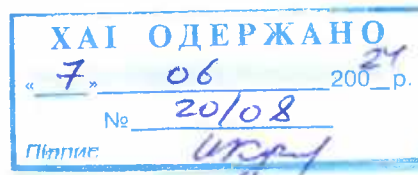




**МІНОБОРОНИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ОБОРОНИ УКРАЇНИ**

проспект Повітряних Сил, 28
Київ, 03049

Тел.: (044) 271-06-97, (044) 248-10-78
Код ЄДРПОУ 07834530
№ 182/4190 від 05.06.2024



Прим № 1

Вченому секретарю спеціалізованої
вченої ради Д 64.062.04
Національного аерокосмічного
університету ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
Юрію СИСОЄВУ
61070, м. Харків, вул. Чкалова, 17

ВІДГУК

офіційного опонента

про дисертацію ШИПУЛЬ Ольги Володимирівни
«НАУКОВІ ОСНОВИ ПРЕЦИЗІЙНОГО ТЕРМОІМПУЛЬСНОГО
ОБРОБЛЕННЯ ДЕТОНУВАЛЬНИМИ ГАЗОВИМИ СУМІШАМИ»,
подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.03.07 – процеси фізико-технічної обробки

Актуальність теми дисертації.

В умовах захисту України та збереження нашої державності проти експансії росії безумовним шляхом до перемоги України є ведення воєнних дій з метою досягнення військової поразки росії. Разом з тим, ефективно забезпечення Сил оборони України для ведення бойових дій неможливе без сильної економіки, основою якого є сучасне, технологічне, ресурсозберігаюче виробництво. Створення такого виробництва має базуватись на впровадженні нових принципів та підходів, що потребує їх ґрунтового науково-технічного обґрунтування.

Дисертаційна робота присвячена створенню науково-обґрунтованих методів, моделей, методик і нових технічних рішень, спрямованих на автоматизацію призначення режимів і обладнання для прецизійного термоімпульсного оброблення детонувальними газовими сумішами.

Наявне обладнання, що використовує термоенергетичний метод, потребує проведення численних експериментів для вибору його налаштувань. Зважаючи на велику кількість параметрів, що впливають на процеси фінішного оброблення детонувальними газовими сумішами, суто експериментальний підхід для встановлення робочих режимів не дозволяє забезпечити стабільну й прогнозовану якість оброблення. Комплексна автоматизація проектування

технології й обладнання фінішного прецизійного оброблення продуктами згоряння газових сумішей на основі математичного моделювання процесів фізико-технічного оброблення матеріалів і науково обґрунтованих технічних рішень виконавчих систем обладнання є важливою науково-технічною проблемою, на вирішення якої сфокусована дисертаційна робота.

Тому розвиток наукових основ прецизійного термоімпульсного оброблення детонувальними газовими сумішами є актуальною науковою проблемою, що поставлена і вирішена у дисертаційній роботі Шипуль Ольги Володимирівни.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження виконувались у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» за планами НДР університету. В основу підготовки й подання дисертації покладені матеріали досліджень, виконані авторкою в рамках реалізації держбюджетних тем Міністерства освіти і науки України, у яких авторка брала участь у ролі відповідальної виконавиці: «Розробка та дослідження технологій фінішної обробки деталей аерокосмічної техніки інтенсивними тепловими потоками» (№ ДР 0113U001059); «Розробка автоматизованого комплексу для прецизійного термоімпульсного оброблення детонуючими газовими сумішами» (№ ДР 0117U002500); «Розробка технологій та технічних рішень для автоматизованих промислових установок прецизійної обробки деталей агрегатів ГТД детонуючими газовими сумішами» (№ ДР 0119U100943); «Розробка програмного та технічного забезпечення цифрових близнюків процесів обробки деталей літальних апаратів детонуючими газовими сумішами» (№ ДР 0121U109601).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у дисертації забезпечується логічністю запропонованих авторкою наукових основ прецизійного термоімпульсного оброблення детонувальними газовими сумішами.

Дисертаційна робота є змістовною, з логічним викладенням матеріалу, комплексним розкриттям проблеми, що досліджувалась. Завдяки цьому авторка досягла поставленої мети дослідження. Відповідно до мети авторкою було поставлено і вирішено низку часткових завдань.

Реалізація завдань дослідження здійснювалася шляхом комплексного використання класичних методів механіки деформованого твердого тіла й механіки руйнування, обчислювальної газодинаміки, включно з методами дослідження багатокомпонентних і багатофазних течій, у тому числі з рухомими границями; моделювання турбулентних течій реагуювальних речовин з урахуванням стискуваності, теплообміну, фазових переходів, емпіричні методи дослідження газодинамічних процесів із плануванням факторного експерименту, методи аналітичної й обчислювальної геометрії та метод *phi*-функцій. Експериментальні дослідження газодинамічних процесів та процесів генерації самостабілізованої високовольтної імпульсної дуги та системи

ініціювання детонації з плануванням факторного експерименту проведені на спеціально розробленому і виготовленому обладнанні. Як інструмент числових досліджень застосовувалися сучасні обчислювальні пакети на основі методу скінчених елементів та об'ємів.

Завдяки залученню системних підходів, сучасного строгого математичного апарату і апробованих числових методів усі наукові положення, висновки і рекомендації, наведені авторкою в роботі є обґрунтовані.

Достовірність отриманих результатів підтверджується збіжністю результатів математичного моделювання та натурних випробувань з прийнятною, для такого класу задач, точністю та не викликає сумніву.

Зміст дисертації, ступінь її завершеності

Дисертація містить анотацію, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел і додатки. Повний обсяг дисертації становить 417 сторінок, у тому числі основного тексту 279 сторінок, 220 рисунків, 25 таблиць, список використаних джерел із 285 найменувань на 30 сторінках, 3 додатки на 21 сторінці.

Структурні частини дисертаційної роботи внутрішньо пов'язані між собою і становлять органічну єдність. Зміст дисертації відповідає обраній темі, характеризується логічністю та комплексністю. Дисертаційна робота написана професійним науковим стилем. Наукові положення та висновки, представлені у дисертації, є обґрунтованими та детально розкриті. Результати вирішення поставлених завдань складають цілісне та завершене дослідження. За змістом дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.03.07 – процеси фізико-технічної обробки.

Оформлення дисертації та автореферату є якісним та відповідає встановленим вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Новизна отриманих результатів.

Наукова новизна роботи полягає у вирішенні актуальної проблеми автоматизації прецизійного термоімпульсного оброблення детонувальними газовими сумішами. При цьому у роботі отримана низка нових наукових результатів, а саме:

- уперше розроблено комплекс математичних моделей, що описують робочі процеси систем термоімпульсного обладнання, зважаючи на вимоги до прецизійності їхньої роботи, а саме генерації паливної суміші, ініціації горіння, згоряння паливної суміші, беручи до уваги теплообмін і випускання продуктів згоряння, який ураховує особливості, притаманні робочим процесам систем термоімпульсного обладнання й охоплює комплекс цільових функцій, спрямованих на забезпечення прецизійності їхньої роботи;
- для розв'язання задачі просторового розташування деталей під час термоімпульсного оброблення вперше сформульовано задачу найбільш розрідженої балансної компоновки й розроблено метод її розв'язання, використовуючи апарат ϕ -функцій. Показано, що в разі оброблення одиничної

деталі така задача може бути розв'язана суміщенням центрів ваги й головних центральних осей інерції тонких оболонок, які збігаються із зовнішньою поверхнею деталі та внутрішньою поверхнею робочої камери;

- отримав подальший розвиток метод еквівалентної камери щодо задач термоімпульсного оброблення деталей складної форми. На відміну від раніше відомих підходів показано, що для застосування методу необхідно забезпечити суміщення центрів ваги й головних центральних осей інерції тонких оболонок, що збігаються з поверхнями оригінальної й еквівалентної деталей, а розміри еквівалентної деталі визначати з умови зменшення головних центральних моментів інерції вказаних оболонок відносно головних центральних моментів інерції оригінальної деталі зі зворотньо пропорційним відношенням їхніх площ;

- уперше розроблено метод призначення режимів термоімпульсного оброблення крайок на підставі сумісного розв'язання задач про визначення енергетичних характеристик устаткування й стану крайки під впливом питомого теплового потоку з відомою інтенсивністю, який дозволяє призначати технологічні параметри оброблення крайок за значеннями кваліметричного показника, ураховуючи граничні величини питомого теплового потоку;

- уперше на основі числового моделювання встановлено міцнісні обмеження під час термоімпульсного оброблення деталей з литва й деталей після хіміко-термічного оброблення, що дозволило встановити обмеження з часу їхнього оброблення, виходячи з величини осередненого питомого теплового потоку.

Практичне значення роботи.

1. Для забезпечення науково-обґрунтованих вимог щодо точності дозування компонент паливної суміші на рівні 0,1% під час прецизійного термоімпульсного оброблення запропоновано використовувати спосіб генерації, за якого здійснюють одночасне подання компонентів через отвори із критичним перерізом. При цьому компоненти суміші подають із попередньо наповнених проміжних посудин регульованого об'єму із забезпеченням рівної температури газів у проміжних посудинах протягом витікання. Розроблено й виготовлено генератор паливної суміші, який реалізує запропонований спосіб.

2. Спроектовано й виготовлено систему ініціації керованого згоряння, яка містить блок високоенергетичного іскрового запалювання з регульованою енергією іскрового розряду й спеціальні свічки запалювання, завдяки яким ефективно реалізуються режими прямої ініціації детонації паливної суміші.

3. Удосконалено конструкцію клапана керованого випускання продуктів згоряння з робочої камери термоімпульсної установки. На відміну від раніше використовуваної конструкції, запропоновано здійснювати попереднє подання тиску на відкриття клапана з його утриманням електромагнітом. Це дозволяє досягти необхідних показників як за швидкістю спрацьовування (на рівні 0,01 с), так і за його стабільністю. Окрім цього, на вимогу забезпечити потрібний час оброблення деталі, для узгодження роботи систем ініціації

згоряння й керованого випускання клапан обладнано засобами контролю положення (енкодерами).

4. Уперше для калібрування числових моделей розроблено й виготовлено модульний автономний автоматичний реєстратор експериментальних даних, який не потребує з'єднання із зовнішньою вимірювальною апаратурою. Пристрій розміщується безпосередньо в камері термоімпульсного обладнання, має на собі необхідну кількість датчиків, а також енергонезалежну систему зчитування, перетворення та зберігання інформації. Апаратне й програмне забезпечення реєстратора в поєднанні з розробленими числовими моделями робочих процесів термоімпульсного оброблення є базою для повної автоматизації проєктування процесів фінішного оброблення детонувальними газовими сумішами з гарантованим рівнем якості деталей.

5. Уперше щодо автоматизації технології термоімпульсного оброблення, зокрема для визначення відповідних налаштувань обладнання й прогнозування параметрів якості оброблення, розроблено методику побудови цифрових близнюків на основі комбінації моделей зниженого порядку робочих процесів оброблення й одновимірних моделей для стандартних елементів газового тракту, яка дозволяє із забезпеченням високої точності отримуваних результатів суттєво скоротити час їхнього визначення за рахунок використання моделей процесів зниженого порядку й використання стандартних елементів бібліотек Twin Builder та Modelica, які імітують роботу елементів керування (клапанів) й моніторингу (сенсорів). Розроблені моделі, алгоритми й технічні рішення для систем термоімпульсного обладнання й системи ЧПК дозволяють забезпечити встановлені вимоги щодо точності генерації суміші, часу оброблення й стабільності цих параметрів за циклічної роботи.

Отже, представлена дисертація є яскравою ілюстрацією підходу, націленого на сплав високого рівня наукового підходу та практичної спрямованості.

Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях.

Результати дисертаційної роботи опубліковані у 21 статті, у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 1 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, 9 статтях у наукових періодичних виданнях включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України, або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з них 4 статті Q1/Q2, 4 статті Q3, 1 стаття Q4; 6 монографіях (розділах монографій), з них 2 проіндексовано у базі даних Scopus; отримано 2 патенти України на винахід й 4 патенти на корисну модель, а також представлено у 17 матеріалах конференцій, з них 10 матеріалів проіндексовано у базі даних Scopus, 3 доповіді в Угорщині, Мексиці й Словаччині. Крім того, результати роботи представлені у звітах за науково-дослідні роботи.

Кількість, обсяг та зміст друкованих праць відповідають вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора наук і надають авторці право публічного захисту дисертації. Детальний аналіз представленого рукопису та автореферату дисертації дає підстави констатувати ідентичність автореферату й основних положень дисертації. Наведені в авторефераті наукові положення, висновки і рекомендації в повному обсязі розкриті й обґрунтовані в тексті дисертації. Від ознайомлення із рефератом складається повне та чітке уявлення про основні етапи досліджень.

Матеріали кандидатської дисертації у докторській дисертації здобувача не використовувалися.

Порушень академічної доброчесності не виявлено.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації.

В процесі ознайомлення із дисертаційним дослідженням Шипуль Ольги Володимирівни виникли такі зауваження та побажання:

1. Не зрозуміло, за яким критерієм авторка робить висновок про наявність детонації або її відсутність так як значення тиску є досить високими для обох випадків (рис.2.23).

2. В роботі проведено оцінку зміни граничних умов на значення похибки чисельної моделі. Разом з тим, одним із способів оцінки збіжності числової моделі є зміна кроку дискретизації скінченно-елементної сітки. Хоча в роботі й розглянуті різні розмірності скінченно-елементної сітки для різних завдань, доцільно було б провести оцінку впливу зміни розмірності скінченно-елементної сітки для окремого розрахунку на результати моделювання та параметри, що контролювались.

3. В роботі не наведено які рівняння стану та моделі матеріалів використанні при проведенні чисельного моделювання в програмному комплексі ANSYS.

4. В роботі не наведено як відбувалось калібрування датчику тиску та чи проводилась фільтрація за частотою зареєстрованих даних при вимірюванні тиску та не наведено технічні характеристики термопари, щодо її здатності до вимірювання швидкості зміни температури.

5. На деяких рисунках вказані значення поділок шкали для вимірюного тиску в різних одиницях вимірювання (МПа та бар), що ускладнює їх порівняння.

6. В роботі доцільно було б надати окремий перелік скорочень, що б зменшило час на вивчення матеріалу.

7. У роботі містяться незначні описки та некоректні кальки із російськомовних термінів.

Слід відзначити, що зазначені зауваження не знижують високої наукової і практичної цінності роботи і не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Висновок про дисертацію в цілому та відповідність її встановленим вимогам.

Дисертаційна робота ШИПУЛЬ Ольги Володимирівни «Наукові основи прецизійного термоімпульсного оброблення детонувальними газовими сумішами», є завершеною науковою працею, містить висунуті авторкою для прилюдного захисту науково-обґрунтовані результати та наукові положення, характеризується єдністю змісту і свідчить про особистий внесок здобувачки в науку. За своїм змістом та формою є докторською дисертацією, в якій розв'язана нова, актуальна науково-прикладна проблема.

Вирішена наукова проблема, наукова новизна основних положень і практична спрямованість отриманих результатів з їх впровадженням в сукупності мають суттєве значення для технічної галузі науки. Результати роботи достатньо повно викладені в наукових публікаціях. Дисертація та публікації не мають порушень академічної доброчесності.

Наведені у відгуку зауваження не носять принципового характеру і не впливають на загальну високу оцінку дисертації.

Вважаю, що за своєю актуальністю, ступенем новизни та обґрунтованістю отриманих наукових результатів робота відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №567 (зі змінами), а її авторка ШИПУЛЬ Ольга Володимирівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.07 – процеси фізико-технічної обробки.

Офіційний опонент

Начальник науково-випробувального відділу
науково-дослідного центру випробувань,
експертизи та сертифікації персональних броньованих засобів захисту
Національного університету оборони України
доктор технічних наук, професор
полковник

05.06.2024 року

Сергій БІСИК

Підпис С.П. Бісика засвідчую



Начальник адміністративного управління
Національного університету оборони України
полковник

Богдан БІЛЯВСЬКИЙ