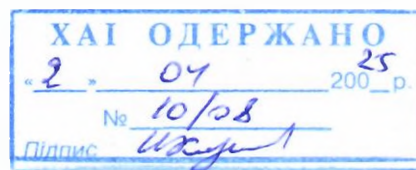


ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Ніколаєва Олексія Дмитровича «Розвиток нелінійної та лінійної теорії поздовжньої стійкості рідинних ракет-носіїв з урахуванням нових уявлень про динамічні процеси в рідинних ракетних двигунних установках та корпусі ракети» подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки

Задача поведінки рідинних ракет-носіїв при поздовжніх вібраціях і імпульсних збуреннях є однією з найбільш складних задач динаміки аерокосмічних систем. Традиційно склалося умовне розділення цих задач на дві складові: причина виникнення таких поздовжніх рухів і їх наслідки. Перша група задач вимагає дослідження пружних коливань корпусу і з'єднань конструктивних елементів, неоднорідності роботи систем подачі палива і процесу горіння, друга група переважно пов'язана з збудженням параметричних коливань системи і у виникненні небажаних маневрів космічних апаратів. Ці дві групи задач не є абсолютно незалежними і частково перетинаються. Дисертаційна робота О.Д. Ніколаєва присвячена виключно задачам першої групи. В математичному плані така задача є дуже складною і розв'язати її в загальному вигляді в нелінійній постановці на сучасному етапі розвинення математичного апарату і комп'ютерних засобів представляється неможливим. Головна спрямованість роботи ґрунтується на створенні системи математичних моделей для відпрацювання різних експлуатаційних режимів і параметрів систем живлення паливом ракет-носіїв з метою уникнення високовартісних експериментів і скорочення часу на достартову розробку нових ракетних систем і їх вдосконалення. Метою такого моделювання є не лише поглиблене вивчення процесів, що протікають, а й зменшення небажаних коливань в системі викликаних різними динамічними факторами. Переважна частина моделей за своєю природою є лінійними з доповненням окремими нелінійними елементами. Ці модифікації моделей верифікуються натурними дослідними даними і частково проведенням лабораторних



експериментів. В комплексі робота є продовженням і поглибленням традиційних напрямків дослідження Інституту технічної механіки НАН України і ДКА України. Практично всі задачі, включені в дисертаційну роботу, виконувалися за замовленнями конструкторських бюро і лише незначна частина носить характер лабораторних дослідів для визначення окремих допоміжних параметрів. По роботі є Акт впровадження результатів наукових досліджень, виданий ДП КБ «Південне», отримано 6 патентів України. В цілому все це визначає високу наукову і науково-технічну **актуальність теми і наукову і прикладну значимість результатів дисертаційної роботи.**

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Розроблену систему математичних моделей було використано для моделювання різних експлуатаційних режимів системи, до якої було включено пружний корпус ракети, резервуар з рідиною з вільною поверхнею, система паливного живлення (трубопроводи, насос). Враховано кавітаційні режими роботи системи паливного забезпечення. В роботі показано як при поздовжніх коливаннях формується автоколивальна система. Важливим кроком в роботі є аналіз стійкості поведінки системи не на основі виключно підходу Ляпунова, а визначенням можливості досягнення параметрами системи певних граничних значень. Фактично це робилося на основі підходів так званої технічної теорії стійкості, що в прикладному плані є більш інформативним.

Для формулювання і розв'язання модельних задач автором кваліфіковано було використано сучасні математичні і обчислювальні методи і їх комп'ютерна реалізація. Основні результати роботи проілюстровані в зручній табличній і графічній формі.

Достовірність основних наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується математичною та фізичною коректністю формулювання граничних задач і методів їх розв'язання; перевіркою результатів аналізу динамічної взаємодії конструкції та рідини та порівняння з експериментальними даними; порівняннями з

відомими в літературі результатами одержаних для подібних ракетних систем; апробацією матеріалів дисертаційної роботи на наукових конференціях, семінарах, у наукових публікаціях.

Наукова новизна дисертаційної роботи.

1. Розроблено і практично реалізовано комплекс математичних моделей для вирішення проблеми прогнозування рівня динамічних складових робочих параметрів рідинних ракет і їх систем паливного забезпечення при їх поздовжній нестійкості на ділянках їх активного та пасивного польоту.

2. На основі результатів моделювання динамічної системи рідинна ракета – рушійна установка – корпус ракети носія отримано нові уявлення про взаємодію низькочастотних автоколивань в системі. Виявлено ефект суттєвого зменшення модуля динамічного коефіцієнта проходження малого гармонічного сигналу (по каналу тиску) через систему живлення рушійної установки при розвитку в ній кавітаційних автоколивань (з більш високою частотою) у порівнянні зі значеннями модуля коефіцієнта на режимах, де вони відсутні.

3. Розвинена методика для дослідження працездатності пристроїв забезпечення суцільності компонентів палива, що надходить в двигун, в якій враховано вплив частот та амплітуд домінуючих просторових вібрацій ракети-носія та динамічних процесів у системах живлення космічних ступенів ракет на ділянках їх активного та пасивного польоту.

Повнота викладу наукових положень, висновків, результатів і рекомендацій в опублікованих роботах.

Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи викладено у 56 наукових статтях у фахових виданнях за переліком МОН України, з них 30 праць – у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз (у тому числі 11 – у Web of Science і Scopus (3 публікації у виданнях Q1 і Q2). Отримані результати захищені 6 патентами та авторськими свідоцтвами.

Основні положення і результати наукових досліджень дисертаційної роботи Олексія Ніколаєва повною мірою доповідались та обговорювались на наукових конференціях та семінарах різного рівня. Представлені публікації в

повній мірі відображають основні положення та результати дисертаційної роботи. Автореферат роботи повністю відповідає змісту дисертації.

Відсутність (наявність) академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації

Дисертаційна робота Ніколаєва Олексія Дмитровича є результатом оригінальних самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Основний зміст дисертаційної роботи Ніколаєва О.Д. представлено за класичною схемою. В **анотації, вступі та першому розділі** сформульовано наукову проблему та надано огляд сучасного стану її вирішення.

У **другому розділі** розвинено підхід до математичного моделювання нелінійної взаємодії низькочастотних процесів у двигунній установці та поздовжніх коливань корпусу рідинної ракети.

У **третьому розділі** набули розвитку методи аналізу загальнодвигунних низькочастотних коливань робочих параметрів РРД.

У **четвертому розділі** досліджено нові динамічні процеси та явища, що визначаються специфікою їх реалізації у динамічній системі «рідинна двигунна установка – корпус ракети».

П'ятий розділ присвячено дослідженню стійкості та динамічної навантаженості верхніх ступенів рідинних ракет-носіїв з урахуванням особливостей їх конструкції та динамічної взаємодії з РРДУ на активній частині їх польоту.

У **шостому розділі** отримала розвиток методика для дослідження працездатності пристроїв забезпечення суцільності компонентів палива в РРДУ, в якій враховано вплив частот та амплітуд домінуючих просторових вібрацій РН та динамічних процесів у системах живлення РРДУ.

У **висновках** наведені підсумки досліджень і вказані основні результати, у **додатках** наведено Акт впровадження результатів дисертаційної роботи у ДП «КБ «Південне» та Диплом Президії Національної академії наук

України про присудження автору премії Академії наук України ім. академіка М.К. Янгеля.

По роботі є такі зауваження:

1. Оглядова частина роботи містить обмаль інформації про параметричні механізми розвинення поперечних коливань в системі ракета-носій – рідина. Ці ефекти є домінуючими по впливу на маневрування ракети-носія і можуть викликати небажані кутові переміщення всього об'єкта в цілому. Зокрема, слід зазначити оглядову роботу R. Ibbrahim, T. Ikeda (монографія 2015 р. обсягом біля 400 сторінок). Зазначу також, що подібні дослідження ініціювалися КБ «Південне» ще у 80-х роках минулого століття.

2. В дисертації практично всі рівняння наведені в загальному вигляді, що відображає структуру математичного об'єкта. Конкретна форма рівнянь відсутня, що ускладнює їх сприйняття і можливість порівняння з іншими роботами.

3. В роботі використано декомпозицію рухів рідини по формах коливань (в роботі використовується термін тон). Далі в тексті згадується перший, другий і т.д. тони, але вони жодного разу не показані. Способів нумерації форм коливань є декілька, зокрема, нумерація форм коливань в лінійному і нелінійному випадках відрізняються. Це ускладнює якісне сприйняття результатів. Крім того, відомо, що лінійна теорія включає лише антисиметричні форми коливань, проте їх збудження при виключно поздовжньому збуренні руху не відбувається. Осьосиметричні форми також не збуджуються в результаті поступального руху тіла—носія. Треба надати додаткове пояснення механізму збудження форм власних коливань вільної поверхні рідини.

Вказані зауваження не знижують наукової цінності і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи О. Д. Ніколаєва, яку виконано на високому науковому і технічному рівні.

Загальний висновок.

У цілому дисертація Ніколаєва О. Д. “Розвиток нелінійної та лінійної теорії поздовжньої стійкості рідинних ракет-носіїв з урахуванням нових уявлень про динамічні процеси в рідинних ракетних двигунних установках та корпусі

ракети» відповідає всім вимогам постанови Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 «Порядок присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» для докторських дисертацій (зокрема, пп. 7, 8, 9), а її автор Ніколаєв Олексій Дмитрович за розробку комплексного підходу до прогнозування поздовжньої стійкості рідинних ракет-носіїв заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

Офіційний опонент

завідувач кафедри комп'ютерних методів механіки і процесів керування
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,
доктор технічних наук. за спеціальністю

113 Прикладна математика



Олег ЛИМАРЧЕНКО

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР НАДЧ
КАРАУЛЬНА Н.В.
25.03.2022

