

## **ПРЕСУВАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА МЕТОДОМ ПРОТЯГУВАННЯ КАНАЛОУТВОРЮЮЧОГО СТЕРЖНЯ**

*Артем Сергійович Швець*

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7637-9143>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

*Олексій Володимирович Кулик*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2913-4462>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

### **Вступ**

В сучасному світі розвиток космічних технологій та ракетобудування знаходиться на високому рівні. У пошуках більш ефективних рішень для підвищення потужності та продуктивності ракетних двигунів, велику увагу приділяють оптимізації технологічного процесу запресування твердого палива.

Запресування твердого палива є критичним етапом виробництва ракетних двигунів, оскільки саме від якості цього процесу залежить ефективність і безпека польотів. При запресуванні твердого палива досягається створення стійкого заряду, який забезпечує потрібну потужність для запуску ракети в космос. Оптимізація цього процесу має на меті збільшення ефективності використання палива, зниження втрат під час запресування та підвищення безпеки роботи.

### **МЕТА ТА ЗАДАЧІ**

Метою даної теми є дослідження та розробка оптимальних стратегій та методів для оптимізації технологічного процесу запресування твердого палива в ракетних двигунах. Основними цілями є:

1. Підвищення ефективності: Розвиток і впровадження нових технологій, матеріалів та методик для забезпечення більш ефективного використання твердого палива в ракетних двигунах. Це включає зменшення втрат під час запресування, підвищення щільності палива та підвищення його потужності.

2. Покращення якості: Розробка і вдосконалення методів контролю якості запресованого палива, забезпечення однорідності та стійкості характеристик заряду.

Це сприятиме досягненню більш точних та передбачуваних результатів при використанні ракетних двигунів. В результаті успішної оптимізації технологічного процесу запресування твердого палива,

очікується покращення продуктивності та надійності ракетних двигунів, зниження витрат і підвищення безпеки експлуатації.

3. Розробка технологічного процесу пресування твердого палива для двигунів суборбітальних ракет: Після проведеного аналізу розробити технологічний процес в умовах не серійного виробництва.

### **ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС СПОРЯДЖЕННЯ РАКЕТНОГО ДВИГУНА СУБОРБІТАЛЬНОЇ РАКЕТИ**

На базі проекту «Студентська ракета» був побудований комплекс для втілення технологічного процесу пресування твердого палива в життя. Основна ідея методу полягає в тому, що каналотворюючий стержень протягується за допомогою гідравлічного пресу через корпус двигуна, в якому заздалегідь закладене сумішеве поливо необхідного об'єму.

Композитний корпус баку ракетного двигуна є одним з ключових елементів сучасних ракетно-космічних систем. Використання композитних матеріалів дозволяє забезпечити вагову ефективність, міцність та стійкість до навколишнього середовища. Композити складаються з полімерних матриць, що армовані волокнами, такими як вуглецеві, скляні або арамідні волокна. Ця комбінація надає корпусу баку високу міцність при мінімальній вазі. Окрім того, композитні матеріали є незапальними та стійкими до корозії, що робить їх ідеальними для застосування в космічних умовах. Вони також мають відмінну термічну стійкість, що дозволяє корпусу баку витримувати високі температури, що виникають під час роботи ракетного двигуна.

Загалом, використання композитного корпусу баку дозволяє збільшити продуктивність та надійність ракетно-космічних систем, забезпечуючи оптимальне співвідношення міцності, ваги та стійкості до екстремальних умов. [1]

Каналотворюючий стержень десяти пелюсткової форми (рисунок 1) який використовується в цьому технологічному процесі підібраний за такими вимогами:

**Простота виготовлення:** Стержень може бути виготовлений за допомогою спеціального обладнання, але його виготовлення вимагає менше складних процесів порівняно з іншими методами пресування палива.

**Висока механічна міцність:** стійкий до механічних навантажень та може витримувати великі тискові навантаження під час процесу пресування.

**Оптимальна форма:** Стержень має форму, що максимально підходить для забезпечення ефективного горіння. Він забезпечує

рівномірний розподіл тиску під час пресування, що сприяє однорідному горінню палива.



Рисунок 1 - Каналоутворюючий стержень десяти пелюсткової форми

Процес спорядження відбувається на гідравлічному стенді (рисунок 2). В підготовлений корпус двигуна, в якому міститься розрахована кількість сумішевого палива та встановлена задня заглушка кріпиться на раму стенду. Каналоутворюючий стержень з закріпленою на ньому передньою заглушкою проходить через паливо та формує профіль горіння. В такому стані відбувається фіксація заглушки та каналоутворюючого стержня до повної полімеризації палива.



Рисунок 2 – Гідравлічний прес

### **МЕТОДИ КОНТРОЮ**

Оскільки для даного проекту поки що не доступні складні методи контролю якості твердопаливних двигунів, такі як: рентгенівський та ультразвуковий контролю, використовуються наступні:

Візуальний контроль: Один з найпростіших і перших методів

контролю полягає в візуальному огляді пресованого твердого палива на наявність видимих дефектів, тріщин, включень або неоднорідностей. Це може бути зроблено візуальним оглядом або за допомогою оптичних пристроїв. [2]

Випробування на міцність: Випробування на міцність проводяться для визначення механічних властивостей пресованого палива, таких як міцність на стиснення, міцність на згин тощо. Це дозволяє переконатися, що тверде паливо здатне витримувати необхідні навантаження та умови експлуатації. [2]

## ВИСНОВКИ

В даній роботі проаналізовано існуючі методи пресування твердого палива та розроблено власну технологію пресування твердого палива для двигунів суборбітальних ракет. Цей метод дозволяє заздалегідь розраховувати необхідну кількість твердого палива, яку необхідно вкласти в двигун, щоб отримати необхідну щільність та пористість, що забезпечує надійність та працездатність ракети.

Цей метод спорядження значно спрощує технологічний процес виготовлення твердопаливних двигунів. При використанні цього методу відпадає необхідність розбірних оправок, які в своїй конструкції мають фланці для кріплення днищ. За рахунок суцільного корпусу вдалось досягти спрощення виготовлення корпусу двигуна та зменшити його масу.

## ПОСИЛАННЯ

1. Чернобрыўко М. В., Аврамов К. В., П. Г. Дегтяренко. Динамика композитного корпусу твердопаливного двигателя ракеты под действием импульсных нагрузок, описывающих рабочие процессы в двигателе. *Space science and technology, Космічна наука і технологія*. 2017.

2. Технологія виробництва ракетно-космічних літальних апаратів : підручник / Ю. С. Алексєєв та ін. Дніпропетровськ : АРТ-ПРЕС, 2007. 480 с.