



ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

про дисертаційну роботу Погудіна Андрія Володимировича «Формування динамічних характеристик електронагрівної рушійної установки для космічного буксира», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 - Енергетичне машинобудування.

Актуальність теми дисертації. Сьогодення диктує нові умови використання супутникової техніки, що використовується навколо Землі. Так, раніше переваги віддавали великим супутникам, що здатні вирішувати поставлену задачу власноруч, а зараз це відбувається завдяки розподіленню цієї самої задачі серед угруповань супутників. Це дозволяє підвищувати надійність та живучість таких місій. При виходу з ладу одного мікросупутника його місце займе наступний в угрупованні, тим самим не зриваючи всієї місії.

Для використання супутникового угруповання постає питання виведення останнього на навколоземну орбіту. Таке питання можна вирішувати багатьма способами, одним з яких є використання космічного буксира. Так само й космічний буксир можна обладнати різними типами двигунів, одним з яких є електронагрівний. Електронагрівні двигуни є достатньо потужні для виконання такого завдання, при цьому ціна тяги такого двигуна є найменшою серед інших. Також простота та надійність конструкції дозволяють використовувати саме електронагрівну рушійну установку на борту космічного буксира для виведення супутникового угруповання.

Одним з недоліків цієї електронагрівної рушійної установки є тривалий час підготовки її до запуску. Тому стає актуальною задача скорочення тривалості підготовки електронагрівної рушійної установки до запуску.

Таким чином, робота Погудіна Андрія Володимировича, що присвячена скороченню тривалості підготовки до запуску електронагрівної рушійної установки при використанні на космічному буксирі, є актуальною як з теоретичної, так і практичної точки зору.

Актуальність теми також підтверджується тим, що отримані автором результати дисертації використовувались при виконанні науково-дослідних робіт у Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», у відділенні Міжгалузевого науково-технічного центру космічної енергетики й двигунів кафедри космічної техніки і нетрадиційних джерел енергії № 402 і за договором №402-16-2018 «Проведення завершальній довідних випробувань двигунів и АРУ в цілому. Проведення ресурсних випробувань парогенератора, двигуна. Поставка МПЗС »

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Основні положення та висновки дисертації обґрунтовані достатньою кількістю проведених досліджень. Автором дисертації чітко окреслені мета та завдання дослідження. Особливо варто відмітити, що завдання дослідження, положення наукової новизни і висновки дисертації є логічно взаємопов'язаними. Результати досліджень отримані автором особисто.

Наукові положення, висновки та рекомендації є наслідком різнобічних наукових досліджень, виконаних автором при вирішенні завдань, які поставлені в роботі.

Результати дослідження та наукові положення дисертації достатньо повно представлені в публікаціях у фахових виданнях. Дослідження проведені на достатньому сучасному рівні. Отримані результати і висновки не викликають сумніву.

Наукова новизна та теоретична цінність результатів дисертаційної роботи полягає в наступному:

- 1) Вдосконалено математичну модель процесу підготовки електронагрівної рушійної установки до запуску, яка отримана на базі

математичних рівнянь, що описують динамічні характеристики установки, з урахуванням теплообміну та динамічних характеристик системи електрозабезпечення; зазначена модель вперше дозволила виконати аналіз впливу діючих факторів на тривалість підготовки електронагрівної рушійної установки до запуску.

2) Набули подальшого розвитку методи визначення витратно-тягових характеристик електронагрівної рушійної установки, які дозволили визначити та керувати тягою та витратою робочого тіла електронагрівної рушійної установки за рахунок застосування тензометричного тягоміра на підвісі з підвищеною дискретизацією і мінімальною апертурою, використання ресиверу великого об'єму, що підвищує точність вимірювання витрат робочого тіла, а також використання чотиризондового методу вимірювання вживаної потужності нагрівачів рушійної установки з високою швидкістю.

Практичне значення отриманих результатів полягає в:

1) розробці рекомендації щодо застосування електронагрівної рушійної установки зі скороченням часу попередньої підготовки бортової рушійної установки, для використання на космічних буксирах для виведення груп малих космічних апаратів шляхом орбітальних переходів від наперед заданої опорної орбіти до необхідних орбітальних позицій, ці рекомендації можуть бути застосовані для використання та підвищення якості проектів зі створення супутникових угруповань у доробках ДП «КБ «Південне»» за космічною програмою України;

2) розробці концепції використання електронагрівних рушійних установок на космічних буксирах для виведення груп малих космічних апаратів від опорної орбіти до необхідних орбітальних позицій, яка також може бути використана у зазначених проектних роботах;

3) розробці алгоритму підготовки до запуску електронагрівної рушійної установки для скорочення етапу запуску двигуна з урахуванням потужності системи електропостачання космічного буксира і з опробуванням

до реалізації на універсальному контролері, поєднаному з експериментальною електронагрівною рушійною установкою.

Рекомендації щодо використання результатів. Доцільно спрямувати подальше впровадження результатів, отриманих здобувачем, на ДП «КБ «Південне»» та в організаціях, які займаються розробкою та використанням математичних моделей електроракетних двигунів.

Повнота викладу результатів роботи в опублікованих працях. Основні результати повно відображено у 8 наукових публікаціях, з них 5 статей - у наукових фахових виданнях України, 1 - у виданнях включених до міжнародної наукометричної бази Web of Science (WoS) (англійською мовою), 2 – в у виданнях включених до міжнародної наукометричної бази Scopus (англійською мовою).

В тексті дисертаційної роботи та публікаціях автора відсутні порушення академічної доброчесності. Дисертація оформлена згідно існуючих вимог.

У публікаціях, які написані у співавторстві, автору належать такі результати: розгляд особливостей групи МКА, що дозволяє визначити коло вирішуваних завдань; класифікація групи МКА, що дає можливість відокремити ряд підзадач і обґрунтувати необхідність застосування рушійних установок на окремих мікро-супутниках і формалізації типів двигунів для космічного буксира; математичний опис формування групи МКА; аналіз інформації щодо характеристик ЕРД, визначення основних напрямків їх вдосконалення; виявлення діапазону застосування ЕРД при вирішенні типових завдань в космічному просторі; вибір варіантів рушійних установок орієнтації, стабілізації і корекції групи МКА; розробка алгоритму, щодо підготовки робочого тіла до запуску ЕНРУ; розробка алгоритму роботи маніпулятора, що може виконувати захват МКА для подальшої деорбітації, а також досліджено можливості використання Arduino Leonardo у складі ЕНРУ; автору належить розробка методу створення групи малих безпілотних літальних апаратів на основі моделі інтенсивності заявок пуассонівського процесу і моделі побудови випадкового геометричного графа; формування

методу вимірювання тяги двигуна, як основної характеристики в сталому і перехідному режимі, методу визначення витрати робочого тіла, корелює з тягою, методу вимірювання параметрів електроспоживання - струмів, напруги, потужності в статиці і динаміці.

Також автор має 2 роботи, які виконані без співавторів.

Апробація матеріалів дисертації.

Результати досліджень доповідались на міжнародних конференціях:

«6-я Международная конференция Космические технологии: настоящее и будущее» (Україна, м. Дніпро, 2017 р.); «7-я Международная конференция Космические технологии: настоящее и будущее» (Україна, м. Дніпро, 2019 р.); “Всеукраїнська науково-технічна конференція Інтегровані комп’ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2017”, (Україна, м. Харків, 2017 р.).

Зауваження щодо змісту дисертації:

1. Математична модель, що розроблена в даній дисертації є спеціалізованою, та має спрямованість тільки для електронагрівних рушійних установок запропонованого класу і не може бути адаптована для інших класів оскільки отримана завдяки регресійному аналізу вихідних характеристик двигуна. Це звужує коло застосування цієї моделі.

2. В математичній моделі, в частині електричної складової недостатньо визначено початкові діапазони залишку енергії в накопичувачі, що не дає змоги точно визначити початкові значення другого та наступних включень електронагрівної рушійної установки.

3. В розділі порядку проведення експериментів похибка вимірювання вакууму в камері є суттєвою, що за найвищої похибки вимірювання тяги рушійної установки та витрати робочого тіла не дає змоги отримати параметри приближені до реальних.

4. При створенні алгоритму підготовки електронагрівної рушійної установки до першого запуску розглянуто не всі варіанти перерозподілу часу та величини потужності, що подається. Це може вплинути на тривалість

одночасного розігріву елементів електронагрівної рушійної установки в діапазоні запропонованих потужностей, що надаються від системи електроживлення космічного буксира.

Висновки. Вказані зауваження суттєво не зменшують загальну позитивну оцінку роботи. Автор досяг поставленої мети скорочення тривалості підготовки ЕНРУ до запуску. Рукопис дисертації написаний з використанням фахової термінології. Для тексту характерна цілісність і смислова завершеність.

Дисертація є завершеним самостійним дослідженням, у якому розв'язується наукове завдання.

За актуальністю обраної теми, обґрунтованістю наукових положень, сформульованих висновків і рекомендацій, їх новизною, повнотою викладення в наукових публікаціях та відсутністю порушень академічної доброчесності дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167, а її автор – Погудін Андрій Володимирович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 - Енергетичне машинобудування.

Директор СКТБ ІТМ НАН України,
завідуючий відділом системного аналізу
та проблем керування,
член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор

« 7 » вересня 2020 р.



А.П. Алпатов