

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Шевченка Сергія Андрійовича

“Удосконалення пневмосистеми запуску ракетних двигунів шляхом стабілізації тиску робочого тіла та поліпшення її динамічних характеристик”,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

Актуальність теми.

При багаторазовому запуску рідинного ракетного двигуна із насосною системою подачі компонентів палива розкручування ротора турбонасосного агрегату здійснюють за допомогою стисненого газу, що зберігається на борту у балоні високого тиску. Основними вимогами до системи запуску двигуна є: високий рівень надійності; мала маса та габарити, короткотривалі перехідні процеси при спрацюванні; обмеження тиску; точність регулювання і відсутність високоамплітудних коливань витрати газу. Для дотримання ідентичності запусків важливим є стабільність тиску в колекторі соплового апарата турбіни. Виконання вимог до системи запуску залежить від параметрів регулятора й їхньої погодженості з конструктивними параметрами інших агрегатів системи. Пневматичні системи запуску, що використовуються, мають суттєвий недолік – зменшення тиску газу у балоні при його витраті зумовлює змінний тиск на вході в турбіну при кожному запуску двигуна.

На стадії проектування важливою задачею є аналіз впливу конструктивних параметрів пневматичної системи запуску на її динамічні характеристики для вибору оптимальних значень. Відомі розрахункові методи дослідження пневмосистем різного призначення не можуть бути безпосередньо застосовані для вирішення цієї задачі, оскільки не враховують специфічних конструктивних і функціональних особливостей регулятора тиску газу, і вимагають істотного уточнення та доробки.

В працях, які передували даній дисертаційній роботі, не враховано ряд важливих факторів, які впливають на ефективність стабілізації тиску в колекторі соплового апарата турбіни. Відсутнє комплексне дослідження по обґрунтуванню вибору раціональних конструктивних параметрів пневматичної системи запуску. Не установлені закономірності та не виявлені особливості робочих процесів, які впливають на ефективність стабілізації тиску.

Викладене вище обумовлює актуальність даної дисертаційної роботи, спрямованої на вирішення важливої науково-практичної задачі – обґрунтування параметрів регулятора тиску газу з високою пропускною спроможністю, що забезпечують стабілізацію тиску робочого тіла в колекторі соплового апарата турбіни на всіх включеннях, що дозволяє поліпшити характеристики пневмосистеми запуску рідинного ракетного двигуна багаторазового включення за рахунок використання регулятора тиску газу із пневматичним керуванням.

Актуальність теми роботи підтверджується також і тим, що вона пов'язана з виконанням державного контракту № 14-01/04 від 09.04.2004 р., а також

контрактів ДП «КБ «Південне» з іноземними замовниками.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Шевченка С.А. є високою й базується на аналізі літературних джерел за даною проблемою, грамотній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні і критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, і якісному формулюванні отриманих висновків. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату для моделювання фізичних явищ, які мають місце при нестационарній течії газу в елементах пневматичної системи запуску.

Достовірність результатів досліджень.

Наукові положення, висновки і рекомендації теоретично обґрунтовані, вони не суперечать результатам досліджень попередніх авторів, їх вірогідність підтверджена результатами експериментальних досліджень, проведених з використанням сучасних методів у лабораторних умовах згідно ДСТУ і широкій апробації. Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок математичних задач, застосуванням стандартних процедур математичного аналізу й методів математичної фізики, відповідністю змісту математичних конструкцій фізичній суті описуваних процесів.

Наукові результати здобувача успішно використані під час створення рідинних ракетних двигунів ДП «КБ «Південне»

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

– розроблено ефективні методи врахування хвильових явищ і газодинамічного опору трубопроводу, коливання витків замикаючих пружин, розмикання кінематичних ланцюгів у приводах клапанів, газодинамічних сил, які діють на клапани, теплообміну зі стінками порожнин, інерційності газу в сферичних балонах і фактору стисливості гелію, що дозволило створити методику й комп'ютерну програму для моделювання робочого циклу з 5-ти включень, яка відображає зміну динамічних параметрів газу у всіх трубопроводах і порожнинах пневмосистеми, а також параметрів руху клапанів;

– розроблено методику розрахунку сил тертя й витоків газу у фторопластових манжетах регулятора, яка враховує розпірну силу пелюсткової пружини й залежність фізичних властивостей фторопласту від температури, уточнена залежність коефіцієнта тертя від швидкості ковзання й контактного тиску;

– створена й реалізована розрахункова методика дослідження пневмосистеми на динамічну стійкість і автоколивання. У методиці використані уточнені результати гармонічної лінеаризації для коливань витрат газу через дросель і сили тертя в манжеті, а також новий метод розрахунку імпедансу розгалуженої системи трубопроводів. Виведено трансцендентне

рівняння для частот і амплітуд вільних нелінійних коливань системи та запропоновані методи його розв'язання.. Отримано аналітичні співвідношення для параметрів пневмосистеми, що забезпечують динамічну стійкість або автоколивання малої амплітуди;

– виконано комплексне розрахунково-експериментальне дослідження й обґрунтований вибір параметрів, що забезпечує стабілізацію тиску робочого тіла на всіх включеннях.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

– розроблені здобувачем математичні співвідношення вперше дають можливість виконати аналіз робочого циклу пневмосистеми запуску рідинного ракетного двигуна з урахуванням коливання стовпів газу в трубопроводах і їхнього демпфірування, стисливості, нагрівання й теплообмін газу зі стінками порожнин, ефекту Джоуля-Томсона для витрати через дросель або прохідний переріз клапана, інерційності газу в сферичних балонах, газодинамічних сил, що діють на клапани, коливання витків замикаючих пружин, розмикання кінематичного ланцюга у приводах регуляторів, сухого тертя в ущільнювальних манжетах;

– для розрахункового аналізу пневмосистеми запуску рідинного ракетного двигуна на динамічну стійкість й автоколивання розроблено методику й комп'ютерну програму, яка дозволяє отримати динамічні характеристики системи та її елементів;

– зменшення трудомісткості розрахунку пневмосистеми запуску рідинного ракетного двигуна при високій точності забезпечують нові алгоритми й методи розрахунку контактної температури стінки порожнини, параметрів напружено-деформованого стану вусів манжети, ефективного зазору між манжетою й стінкою, поля швидкостей газу при його витіканні із сферичного балона, початкових параметрів газу при включеннях пневмосистеми, імпедансу розгалуженої системи трубопроводів, частот й амплітуд вільних коливань пневмосистеми, параметрів коливальної границі динамічної стійкості, реалізовані в запропонованих моделях, а також новий метод аналізу граничного циклу коливань на стійкість;

– для розробки пневмосистем різного призначення отримані нові та уточнені відомі аналітичні методики наближеного розрахунку газодинамічних сил у прохідному перерізі клапана та у плоскому кільцевому зазорі поршня, газодинамічного опору металорукава, коефіцієнтів тепловіддачі для стінок порожнин різної форми, приведеної маси газу в сферичному балоні і його штуцері, сили й коефіцієнтів тертя фторопластової манжети, амплітуд пульсацій сили тертя в манжеті й витрати газу через дросель, фактору стисливості й ентальпії гелію, модулю пружності гелію й швидкості звуку в трубопроводі з гелієм, витрати маси гелію через дросель із врахуванням фактору стисливості й ефекту Джоуля-Томсона.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно

опубліковані в 15-ти наукових статтях, серед яких 2 у закордонних й 13 у наукових фахових виданнях України. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Анотування ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. У розділі 2 наведено результати досліджень по визначенню коефіцієнта для коригування площі, на яку діє перепад тиску для визначення гідродинамічної сили потоку рідини, що діє на запірний елемент клапана, але не представлена модель, за якою отримані ці результати.

2. При дослідженні динамічної стійкості пневматичної системи запуску рідинного ракетного двигуна (розділ 4) дисертант обмежився аналізом коливань клапана високовитратного регулятора і не розглянув можливі автоколивання клапана керуючого регулятора і пневмоклапана.

3. В розробленій методиці розрахунку газодинамічної сили, яка діє на клапан регулятора, необхідно було б врахувати реальну форму сідла, оскільки в процесі роботи на його плоскій поверхні в результаті пластичної деформації фторопласта утворюється кільцева канавка, яка впливає на характеристики регулятора при малих витратах газу.

4. При дослідженнях на лабораторному стенді замість гелію в якості робочого тіла використовувалось повітря, а метод врахування стискальності реального газу при газодинамічному розрахунку в дисертації розроблено тільки для гелію. Тому незрозуміло, як були отримані результати, приведені на графіку рис. 5.15 б.

5. В п.2.2.10 при термодинамічному розрахунку шаробалона було прийнято, що його зовнішня поверхня в умовах відкритого космосу буде теплоізолююваною, але це потребує обґрунтування, оскільки існує теплове випромінювання двигуна та Сонця.

6. Результати досліджень представлені в розмірному вигляді для конкретного клапану. Бажано було представити їх у відносних величинах.

Проте наведені недоліки не суттєво впливають на представлення дисертаційної роботи як цілісної наукової праці, на наукову цінність і практичну значимість отриманих дисертантом основних результатів проведених досліджень і не потребують її переробки.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Шевченка Сергія Андрійовича “Удосконалення пневмосистеми запуску ракетних двигунів шляхом стабілізації тиску робочого тіла та поліпшення її динамічних характеристик”, є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливу наукову задачу – поліпшення характеристик пневмосистеми запуску рідинного ракетного двигуна багаторазового включення за рахунок використання регулятора тиску газу із

пневматичним керуванням і впровадження рекомендацій з настроювання параметрів цього регулятора, розроблених на основі експериментальних і розрахункових досліджень пневмосистеми.

У цілому рівень теоретичних розробок та експериментальних досліджень, практична значимість роботи повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12 "Порядку присудження наукових ступенів" затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07. 2013 № 567 щодо кандидатських дисертацій. Вважаю, що розглянута дисертаційна робота повністю відповідає вимогам паспорту спеціальності 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати, а її автор Шевченко Сергій Андрійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент,
доцент кафедри прикладної гідроаеромеханіки
Сумського державного університету,
кандидат технічних наук, доцент

С.П. Кулініч

*Підпис ю.т.н. Шевченка С.А.
завірюю
Васильєв*



А.С. Рубан



Відзив надіслано 23.05.2017
Вчений секретар д.р.р. 0640577

Юрій Ю.О.