

ВИСНОВОК **наукового керівника**

щодо дисертаційної роботи Хомяка Вадима Олександровича на тему:
«Удосконалення пневмогідравлічних систем живлення рушійних установок
для підвищення їх енергомасової ефективності та експлуатаційної безпеки»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
у галузі знань 13 – Механічна інженерія, за спеціальністю
134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Дисертаційна робота Хомяка В.О. присвячена актуальній та важливій науково-практичній задачі – підвищення ефективності систем живлення рушійних установок (РУ) шляхом оптимізації параметрів роботи систем попереднього наддування, покращення працездатності деяких елементів ПГС та впровадження нових підсистем. Пневмогідравлічні системи (ПГС) живлення рушійних установок компонентами палива являються одними з найголовніших систем ракет-носіїв (РН) та складаються з паливних баків, витратних магістралей, допоміжних пристроїв та систем. Вони забезпечують заправку баків компонентами палива і зарядку акумуляторів тиску, зберігання робочих продуктів без зміни їх властивостей в заданому діапазоні параметрів, передпускове та основне наддування баків, постійну подачу палива з заданими параметрами в РУ, а також роботу агрегатів автоматики та регулювання відповідно до циклограми роботи та програми польоту. Саме тому, ПГС живлення РУ через свою складність та багатофункціональність в загальному випадку визначають технічний вигляд, масові та експлуатаційні характеристики усього ракетно-космічного комплексу (РКК). Таким чином, тема дисертації є актуальною має значне наукове і практичне значення для авіаційної та ракетно-космічної галузі.

Працюючи у відділі розробки пневмогідравлічних систем живлення рушійних установок, та маючи чималу кількість науково технічних напрацювань (публікацій, заявок на винаходи, впроваджених рішень) Хомяк В.О. цілеспрямовано обрав тематику ПГС живлення РУ, її підсистем та елементів, як об'єкт дисертаційного дослідження.

Протягом навчання в аспірантурі Хомяк В.О. повністю виконав освітню та наукову частини індивідуального плану. Він успішно склав усі необхідні іспити та заліки, своєчасно завершив роботу над дисертацією. Упродовж виконання цієї роботи здобувач виявив себе як наполегливий, цілеспрямований та зрілий дослідник, здатний чітко визначати мету й завдання наукового пошуку, обирати адекватні методи дослідження, глибоко осмислювати, систематизувати та критично аналізувати отримані результати.

В ході проведення дослідницької роботи, Хомяк В.О. засвоїв необхідні професійно-теоретичні знання, набув практичних вмінь і навичок, опанував відповідні компетенції, що дозволило йому продукувати нові наукові ідеї та комплексно вирішити поставлене завдання.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності систем живлення рушійних установок шляхом оптимізації параметрів роботи систем та елементів ПГС живлення, впровадження нових функціональних підсистем. Для досягнення мети було поставлено та успішно вирішено низку завдань,

пов'язаних з узагальненням досвіду розробки системи попереднього наддування (СПН) впорскуванням компонентів палива, розробкою методик, проведенням аналітичних розрахунків, впровадженням нових систем.

В результаті проведених досліджень автором отримані результати, що мають наукову новизну, теоретичне і прикладне значення.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна роботи безпосередньо впливає з результатів вирішення сформульованих завдань і свідчить про досягнення поставленої мети. Основні наукові результати полягають у наступному:

1. Обґрунтовано та експериментально підтверджено принципи побудови систем попереднього наддування баків ракет-носіїв шляхом впорскування самозаймистих компонентів палива (АТ-НДМГ). Визначено критерій виключення некерованих стрибків тиску («закидів») у баку пального. Досліджено вплив швидкості подачі впорскування компонента палива на кут розпилення (в залежності від тиску його подачі), та зроблені рекомендації по конструкції і розташуванню екранів БН.

2. Удосконалена методика гідрогазодинамічного моделювання взаємодії струменя газу з вільною поверхнею рідини, яку адаптовано для розрахунку геометричних параметрів каверни в паливних баках РН, що дозволяє з високою точністю прогнозувати можливе затоплення внутрішньобакових пристроїв витісненням компонентом палива, чим забезпечується оптимізація внутрішньобакових процесів і, як наслідок, підвищення надійності та енергомасової ефективності.

3. Розроблено комплексно-аналітичний метод підвищення енергомасових характеристик РН Дніпро за рахунок покращення початкових параметрів ПГС, з урахуванням зібраних та оброблених автором статистичних експериментальних даних, отриманих в широкому діапазоні на різних етапах випробувань РН.

4. Вперше зроблено узагальнюючий аналіз ~50 видів конструкції розпилювачів СН (розробки ДП «КБ «Південне»), як головного їх елемента, який визначає ступінь досконалості процесів в середині баків і цим самим основні параметри систем наддування. За даним питанням розроблено науково-технічний звіт. Описані особливості конструкції розпилювачів, вимоги до їх розробки, класифікація, порядок розробки для різних типів СН. Наведені їх характеристики (геометричні розміри, швидкості введення газу в баки) і схеми конструкцій, притаманні для баків окиснювача та горючого першого і другого ступенів РН.

5. Удосконалено та апробовано досить простий та оперативний метод оцінки працездатності газових компенсаторів магістралей ПГС, який передбачає застосування газодинамічного моделювання для обґрунтованої заміни штатного дорогого робочого тіла (гелію) на дешевший газ (повітря або

азот) під час технологічних випробувань, що підвищує економічну ефективність відпрацювання без зниження інформативності контролю надійності елементів.

6. Вперше проведено комплексне узагальнення та наукове обґрунтування принципів функціонування систем пасивації відпрацьованих ступенів РН (на прикладі РН «Зеніт» та «Циклон»), як нової функціональної підсистеми ПГС, яка підвищує функціональну досконалість систем живлення. Розкрито фізичну картину внутрішньобакових процесів під час послідовного скидання тиску та залишків компонентів палива. За результатами аналізу унікальних льотних випробувань підтверджено ефективність реалізованих схем у боротьбі з космічним сміттям.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у тому, що:
Отримані в дисертації наукові результати мають таке практичне значення:

1. За провідною участю автора удосконалено та запатентовано конструкцію блоку наддування для системи попереднього наддування, яка забезпечує регулювання параметрів впорскування та гарантовано виключає аварійні «закиди» тиску, що підвищує надійність експлуатації ПГС.

2. Впровадження комплексно-аналітичної методики визначення раціонального початкового газового об'єму паливного бака для РН «Дніпро» дозволило збільшити масу корисного навантаження приблизно на 5-10% під час виконання контракту з виведення КА Iridium, що є підтвердженням кількісним показником підвищення енергомасової ефективності ПГС живлення РУ.

3. Удосконалена методика оцінки працездатності газових компенсаторів із використанням імітаційних робочих тіл (повітря/азот замість гелію) дозволила істотно зменшити матеріальні витрати на проведення холодних технологічних випробувань агрегатів автоматики та пневматичних зборок.

4. Узагальнений досвід та класифікація конструкцій розпилювачів систем наддування у вигляді науково-технічного звіту впроваджено в практику проєктування ДП «КБ «Південне», що скорочує терміни розробки та підвищує обґрунтованість вибору конструктивних параметрів нових виробів.

5. Розроблено та успішно реалізовано у складі РН «Зеніт» і «Циклон» системи пасивації відпрацьованих ступенів (захищені патентами України за провідною участю автора). Це забезпечило виконання міжнародних вимог і норм щодо обмеження утворення космічного сміття, а отримані експериментальні дані становлять значний практичний інтерес для проєктування аналогічних систем на перспективних ракетах-носіях.

В основу дисертації покладено матеріали, які узагальнюють дослідження, проведені автором під час виконання НДР відповідно до

тематичних планів ДП «КБ «Південне», зокрема пов'язаних з проектуванням ПГС живлення РУ та її підсистем, а також в рамках Загальнодержавної космічної програми України.

Як науковий керівник визначаю, що працюючи над дисертацією Хомяк В.О. відповідально ставився до виконання наукової роботи, результати якої пройшли відповідну апробацію. Так, основні положення та висновки проведеного дослідження оприлюднювались на науково-технічній секції «КБ «Південне».

Дисертація є самостійною і завершеною науковою роботою. Всі поставлені завдання виконані повною мірою, результати досліджень також впроваджені. Здобувач опублікував за темою дисертації 26 наукових праць, зокрема 6 статей у фахових виданнях України. Без співавторства виконана 1 стаття. У матеріалах наукових конференцій і збірниках тез доповідей опубліковано 9 праць. Патентів України на винахід – 3. Патентів України на корисну модель – 3. Свідоцтва авторського права на твір (комп'ютерна програма розрахунку) – 2. Свідоцтва авторського права на твір (технічний звіт) – 1. Учебно-методичний посібник – 1.

Кількість, оформлення та зміст публікацій відповідають встановленим вимогам. Усі матеріали, які виносяться на захист, отримані здобувачем особисто. Ідеї та елементи наукових праць інших авторів супроводжуються належними посиланнями.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що за своєю актуальністю, обсягом виконаних досліджень, науковою новизною, практичним значенням, вірогідності одержаних результатів та обґрунтованістю висновків дисертаційна робота Хомяка Вадима Олександровича на тему «Удосконалення пневмогідравлічних систем живлення рушійних установок для підвищення їх енергомасової ефективності та експлуатаційної безпеки» відповідає кваліфікаційним вимогам щодо дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, викладеним у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та рекомендована до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка».

Науковий керівник: головний
науковий співробітник
відділу 123 ДП «КБ «Південне»,
кандидат технічних наук



Анатолій ЛОГВИНЕНКО

Підпис Анатолія ЛОГВИНЕНКА засвідчую

Учений секретар ДП «КБ «Південне»,
кандидата технічних наук



Лариса ПОТАПОВИЧ