гидротурбин, на заданный режим, наряду с согласованием входной и выходной кромки лопасти с потоком на входе и выходе, следует обеспечить согласование входных элементов лопатки направляющего аппарата с параметрами потока, формируемого спиральной камерой и статором [1-3].

Уменьшение потерь на заданном режиме может быть достигнуто за счет сведения к минимуму ударных и циркуляционных потерь на лопастях рабочего колеса и ударных потерь на лопатках направляющего аппарата.

Список литературы

1. Барлит В.В. Расчет и проектирование проточной части реактивных гидротурбин на основе численного моделирования рабочего процесса / В.В. Барлит, К.А. Миронов, А.В. Власенко, Л.К. Яковлєва // Харьков, НТУ «ХПИ». – 2008.

2. Количев В.А. Кінематичні характеристики потоку в лопатевих гідромашинах/ В.А. Количев // Навчальний посібник. Київ: ИСС. - 1995.

3. Количев В.А. Розрахунок гідродинамічних характеристик напрямних апаратів гідротурбіни/ В.А. Количев, В.Э. Дранковский і ін. // Уч. посібник, НТУ «ХПИ», Харків. – 2002.

СЕКЦІЯ 6. НОВІ МАТЕРІАЛИ, КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

UDC 621.785.5: 621.9.048.7

SURFACE HARDENING OF STEEL 38Cr2MoAl

ALAA FADHIL IIDAN [1*], O.V. AKIMOV [2], K.O. KOSTYK [3]

[1] PhD student, Department of Foundry, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE

[2]Head of the Department of Foundry, Professor, Doctor of Technical Sciences, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE

[3]associate Professor of the Department of Foundry, assistant Professor, PhD of Technical Sciences, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE

[*]email: litvo11@kpi.kharkov.ua

Material the majority of parts of machines used on real objects, ferrous alloys, namely steel. Replacing the cheap steel with poor mechanical and operational properties to the more expensive alloy steels with good properties is not economically feasible, and not always from the part required to have high hardness values and strength throughout the details, but rather only on its surface. In this regard, relevant is the research dedicated to finding ways to improve technological processes to improve the durability of machine parts, of particular interest is surface hardening of steel products [1, 2]. The aim of the study is the process of obtaining a hard coating on the surface of steel products. One of the most problematic areas in this process is the significant duration of the known methods and the need to develop a method for local surface hardening of parts. The experiments were conducted on samples of steel 38Cr2MoAl. The laser treatment of steel was carried out with a radiation power of 1.0-0.1 kW and travel speed of the laser beam of 0.5–1.5 m/min Boriding was conducted in powder medium with finely divided boron-containing substance and activators. Analysis of the results showed that after laser treatment the grinding of the grain structure of the surface layers of steel 38Cr2MoAl. In this case, the thickness of the hardened layer by the laser varies in the range from 0.2 to 0.41 mm depending on the change speed of the laser beam (from 1.5 to 0.5 m/min, respectively).

Subsequent boriding gave the opportunity to obtain a greater layer of borides with a thickness up to 0,140 mm and a microhardness of up to 22.5 GPA, in comparison with boriding without prior laser treatment that provides hardness up to 20 GPA with a depth of layer up to 0,073. To allow further comparison boriding carried out in the same conditions with the same duration of 1 hour.

Bibliography:

1.*Idan, A. F. I.* The study of the influence of laser hardening conditions on the change in properties of steels / *Idan, A. F. I., Akimov, O., Golovko, L., Goncharuk, O., Kostyk, K.* // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – V. 2. – №. 5 (80). – P. 69-73. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65455

2. *Kostyk K.* Development of the high-speed boriding technology of alloy steel / *K.Kostyk* //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 6. – №. 11 (78). – С. 8-15. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.55015

UDC 539.3/6:669.055(075.8)

THE STUDY OF IRON-BASED ALLOY WITH SHAPE MEMORY EFFECT

SUNDUS MOHAMMED AHMED [1*], ***O.V. AKIMOV*** [2], ***K.O. KOSTYK*** [3]

[1] *PhD student, Department of Foundry, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE*
[2] *Head of the Department of Foundry, Professor, Doctor of Technical Sciences, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE*
[3] *associate Professor of the Department of Foundry, assistant Professor, PhD of Technical Sciences, NTU "KhPI", Kharkiv, UKRAINE*
[*] *email: litvo11@kpi.kharkov.ua*

One of the special properties of alloys is the shape memory effect, which are widely used in various fields of technology (specmachin-structure, instrumentation, aerospace equipment, appliances, etc.). The most widely used alloys based on Ti-Ni, used mainly in medicine, thanks to a unique combination of performance properties. However, this alloy is quite expensive and its application in such fields as engineering are not appropriate. In this regard, relevant are studies devoted to the search and development of new alloys with shape memory effect, with the greatest interest to the metallurgy and engineering are of iron-based alloys [1].

The analysis of literature data showed that the most expensive group of alloys with shape memory effect are iron-based alloys austenitic. One of the applications of such alloys can be as power elements without welding expansion joints for structures, pipelines high voltage, used as elastic elements, etc.

The aim of the study is to develop a new iron-based alloy with shape memory effect.

The material for the study is a new iron-based alloy with shape memory effect, which contains: iron, manganese, silicon, carbon, chromium, Nickel, cobalt, copper, vanadium, niobium, molybdenum, sulfur, and phosphorus.

Analysis of the results showed that the alloy has sufficient mechanical characteristics.

The results showed that when the samples are heated surface oxidation was observed. In the course of the experiment on the corrosion resistance of the alloy is found that the alloy is corrosion resistant and not prone to change in mass when exposed in 10 % sulfuric acid solution.

Study of the microstructure confirmed the presence of dispersion hardening in the alloy after ageing conditions. The results showed that the degree of shape recovery of the proposed alloy is 73-95 %.

Thus, the proposed alloy has a high degree of shape recovery while maintaining such important properties as strength, toughness, corrosion and okalinolomatel.

Bibliography:

1. *Akimov O. V.* Alloys with shape memory effect. The history of the emergence and development, the physics of their unique properties / *O. V. Akimov, M. N. Sundus* // Bulletin of National technical University. – 2015. – №. 14. – P. 42-49.

УДК 621.74.043.3

ОКИСНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД НИЗКИМ ДАВЛЕНИЕМ

***Н.Н. БЕЛИК*[1], *О.И. ПОНОМАРЕНКО*[2]**

[1]магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2].проф. кафедры литейного производства, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
email: nick.2012@mail.ru

Одним из основных дефектов отливок из алюминиевых сплавов, получаемых литьем под низким давлением (ЛНД), являются окисные включения.

Окисные включения возникают в процессе получения алюминиевых сплавов, если поверхность металла не покрыта флюсом, а также в связи с тем, что в тигле всегда остается часть недоиспользованного сплава с частицами плен, находящихся во взвешенном состоянии. Когда в тигель доливают свежие порции сплава, то окисленная пленка в сплаве дробится и частицы плен остаются в свежем расплаве.

Существует несколько способов борьбы с окисными включениями.

Наилучшим способом является замена тигля или слив остатков сплава в изложницу и очистка стенок тигля от пленок. Однако при этом теряется часть расплава.

Перспективным методом является рафинирование сплава. Для очистки алюминиевых сплавов применяют рафинирование хлоридами, флюсами, а также продувку инертными и активными газами. Наряду с рафинированием можно также применять вакуумирование. Оптимальная продолжительность вакуумирования составляет 15-20 мин при давлении 133,3 Па. Вакуумная дегазация при ЛНД не требует сложного дополнительного оборудования, так как в каждой литейной машине уже имеется герметичная камера.

Наиболее эффективным методом является фильтрация сплава. На входе в металлопровод в нижней части металлопровода помещается сменный фильтр, состоящий из двух дисков, желательно из листового титана, с отверстием диаметром 5…6 мм. Между дисками находится смесь из магнезитовой, хромомагензитовой и корундовой крошки с размером частиц 5-10 мм. Толщина слоя смеси зависит от желаемой степени фильтрации. На входе в полость формы можно применять фильтр из стеклоткани с ячейками 0,6 мм

Удаление окисных плен из металла позволяет значительно повысить качество отливок.

Список литературы:

1. *Родионов Е. М.* Технология литья под низким давлением / *Е. М. Родионов*–М.: НИИмаш, 1984. – 56 с.

УДК 621.74

КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ

***В.В. БОГДАН*[1*], *О.В. АКІМОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри ливарного виробництва, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *завідувач кафедри ливарного виробництва, професор, д-р. техн. наук,, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

email:kusya321@yandex.ua

Для отримання якісних деталей застосовується комп'ютерне моделювання технології їх виготовлення. Сучасний і високоефективний технологічний процес виробництва поршнів включає автоматизовану підготовку виробництва із застосуванням CAD/CAE - систем і технологій швидкого прототипування, технологічний процес ізотермічного штампування і оригінальну технологію безкопірной обробки поршнів різанням. Сучасні системи (CAD/CAE) забезпечують скорочення часу виробництва, також можуть забезпечити значну економію коштів, підвищення якості виготовлення, та максимально зменшити кількість помилок.

В цій роботі за основу був узятий литий поршень із запалюванням палива від стиснення. Більшість поршнів для двигунів із запалюванням палива від стиснення транспортного та спеціального призначення виготовляється методом лиття, в основу проектування якого закладені технологічні чинники, що обумовлюють виникнення газоусадкових ливарних дефектів. Ми розглянули проблеми щодо забезпечення якості литих деталей. Створення 3D-моделі виконувалося з урахуванням вимог, що пред'являються до виливків, одержуваних в кокіль із застосуванням можливостей програм Solid Works і LVM Flow. Після виконання експерименту в LVMFlow, були виявлені дефекти газоусадкового характеру.

У ході роботи було розроблено метод визначення місць розташування та розмірів дефектів в литому поршні двигуна із запалюванням палива від стиснення з застосуванням технології спільного комп'ютерно - інтегрованого проектування при литті поршнів.

Список літератури:

1. *Алёхин В. И., Акимов О. В., Марченко А. П.* Компьютерное моделирование процессов при производстве литых деталей двигателя //Международный научно-технический журнал «Литейное производство. – 2010. – №. 9. – С. 31-33.

2. *Пензев П. С. и др.* Анализ качества литого блок-картера автомобильного дизеля 4ДТНА1 с использованием инженерного моделирования // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – №. 2.

УДК 669

ПРИГАР. МЕТОДЫ БОРЬБЫ

***А.С. БОЙКО*[1], *Е.А. КОСТИК*[2*]**

[1] *студент кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры литейного производства, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харков, УКРАИНА*
[*] *email: eklitus@yandex.ru*

Основным поверхностным дефектом отливок является пригар. Борьба с пригаром продолжает оставаться важной задачей литейщиков. Проблема получения отливок с чистой, без пригара, поверхностью имеет важное народнохозяйственное значение, поскольку ее решение позволит уменьшить массу отливок, сократить объем механической обработки, внести вклад в снижение энерго- и металлоемкости национального дохода. Особое значение эта проблема приобретает для литья в сырые песчано-глинистые формы.

Образование пригара определяется многими факторами, зависящими от свойств металла, от свойств формовочных смесей и технологических условий заливки.

Основными методами борьбы с пригаром являются: применение формовочных смесей, обеспечивающих восстановительную атмосферу в форме, уменьшение размеров пор, воздействие на газовую среду формы.

Для устранения или уменьшения пригара следует использовать следующие технологические процессы:

- уменьшить размеры зерен огнеупорного наполнителя;
- производить заливку при оптимальной температуре жидкого металла, избегая ее превышения;
- использовать противопригарные покрытия на основе огнеупорных материалов;
- обеспечивать высокое уплотнение формовочной смеси при изготовлении форм для крупных отливок и при применении крупнозернистого песка;
-вводить в песчано-глинистую смесь газотворные добавки;
-добавлять окислительные добавки для получения легкоотделимого пригара.

Список литературы:

1. *Денисов А.В*. Влияние газовой фазы на образование механического пригара.-В кн.: Дефекты отливок и меры предупреждения.-М.:Машгиз,1962, с.59-61.

2. *Гуляев Б.Б., Ю.Ф.Боровский*. Формирование пригара на стальных отливках.- Литейное производство, 1957, N6, с. 25-28.

УДК 621.74.4

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ СОЛЯНЫХ СТЕРЖНЕЙ

С.В. БОРИСЕНКО [1]*, ***О.И. ПОНОМАРЕНКО*** [2]

[1] магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2] проф. кафедры литейного производства, д.т.н., НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
**email: barbaris1234@yandex.ua*

В современных условиях развития литейного производства для получения в тонкостенных отливках внутренних полостей и поднутрений используются легко удаляемые соляные стержни. Одним из достоинств соляных стержней является то что их не надо выбивать, иными словами их легко можно удалить из готовой детали. К таким стержням предъявляют следующие требования. Они должны обладать хорошей прочностью на изгиб, прочностью на сжатие, иметь хорошую жидкотекучесть, малую усадку, формировать качественную поверхность отливки.

Для исследования свойств стержней применяются стандартные методики. Так, например, прочность на сжатие производят по ГОСТ 23409.7-78.Определение прочности на изгиб соляных стержней проводилось на универсальном приборе для испытания стержневых и формовочных смесей. В результате исследования литых соляных стержней было установлено, что большинство обладают низкой прочностью на изгиб. Стержни на основе хлористых солей обладают очень низкой прочностью в пределах 0,25…0,35 МПа. Солекерамические спеченные стержни на основе хлорида натрия отличались повышенной прочностью. Прочность литых солекерамических стержней находится в пределах 1,6…5,9 МПа. [1]

Все стержни на основе солей с высокой температурой плавления имеют усадку 2…2,5%. Усадка влияет на получение стержней с высокой геометрической точностью. Для уменьшения усадки в составы предложено вводить пластификаторы – маршалит в количестве до 20%.

Исследование жидкотекучести соляных составов оценивается с помощью специальной U − образной пробы. Установлено, что соляные составы характеризуются хорошей жидкотекучестью.

Для определения шероховатости поверхности используют оптико-механический профилограф, который позволяет оценивать профиль образца в большом диапазоне шероховатостей. Шероховатость соляных стержней Ra= $0{,}16*10^{-6}$.

Исследования показывают, что лучшими механическими свойствами обладают солекерамические стержни на основе хлорида натрия.

Список литературы:

1. *Иванова Л.А.* Процессы формирования сложнопрофильных отливок // *Л.А. Иванова, А.А. Бондарь*// Одес. нац. политех. университет. – Одесса: Полиграф, -2006, -128с.

УДК 621.791.72 : 621.791.052 : 620.17

ОСОБЕННОСТИ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ

***А.В. ГЛУШКО*[1*]**

[1] аспирант кафедры сварки, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
** email: alenka92@list.ru*

Сварные соединения паропроводов энергоблоков тепловых электростанций (ТЕС), длительно эксплуатируемые в условиях ползучести и малоцикловой усталости, являются наиболее повреждаемыми элементами энергоблоков. Уровень повреждаемости сварных соединений, в условиях длительной эксплуатации, является одним из наиболее значительных факторов, определяющих надежность и ресурс работы энергоблоков ТЕС.

Выявление особенностей механизмов повреждаемости порами ползучести и трещинами усталости металла сварных соединений паропроводов, длительно эксплуатируемых в условиях ползучести и малоцикловой усталости, представляется актуальным.

В условиях длительной эксплуатации сварных соединений паропроводов, при постоянных параметрах – температуре $T_э$=545˚С и давлении пара 25 МПа, проявляется диффузионный механизм ползучести их металла. Происходит торможение дислокаций карбидными выделениями, которые коагулируют по длине и в виде прерывистых цепочек концентрируются по границам зерен α-фазы. Перемещение дислокаций путем скольжения и переползания происходит при одновременной коагуляции карбидов I группы. Накопление дислокаций возле карбидов, имеющих удлиненную форму, характеризуется их частичной аннигиляцией. Установили, что при наличии удлиненной формы выделений, которая влияет на напряжение, необходимое для перемещения дислокаций, интенсивность образования пор заметно увеличивается.

Развитию повреждаемости по хрупкому механизму способствуют и сегрегационные явления в приграничных зонах зерен α-фазы, представляющие увеличенные концентрации элементов замещения.

Для уменьшения повреждаемости длительно эксплуатируемых сварных соединений целесообразно снизить интенсивность диффузионного перемещения элементов замещения в приграничные зоны зерен α-фазы. Такое снижение возможно в условиях увеличения энтальпии связи между элементами замещения и элементами матричной решетки α-фазы. Достижение стабильности элементов в кристалле следует определять расчетным путем с использованием соответствующих градиентов их химических потенциалов.

Представленные результаты исследования повреждаемости длительно эксплуатируемых сварных соединений паропроводов целесообразно использовать для дальнейшего изучения физико–химических процессов проходящих в металле сварных соединений.

УДК 665.9

АНИЗОТРОПИЯ СТРУКТУРЫ ВАКУУМНЫХ КОНДЕНСАТОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ

***М.А. ГЛУЩЕНКО*[1], *И.Ю. КРАТ*[2], *В.В. СУББОТИНА*[3], *А.И. ЗУБКОВ*[4]**

[1]*аспирант кафедры Материаловедения, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *магистрант кафедры Материаловедения, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[3]*доцент кафедры Материаловедения, техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[4] *доцент кафедры Материаловедения, канд. физ.-мат. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: maglushchenko@gmail.com*

Вакуумные конденсаты меди и сплавы на ее основе широко используются в качестве покрытий и элементов электронной техники. Их прочность, электро- и теплопроводность в различных направлениях существенно зависят от характера и степени анизотропии зеренной структуры. В этой связи целью данной работы явилось изучение влияния технологических условий получения и концентрации легирующего элемента-тантала на характер и степень текстурированности зеренной структуры.

Объектами исследований служили отделенные от подложек вакуумные однокомпонентные конденсаты меди и двухкомпонентные Cu-Ta, полученные при температуре подложки ~ 100°С. Структуру образцов изучали просвечивающей электронной микроскопией на приборах ПЭМ-100, JEOL-200 и рентгеновской дифрактометрией на дифрактометре ДРОН-3М.

Установлено, что легированные танталом до ~ 1 ат.% конденсаты меди, получаемые при нагреве неориентирующей подложки ниже ~ 0,3 температуры плавления осаждаемого металла имеют аксиальнуютекстуру типа <111> перпендикулярно их поверхности. Степень текстурированности зеренной структуры медной матрицы немонотонно зависит от концентрации тантала. Максимальная степень текстурированности типа <111> перпендикулярно поверхности достигается при содержании тантала около 0,5 ат.%. Дальнейшее повышение концентрации тантала приводит к снижению величины I_{111}/I_{200} и формированию изотропной зеренной структуры. Повышение температуры подложки до 450°С приводит к ослаблению степени анизотропии легированных танталом конденсатов меди до уровня, характерного для однокомпонентной меди. Степень и характер текстуры легированных конденсатов меди сохраняется при увеличении их толщины до нескольких десятков микрон и при последующем отжиге до 1000°С. Закономерности формирования текстур объясняются процессами адсорбции атомов тантала на поверхностях растущих зародышей меди при конденсации двухкомпонентного пара, последующей их коалесценцией и рекристаллизацией во время осаждения. Полученные экспериментальные результаты показывают возможность путем легирования целенаправленно влиять на характер и степень совершенства текстуры вакуумных конденсатов, влияя на их свойства.

УДК 669.017.16

СТРУКТУРА СПЛАВУ Fe–W ОТРИМАНОГО У ВАКУУМІ

***М.О. ГОЛОВЧЕНКО*[1], *О.Є. БАРМІН*[2*]**

[1] *магістрант кафедри матеріалознавства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри матеріалознавства, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: axel.com.ua@gmail.com*

Розмір зерна є основною структурною характеристикою кристалічного металу. Величина розміру зерна, щільність дислокацій впливають на механічні властивості металів і сплавів. Подрібнення зерна при звичайній кристалізації металевих матеріалів можливо досягти двома шляхами - регулюванням ступеня переохолодження та модифікування. Раніше було показано що в вакуумних конденсатах Fe-W, введення вольфраму в кількості до 1 ат.% в паровий потік заліза приводить до підвищення дисперсності зереної структури, тобто вольфрам виявляє ефективний модифікуючий вплив на структуру конденсатів.

Матеріалом дослідження були сплави заліза, що леговані вольфрамом. Зразки сплавів були отримані в однакових технологічних умовах методом сплавлення у вакуумі. Для мінімізації впливу шкідливих домішок використовували компоненти вакуумної переплавки високої чистоти ~ 99,97%. В роботі досліджувалися та порівнювалися зразки з малою кількістю легуючого елементу ~ 0,5; 1,0 та 1,5 ат. %.

Металографічний аналіз у всьому дослідженому концентраційному інтервалі не виявив другої фази, вихідна структура сплавів є однофазною, що підтверджується рентгенівським фазовим аналізом.

Було встановлено, що зерна в структурі чистого заліза,мають неправильну форму, розгалужені границі і на фоні крупних кристалітів виявляються дрібні зерна (середній розмір зерна становить 1,3 мм). Після додавання всього 0,5% W, структура сплаву змінилася, а саме, в бік зменшення зеренної структури, розмір зерна становив 0,8 мм, також форма зерен стала більш округлою. Збільшення концентрації вольфраму до 1-1,5 ат. % в виливках приводить до кардинальних змін у будові зеренної структури, розмір зерна різко знижується до 33 та 24 мкм відповідно, таким чином вольфрам надає ефективний модифікуючий вплив на структуру чистого заліза. Також форма зерен стає правильною поліедрічною та вже не спостерігається різнозернистоті. Аналіз дифрактограм вказує на зменшення областей когерентного розсіяння, про що говорить збільшення ширини піків, а також збільшення періоду решітки з підвищенням вмісту вольфраму в сплаві, про що свідчить зміщення піків. Це свідчить про те що в сплавах Fe-W з вмістом вольфраму 1,0 ат.% і 1,5 ат.% вольфрам міститься не тільки в твердому розчинні, але і в границях зерен.

Таким чином, легування заліза вольфрамом приводить до кардинальної зміни структурного стану сплавів, а саме різкого зниження розміру зерна, а також утворенню твердого розчину.

УДК 621.91

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗНЕМІЦНЕННЯ СТАЛІ ПРИ НАГРІВАННІ ПІСЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ТФО

***А.Є. ЄФРЕМОВ*[1*], *О.О. ВОЛКОВ*[2], *М.А. ПОГРІБНИЙ*[3]**

[1] *магістрант кафедри Матеріалознавства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *старший викладач кафедри Матеріалознавства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[3] *професор кафедри Матеріалознавства, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email:*

Метод термофрикційної обробки (ТФО) в якості методу поверхневого зміцнення матеріалів є сьогодні перспективним науково-промисловим питанням. В процесі вивчення цієї проблематики розроблені режими термофрикційного зміцнення (ТФЗ) матеріалів, проведений широкий комплекс досліджень, що дозволило визначити структурні та фазові перетворення, які протікають під дією ТФЗ, а також при подальшому нагріванні поверхні що зміцнена. Показані перерізи зразків де видно поверхневі шари зі зміненою структурою, твердість яких в 2–3 рази більша за твердість сталей після зміцнення їх стандартним методами термічної обробки, а глибина зміцнення може досягати 1 мм (рис. 1).

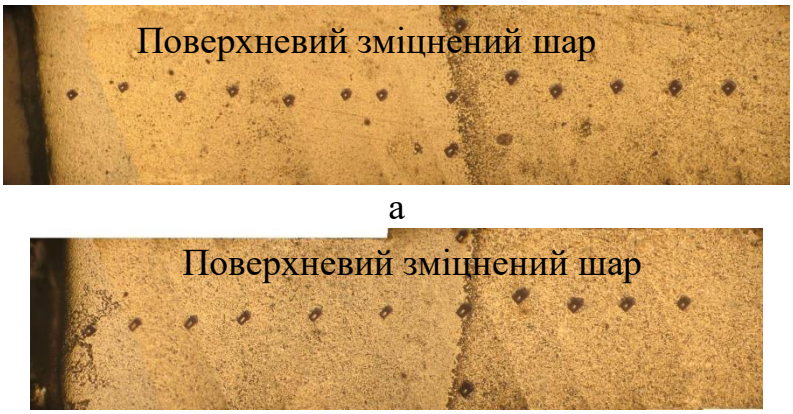


Рис. 1 – Мікроструктура сталі 65Г після ТФО та нагрівання до різних температур: а − 200 °С; б − 400 °С

Ефект зміцнення досягається завдяки одночасному термодеформаційному впливу на матеріал під час ТФО, що сприяє також підвищенню теплостійкості сталей.

Список літератури:

1. *Гурей И.В.* Влияние фрикционного упрочнения на величину остаточных напряжений / *И.В. Гурей, Т.А. Гурей, М.И. Пашечка* // Конструирование, производство и эксплуатация сельскохозяйственных машин. – 2000. – Вып. 29. – С. 24–29.

УДК 539.216.2

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ОКСИДНИХ ПОКРИТТІВ НА ПОВЕРХНІ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

О.В. ЗВЯГОЛЬСЬКИЙ [1*], ***В.В. СУББОТІНА*** [2]

[1] *магістрант кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри Матеріалознавство, канд. тех. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: maglushchenko@gmail.com*

Мікродугове оксидування (МДО) - порівняно новий вид поверхневої обробки та зміцнення головним чином металевих матеріалів, що бере свій початок від традиційного анодування, і відповідно відноситься до електрохімічним процесам. Мікродугове оксидування - електролітичне нанесення оксидної плівки на поверхню металів, сплавів і напівпровідників. Плівка захищає виріб від корозії, має електроізоляційні властивості, служить хорошою підставою для лакофарбових покриттів, використовується в декоративних цілях. За рахунок утворення анодного оксиду змінюються поверхневі властивості матеріалу: твердість, електричний опір, термостійкість, зносостійкість, каталітична активність та ін. Технологія оксидування використовується для алюмінію, титану, танталу, ніобію, кремнію, германію, арсеніду галію.

Титан і його сплави відрізняються низькою зносостійкістю, що ускладнює їх застосування для деталей, що працюють в умовах фрикційного зносу. У різьбових з'єднаннях спостерігається задирання і наволочення металу. Титан недостатньо стійкий в деяких хімічних середовищах (розчини сірчаної, соляної, фосфорної кислот). Для усунення цих недоліків рекомендується застосовувати оксидні покриття. Тонкі оксидні плівки покращують фрикційні властивості, підвищують хімічну стійкість металу, змінюють забарвлення його поверхні. Плівки підвищеної товщини володіють хорошою адсорбційної здатністю.

Одним з ефективних способів зміцнення і збільшення триботехнічних характеристик титанових сплавів являється метод мікродугового оксидування.

Метою цієї роботи є розробка технології МДО для титанового сплаву марки ВТЗ-1. Для цього необхідно провести підбір параметрів МДО-процесу, який забезпечив формування МДО-покриттів на титанових сплавах з високою твердістю, та високими триботехнічними і антифрикційними властивостями.

В роботі розроблена технологія мікродугового оксидування сплава ВТЗ-1, яка забезпечує товщину покриття 200 мкм та твердість 10000 МПа. Результати досліджень показали, що МДО-покриття позитивно впливає на антифрикційні властивості при терті в парі з сірим чавуном. Так коефіцієнт тертя в разі сухого тертя сплава ВТЗ -1 без МДО-покриття рівний f = 0,5, тоді як з МДО-покриттям f = 0,1.

УДК 621.74.045

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОХЛАЖДЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ НА НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ

***І.О. ЛОЭК*[1*]*, Д.В. МАРИНЕНКО*[1]*, К.О. КОСТИК*[2]

[1] *магістрант кафедри ливарне виробництво, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*
[2] *доцент кафедри ливарне виробництво, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: vsia7ia@gmail.com*

Структурной наследственностью принято называть воспроизведение при повторном нагреве первоначальных аустенитных зерен по форме, размерам и ориентации. Проявление структурной наследственности зависит от легирования сталей, скорости нагрева, и, в частности, от присутствия в составе стали некоторых примесей. Чем более легирована сталь, тем шире диапазон скоростей нагрева, при которых проявляется структурная наследственность в стали.

Поэтапно реализуя процессы структурной наследственности и рекристаллизации при аустенизации, можно эффективно управлять размером и субструктурой аустенитного зерна.

Наследование кристаллографической ориентации и дефектов решетки обеспечивается упорядоченной перестройкой одной решетки в другую при сдвиговом полиморфном превращении, а восстановление формы зерна — также сохранением химической неоднородности (сегрегации примеси и включений на месте старых границ). Наследственность структуры в легированной стали препятствует измельчению зерна при отжиге (или нормализации) поковок и отливок. Наследование дислокаций, внесенных наклепом, используется для повышения прочности стали термомеханической обработкой.

Рассмотрение строения и свойств металлических сплавов, физической природы фазовых и структурных превращений в них позволяет улучшить многие эксплуатационные свойства сплавов и расширить области их применения в технике. Металлография фазовых перекристаллизаций при нагреве все еще остается недостаточно разработанной.

Список литературы:

1. *Садовский В. Д.* Структурная наследственность стали/ *В. Д. Садовский* // Москва: Металлургия. – 1973. – С. 208.

2. *Курдюмов Г. В*. Превращения в железе и стали / *Г. В. Курдюмов, Л. М. Утевский, Р. И. Энтин* // Москва: Наука. – 1997. – С. 236.

3. *Панченко Е. В*. Лаборатория металлографии/ *Е. В. Панченко, Ю. А. Скаков, Б. И. Кример //* М.: Металлургия. – 1965. – изд.2. – С. 440.

УДК 621.74.045

ПРОЦЕСС СУШКИ ГИПСОВЫХ ФОРМ

Д.В. МАРИНЕНКО[1*], И.А. ГРИМЗИН[2], О.И. ПОНОМАРЕНКО[3]

[1] *магістрант кафедри ливарне виробництво, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *аспірант кафедри ливарне виробництво, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[3] *професор кафедри ливарне виробництво, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: prostooelementary@gmail.com*

Последнее время получила широкое распространение технология получения алюминиевых отливок в гипсопесчаные формы, которая обладает целым рядом преимуществ:

– в гипсовых формах можно быстро получать отливки разных размеров от мелких до крупных, различного веса от нескольких грамм до десятков килограмм;

– для получения отливок не нужна дорогостоящая оснастка;

– для изготовления гипсовых смесей используются широко распространенные дешевые материалы – гипс, песок, асбест и т. п.;

Однако, на сегодня, по-прежнему «узким» местом остается операция сушки гипсовых форм. Сушка является энергоемкой и продолжительной операцией. В большинстве случаев гипсовые формы выдерживают на стеллажах при комнатной температуре 2…3 суток, затем помещают их в сушильный шкаф с температурой 80…120 ^{0}C еще на 50…60 часов. Все это влечет за собой значительный финансовые и временные затраты.

Изучение механизма потери влаги гипсопесчаными формами позволяет:

– оптимизировать время сушки форм с разной толщиной стенок и составом формовочной смеси;

–регулировать податливость и пластичность формы, что позволит снизить остаточные напряжения в отливках;

– уменьшить количество газовых раковин, за счет лучшего удаления влаги из формы;

Для достижения данной цели применили микроволновую установку. Проведены исследования процесса сушки песчаных форм на основе гипса и разработан технологический процесс сушки форм с использованием микроволновой установки, позволивший повысить качество форм и стержней за счет стабилизации их размеров, а также качество сложных алюминиевых отливок.

Предложенный технологический процесс сушки показал свою высокую эффективность и был апробирован в производственных условиях НПЦ «Европейские технологии машиностроения», г. Харьков.

УДК 621.77.014; 621.777.24

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАТНОГО ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПУАНСОНАМИ СО СФЕРИЧЕСКОЙ ТОРЦЕВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

С.В. МАЦЕГОРА [1*]***, В.Н. ЛЕВЧЕНКО*** [2]

[1] *магистрант кафедры ОМД, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры ОМД, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: sergeymatsegora1991@mail.ru*

Наиболее рациональным для изготовления полых цилиндрических изделий со сферическим углублением является обратное холодное выдавливание. Выход готового металла при изготовлении изделий холодным выдавливанием достигает 70% и более. Изготовление изделий по этому способу позволяет сэкономить 40-45% металла и снизить себестоимость изготовления изделия на 10-20%.

Преимуществом этого способа, является возможность изготовления изделий высокой прочности за счет наклепа металла при холодной обработке давлением.[1]

В работе решается актуальная научно-техническая задача, состоящая в повышении эффективности производства полых деталей за счёт улучшения технологичности процесса холодного обратного выдавливания.

Цель работы: повышение эффективности производства полых деталей за счёт применения усовершенствованного процесса обратного выдавливания.

Задачи исследования:

1. . Создание математической модели

2.Определить энергосиловые параметры процесса.

3. Создание подсистемы САПР

За основу исследований была взята деталь со сферической формой дна. Произведен обзор и совершенствование технологического процесса изготовления цилиндрических деталей с применением обобщенного решения инженерных задач с использованием принципов математической модели. В Компас 3D была создана 3D- модель матрицы, пуансона и цилиндрическая заготовка. Проведено компьютерно-интегрированное моделирование обратного выдавливания заготовки методом конечных элементов. С помощью энергетического метода была создана математическая модель.

Список литературы:

1. *Евстратов В.А.* Основы технологии выдавливания и конструирования штампов / *Евстратов В.А.* // Х.: Вища шк. – 1987.-144 с.

УДК 621.771.63

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТ ИЗГИБА МЕТАЛЛА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ С ОТБОРТОВКАМИ

***С.А. МЕХ*[1], *Ю.А. ПЛЕСНЕЦОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры ОМД, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *канд. техн. наук, зав. кафедрой ОМД, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: omd.kpi.kharkov@ukr.net*

В последнее время в Украине наметилась устойчивая тенденция к применению все большего количества гнутых металлических профилей практически во всех отраслях экономики страны. За последние 10 лет увеличились не только объемы производства гнутых профилей, но и существенно расширился их сортамент. В общем сортаменте гнутых профилей более 50% имеют отбортованные элементы. С учетом изложенного, работа, направленная на совершенствование технологии их производства, является **важной** и **актуальной**.

Профили с отбортовками широко применяются в автомобилестроении, вагоностроении, авиастроении, транспортном, химическом машиностроении. Объем их производства и потребления постоянно растет. Повышаются и требования к их качеству. Профили с отбортовками получили широкое распространение в силу большого разнообразия форм и типоразмеров. Достаточно часто в конструкциях применяются отбортовки, образующиеся элементами двойной толщины.

В научно-технической литературе отсутствуют данные, отражающие экспериментальные исследования мест изгиба на элементах двойной толщины.

В работе выполнены экспериментальные исследования мест изгиба на элементах двойной толщины, результаты которых приведены на рис. 1.

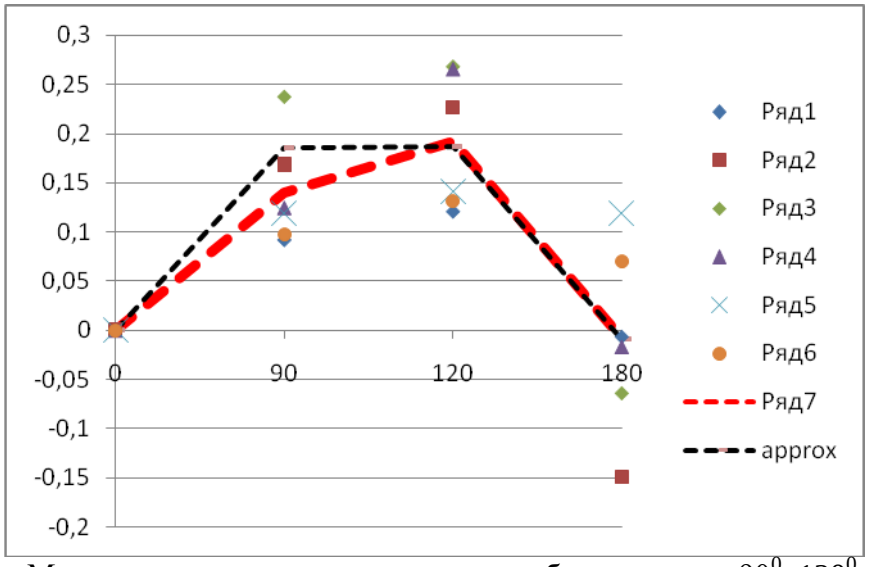


Рис. 1 - Максимальные утонения в месте изгиба металла на 90^0, 120^0 и 180^0

УДК 621.77.014; 621.777.24

РАЗРАБОТКА 3D МОДЕЛИ ПАРОВОЗДУШНОГО ШТАМПОВОЧНОГО МОЛОТА

***М.В. НАЗАРЕНКО*[1], *В.Я ДАНИЛЕНКО*[2]**

[1]*магистрант кафедры ОМД, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2]*доцент кафедры ОМД, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
**email: omd.kpi.kharkov@ukr.net*

Принцип работы всех штамповочных молотов заключается в том, что падающие части молота, совершая движение вниз с определенным ускорением, развивают кинетическую энергию, основная часть которой при соударении штампа с поковкой, расходуется на пластическое деформирование поковки.

Как известно, рабочим телом, или энергоносителем для паровоздушных молотов является пар и сжатый воздух, состояние которых характеризуется следующими параметрами: давлением **p**, температурой ***t*** и **T**, удельным объёмом ***υ*.**

В последнее время подавляющее большинство предприятий используют сжатый воздух в качестве энергоносителя для молотов. Сжатый воздух обладает меньшим давлением сравнительно с паром. Использование сжатого воздуха приводит увеличению полных ударов для достаточного деформирования поковки, а, следовательно, к более быстрому износу рабочих частей молота.

Эти факторы требуют изучения работы паровоздушных штамповочных молотов на разных энергоносителях. Работа любой машины характеризуется расходом энергоносителя.

Определение расхода энергоносителя позволяет определить экономические показатели работы любого молота и эффективность его использования.

Для этих целей было принято решение разработать приближенную 3D модель данной машины.

Для разработки модели было использовано программное обеспечение Solidworks 3D. На модели отображены все основные механизмы и детали молота: несущие детали, падающие части, системы парораспределения и рычагов.

Выводы: разработанная 3D модель молота наглядно демонстрирует принцип работы паровоздушного молота, а также взаимосвязь падающих частей с механизмом парораспределения. 3D модель может быть использована для дальнейшего изучения работы молота на разных энергоносителях, позволить определить расход энергоносителя и влияние различных факторов на его потребление, а также быть использована при проведении лабораторных работ студентов, изучающих курс «Машины ударного действия».

УДК 621.793.14:543.442.3

СТРУКТУРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ CrN/ZrN -ПОКРЫТИЙ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА СМЕЩЕНИЯ И ТОЛЩИНЫ НАНОСЛОЕВ

А.А. ПОСТЕЛЬНИК[1*], М.Ю. ПРИХОДЬКО[2], О.В. СОБОЛЬ[3]

[1]аспирант НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2]магистр НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[3] д-р физ.-мат. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*]email: annapostelnik@mail.ru

На сегодняшний день повышенный интерес проявляется к покрытиям CrN, обеспечивающих хорошую износостойкость и коррозионную стойкость лезвийных инструментов, работающих при высоких скоростях резания. Кроме того он проявляет высокую температурную стабильность и имеет более низкий коэффициент трения, чем TiN, который в настоящее время наиболее широко используется в промышленности.

При многослойном построении в виде нанотолщинных чередующихся слоев система CrN - ZrN может объединить в себе высокие свойства CrN – стойкость к окислению и износостойкость с лучшими качествами ZrN – твердость и радиационная стойкость.

Образцы были получены на модернизированной вакуумно-дуговой установке «Булат-6». Получали покрытия толщиной около 10 мкм как при подаче постоянного отрицательного потенциала, так и без него, а также при дополнительной подаче импульсного высоковольтного потенциала смещения. В качестве подложек использовалась сталь 12Х18Н10Т.

Фазовый состав, структура и субструктурные характеристики изучались с помощью рентгеновской дифрактометрии (ДРОН-4) с использованием Cu-K_α-излучения. Для монохроматизации регистрируемого излучения применялся графитовый монохроматор, который устанавливался во вторичном пучке (перед детектором).Для расшифровки дифрактограмм использовались таблицы международного центра дифракционных данных Powder Diffraction File. Микроиндентирование проводили на установке «Микрон-гамма».

Установлена возможность достижения сверхтвердого состояния в многослойных вакуумно-дуговых покрытиях ZrN/CrNc толщиной слоев около 20 нм. Показано, что использование для структурной инженерии постоянного отрицательного потенциала смещения при осаждении (более -50 В) приводит к формированию твердых растворов из-за межграничного перемешивания. Твердость таких систем не превышает 30 ГПа. Использование импульсного высоковольтного потенциала смещения при котором наблюдается упорядочение атомов, стимулированное повышенной подвижностью, позволяет уменьшить межграничное перемешивание и достичь эффекта повышенной твердости (до 42 ГПа) при нанометровых толщинах слоев.

УДК 621.793.14:543.442.3

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВАКУУМНО-ДУГОВЫХ ПОКРЫТИЙ CrN И CrN/TiN

М.Ю. ПРИХОДЬКО[1], А.Ю. ТАРАНИК[2], О.В. СОБОЛЬ[3]

[1]магистрант НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2]магистрант НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[3] д-р физ.-мат. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*]email:Oliga2006@meta.ua

В настоящее время использование высокопроизводительного вакуумно-дугового метода позволяет получать материалы покрытий, которые могут работать в условиях действия высоких температур и давлений при действии агрессивных сред, а также интенсивного износа. К числу наиболее перспективных материалов относится нитрид хрома, который обеспечивает хорошую износостойкость и коррозионную стойкость.

Для решения задачи структурной инженерии на модернизированной установке «Булат-6», снабженной дополнительно генератором высоковольтных импульсов, подаваемых на подложку в процессе осаждения, были получены покрытия в интервале давлений азотной атмосферы P_N = (2,2 ... 12) * 10^{-4} Торр. Структурные исследования образцов проводились посредством рентгеноструктурного анализа на установке «ДРОН-4». Во всех исследованиях было использовано излучение Cu-K_α.Для расчета пробега ионов в твердых телах использовался программный пакет SRIM. Микроиндентирование проводили на установке «Микрон-гамма»

Промоделированы процессы осаждения и исследованы внутренние напряжения покрытий TiN, ZrN и CrN. Показано, что изменение энергии (зависящей от потенциала смещении) при образовании покрытий определяет структурное состояние приповерхностных слоёв покрытий. Для повышения механических свойств CrN слоев, для достижения высокой твердости необходимо в качестве второго слоя использовать TiN с высокой межатомной связью и сопоставленной с Cr атомной массой Ti, что не приводит к серьезным радиационным повреждениям и формированию большого удельного объема твердорастворного состояния в межграничних областях многослойного покрытия. В системе TiN/CrN было обнаружено формирование двухфазного состояния с более эффективным нитридообразованием в слоях с титаном. Установлено, что перемешивание в межграничной области слоев при больших $U_{пп}$ = -150 В приводит к резкому снижению механических свойств при толщине слоев h ≤ 40 нм. Самая высокая твердость 39,8 ГПа была достигнута для h = 12 нм при подаче малого $U_{пп}$ = - 20 В.

УДК 004.92:659.1

ВИКОРИСТАННЯ ВЕКТОРНОЇ АНІМАЦІЇ В ІНТЕРНЕТ РЕКЛАМІ

***Р.О. СИНКЕВИЧ*[1*], *С.В. ГРИБКОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри інформаційних систем, НУХТ, Київ, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри інформаційних систем, канд. техн. наук, НУХТ, Київ, УКРАЇНА*
[*] *email: sunkevu4@gmail.com*

Основним рушієм економіці залишається реклама, що забезпечує подання інформації для більшої кількості людям, розширення аудиторії покупців, для просування продукту, підтримку та розвитку бренду та ін. Реклама вже багато років супроводжує людину в явному та неявному виді, а також має не тільки комерційний, а й соціальний характер. За останні роки більшість суспільства перейшла з реального світу у віртуальний для спілкування, отримання інформації та здійснення комерційної діяльності. Звісно для заохочення користувачів до відвідування певних сайтів використовується рекламні засоби, а саме web-банери, що представляють собою статичний або анімаційний графічний блок при натисканні на який відбувається перехід за гіперпосиланням до сайту рекламодавця або певної інформаційної сторінки. Фактично web-банери це графічний файл, що може мати різний формат. Основним правилом при створенні web-банерів є якісно і повноцінно надати інформацію про продукт, сервіс чи технологію, при цьому заохотити отримати більше інформації про них. За статистикою більше 90% прибутку компанії Google і Яндекс приносить контекстна реклама на web-сторінках та між пошуковими запитами. Отже одним з прибуткових напрямків електронної комерції є створення і розміщення рекламних банерів на web-сторінках.

При гонитві за легкими грошима більшість власників сайтів намагаються розмістити найбільшу кількість web-банерів на своїх web-сторінках, що призводить до збільшення часу на їх завантаження, адже розмір таких сторінок набагато відрізняється від звичайної текстової інформації. В свою чергу, розробники для підняття інформативності web-банерів намагаються представити не тільки текстову інформацію, а й додати мультимедійні компоненти (графічні зображення, відео фрагменти, звукові ефекти). Все це дуже суттєво впливає на користувачів мобільного Інтернету, тому що збільшується час завантаження, виникає дискомфорт при перегляді таких «перевантажених» сторінок, використання вхідного трафіку від оператору мобільного зв'язку збільшується, а як наслідок відбувається невірне завантаження сторінок [1].

В свій час для оптимізації web-банерів відмовились від використання растрової графіки на користь векторної графіки, що дозволяє скоротити загальний розмір, а також забезпечити їх мультимедійність та інтерактивність. Для їх створення, як правило, використовують технології Flash (раніше Macromedia Flash, що забезпечував розробку інтерактивних мультимедійних

додатків), JavaScript (об'єктно-орієнтована мова з функціями першого класу, що легко інтерпретується), CSS (спеціальна мова Cascading Style Sheets, що використовується для опису сторінок, написаних мовами розмітки даних), jQuery (бібліотека JavaScript, що фокусується на взаємодії JavaScript і HTML) й HTML5 (відкрита платформа призначена для створення web-додатків з використанням аудіо, відео, графіки, анімації та багато іншого) [2]. Основною проблемою використання наведених технологій, є величезна кількість проблем пов'язаних з безпекою, а також необхідністю підключення різних бібліотек і модулів.

Для уникнення розглянутих проблем доцільно використовувати сучасний провідний стандарт масштабованого векторного зображення SVG (Scalable Vector Graphics), що був створений консорціумом W3C (World Wide Web Consortium), який розробив в свій час стандарти HTML і XHTML[3,4]. Формат SVG є відкритим, в його основі лягли мови розмітки VML (Vector Markup Language – формат експорту даних для опису векторної графіки, якою обмінюються в межах текстових програм) і PGML (Precision Graphics Markup Language — «мова точної розмітки графіки» розмітки для опису векторної графіки на web-сторінці для представлення діаграм, окремих елементів інтерфейсу у вигляді тексту в форматі XML (Extensible Markup Language)) [4]. Його призначено для опису двовимірної векторної і змішаної векторно-растрової графіки в форматі XML для створення мультимедійних презентацій. Підтримує як нерухому, так і анімаційну інтерактивну графіку. Він не підтримує опис тривимірних об'єктів, але для може бити використано для імітації тривимірності шляхом світлотіні. Анімація в SVG здійснюється засобами мови SMIL (Synchronized multimedia integration language), що призначена для синхронізованої інтеграції мультимедійних складових. За рахунок використання SMIL є можливість кожній окремій геометричній фігурі задавати індивідуальні анімаційні інструкції та траєкторії руху.

В результаті проведеного дослідження авторами рекомендується використовувати тільки формат SVG для створення якісних інтерактивних рекламних web-банерів. Їх використання в мобільних додатках та web-сторінках забезпечить проведення якісної рекламної компанії, що в свою чергу забезпечить відвідування сторінок та прасування товарів на ринку.

Список літератури:

1. Причины, по которым посетители покидают ваш сайт [Електронний ресурс] // Devaka. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: https://devaka.ru/articles/negative-usability-factors.

2. *Робин Никсон*. Создалем динамичные веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5 / *Робин Никсон*. – Санкт-Петербурге: Издательского дома «Питер», 2016. – 688 с. – (3).

3. ScalableVectorGraphics [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Scalable_Vector_Graphics.

4. W3C: ScalableVectorGraphics (SVG) 1.1 (SecondEdition) [Електронний ресурс]. – 16. – Режим доступу до ресурсу: https://www.w3.org/TR/SVG/.

УДК 669.66

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИВАРКИ ШИПІВ НА МАРТЕНСИТНУ СТАЛЬ 15Х5М БЕЗ ПІДІГРІВУ

П.А. СИТНИКОВ[1*], М.Г. ЄФІМЕНКО[2]

[1] студент кафедри «Зварювання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2]професор кафедри «Зварювання», докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*]email: Pavel.Welder@ukr.net

Процес модернізації енергетичної та нафто - газохімічної промисловості невід'ємно пов'язаний з підвищенням експлуатаційних характеристик технологічних трубопроводів з внутрішньою робочою температурою середовища 500-600^{0}С, виготовлених з мартенситної сталі 15Х5М, на поверхню якої для збільшення площі тепловідводу наварюють шипи.

Схильність цієї сталі до загартування ускладнює технологічний процес зварювання, знижує технологічну міцність, викликає окрихчення та утворення холодних тріщин (ХТ). Основним технологічним методом попередження ХТ є використання попереднього, а при зварювані товстостінних конструкцій, попереднього та супутнього підігріву до температур 300-400^{0}С з наступною термічною обробкою у вигляді високого відпуску [1]. Використання такої технології ускладнює виробництво, підвищуючи енерговитрати.

Метою даної роботи є дослідження та удосконалення технології приварки шипів технологічних трубопроводів енергетичної промисловості виготовлених з мартенситної сталі 15Х5М без підігріву, яка ґрунтується на положенні зниження стійкості аустеніту в інтервалі температур його перетворення. При цьому температура аустенітного перетворення зсувається в область бейнітного, що дозволяє уникнути утворення мартенситу і окрихчення металу на ділянці перегріву [2].

Дослідженню підлягали зварні з'єднання: труба ∅ 152мм, товщина стінки 8мм з сталі 15Х5М, з наварениими шипами з сталі 20. Розмір шипів складав: ∅12мм, висота 32мм.

Зварювання виконувалося способом Нельсона [3], електродуговим напівавтоматичним методом у середовищі захисного газу аргону (Ar) без підігріву.

Режими зварювання: струм 800─900А, напруга 25─26В. Швидкість нагрівання $V_н \geq 2000$ ^{0}С/с, швидкість охолодження $\omega_{6/5} \geq 650$ ^{0}С/с. Експериментально визначено, що приведений режим зварювання забезпечує отримання якісного зварного з'єднання без пористості, тріщин та підрізів. При зварювані при струмах < 800А щільність галтелі не вдається забезпечити, що є причиною недостатнього об'єму рідкого металу ванни перед осадкою шипа. Підвищення режимів (> 900 А) призводить до виплеску рідкого металу та нерівномірності формування галтелі. Відбувається процес перегріву металу труби.

Дослідженнями мікроструктури (оптична мікроскопія) встановлено розміри зони термічного впливу (ЗТВ) з боку сталі 15Х5М, які складають 1,0-1,4мм. Розмір перерізу утвореного литого ядра (розплавленого та закристалізованого металу) досягає 1,0-1,2мм. Встановлено, що структура біляшовної зони, яка нагрівається до температур >1100^{0}С, є складною та представляє суміш верхнього бейніту з деяким відсотком мартенситу. Така структура з меншим ступенем зміцнення ніж мартенситна і, як вказано в роботі [4], характеризується більш високою тріщиностійкістю.

Якість приварки шипів визначалась шляхом динамічного навантаження (удару) масою 0,3 кг, [5]. Крихких пошкоджень не виявлено – відбувався процес вигину шипа без руйнування (рис. 1).

Таким чином встановлено, що підвищення (зсув) температурного інтервалу перетворення аустеніту в проміжну (бейнітну) область забезпечує утворення мартенситно - бейнітних структур, які характеризуються більш високою тріщиностійкістю. Це в свою чергу дало змогу отримати якісні зварні з'єднання не використовуючи підігріву перед зварюванням.

Рис.1 - Фрагмент труби (15Х5М) з наварeними шипами (сталь 20)

Удосконалена технологія пройшла успішне промислове випробування на Кременчуцькому нафтопереробному заводі та при ремонті охолоджувальних систем (панелей) на Краматорській ТЕС і рекомендована для впровадження на підприємствах теплоенергетичної та нафтопереробної галузі.

Список літератури:

1. *Назарчук А.Т.* Получение равнопрочых сварных соединений закаливающихся сталей без подогрева и термической обработки/ *А.Т. Назарчук, В.В. Снисарь, Э.Л. Демченко* //Автоматическая сварка. - 2003.-№5. - С.41 - 43.

2. *Шоршоров М.Х.* Металловедение сварки стали и сплавов титана/ *М.Х. Шоршоров* - М.: Наука,1965.– 331с.

3. *Калеко Д.М.* Дуговая приварка стержнем и бонок «коротким циклом»/ *Д.М. Калеко, В.Н. Быховец, А.Ю. Гаценко,и др.* //Автоматическая сварка.-1992.- №7-8. -С.57-60.

4.*Скульский В.Ю.* Выбор тепловых режимов сварки закаливающихся сталей разных структурных классов/ *В.Ю. Скульский* //Автоматическая сварка.-2009.-№6. -С.7-12.

5. ОСТ 24.030.32 -73. Технические требования. Сборник отраслевых стандартов. Экраны шипованные топок стационарных паровых котлов.

УДК 614.61

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

***П.А. СИТНИКОВ*[1*], *О.Я. ПІТАК*[2]**

[1] *студент кафедри «Зварювання», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри «ОП та НС», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»,Харків,УКРАЇНА*
[*]*email: Pavel.Welder@ukr.net*

Машинобудування є об’єктом широкого використання модернізованих технологічних процесів зварювального виробництва направлених на отримання відповідальних конструкцій та деталей машин. Використання різноманітних зварювальних процесів дає змогу отримати якісні зварні з’єднання, від кількох міліметрів (у електроніці) до кількох метрів (у важкому машинобудуванні)[1].

Необхідно зазначити те, що зварювальні технології, не дивлячись на їх постійне вдосконалення (модернізацію), продовжують бути джерелом багатьох небезпечних та шкідливих факторів. Технологічний процес зварювальних робіт відбувається в умовах високих температур (вище температури плавлення металу), які викликають механізм утворення радіаційного випромінювання, яке в свою чергу може призводити до промислово-виробничого травматизму.

Виникає гостра необхідність поглибленого дослідження умов праці (при підготовці та виконанні зварювальних робіт), та потреба розробки відповідних заходів спрямованих на нормалізацію даних процесів.

Виконання процесу зварювання складається з ряду допоміжних операцій направлених на підготовку матеріалів (очищення, розмітка, різання, збірка), безпосереднього процесу, та робіт після зварювання. Основними шкідливими факторами, які виникають при виконані цих робіт є - наявність магнітного поля (промислової частоти), утворення інтенсивного іскроутворення, шуму, виникнення ультрафіолетового випромінювання, процесів іонізації атмосфери та забруднення повітряного середовища.

Магнітне поле (МП) промислової частоти. Представляє собою найбільш шкідливий виробничий фактор, дія якого зумовлює вплив на центральну нервову систему (ЦНС), та роботу серцево-судинної системи, яка реагує навіть на не значні зміни рівня магнітного поля. Вплив магнітного поля викликає процеси порушення частоти серцевих скорочень (барикардія), підвищення тонусу судин, морфологічні зміни. Характерні зміни також можуть відбуватися у роботі внутрішніх органів (серця, легень, печінки, та ін.)[2].

Іскроутворення. При виконанні зварювальних робіт відбуваються викиди частинок розплавленого металу як правило у вигляді сферичних крапель. Утворені бризки розплавленого металу вилітають на всі боки на відстань, яка сягає декількох метрів. Ці іскри мають достатню швидкість та високу температуру і можуть викликати опіки шкіри.

Ультрафіолетове випромінювання. Дія ультрафіолетових променів викликає процеси руйнування (деструкцію) та хімічне розщеплення тканин пов'язаних з відповідними та грубими змінами функціонування процесів в організмі. При цьому відбувається характерні процеси часткової загибелі клітин шкіри. Промені з довжиною хвилі 400-180 мкм поглинаються зовнішнім середовищем ока і в залежності від інтенсивності та тривалості дії, зумовлюють різні ступені ураження – сильну біль в очах, сльозотечу, часткове осліплення.

Шум. Зварювальні процеси супроводжуються значними шумовими ефектами. Рівень шуму залежить від виду зварювання, режимів його виконання, та використовуваних матеріалів. Процеси, зварювання латуні та алюмінію супроводжується інтенсивнішим шумоутвореням, аніж зварювання сталі[2].

Іонізація та забруднення виробничого середовища. Характеризується наявністю у робочій зоні потужних іонізаторів повітря представлених у вигляді рідкого металу, ультрафіолетового випромінювання, ряду хімічних реакцій, що супроводжується інтенсивним утворенням аерозолю та газів, які призводять до забруднення повітря виробничих приміщень. Знаходячись в цих приміщеннях, зварник та інші працівники зазнають як зовнішньої так і внутрішньої дії шкідливих речовин (газів) які осідають на поверхні шкіряного покрову та потрапляють на слизові оболонки роту, очей, верхніх дихальних шляхів. Зокрема це оксиди азоту та вуглецю, концентрація яких перевищує у декілька разів гранично допустиму.

Технологічні операції після процесу зварювання виконуються у випадках необхідності очищення утворених задирок, наплавлених крапель металу, усунення технологічних карманів, утворених шлакових корок.

З метою забезпечення безпечних умов праці та уникнення шкідливих факторів необхідно: для зменшення дій магнітного поля використовувати методику ізоляції (ізоляція джерел МП) та автоматизації – яка виключає обов'язкове знаходження зварників біля джерел утворення МП. Захист очей та обличчя забезпечується використанням спеціальних щитків (масок). Для захисту від бризок (іскор) рекомендується використовувати спеціальний одяг, який виготовлений з негорючих матеріалів. Застосовувати засоби індивідуального захисту (протишумні навушники або вкладиші «беруші») - для зменшення рівня шуму (до допустимого), системи загальної та місцевої вентиляції - для захисту від впливу шкідливих газів (CO,NOта ін.) на організм зварника. Дотримуватися встановлених державних стандартів з охорони праці, які діють в даній галузі промисловості, безпосередньо для даного зварювального процесу.

Список літератури

1. *Ситников П. А.* Комплекс основних заходів охорони праці, на дільниці виконання зварювальних робіт/ *П. А. Ситников, О. Я. Пітак//* тез. доп. VIIIМіжнародної наук. - метод. конф. та 115 Міжнародної конф. Європейської Асоціації Безпеки. Х.:- 2016 - С.37.

2. *Левченко О. Г.* Комплексна оцінка умов праці при контактному – стиковому зварюванні оплавленням/ *О. Г. Левченко, Р. В. Сабанко, О. І. Полукарпов//* Сварщик. – 2005. -№4. – С. 47 – 49.

УДК 669.187.001.2

СТРУКТУРА КОНДЕНСАТІВ ТАВІДЛИВОК СПЛАВІВ Cu-Co, Cu-Fe

***А.Ю. ТАРАНІК*[1*], *М.О. ГЛУЩЕНКО*[2], *А.І. ЗУБКОВ*[3]**

[1] *магістрант кафедриМатеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *аспірант кафедриМатеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[3]*доцент кафедри Матеріалознавство, канд. тех. наук, НТУ «ХПІ», Харьків, УКРАЇНА*
[*]*email: maglushchenko@gmail.com*

Одним із способів зниження розміру зерна в металі та підвищення його фізико-механічних властивостей є використання легуючих елементів та модифікаторів. В той же час, закономірності формування, будова, фазово-структурний стан рівноважних зернограничних сегрегацій і характер розподілу легуючих металів в об'ємі матричного металу, що отримується кристалізацією з різних середовищ, вивчені недостатньо.

У зв’язку з цим метою даної роботи є порівняльне дослідження структури однокомпонентної міді і сплавів Cu-Co і Cu-Fe, які кристалізували з парової фази (методом електронно променевого випаровування з подальшою конденсацією) і з розплаву в вакуумі, а також вивчення можливості зниження розміру зерна матричного металу шляхом його модифікування малорозчинними більш тугоплавкими металами. Особливістю систем, які вивчаються, є нерозчинність компонентів при кімнатній температурі в рівноважних умовах.

В роботі була досліджена серія зразків вакуумних конденсатів, отриманиих при однакових швидкості конденсації та температурі підкладки. Змінювали лише концентрацію другого компоненту. Був проведений аналіз електронно-мікроскопічних зображень конденсатів міді із різним вмістом кобальту та заліза.

Дослідження структури та міцнісних властивостей конденсатів міді та сплавів Cu-Co і Cu-Fe показали, що легування міді кобальтом та залізом до ~ 2 ат.% призводить до зменшення розміру зерна мідної матриці конденсатів від 3 мкм до ~ 0,5 мкм.

Для перевірки впливу заліза та кобальту на процеси кристалізації із розплаву отримано злитки міді, Cu-Сота Cu-Fe, які кристалізували у вакуумі з середньою швидкістю охолодження 1,2°С/сек. Проведено аналіз та якісний опис структури виливок, показано, що кобальт і залізо змінюють структурний стан виливок однокомпонентної міді. Виявлено, що в легованих злитках відсутні ознаки дендритної кристалізації, структура є рівноосною, ячеїстою. Використано метод вимірювання мікротвердості для непрямої оцінки характеру розподілу кобальту і заліза всередині і на границях зерен мідної матриці.

УДК 539.216.2

ФАЗОВИЙ СКЛАД ТА МІКРОТВЕРДІСТЬ ПОКРИТТІВ ОДЕРЖАНИХ МЕТОДОМ МІКРОДУГОВОГО ОКСИДУВАННЯ НА СПЛАВІ АЛ9

Н.С. ХАРКІВСЬКА [1*], ***В.В. СУББОТІНА*** [2]

[1] *магістрант кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри Матеріалознавство, канд. тех. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: maglushchenko@gmail.com*

За останні роки найбільш інтенсивно розвиваються нові методи нанесення покриттів і зміцнення поверхонь з використанням висококонцентрованих джерел енергії – електричних розрядів, лазерів та інші. Одним із таких перспективних методів є новий спосіб нанесення покриттів – метод мікродугового оксидування МДО, він дозволяє отримувати на виробі принципіальні нові покриття, міцно зчепленні з основою, які характеризуються високими механічними, термостійкими та зносостійкими властивостями. Метод МДО є сукупністю різноманітних процесів. Якість покриттів залежить від багатьох факторів, у тому числі хімічного складу сплаву, складу електроліту і режимів мікродугового оксидування. Тому для відпрацювання технології зміцнення сплаву потрібне проведення комплексу досліджень.

Робота присвячена вивченню можливості покращення властивостей ливарного сплаву АЛ9 методом мікродугового оксидування і впливу оксидування на якість покриття (товщину, фазовий склад, твердість).

Для виконання поставленого завдання була проведена розробка технології мікродугового оксидування сплаву АЛ9, яке забезпечує підвищення зносостійкості та корозійної стійкості цього сплаву. Для досягнення цієї мети в роботі проводилась оптимізація параметрів МДО-процесу для сплаву АЛ9, контроль товщини та твердості оксидного шару, дослідження та випробування на кавітаційну стійкість. В роботі проведена оптимізація параметрів МДО-процесу та встановлений режим МДО, який забезпечує формування покриттів на сплаві АЛ9 товщиною 200 мкм та мікротвердістю 12500 МПа. Виконана МДО-обробка крильчаток воденої помпи (сплав АЛ9) дизельного двигуна та показана доцільність її застосування для підвищення кавітаційної стійкості.

В роботі використані оптична мікроскопія; рентгенівська дифрактометрія, вимірювання мікротвердості, товщини покриттів, та випробування на кавітаційну стійкість.

УДК 621.74.045

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТЕПЕНЯХ ПЕРЕГРЕВА

***В.І. ЧУМАЧЕНКО*[1*]*, Д.В. МАРИНЕНКО*[1]*, К.О. КОСТИК*[2]**

[1] *магістрант кафедри ливарне виробництво, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ливарне виробництво, к. т. н., НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: chuvetal@yandex.ru*

Легированные стали широко используются в машиностроении, транспортостроении и во многих других отраслях промышленности, поэтому задача исследования их структуры имеет особенно важное значение.

Температура разливки сплавов всегда превышает температуру их плавания, так как иначе сплавы не будут обладать нужной жидкотекучестью. Кроме того, в ряде случаев повышение температуры разливки благоприятно влияет на строение сплава.

При более высокой температуре разливки из стали легче выделаются неметаллические включения. Однако перегрев (превышение температуры жидкого сплава над температурой плавления) сплава должен быть ограничен определенными пределами, зависящими от свойств сплава и от особенности отливки.

Повышение температуры разливки в ряде случаев вызывает рост кристаллитов сплава, усиливает усадочные явления, увеличивает поглощение газов, повышает склонность сплава к горячим трещинам, ликвации и т.д. При заливке стали с одинаковым перегревом в пещаную и металлическую форму дает разную структуру, крупнозернистую неориентированную и направленную соответственно. При достаточно низких перегревах расплава наблюдается эффект наследования структуры, связанный с действием активных примесей, однако этот эффект исчезает при более высоком перегреве.

На сегодняшний день, данный вопрос изучен весьма слабо, его продвижение несет важную роль в формировании качественной отливки, сокращению затрат на модификаторы и вспомогательные процедуры, для управления структурой отливки.

Список литературы:

1. *Кнунянц И. Л.* Краткая химическая энциклопедия/ *И. Л. Кнунянц*// Пирометаллургия-С. – 1965. – т.4. – С. 792.

2. *Муракович* Е. И. Литейные сплавы и технологии/ *Е. И. Муракович, М. Карпенко*// Литагент «Белорусская наука». – 2014.

3. *Граблев А. Н*. Литейные сплавы, применяемые в машиностроении/ А. Н. Граблев// МГИУ. – 2007

4. *Самарин А. М.* Вакуумная металлургия/ *А. М. Самарин*// Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии. –1962. –С. 520.

СЕКЦІЯ 7. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ

УДК 537.323,546.86/.87

ПИТОМА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ПОЛІКРИСТАЛІВ Bi-Sb ПОБЛИЗУ ПЕРЕХОДУ НАПІВМЕТАЛ НАПІВПРОВІДНИК

***Ю.С. БОГДАНОВ*[1*]*, Г.М. ДОРОШЕНКО*[2]**

[1]*студент кафедри фізики металів та напівпровідників, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *м.н.с. кафедри теоретичної та експериментальної фізики, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: uurraa84@gmail.com*

Тверді розчини (ТР) між Bi і Sb добре відомі як найкращі термоелектричні та магнітотермоелектричні матеріали для використовування при температурах < 200 К [1]. Останнім часом, інтерес до дослідження властивостей кристалів і тонких плівок $Bi_{100-x}Sb_x$ зріс у зв'язку зі спостереженням в кристалах $Bi_{100-x}Sb_x$ особливих властивостей, характерних для топологічних ізоляторів [2]. Раніше [3] для полікристалів $Bi_{100-x}Sb_x$ при концентраціях сурми, що відповідають фазовому переходу (ФП) напівметал-напівпровідник при $x \sim 6 - 7$ виявлені аномальні ділянки на залежностях різноманітних властивостей, але існуючи дослідження проведені з великим шагом по концентрації сурми.

Мета роботи – дослідження концентраційної залежності питомої електропровідності $\sigma(x)$ ТР $Bi_{100-x}Sb_x$ поблизу ФП напівметал-напівпровідник. Об'єкти дослідження – полікристали $Bi_{100-x}Sb_x$ (x = 4.75 – 9.5), з шагом по концентрації $\Delta x = 0.25 – 0.5$, що були отримані сплавленням Bi і Sb у вакуумованих кварцових ампулах та піддавались гартуванню на повітрі з подальшим відпалом протягом 720 годин при 520 К. Вимірювання σ проводили за допомогою чотирьохзондового методу.

Показано, що σ з ростом x у ТР $Bi_{100-x}Sb_x$ зменшується у наслідок збільшення розсіювання носіїв заряду на домішкових атомах. Однак, у інтервалі концентрацій $x \sim 6.5 - 8.0$ на залежності $\sigma(x)$ виявлено максимум. Подібна поведінка залежності $\sigma(x)$ відповідає виявленим раніше концентраційним аномаліям термоелектричних властивостей, які спостерігалися для полікристалів $Bi_{100-x}Sb_x$ після інших видів термічної обробки і пов'язувалися з електронним ФП напівметал-напівпровідник [3].

Список літератури:

1. *Угай, Я.А.* Фазовые равновесия между фосфором, мышьяком, сурьмой и висмутом / *Я.А. Угай* // М.: Наука. – 1989.

2. *Hsieh, D.* A topological Dirac insulator in a Quantum Spin Hall phase / *D. Hsieh, D. Qian, L. Wray, Y. Xia, Y.S. Hor, R.J. Cava, M.Z. Hasan* // Nature. – 2008. – V. 452. – P. 970-974.

3. *Drozdova, A.A.* Influence of specimen preparation technique on isotherm of properties in bismuth-antimony solid solutions / *A.A. Drozdova* // Journal of Thermoelectricity. – 2009. – № 2. – P. 76-83.

УДК 621.472:629.78

ЕЛЕКТРИЧНІ ТА ЕЛЕКТРОННІ ПАРАМЕТРИ ГЕТЕРОСТРУКТУРИ n-ZnO/p-CuI

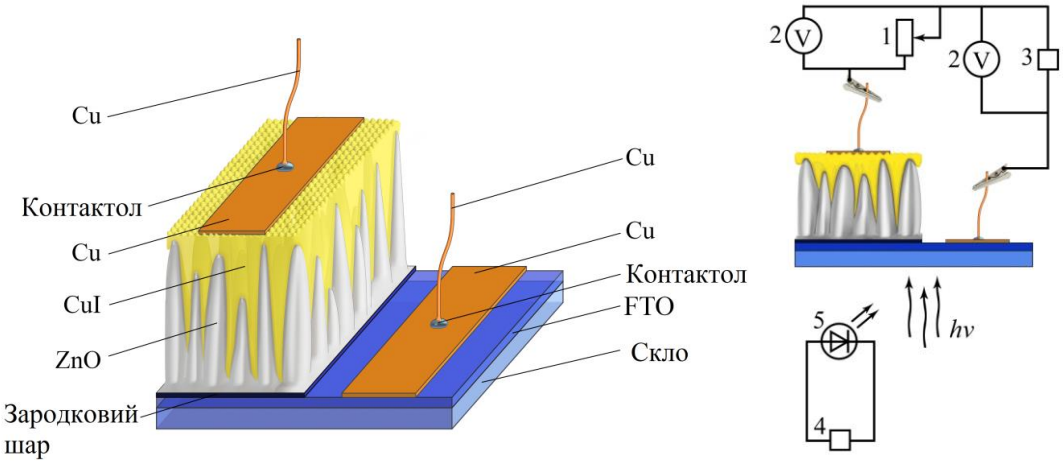
***Д.О. ЖАДАН*[1*], *Н.П. КЛОЧКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри ФМЕГ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ФМЕГ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: jadan.dima2012@ukr.net*

Широкозонні діодні структури є привабливими для різноманітних застосувань, в тому числі тандемних сонячних батарей, світлодіодів, детекторів УФ-випромінювання [1]. Використання напівпровідників з великою шириною забороненої зони для виготовлення p-n гомопереходів часто зазнає невдачі через обмеження в легуванні широкозонних напівпровідників [2]. Типовий напівпровідник p-типу важко легувати в n-тип, і навпаки. Оксид цинку внаслідок великої ширини забороненої зони (3,37 еВ) є перспективним кандидатом для застосування в якості одного з діодних шарів, а саме шару n-типу [2]. Однак через відсутність стабільних напівпровідникових плівок ZnO p-типу, в більшості випадків, діодні конструкції, насамперед УФ-фотодіоди на основі ZnO, створюються на основі гетеропереходів, для чого використовують різноманітні напівпровідники p-типу, такі, як NiO, 6H-SiC, Si, CuI та інші.

Постановка задачі – електричні та електронні параметри гетероструктури n-ZnO/p-CuI.

Мета роботи – дослідження електричних властивостей шарів ZnO і CuI та електронних параметрів напівпровідникової композиції n-ZnO/p-CuI.



а б

Рис. 1 – Схематичне зображення тестового зразку Cu/FTO/ZnO/CuI/Cu (а) та блок-схема установки для виміру статичних ВАХ тестових зразків Cu/FTO/CuI/Cu и Cu/FTO/ZnO/CuI/Cu (б):1 – магазин опорів, 2 – мультиметр MS8040, 3 – джерело напруги HY30106, 4 – блок живлення HYelec DC POWER SUPPLY Y HY 1502D, 5 – УФ світло діод

Масиви оксиду цинку виготовляли методом імпульсного електрохімічного осадження при температурі 70 °С в трьохелектродній комірці у водному електроліті, що містив 0.1 М $NaNO_3$ і 0.01 М $Zn(NO_3)_2$. В якості підкладок (катодів, або робочих електродів) використовували вкриті прозорими електропровідними шарами легованого фтором оксиду олова (FTO) скляніпластини марки TEC 7 фірми Pilkington (USA). Протиелектродом служила платинова спіраль, а електродом порівняння - насичений хлорсрібний електрод Ag/AgCl.

Нанесення плівок CuI на підкладки з шарами FTO і на поверхню наноструктурованих масивів оксиду цинку FTO/ZnO методом SILAR здійснювали відповідно до запропонованого в [3] рецепту.

Аналіз діодної ВАХ тестового зразка Cu/FTO/ZnO_{S109}/CuI/Cu дозволив визначити електронні параметри бар'єрної гетероструктури n-ZnO/p-CuI. Розрахунки показали високі значення шунтуючого опору R_{sh} S_c, = 879 Ом·см^2 в поєднанні з послідовним опором R_s S_c, = 8.5 Ом·см^2, коефіцієнт випрямлення діода $K \approx 18$, а також характерну для діодів з гетеропереходом n-ZnO/p-CuI [4] висоту випрямляючого бар'єру *p-n* переходу $\Phi = 1.1$ еВ.

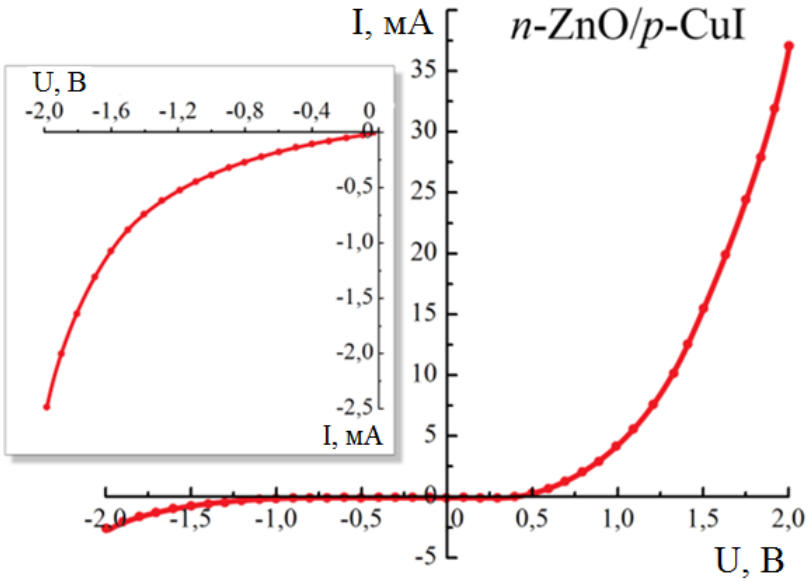


Рис. 2 – Темнова ВАХ тестового зразка Cu/FTO/ZnO_{S109}/CuI/Cu

Список літератури:

1. *Xiong, C.* Low temperature preparation p-CuI/n-ZnO wide gap heterojunction diode / *C. Xiong, R. Yao* // Optik. – 2015. - Vol. 126. – P. 1951–1954.

2. *Mohd, R.J.* Synthesis and Characterization of Copper (I) Iodide Nanoparticles via Chemical Route / *R.J. Mohd, K. Si-Wen, N. Hawari, Nurul Azri Khalisah Aznan* // Int. J. Electrochem. Sci. – 2012 . – Vol. 7. – P. 4942–4950.

3. *Bulakhe, R.N.* Deposition of copper iodide thin films by chemical bath deposition (CBD) and successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) methods / *R.N. Bulakhe, N.M. Shinde, R.D. Thorat, S.S. Nikam, C.D. Lokhande* // Current Applied Physics. – 2013. – Vol. 13. – P. 1661–1667.

4. *Schein, F.-L.* Transparent p-CuI/n-ZnO heterojunction diodes / *F.-L. Schein, H. Wenckstern, M. Grundmann* // Applied Physics Letters. – 2013. – Vol. 102. – P. 092109(4).

УДК 621.3

НАБЛИЖЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ

***А.О. ПАЛІЙ*[1*], *В.М. МИХАЙЛОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри «Інженерна електрофізика», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри «Інженерна електрофізика», докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: o.y.konovalov@gmail.com*

Магнітно-імпульсне розширення тонких провідних циліндричних оболонок малого діаметру за допомогою зовнішнього індуктора є досить складною технологічною операцією, що потребує визначення форми та параметрів імпульсу зовнішнього магнітного поля [1,2]. Експерименти, котрі було проведено в НТУ «ХПІ», показали, що неправильний вибір цього імпульсу може призвести до небажаних стиску та поздовжнього гофрування оболонки [3].Тому актуальним є математичне моделювання електромагнітних та механічних процесів з метою розробки рекомендацій щодо параметрів імпульсів діючого поля.

На відміну від найбільш розповсюджених відомих методів перетворимо крайову задачу проникнення поля у рухому оболонку для рівняння у часткових похідних в задачу для звичайного диференціального рівняння [4]:

$$r_1 \frac{dH(r_1,t)}{dt} + \left(\frac{R}{\tau} + 2V_{r1}\right) H(r_1,t) = \frac{R}{\tau} H(r_2,t),$$

де r_1, r_2 – радіус внутрішньої та зовнішньої поверхні оболонки, $R = r_1(0)$, t – час, V_{r1} – швидкість руху оболонки, $H(r_1,t)$, $H(r_2,t)$ – напруженості магнітного поля на поверхнях оболонки, τ – стала часу першого наближення. Початкова умова

$$H(r_1, 0) = 0 .$$

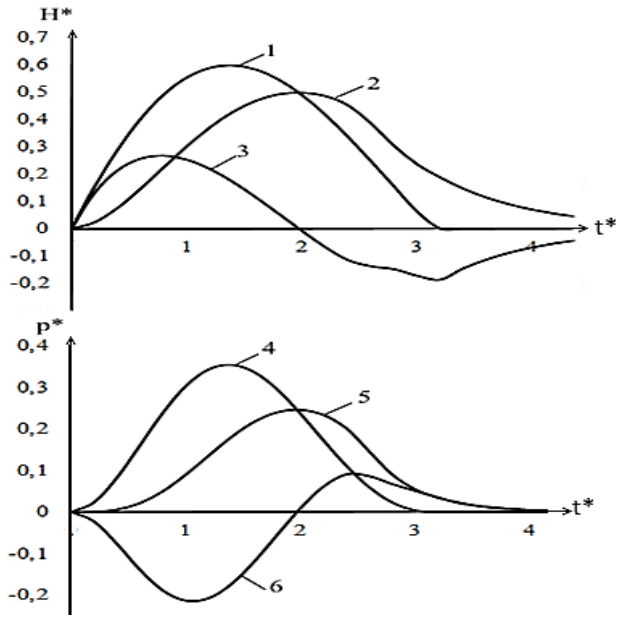
У правій частині рівняння, котре розв'язується чисельно разом з рівнянням руху оболонки на часовій сітці, $H(r_2,t)$ – відома функція.

Результати розрахунку електромагнітного поля та руху оболонки з алюмінієвого сплаву у випадку «зрізаного» імпульсу зовнішнього магнітного поля

$$H(r_2,t) = \begin{cases} H_0 \cdot e^{-\alpha t} \sin \omega t, & 0 \le t < t_з \\ 0, & t \ge t_з \end{cases},$$

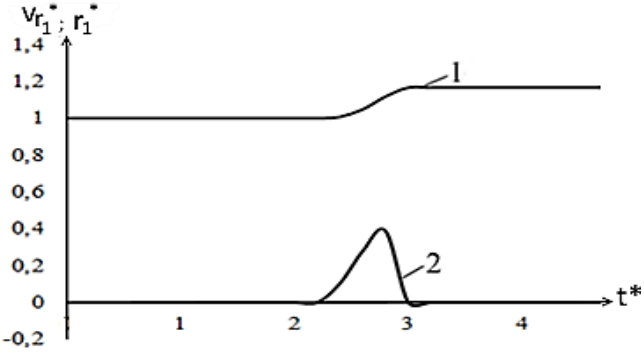
де H_0, α – сталі, ω – кутова частота, $t_з$ – момент «зрізу», показано на рис. 1, 2.

Усі величини, що позначено зірочками, є безрозмірними: $\eta^*(t^*)$ – лінійна густина струму в оболонці, p^*_e, p^*_i – тиск магнітного поля на зовнішню та внутрішню поверхню, $p^* = p^*_i - p^*_e$, $t^* = \omega t$, $H^*_0 = H_0 / H_б$, $H_б = \sqrt{2\sigma_s / \mu_0}$, $p^* = p / p_б$, $p_б = \mu_0 H_б^2 / 2$, $\eta^* = \eta / H_б$, μ_0 – магнітна стала, σ_s – границя плинності матеріалу оболонки.



1–$H^*(r_2, t^*)$, 2–$H^*(r_1, t^*)$, 3–$\eta^*(t^*)$, 4–$p_e^*(t^*)$, 5–$p_i^*(t^*)$, 6–$p^*(t^*)$

Рис. 1 – Напруженості магнітного поля, лінійна густина струму в оболонці і тиск магнітного поля



1 – $r_1^*(t^*)$, 2 – $V_{r1}^*(t^*)$

Рис. 2 – Швидкість й радіус внутрішньої поверхні оболонки

Основні вихідні дані: ω=18000(1/с), α/ω=0,2, $t_ç^*=\pi$, $H_0^*=0{,}8$, товщина оболонки 0,5 мм, R=8 мм.

Проникнення магнітного поля усередину оболонки призводить до збільшення тиску p_i^*(рис. 1, криві 2,5).

На початковій стадії $\eta^*>0$ (крива 3), $p_e^* > p_i^*$ (криві 4,5), але стиску оболонки перешкоджає діелектричний циліндр. У подальшому через зсув фаз між $H^*(r_1,t)$ та $H^*(r_2,t)$ (криві 1, 2) $p_i^* > p_e^*$, $\eta^*<0$ і позитивна півхвиля тиску p^* (крива 6) призводить до радіального розширення оболонки на 17% від початкового радіусу. Після досягнення максимальної швидкості V_{r1} = 56 м/с оболонка «зупиняється» (рис. 2). Через «зріз» імпульсу не виникає третя, небажана півхвиля p^*, що узгоджується з експериментальними даними [3]. Розширення оболонки обмежується зовнішньою діелектричною матрицею. При H_0^* = 1 оболонка досягає можливої границі та відбувається її зіткнення з матрицею зі швидкістю 104 м/с. Якщо зменшувати H_0^*, можна досягти потрібні радіальну деформацію та швидкість зіткнення з матрицею.

Список літератури:

1. *Furth, H.P.* Devices for metal-forming by magnetic tension / *H.P. Furth* // United States Patent № 3. 196. – 1965. – 649. – cl. 72-56.

2. *Лютенко, Л.А., Михайлов, В.М.* Влияние формы импульса внешнего магнитного поля на электродинамические усилия, деформирующее цилиндрическую оболочку / *Л.А. Лютенко, В.М. Михайлов* // Технічна електродинаміка. – 2007. – № 6. – С. 15 - 19.

3. *Бондина, Н.Н., Коновалов, О.Я., Легеза, А.В., Макеев, В.Г., Михайлов, В.М., Шовкопляс, А.В.* Магнитно-импульсное расширение цилиндрической проводящей оболочки и создание заданного распределения поля с помощью внешнего индуктора / *Н.Н. Бондина, О.Я. Коновалов, А.В. Легеза* и др.// Технічна електродинаміка. Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки». – 2008. –Частина 5. – С. 84 – 89.

4. *Бондина, Н.Н., Коновалов, О.Я., Михайлов, В.М.* Преобразование краевой задачи проникновения импульсного магнитного поля в движущуюся проводящую оболочку / *Н.Н. Бондина, О.Я. Коновалов, В.М. Михайлов* // Технічна електродинаміка. – 2014. – №5. – С. 8-10.

УДК 621.472:629.78

АПРОБАЦІЯ КОНСТРУКТИВНОГО РІШЕННЯ ГІБРИДНОЇ ТЕРМОФОТОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Д.С. ПРОКОПЕНКО[1*], Р.В. ЗАЙЦЕВ[2]

[1] магістрант кафедри ФМЕГ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2] доцент кафедри ФМЕГ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*]email: prokopenko25ds@gmail.com

Фотоелектричні панелі та колектори, займають велику площу. Тому об’єднання ФЕП із колекторами в одній гібридній системі дозволить заощадити кошти та використати корисну площу [1]. Гібридний сонячний колектор являє собою об'єднання фотоелектричної панелі і теплового сонячного колектору. Як відомо ефективність традиційного фотоелектричного модуля падає при зростанні температури, особливо продуктивність електроенергії різко знижується при температурі на поверхні фотоелемента вище 50 °С, що часто спостерігається в літній час в класичних сонячних панелях. У гібридних колекторах, тепло поглинається циркулюючою рідиною для отримання гарячої води, тим самим знижує робочу температуру елемента і підвищуючи його ефективність.

Постановка задачі – розробка макетного сегменту термофотоенергетичної установки, та вимірювання її основних параметрів в різних режимах її роботи для майбутнього вдосконалення.

Мета роботи – проектування і розробка макетного сегменту термофотоенергетичної установки, моделювання та апробація її ефективності у різних режимах роботи. На основі проведених досліджень було побудовано макетний сегмент термофотоенергетичної установки, яка показана на рис. 1., та проведено апробацію сегменту серією методів.

Рис. 1 – Дослідницький стенд термофотоенергетичної установки

В основу було взято три основні методи. В першому колектор був без тонкоплівкових елементів і скла, в другому з використанням тонкоплівкових елементів і скла які покривають колектор, та в останньому методі колектор перебував під склом, але тонкоплівкові елементи не використовувалися.

На основі проведених досліджень встановлено, що швидкість циркуляції води в установці приблизно становить 1 *л/хв*. Дослідження які проводились з використанням тонкоплівкових елементів і скла в порівнянні з методом без тонкоплівкових елементів і скла, та методом в якому колектор був покритий склом, але був без поліімідних плівок мають такі показання температури при вимірюванні на 30 хвилині: 25 °*C*, 26 °*C* та 27 °*C* відповідно[2].

При вимірюванні температури був використаний мультиметр ЕМ3058, діапазон вимірювань якого з 0 °*C* до 400 °*C*, розширення в 1 °*C*, а точність ±(0,75%+3). На даній стадії апробації точність цього мультиметру достатньо, але в подальшому дослідженні буде використаний більш точний мультиметр.

Для апробації сегменту термофотоенергетичної установки виготовлено методом магнетроного розпилення на постійному струмі тонкоплівкові шари CdTe на поліімідних підкладках. Параметри отримання плівок: температура підкладки 300 °*C* для Зразку 1 та 320 °*C* для Зразку 2, тиск робочого газу аргону в обємі вакуумної установки 0,7-0,8 *Па*, густина струму розрядку 3,2 *мА/см*^{2}, напруга на магнетроні 650-700 *В*, час напилення 10 хвилин [3].

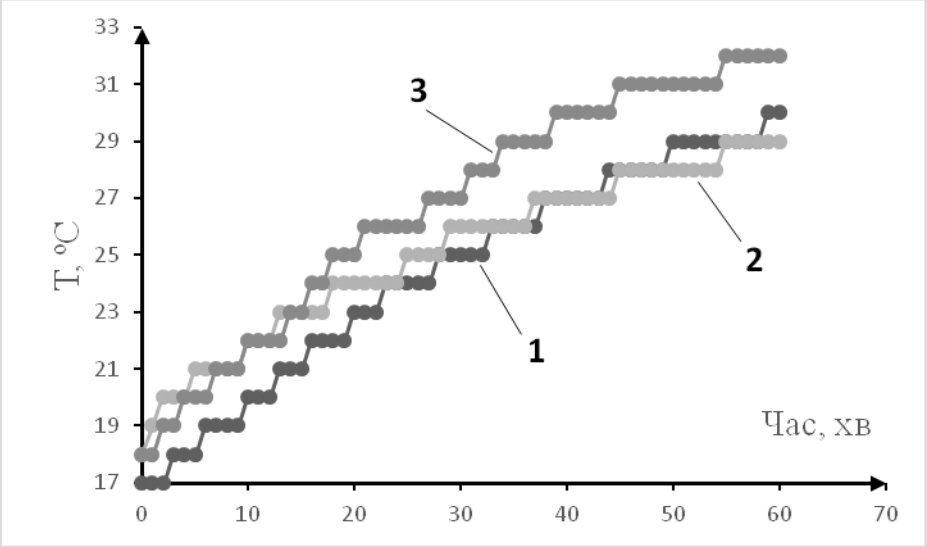


Рис. 2 – Графік залежності температури від часу: 1 – Експеримент було проведено без тонкоплівкових елементів та скла. 2 – Експеримент було проведено з використанням тонкоплівкових елементів та скла. 3 – Експеримент було проведено з використанням скла, але тонкоплівкові елементів не використовувались

Список літератури:

1. *Шидловський, А.К.* Енергетичні ресурси та потоки (ред.) / *А.К. Шидловський*. // Київ: Українські енциклопедичні знання, 2003. – 468 с.

2. Екоцентр. Практична реалізація системи на сонячних батареях для економії електроенергії / Режим доступу: http://www.ecosvit.net – Дата доступу: 07.11.2016.

3. *Kharchenko, N.M.* Technology optimization of the chloride treatment of cadmium chalcogenide thin films / *N.M. Kharchenko, G.S. Khripunov, T.A. Li* // PSE. – 2008. – P. 6(3-4).

УДК 665.9

КАМЕРА ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ФРУКТОВ В РЕГУЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

А.Л. РОНЕНКО[1*], Н.З. РУДЕНКО[2]

[1]магистрант кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[2]ст. преподаватель кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[*]email: Likuliyayoo18@mail.ru

Суть технологии хранения фруктов с применением РГС состоит в том, что продукцию хранят в герметичных холодильных камерах фруктохранилищ при пониженном содержании кислорода (0,4÷2,5%) и повышенном углекислого газа (1,0÷3,5%) [2].

Недостатком хранилищ является непрерывное или периодическое разбавление газовой среды хранилища наружным воздухом, происходящее через стенки хранилища, вследствие чего состав газовой среды в хранилище отклоняется от регламентного.

Для предотвращения нежелательного изменения состава газовой среды необходимо либо увеличивать капитальные затраты на обеспечение высокой герметичности корпуса камеры, либо непрерывно подавать в камеру газовую смесь с требуемыми параметрами, вырабатываемую генератором газовой среды, что увеличивает эксплуатационные расходы[1].

Целью данной работы является уменьшение проникновения наружного воздуха внутрь камеры хранилища при колебаниях атмосферного давления.

Поставленная цель достигается тем, что камера хранилища свободно сообщается с атмосферой через емкость, самопроизвольная циркуляция газовой среды внутри которой ограничена высоким отношением длины емкости к ее поперечному сечению, или воздухопроницаемым наполнителем.

В качестве воздухопроницаемого наполнителя может использоваться минераловатный или насыпной пористый наполнитель.

Входное отверстие из камеры в емкость предпочтительно расположено в нижней зоне камеры, выходное отверстие из емкости в атмосферу предпочтительно расположено на уровне потолка камеры (либо наоборот) для предотвращения «тягового» вентиляционного эффекта вследствие различия плотностей газовой среды хранилища и наружного воздуха.

Список литературы:

1. *Коробкина, З.В*. Прогрессивные методы хранения плодов и овощей / *З.В. Коробкина* // Киев: Урожай. – 1989.

2. Проектирование и строительство овощехранилищ и фруктохранилищ с регулируемой газовой средой. - http://www.insolar.com.ua/products/complex/gaz/storage/ – 20.01. 2016.

УДК 538.9

ПРОЦЕССЫ СТАРЕНИЯ В МОНОКРИСТАЛЛАХ $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$

С.В. САВИЧ*[1*], *Р.В. ВОВК*[2], *А.В. САМОЙЛОВ*, *К.В. ТЮТЕРЕВА

[1] *аспирант кафедры физики низких температур, физический факультет ХНУ имени В.Н. Каразина, Харьков, УКРАИНА*

[2]*професор кафедры физики низких температур, доктор физ.-мат наук, ХНУ имени В.Н. Каразина, Харьков, УКРАИНА*

**email: svsavich@ukr.net*

Считается, что в соединениях $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ оптимально допированных кислородом ($\delta \leq 0.15$) релаксационные процессы практически не возникают и их электрофизические характеристики являются устойчивыми к влиянию внешних экстремальных воздействий [1]. Но вопрос о влиянии долговременного воздействия внешних факторов, например атмосферы, на структурные и электротранспортные параметры остается открытым. В настоящей работе были проведены исследования влияния длительной выдержки в атмосфере воздуха на различные режимы проводимости в базисной *ab*-плоскости оптимально допированных кислородом монокристаллов $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ с высокой критической температурой $T_c \approx 90$ K.

Температурные зависимости удельного электросопротивления в ab-плоскости $\rho_{ab}(T)$, измеренные до и после длительной выдержки образца в атмосфере воздуха, показаны на рис. 1. Резистивные переходы в сверхпроводящее состояние показаны на вставке (a). Удельное электросопротивление в *ab*-плоскости для этих кристаллов при комнатной температуре возросло от 151 до 491 мкОм·см, а ширина резистивного перехода в сверхпроводящее состояние ΔT_c значительно увеличилась (от 0.3 до более чем 10 К).

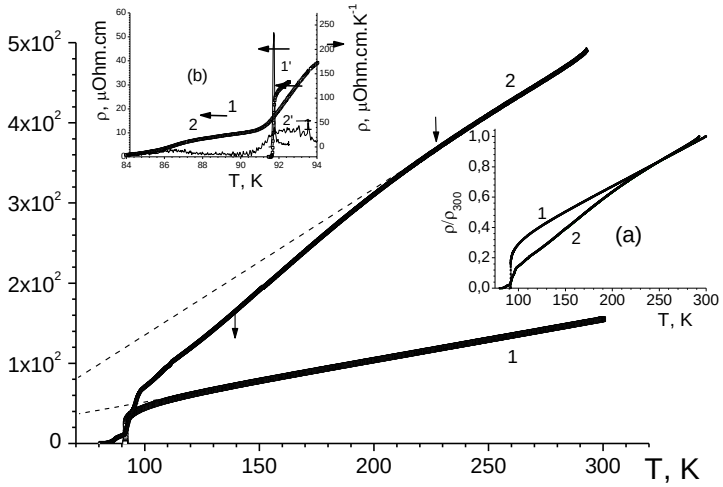


Рис. 1 – Зависимости электросопротивления $\rho_{ab}(T)$ монокристалла до и после длительной выдержки в атмосфере воздуха – кривые 1 и 2, соответственно. Стрелочками показаны температуры перехода в псевдощелевой режим T*. На вставке (a) показаны те же зависимости в приведенных координатах $\rho_{ab}/\rho_{ab}(300)$ – T. Вставка (b): переходы в сверхпроводящее состояние в координатах ρ_{ab} – T и $d\rho_{ab}/dT$ – T в области СП-переходов тех же образцов. Нумерация кривых на вставке соответствует нумерации на рисунке

При этом сам переход приобрел ярко выраженную ступенчатую форму, что может служить свидетельством сильного фазового расслоения [2,3]. На рис. 2 представлены зависимости избыточной проводимости $\Delta\sigma$ от температуры в координатах $\ln\Delta\sigma$ - 1/T. На вставке к рис. 2 представлены температурные зависимости избыточной проводимости $\Delta\sigma(T)$ в координатах $\ln\Delta\sigma$ - $\ln\varepsilon$, где $\varepsilon=(T-T_c)/T_c$.

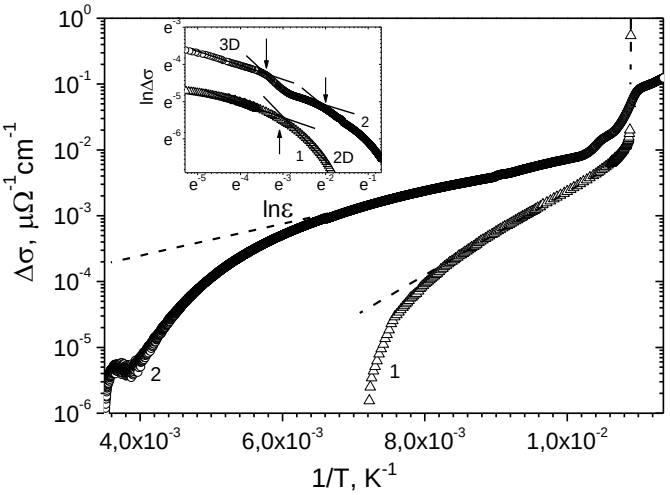


Рис. 2 – Температурные зависимости избыточной проводимости в ab-плоскости для монокристалла $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ в координатах $\ln\Delta\sigma$ – 1/T и $\ln\Delta\sigma$-$\ln\varepsilon$ (вставка). Обозначение кривых соответствует обозначениям на рис.1. Пунктирными линиями на рис.2 показана аппроксимация уравнением (2), а на вставке - прямыми с углом наклона $tg\alpha_1\approx-0.5$ (3D - режим) и $tg\alpha_2\approx-1.0$ (2D - режим). Стрелочками показаны точки 2D-3D кроссовера

Как видно из рисунков, длительная выдержка таких монокристаллов в атмосфере воздуха приводит к частичной деградации проводящих свойств и появлению эффективных центров рассеяния носителей тока. Избыточная проводимость $\Delta\sigma(T)$ в широком интервале температур $T_f<T<T^*$ подчиняется экспоненциальной температурной зависимости, а в случае приближения к T_c - удовлетворительно описывается в рамках теоретической модели Асламазова-Ларкина. Длительный отжиг способствует значительному расширению температурного интервала реализации псевдощелевого состояния в ab-плоскости, тем самым сужая линейный участок зависимости $\rho_{ab}(T)$. В процессе старения также появляются признаки фазового расслоения в объеме экспериментального образца, которые проявляются в наличии дополнительных пиков на зависимостях $d\rho_{ab}(T)/dT$ в области сверхпроводящего перехода.

Список литературы:

1. Veal, B.W. Time-dependent superconducting behavior of oxygen-deficient $YBa_2Cu_3O_x$: Possible annealing of oxygen vacancies at 300 K / B.W. Veal, H. You, A.P. Paulicas et al. // Phys. Rev. B. – 1990. – V. 42, № 3. – P. 4770-4773.

2. Vovk, R.V. Relaxation of the normal electrical resistivity induced by high-pressure in strongly underdoped $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ single crystals / R.V. Vovk, G.Ya. Khadzhai, Z. F. Nazyrov et al. // Physica B. – 2012. – 407. – P. 4470.

3. Vovk, R.V. Transport anisotropy and pseudo-gap state in oxygen deficient $ReBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (Re = Y, Ho) single crystals / R.V. Vovk, M.A. Obolenskii, A.V. Bondarenko et al. // J. Alloys and Compounds**.** – 2008. – 464. – P. 58.

UDC 539.216.2

STRUCTURE OF W/Mg_2Si X-RAY MIRROR

***R.M. SMERTIN*[1*], *L.E. KONOTOPSKY*[2]**

[1] *master student of Department of Physics of Metals and Semiconductors, NTU «KhPI», Kharkiv, UKRAINE*

[2] *research fallow of Department of Physics of Metals and Semiconductors, NTU «KhPI», Kharkiv, UKRAINE*

[*]*email: smertin_ruslan_1993@mail.ru*

Possibility to carry on the precise element analysis for small atom concentrations is important task for many fields of science and engineering. X-ray fluorescent analysis enables to solve this problem. Wavelength-dispersive X-Ray spectrometer is one of the devices of X-ray fluorescence. X-ray mirror is an important element in this device. Characteristics of X-Ray mirror determine the potential of spectrometer in many respects. Development and investigation of X-Ray mirrors with high reflectance at specified wavelength is actual problem now.

W/Mg_2Si X-ray mirrors for wavelengths range greater than λ=0,989 nm we have studied in this work. X-Ray diffraction and electron microscopy we used for structure investigation.

W/Mg_2Si X-Ray mirror with optimum thickness of W and Mg_2Si layers was prepared in order to ensure maximum reflectance at Mg line ($\lambda_{MgK\alpha}$=0,989 nm). Period X-Ray mirror was d=3,1 nm. Fitting experimental low angle X-ray diffraction spectrum in frame of the bilayer model was successful if we used the W density value $\rho(W) = 17{,}5$ g/cm^3 which is less than the table. This action may be justified by formation of mixed zones or amorphous state of tungsten. The transmission electron diffraction pattern of W/Mg_2Si multilayer showing reflexes corresponding to Mg_2Si crystalline layers and halo near 100% W lines and its silicides.

Cross-section transmission electron microscopy image of W/Mg_2Si multilayer with period d=14,2 nm is evidence of mixed zone formation of ~2,5 nm thickness at Mg_2Si-on-W interface. Fitting experimental low angle X-ray diffraction of W/Mg_2Si X-ray mirror with period d_1=3,1 nm and d_2=14,2 nm in the frame of bilayer and three-layered models of Mg_2Si-W_xSi_y и Mg_2Si-W_xSi_y-W was successful when using mixed zone density values near those of W_5Si_3 and WSi_2, correspondingly.

As result of comparison reflectance it was determined that reflectance of W/Mg_2Si X-ray mirror comparable with that of its analogue, namely W/B_4C X-ray mirror. Tungsten silicide formation into layers of X-ray mirror leads to reflectance decreasing. Theoretical calculations show that preparation of W/Mg_2Si X-ray mirrors taking into account formation of mixed zones may heighten the reflectance 1.35 times.

УДК 537.9

ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ТЕЛУРИДУ СУРМИ

***Н.В. СОСНИЦЬКА*[1*], *К.В. МАРТИНОВА*[2]**

[1] *магістрант кафедра фізики металів і напівпровідників, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *аспірант кафедри теоретичної та експериментальної фізики, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
**email: Natasja3@mail.ru*

Телурид сурми Sb_2Te_3 є вузькозонним напівпровідником із високою термоелектричною (ТЕ) ефективністю, який широко застосовується як низькотемпературний ТЕ матеріал, а також у датчиках тепла і вологості [1]. Крім того, Sb_2Te_3 відносять до топологічних ізоляторів - класу матеріалів, які останнім часом пригортають до себе особливу увагу через широкі перспективі їх практичного застосування [2-3]. Тому вивчення фізичних властивостей телуриду сурми є важливою задачею для дослідників.

Теплопровідність λ є важливим термоелектричним параметром, який безпосередньо впливає на ТЕ добротність матеріалу *ZT*. Крім того теплопровідність є характеристикою, чутливою до зміни зонної структури і механізму розсіяння носіїв заряду. Відомо, що у матеріалах V_2VI_3 теплопровідність λ складається із фононної, електронної та біполярної компонент. Знання питомого внеску кожної із цих компонент є важливим для використання і подальшого дослідження Sb_2Te_3.

Метою даної роботи було дослідження температурної залежності теплопровідності пресованого Sb_2Te_3 і виділення основних складових теплопровідності.

Синтез зразків здійснювався шляхом сплавлення високочистих елементів у вакуумованих кварцових ампулах за температури T = 1073 К протягом 2 год. і відпалу за $T_{відп}$ = 653 К протягом 300 год. Холодне пресування проводилося на пресі ЗІМ Р-25 (тиск P = 7 т/см^2, час витримки під навантаженням - 1 хв.). Дисперсність порошків складала ~ 200 мкм. Після пресування зразки піддавалися відпалу у вакуумованих ампулах із жаростійкого скла протягом 300 год ($T_{відп}$ = 693 К). Теплопровідність λ вимірювалась методом динамічного калориметра на тепломірі ИТ-λ-400 на пресованих таблетках діаметром 15 мм і висотою 5 мм, електропровідність σ вимірювалась методом постійного струму на паралелепіпедах, виготовлених із литих зразків.

Були отримані температурні залежності загальної теплопровідності і електропровідності в інтервалі T = 80 - 300 К і T = 148 - 623 К для σ і λ відповідно. Математична обробка даних здійснювалась із використанням можливостей програмного пакету OriginLab.

Виділення електронної складової теплопровідності проводилося з використанням до закону Відемана-Франца (1), відповідно до якого електронна теплопровідність розраховується як:

$$\lambda_e = L\sigma T \,, \tag{1}$$

де L – число Лоренца (у випадку сильного виродження $L = 2.45 \cdot 10^{-8}$ Вт·Ом·К$^{-2}$, σ – електропровідність, T – абсолютна температура) [4].

Теплопровідність решітки розраховувалась як різниця загальної і електронної компонент λ. На рис. 1а зображений хід загальної і електронної компонент λ. Хід температурної залежності теплового опору решітки W_p зображений на рис. 1б. Відповідно до теорії Пайерлса, для трифононного розсіяння тепловий опір решітки зростає пропорційно температурі $W_p \sim T$ [4]. Можна побачити, що хід залежності $W_p(T)$ відповідає лінійному закону.

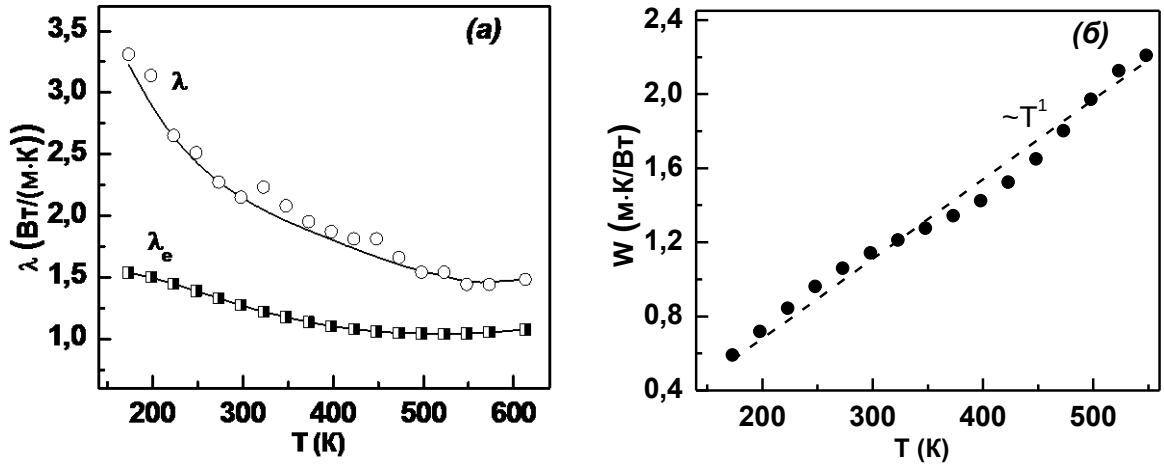


Рис. 1 – Температурні залежності теплових властивостей Sb_2Te_3: *а* – загальна (λ) та електронна (λ_e) теплопровідність; *б* – тепловий опір решітки

Таким чином, за температури застосування телуриду сурми у ТЕ перетворювачах (~ 300К) внесок фононної та електронної теплопровідності складає приблизно 40 % і 60 %, а внесок біполярної складової є нехтовно малим. Хід температурної залежності фононної теплопровідності відповідає ситуації трифононного розсіяння.

Список літератури:

1. *Rowe, D.M.* CRC Handbook of thermoelectrics / *D.M. Rowe* // New York : CRC Press.– 1995.– P. 701.

2. *Dutta, P.* Anomalous thermal expansion of Sb_2Te_3 topological insulator / *P. Dutta, D. Bhoi, A. Midya, N. Khan, P. Mandal, S.S. Samatham, V. Ganesan* // Applied Physics Letters. – 2012. – Vol.100. – P. 251912-1 – 251912-3.

3. *Zhao, L.* Emergent surface superconductivity in the topological insulator Sb_2Te_3 / *L. Zhao, H. Deng, I. Korzhovska, M. Begliarbekov, Z. Chen* // Nature Communications. – 2015. – V. 6. – P. 8279 (1 - 8).

4. *Гольцман, Б.М.* Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 / *Б.М. Гольцман, В.А. Кудинов, И.А. Смирнов* // М.: Наука. –1972. – С. 320.

УДК 665.9

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КАМЕРЫ

Ю.М. ТЕРЛАК [1*]***, Н.З. РУДЕНКО*** [2]

[1]*магистрант кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*ст. преподаватель кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: yulya.terlak@yandex.ua*

Проблема экономии энергоресурсов с каждым годом становится все более актуальной. Наиболее эффективным считается, правильно подобрана теплоизоляция. Теплоизоляционные материалы и изделия, применяемые при строительстве холодильных камер, значительно снижают потери холода, обеспечивают экономию ресурсов, обусловливают устойчивый режим работы холодильного оборудования. Использование тепловой изоляции при строительстве холодильных камер позволяет уменьшать толщину и массу стен и других ограждающих конструкций, а, следовательно, сократить расход основных строительных материалов (цемента, металла, кирпича), а значит, снизить стоимость строительства.

Целью работы является рассмотрение и подбор теплоизоляции для низкотемпературной камеры, а также сборка камеры из сэндвич панелей.

В качестве рассмотренных теплоизоляционных материалов были взяты такие как пенополиуретан, пенополистирол и минеральная вата. Выбор теплоизоляции осуществляется по следующим основным характеристикам:

- коэффициент теплопроводности;
- плотность;
- водопоглощение;
- показатели пожарной безопасности;
- температуростойкость.

В работе рассматривалась холодильная камера объемом 36 $м^3$ с температурой в камере -18 ºС. Для определения необходимой толщины теплоизоляционного материала были проведены расчеты. При сравнении рассматриваемых теплоизоляционных материалов по характеристикам и расчетам толщины слоя наиболее подходящим оказался пенополиуретан. В расчете определения толщины взяты некоторые значения из нормативного документа СНиП 2.11.02-87. Толщина для сэндвич панелей с наполнителем пенополиуретаном составила для стен и потолка 120 мм.

Список литературы:

1. *Шойхет, Б.М., Ставрицкая, Л.В.* Эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий / *Б.М. Шойхет, Л.В. Ставрицкая* // Энергосбережение. – № 3. – 2000.

2. *Каганер, М.Г.* Тепловая изоляция в технике низких температур, 1966. – 64-73 с.

УДК 621.383.51

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЕЛЕКТРОННІ ПАРАМЕТРИ ДІОДНОЇ ГЕТЕРОСТРУКТУРИ p-CZTS/n-ZnS І ОКРЕМИХ ЇЇ ШАРІВ

***П.П. ТКАЧ*[1*], *Н.П. КЛОЧКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри ФМЕГ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ФМЕГ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: tkachpavel@ukr.net*

В даний час кестерит Cu_2ZnSnS_4 (CZTS) привернув багато уваги як потенційний кандидат для задоволення глобального попиту на енергію [1]. Cu_2ZnSnS_4 – напівпровідник *p*-типу з прямою забороненою зоною 1,4-1,5 еВ і коефіцієнтом поглинання ~ 10^4 $см^{-1}$ [1-3]. Тим не менш, не тільки ідеальна енергія забороненої зони і високий коефіцієнт поглинання роблять його хорошим кандидатом для високоефективних тонкоплівкових сонячних елементів. Крім цього, CZTS містить достатньо поширені і нетоксичні матеріали і його тонкі плівки можуть бути виготовлені з використанням відносно недорогих процесів. З усіх цих причин, кестерит привертає до себе велику увагу як перспективний матеріал для наступного покоління високоефективних недорогих тонкоплівкових сонячних елементів

Постановка задачі – отримати шарову композицію Al/Mo/*p*-Cu_2ZnSnS_4/*n*-ZnS/Al, виготовлену за допомогою електроосадження прекурсорів плівок міді, олова та цинку і подальшій їх сульфурізації, а також з осадженими методом SILAR наночастинками Cu_2ZnSnS_4 в порах цих плівок та осадженим *n*-шаром ZnS для отримання діодної гетероструктури.

Мета роботи – дослідження структури, морфології поверхні, електричних властивостей діодної гетероструктури *p*-Cu_2ZnSnS_4/*n*-ZnS і окремих її шарів.

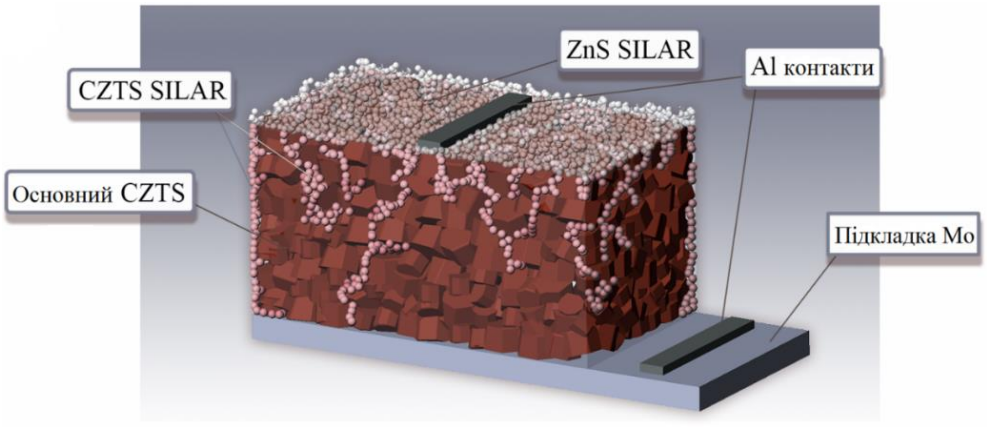


Рис. 1 – Схематичне зображення тонкоплівкової композиції для кестеритного сонячного елемента

На рис. 1 схематично зображено діодну гетероструктуру *p*-Cu_2ZnSnS_4/*n*-ZnS, яку виготовляли як основу нової конструкції тонкоплівкового кестеритного сонячного елемента. Сульфурізацією електроосадженого на

молібденову підкладку стеку із металевих шарів Cu/Sn/Zn утворювали основний кестеритний шар, який на рисунках позначений коричневими кубиками. Для усунення шунтів в основному шарі *p*-Cu_2ZnSnS_4, в тому числі для закриття можливих пор, його покривали нанокристалічною кестеритною плівкою, яка осаджувалася методом SILAR (рожеві кульки). Таким чином створювався комбінований кестеритний шар. Для утворення гетеропереходу зверху методом SILAR наносили шар *n*-ZnS (білі кульки). Після цього вакуумнім випаровуванням створювали смужкові алюмінієві контакти.

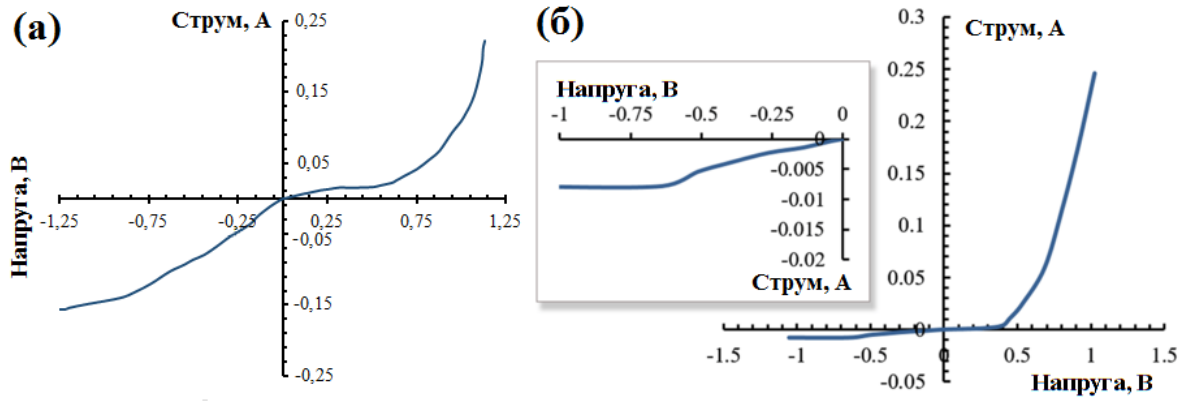


Рис. 2 – ВАХ отриманих гетероструктур ZnS/Cu_2ZnSnS_4, де (а) –ВАХ для зразка під номером 1, та (б) – під номером 2. Вставка показує зворотну гілку відповідної I-U характеристики у збільшеному масштабі

Кристалічну структуру кестеритного шару, ВАХ якого представлено на рис. 2а, не досліджували. При його виготовлені були можливі порушення технології. На рисунку 2б зображено вольт-амперну характеристику гетероструктури *p*-CZTS/*n*-ZnS, основний базовий шар якої складався із однофазної кристалічної фази кестериту, при виготовленні цієї гетероструктури додержувалися всіх технологічних вимог.

Аналіз темнової ВАХ зразків гетероструктури Mo/*p*-Cu_2ZnSnS_4/*n*-ZnS/Al під дозволив отримати розраховані значення шунтуючого опору $R_{Ш}^{*}$ = 6.52 та 212.5 Ом·см^2, послідовного опору $R_{П}^{*}$ = 1.61 та 0.34 Ом·см^2, висоти випрямляючого бар'єру $\Phi \approx 0{,}91$ еВ та 0,61 еВ і коефіцієнту ідеальності діода A = 3.1 та 1.8 для зразка під номером 1 та 2 відповідно.

Список літератури:

4. *Suryawanshi, M.P.* Improved solar cell performance of Cu_2ZnSnS_4 (CZTS) thin films prepared by sulfurizing stacked precursor thin films via SILAR method / *M.P. Suryawanshi, S.W. Shin, U.V. Ghorpade, K.V. Gurav, C.W. Hong, P.S. Patil, A.V. Moholkar, J.H. Kim* // Journal of Alloys and Compounds. – 2016. – Vol. 671. – P. 509-516.

5. *Lim, K-S.* Comparison of Cu_2ZnSnS_4 thin films and solar cell performance using Zn target with ZnS target / *K-S. Lim, S-M. Yu, A.R. Khalkar, T-S. Oh, J. Nam, D-W. Shin, J-B. Yoo* // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – Vol. 650. – P. 641-646.

6. *Nam, D.* Solar conversion efficiency and distribution of ZnS secondary phase in Cu_2ZnSnS_4 solar cells / *D. Nam, S. Cho, J-H. Sim, K-J. Yang, D-H. Son, D-H. Kim, J-K. Kang, M-S. Kwon, C-W. Jeon, H. Cheong* // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2016. – Vol. 149. – P. 226–231.

УДК 535.377, 621.315.55

ТЕРМОСТИМУЛЬОВАНА ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ НАНОДРОТІВ ZnO

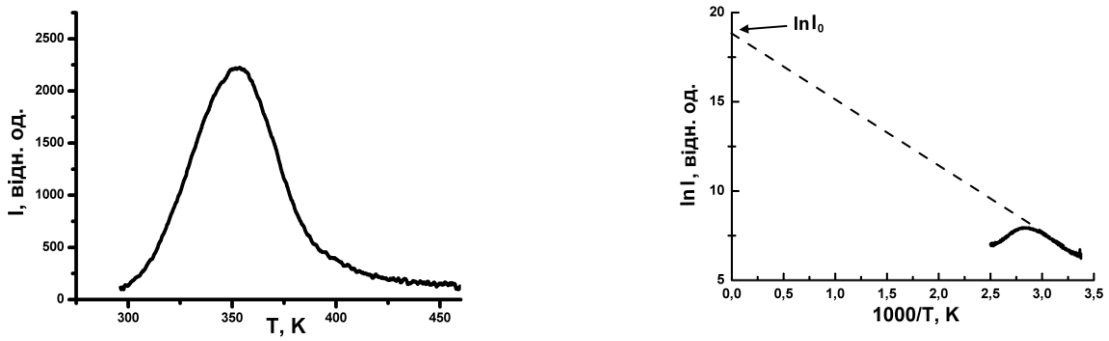
***Л.Р. ТОПОРОВСЬКА*[1*], *В.Б. КАПУСТЯНИК*[2], *М.Р. ПАНАСЮК*[3], *Б.І. ТУРКО*[4], *М.С. РУДКО*[5]**

[1] *аспірантка кафедри ФТТ, ЛНУ ім. І. Франка, Львів, УКРАЇНА*
[2] *завідуючий кафедри ФТТ, докт. фіз.-мат. наук, ЛНУ ім. І. Франка, Львів, УКРАЇНА*
[3] *інженер НТНЦ НД, ЛНУ ім. І. Франка, Львів, УКРАЇНА*
[4] *доцент кафедри ФТТ, канд. фіз.-мат. наук, ЛНУ ім. І. Франка, Львів, УКРАЇНА*
[5] *інженер НТНЦ НД, ЛНУ ім. І. Франка, Львів, УКРАЇНА*
[*]*email: lilichkavictory@gmail.com*

До теперішнього часу все ще залишається актуальною проблема інтерпретації смуг свічення оксиду цинку ZnO [1]. Існує доволі багато робіт по термовисвічуванню в монокристалах, кераміках, порошках і тонких плівках як чистого, так і легованого ZnO, однак за температур нижчих кімнатної [2]. Тоді як термостимульовану люмінесценцію (ТСЛ) ZnO за температур вищих кімнатної вивчало лише декілька наукових дослідницьких колективів. Однак, вивчалися властивості ZnO як матеріалу для термолюмінесцентної дозиметрії без пояснень природи виявлених високотемпературних піків, або ж на основі даних ТСЛ інтерпретувалися, фіолетова (400-437 нм) та жовто-оранжева (600 нм) смуги свічення.

Дані дослідження є продовженням попередніх наших досліджень по встановленню природи зеленої смуги випромінювання ZnO методами ТСЛ [2], однак в області температур вищих за кімнатну.

Експериментальний зразок – нанодроти ZnO діаметром 50–200 нм і довжиною менше 20 мкм, на сапфіровій підкладці отримували методом газотранспортних реакцій [2]. Для дослідження ТСЛ експериментальний зразок поміщали в мікроскоп РЕММА-102-02 та опромінювали 2 хв. електронами зі середньою енергією 20 кеВ. Свічення реєстрували в однофотонному режимі за допомогою фотоелектронного помножувача ФЭУ-79 в процесі нагріву зразка у кріостаті з лінійною швидкістю 0,05 К/с і записували синхронно зі сигналом температури в базу даних комп'ютера. Температуру в кріостаті вимірювали за допомогою температурного сенсора типу HONEYWELL-700-U-0. Дослідження проводили у вакуумі (~ 10^{-3} Па). На Рис. 1 а зображено спектр ТСЛ нанодротів ZnO, опромінених β-частинками за кімнатної температури, пронормований з метою виключення впливу сапфірової підкладки. На кривій ТСЛ чистої сапфірової підкладки не виявлено жодних піків у діапазоні температур 300-400 К. Асиметрична форма кривої термовисвічування нанодротів ZnO з максимумом за T_{max} = 353,6 К характерна для випадку кінетики першого порядку [2]. Згідно методу «початкового підйому» [2], значення енергії іонізації пасток, відповідальних за пік ТСЛ, визначалося по тангенсу кута нахилу прямої на початковій ділянці росту ТСЛ до осі $10^3/T$ (див. рис. 1 б).



а *б*

Рис. 1 – Графіки: *а* – спектр ТСЛ нанодротів ZnO; *б* – крива інтенсивності ТСЛ в координатах Арреніуса

Характеристичні параметри центрів прилипання в наноструктурах ZnO і параметри, отримані зі спектра ТСЛ, мали наступні значення: T_{max} = 353,6 K, ΔT = 47,7 K, E = 0,32 ± 0,03 еВ, $S = 6 \cdot 10^{-18}$ см^2 , $\omega_0 = 1{,}9 \cdot 10^6$ с$^{-1}$. В ранніх працях дефектом відповідальним за зелену смугу однозначно вважали іон міді Cu^{2+}, який заміщає іони цинку у вузлах кристалічної ґратки [1]. Однак сьогодні є й інші погляди [1], існують дослідники котрі, таким дефектом вважають або кисневі (V_o), або цинкові (V_{Zn}) вакансії, чи атоми цинку у міжвузлях (Zn_i). Також заявляється й про можливу причетність переходів в донорно-акцепторних парах (ДАП) до виникнення зеленої/жовто-оранжевої смуг випромінювання ZnO [1]. Проведений аналіз спектрів фото- і термостимульованої люмінесценції, а також оцінка параметрів *E, S,* ω_0 пасток дозволяють нам зробити висновок про те, що за вигляд спектра ТСЛ, а також за зелену смугу свічення нанодротів ZnO, може бути відповідальною пастка з енергетичним рівнем приблизно 3,05 еВ, відрахованим від дна зони провідності. Тобто, з точністю до похибки, співпадає з енергетичним рівнем (E = 3,06 еВ) вакансій цинку V_{Zn} в ZnO. Як відомо, максимум широкої зеленої смуги випромінювання у спектрі фотолюмінесценції ZnO за кімнатної температури міститься приблизно в ділянці довжин хвиль 490-520 нм [2]. В [2] ми встановили, що до формування зеленої смуги випромінювання в наноструктурах ZnO можуть бути причетні такі власні дефекти кристалічної структури як однократно заряджені атоми міжвузлового цинку Zn_i^+, енергетичний рівень яких E = 0,5 еВ, при відрахунку від дна зони провідності. Тому можна зробити висновок про те, що зелена смуга випромінювання в ZnO може виникати внаслідок електронних переходів з донорних рівнів Zn_i^+ на нейтральні акцепторні рівні V_{Zn}.

Список літератури:

1. *Ozgur, U.* A comprehensive review of ZnO materials and devices / *U. Ozgur, Y. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. Reshchikov, S. Dogan, V. Avrutin, S. Cho, H. A. Morkoc* // J. Appl. Phys. – 2005. – V. 98. – P. 041301.

2. *Panasiuk, M. R.* Photo- and thermostimulated luminescence of ZnO nanowires/ *M.R. Panasiuk, B.I. Turko, V.B. Kapustianyk, O.P. Stanko, A.V. Mandryka, R.Y. Serkiz, Y.H. Dubov* // J. Appl. Spectr. – 2013. – V. 80. – P. 240 - 243.

УДК 538.9

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕРЕМЕШАННЫХ ПРОСЛОЕК МНОГОСЛОЙНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ЗЕРКАЛ W/Si

***В.С. ЧУМАК*[1*], *Ю.П. ПЕРШИН*[2]**

[1] *магистрант кафедры ФМП, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *старший научний сотрудник кафедры ФМП, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
**email: Vitalii.chumak@meta.ua*

Многослойное рентгеновское зеркало (МРЗ) – эффективный оптический элемент, позволяющий управлять рентгеновским излучением. Рентгеновское зеркало состоит из нанесенных на подложку чередующихся слоев (до нескольких тысяч слоев) двух и более материалов с разной рассеивающей способностью. Толщина таких слоев варьируется в пределах 0,3÷30,0 нм. Зеркала W/Si получили распространение в связи с возможностью использования их в широком диапазоне длин волн (0,7÷3,1 и 12,3÷25 нм). Реальные зеркала имеют различные дефекты строения: перемешанные прослойки, шероховатости на межфазных границах, примеси и др., которые снижают эффективность зеркал. Поэтому выявление, учет и уменьшение влияния таких дефектов актуально для повышения эффективности МРЗ W/Si. Целью данной работы было определение параметров и структуры перемешанных зон.

МРЗ W/Si с периодами в диапазоне 1-6,2 нм, полученные методом прямоточного магнетронного распыления, были исследованы методами рентгеновской дифрактометрии с анализом функций радиальных распределений (ФРР). Рентгенографические исследования проводились на дифрактометре ДРОН-3М в монохроматическом излучении Cu$K\alpha_1$ (λ=0,154 нм). В ходе работы все образцы были отсняты на дифрактометре в схеме 2θ-сканирования (2θ>15°) с фиксированным углом θ=0,7°. Полученные дифрактограммы использовались для построения ФРР. Средняя плотность МРЗ определялась по критическому углу (θ_{cr}) в области полного внешнего отражения, полученному при малоугловой съемке θ-2θ (2θ<15°). В ходе анализа ФРР было показано, что физическому описанию поддается случай, при котором для построения ФРР рассматривается рассеивание только от атомов W. Определены радиусы первой координационной сферы и координационные числа (N). Установлено, что при осаждении слоев W номинальной толщины t_W<0,9 нм образуется аморфный слой WSi_2 с гексагональной структурой (N≈5). В образцах с t_W>1,2 нм появляется слой аморфного вольфрама с преимущественной структурой β-W (N≈9). Полученные данные позволяют улучшить оптические характеристики МРЗ.

Список литературы:

1. *Shih, W.C.* Measurement of roughness of W-Si multilayers using Fresnel method / *W.C. Shih* // Ultramicrosc. – 1990. – №18. – P. 219 – 229.

УДК 532.132

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ ТВЕРДОГО ГЕЛІЮ

***Д.А. ШЕПІЛОВ*[1*], *С.П. РУБЕЦЬ*[2]**

[1]*магістрант кафедри фізики металів та напівпровідників, НТУ«ХПІ»,Харків,УКРАЇНА*
[2] *молодший науковий співробітник ФТІНТ ім. Б.І. Вєркіна НАНУ, Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: shepilov.dmytro@gmail.com*

Виявлення у торсіонних експериментах аномальної поведінки твердого гелію в області наднизьких температур привернуло увагу багатьох дослідних груп науковців. Одну з можливих причин пов’язували з явищем надтекучості. Однак, подальші експерименти привели до висновку, що така поведінка пов'язана зі зміною пластичності твердого гелію.

У даній роботі було відпрацьовано методику проведення експерименту для дослідження пластичної течії твердого гелію [1]. Реалізувати процес макроскопічної пластичної течії у твердому гелії можливо тільки в замкнутому просторі вимірювальної комірки, що відповідає умові постійності об'єму кристала гелію, оскільки кристал повторює форму комірки і його не можна деформувати окремо.

Експеримент проводив у складі дослідної групи відділу №12 ФТІНТу ім. Б.І. Вєркіна. Мембрана, виготовлена з алюмінізованої полімерної плівки, мала товщину 10 мкм і пористість 18% і слугувала рухомою обкладинкою вимірювального конденсатора [2]. При відсутності електричної напруги мембрана мала плоску форму і розташовувалася паралельно нерухомій обкладинці конденсатора. Мембрана була вморожена у гелій, а її рух відбувалося під дією постійної електростатичного сили, за допомогою якої створювалися механічні навантаження в досліджуваних зразках.

В результаті обробки експериментальних даних, було побудовано криві залежності зміни ємності вимірювального конденсатора з часом після подачі різних механічних навантажень на досліджувані кристали. Мінімальна швидкість руху пористої мембрани у твердому гелії склала $\approx 0{,}17*10^{-12}$ м/с. Було побудовано графіки залежності швидкості пластичної течії v від механічної напруги σ і виявлено, що швидкість суттєво залежить від напруження, і ця залежність є нелінійною в досліджуваному діапазоні вимірювань. Отримані результати розглядаються як прояв повзучості твердого гелію під дією постійного зовнішнього навантаження і будуть використані для написання наукової статті.

Список літератури:

1. *Дюмин, Н.Е.* Диффузионное течение ГПУ кристаллов [4]Не малой плотности / *Н.Е. Дюмин, Н.В. Зуев, В.Н. Григорьев* // Физика низких температур.– 1990. – Т. 16. №7. – С. 863-871.

2. *Лисунов, А.А.* Особенности температурной зависимости давления твердого гелия при низких температурах / *А.А. Лисунов, В.А. Майданов, В.Ю. Рубанский* // Физика низких температур. – 2012. – Т. 38, № 6. – С. 589-597.

СЕКЦІЯ 8. МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА В АВТОМАТИЦІ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 519.688

ПОРІВНЯННЯ ЧАСУ ОБЧИСЛЕННЯ НЕПЕРЕРВНОГО ТА ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ ПЕРЕТВОРЕНЬ

***І.М. КОРЖОВ*[1], *Р.П. МИГУЩЕНКО*[2]**

[1] *аспірант кафедри ІВТС, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *проректор з науково-педагогічної роботи, доктор технічних наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

Для діагностики та контролю вібраційних об’єктів останнім часом почали використовувати неперервне вейвлет перетворення (далі – НВП) [1]. У [2] запропоновано застосування дискретного вейвлет перетворення (далі – ДВП) замість НВП, яке потребує менших обчислень. Зменшення обчислень тягне за собою значне зменшення часу на обробку вхідних даних.

В цій роботі приведено порівняння часу обчислення НВП та ДВП у середовищі програмуванні LabVIEW 8.6.

Порівняння проводилось на персональному комп’ютері із наступними технічними характеристиками:

- материнська плата AM3 ASUS M4N68T-M GeForse7025/nForce 630a;
- процесор AMD Athlon II X2 240, 2 ядра, 2,81 ГГц, x86;
- оперативна пам'ять DDR3, 1,5 ГБ, 1333 МГц;
- відеоадаптер інтегрований, 0,5 ГБ;
- жорсткий диск HDD SATA 500 ГБ WD 16 МБ, 7200 об/хв;
- операційна система Microsoft Windows XP Professional, Service Pack 3.

Для визначення часу обчислення вейвлет перетворень у середовищі програмуванні LabVIEW 8.6 було створено дві програми, на рис. 1 зображено блок схема програми визначення часу обчислення НВП, аналогічна програма створена для ДВП.

Програми складаються з трьох секцій структури «Flat Sequence Structure» яка встановлює жорсткий порядок виконання програми. У першій секції фіксується системний час за допомогою блоку «Get Date/Time In Seconds Function» після чого починається виконання другої секції в якій проходить обчислення НВП (для другої програми – ДВП). У третій секції фіксується системний час після закінчення обчислень. В кінці програми визначається час обчислення як різниця між зафіксованими моментами часу. Програма дає змогу задавати вид материнського вейвлету, а також кількість масштабів для НВП і кількість рівнів для ДВП, ці параметри задаються до початку моделювання.

Використання запропонованих програм дає змогу оцінити час обчислень вейвлет перетворень в залежності від налаштувань, з чутливістю до 1 мс (роздільна здатність «Get Date/Time In Seconds Function»). Перед застосуванням

запропонованих програм була проведена оцінка часу виконання програми без вейвлет обчислень (з програми видалялися тільки відповідні блоки вейвлет обчислень), результат показав, що час виконання менше 1 мс, тобто програми не вносять систематичної похибки у визначення часу обчислення НВП та ДВП.

Для обчислення НВП та ДВП в якості вхідного сигналу обрано дискретний вібросигнал який складається з 500 точок та є типовим для вібродіагностики.

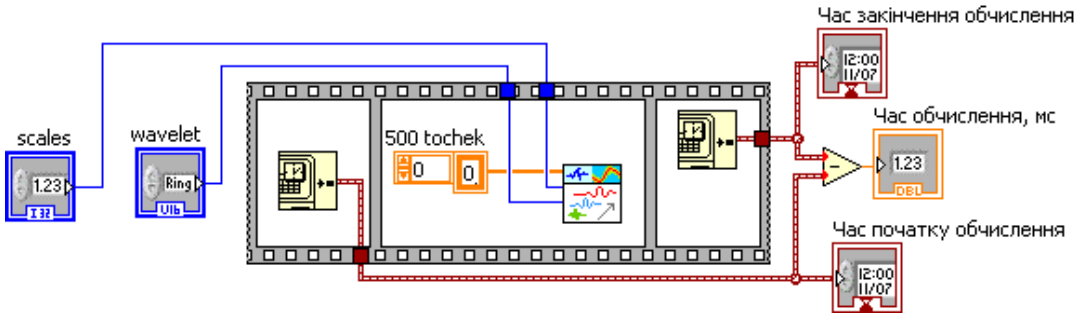


Рис. 1 – Блок-схеми програми визначення часу обчислення НВП

Частина отриманих результатів визначення часу обчислення НВП та ДВП приведені в табл. 1 (в табл. 1 «0*» позначає час менший за 1 мс).

Таблиця 1 – Результати визначення часу, в мс

Материнський вейвлет	Неперервне вейвлет перетворення					Дискретне вейвлет перетворення				
	Кількість масштабів					Кількість рівнів				
	10	20	30	40	50	1	2	3	4	5
Вейвлет Мейера	16	31	62	125	218	0*	0*	0*	0*	0*
Вейвлет Морле	12	32	63	140	219	0*	0*	0*	0*	0*

Отримані данні свідчать, що час обчислення дискретного вейвлет перетворення для зазначених умов займає менше 1 мс та не може бути визначений запропонованою програмою, на відміну від часу обчислення неперервного вейвлет перетворення, що складає десятки мілісекунд навіть для невеликої кількості масштабів. Також слід відмітити, що вид материнського вейвлету не має суттєвого впливу на час обчислення НВП, а залежність часу обчислення НВП від масштабу явно не лінійна.

Враховуючи все вище зазначене можливо зробити висновок, що застосування ДВП замість НВП дає змогу проводити діагностику та контроль вібраційних об’єктів в режимі онлайн.

Список літератури:

1. *Мигущенко Р.П.* Методи і пристрої систем багатопараметрової функціональної діагностики вібраційних об’єктів (теоретичні основи та впровадження) [Текст]: автореф. дис. …д-ра тех. наук: 05.11.13 / *Мигущенко Руслан Павлович*; Харків. НТУ «ХПИ». – Х., 2015. – 32 с.

2. *Коржов І.М.* Постановка задачі застосування дискретного вейвлет перетворення для діагностики та контролю вібраційних об’єктів [Текст] / *Р.П Мигущенко, О.М. Реброва, І.М. Коржов* // Актуальні проблеми автоматики та приладобудування: тез. III всеукр. наук. практ. конф., Харків, 8-9 груд. 2016 р. – Х., 2016. – С. 160-161.

УДК 681.5

ТЕСТОВІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛІВ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

***Н.М. ПАВЛОВА*[1*], *С.І. КОНДРАШОВ*[2]**

[1] *аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем, д-р. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: natalisergieienko@gmail.com*

Сьогодні не можливо уявити сучасне підприємство будь-якої сфери промисловості без інформаційних систем різної складності, які охоплюють функціональні завдання майже на всіх рівнях управління та виробництва. В першу чергу це стосується автоматизованих інформаційних систем контролю та керування (АІСКК) [1]. Характеристики цих систем у значній мірі визначають якість кінцевого продукту виробництва.

Технічні та споживчі характеристики АІСКК вже не задовольняють загальному розвитку ринку інформаційних технологій та метрологічним потребам виробництва. Вони не забезпечують динамічність у прийнятті оперативних рішень щодо стратегічного управління та планування на всіх стадіях та практичних реалізаціях технологічних процесів.

На даний час існуючи системи управління технологічними процесами не можуть вносити корегуючи впливи в реальних умовах експлуатації обладнання, виконавчих механізмів, а також перетворювачів. Це обумовлено неспроможністю фіксувати відхилення технічних характеристик приладів, як функцій часу та параметрів навколишнього середовища, виявляти причини та прогнозувати наслідки відхилень від нормованих значень, встановлювати остаточний безпечний режим їх роботи. Завдяки цьому не можна в автоматичному режимі контролювати ремонтні роботи, тому що інформація щодо відхилень характеристик від нормованих значень була отримана з затримкою в часі від автоматизованої системи управління технологічними процесами.

Вирішення питань контролю та керування технологічним процесом, найбільш економічно прийнятним чином на даний час, можливе тільки на основі комплексного, системного підходу до питань точності, яке, в свою чергу, реалізується при тестовому контролі динамічних параметрів метрологічного обладнання.

Список літератури:

1. *Кондрашов, С.І.* Методи підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних перетворювачів у робочих режимах / *С.І. Кондрашов* // Друкарня НТУ «ХПІ». – 2004. – С. 7-65.

УДК 53.089.62

УПРОЩЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ КАЛИБРОВКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

***С.С. САХНО*[1], *Г.А. ЧЕРЕПАЩУК*[2]**

[1] *специалист кафедры АПИ, НАУ «ХАИ» им Н.Е. Жуковского, Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры АПИ, канд. техн. наук., НАУ «ХАИ» им Н.Е. Жуковского, Харьков, УКРАИНА*

Калибровка средств измерительной техники (СИТ) – совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного СИТ и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения или подтверждения действительных метрологических характеристик этого СИТ.

Процедура калибровки весьма трудоемкий процесс.

Так, например, для калибровки плотномеров жидкости применяется метод сличения. Суть метода заключается в том, что готовится жидкость компаратор определенной плотности, производятся измерения с помощью калибруемого и эталонного плотномеров, затем емкость необходимо промыть и высушить, и повторить процедуру для следующего значения плотности.

В чем трудоемкость данного метода:

1) необходимо подготовить специальную жидкость компаратор;

2) необходим эталонный плотномер;

3) вероятность ошибки при переходе к следующему шагу.

Возможна ситуация, когда воспроизведение эталона затруднено, или не возможно вовсе. Например, в системах взвешивания и центровки летательных аппаратов (ЛА) зачастую производится лишь калибровка каналов измерения веса, то время как оценка точности определения центра тяжести не возможна, ввиду того, что для этого необходим эталонный объект (самолет) [1].

Благодаря введению в состав СИТ микропроцессоров и микроконтроллеров стало возможно применение при калибровке метода метрологического моделирования. Суть метода заключается в замене реального исследуемого объекта на его реалистичную экспериментальную модель, имеющую соответствующие метрологические критерии. Так как точностные характеристики модели и исследуемого объекта могут отличаться, возникает погрешность, которая находится путем определения расчетных показателей, и соответствующих результатов измерений с экспериментальной моделью.

Применение метода метрологического моделирования позволяет проводить калибровку ареометрического плотномера с использованием весового метода. При этом используют лишь одну жидкость с известной плотностью (например, дистиллированную воду), и пустотелого поплавка, с возможностью изменения его веса путем изменения количества насыпного груза. Сперва проводят взвешивание при погружении поплавка в жидкость, а

затем поплавка подвешенного в воздухе (равносильно нулевой плотности). По результатам вычисляют линейную характеристику преобразования, после чего моделируют изменения плотности жидкости путем изменения массы поплавка, для определения действительных значений плотности в контрольных точках. По результатам измерений и расчетным значениям определяется поправки [2].

Для калибровки систем взвешивания и центровки ЛА используется физическая модель, упрощенная схема которой изображена на рис. 1.

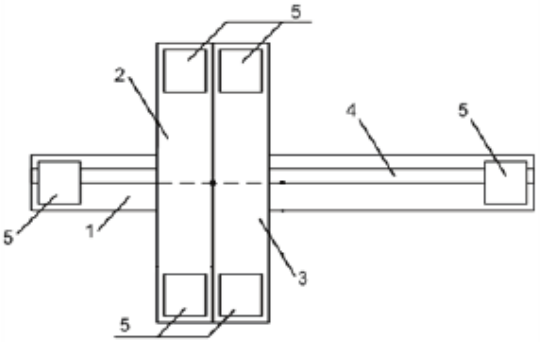


Рис. 1 – Упрощенная схема физической модели ЛА

Модель состоит из продольной балки 1 с линейной шкалой 4, имитирующей фюзеляж, и поперечной балки 2 имитирующей крылья, которая свободно перемещается вдоль балки 1 и может быть жестко закреплена. На концах каждой из балок предусмотрены места 5 для их нагружения. Благодаря такой системе возможно изменения центра тяжести модели. При калибровке системы взвешивания и центровки ЛА к ее нормирующим преобразователям подключают тензометрические датчики модели и производят измерения при разном положении поперечной балки и значениях веса. Далее полученные значения сравниваются с образцовыми (расчетными) значениями и вычисляется результирующая погрешность [3].

Таким образом, использование микропроцессоров в измерительных устройствах позволяет не только повысить точность измерения, но и позволяет путем введения метода метрологического моделирования упростить процедуру калибровки, благодаря замене реального объекта измерения его моделью, и введением значений поправок в память микроконтроллера для последующей коррекции результатов измерений.

Список литературы:

1. *Тирский Г.А.* Подобие и физическое моделирование / *Г. А. Тирский* //Соросовский образовательный журнал. - 2001. - № 5, Том 7. - С. 122-127.

2. *Сахно С.С.* Метрологическое моделирование при калибровке плотномеров / *С.С. Сахно* // ИКТМ 2016. Сборник материалов конференции – Х. 2016 – С. 118

3. *Борзенкова А. В.* Калибровка систем взвешивания и центровки летательных аппаратов / *А. В. Борзенкова, Г. А. Черепащук* // Технологический аудит и резервы производства. - 2014. - № 1(4). - С. 18-20.

Наукове видання

XI Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів

(18–21 квітня 2017 року)

Матеріали конференції

У трьох частинах

Частина 1

Відповідальний за випуск *к.т.н., доц. Томашевський Р.С.*
Комп'ютерна верстка *к.т.н. Авдєєва О.П.*
В авторській редакції

Підп. до друку 11.04.2017 р. Формат 60x84 1/8. Папір офісний. Riso-друк.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 11,4. Наклад 300 пр., 1-й з-д 1-42
Зам. № 87. Ціна договірна.

Видавець і виготовлювач
Видавничий центр НТУ «ХПІ»
вул. Кирпичова, 2, м. Харків-2, 61002.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.