

УДК 629.735.33.015.4:

Павленко М. В.¹, бакалавр, В. В. Сухов¹, д.т.н., професор, професор кафедри

БЕЗПІЛОТНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ ІЗ РЕАКТИВНОЮ ТЯГОЮ

Під реактивною тягою для даного апарату мається на увазі тип реактивного двигуна – імпелер, або ж каналний вентилятор. Сам імпелерний двигун являє собою багатолопатий гвинт, що закріплений у кільці. Ефективність двигуна була неодноразово доведена на практиці, простіше кажучи конструкція дозволяє знизити перетікання повітря із кінців лопатей і тим самим зменшує втрати потужності під час дії індуктивного опору, який є завадою для руху літальному апарату. За конструкцією планер безпілотного літального апарату (БпЛА), що досліджується, має стандартну нормальну аеродинамічну схему із V-подібним оперенням. Це пояснюється трендом встановлення такого оперення на літальні апарати, а особливо на БпЛА, а також перевагою у зменшенні ваги й покращених аеродинамічних характеристиках на відміну від стандартного T-подібного оперення.

На цьому етапі розглядається варіант підбору можливого планеру до двигуна, спираючись на існуючі аналоги. Перш за все, вважається за потрібне привести як приклад кілька літальних апаратів, в яких застосовуються різні типи реактивних двигунів.

Першим аналогом виступить досить відомий стратегічний американський БпЛА-розвідник нормальної аеродинамічної схеми *RQ-4 Global Hawk*. Силова установка представлена турбовентиляторним двигуном *Allison Rolls-Royce AE3007* із тягою 31,4 кН, який дозволяє розганятись апарату до 630 км/год.

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського

Дальність польоту *RQ-4* – 22 000 км, стеля – 19 000 м. Даний тип двигуна має досконалу економічність та високу тягову ефективність, яку забезпечує конструкція із достатньо великим ступенем двоконтурності ($K > 2$). Ступінь двоконтурності – це відношення маси повітря, яке проходить через другий контур до маси повітря, що тече через перший. Відповідно, чим вище ступінь двоконтурності – тим більша економічність двигуна. Також, до переваг слід віднести досить малий рівень шумів у порівнянні зі звичайним турбореактивним двигуном. Недоліки цього типу є його велика маса та розміри. На *RQ-4 Global Hawk* видно, що двигун займає майже половину довжини фюзеляжу, а по перерізу практично співпадає із ним. За вартістю це найдорожчий тип реактивних двигунів. Проте, переваги досить вагомі і вони беруться до уваги під час планування силової установки для БПЛА, що досліджується.



БПЛА схеми *RQ-4 Global Hawk*

Також, турбовентиляторний двигун встановлений на сучасному турецькому БПЛА *Baykar Bayraktar Kizilelma*. Український виробник *Ivchenko-Progress* обрав для цього апарату два варіанти двигунів: *AI-25TLL* тягою 16,9 кН і *AI-322F* тягою 24,5 кН та 44 кН із форсажною камерою. Сам двигун встановлюється у фюзеляжі, тому суттєвих аеродинамічних втрат, у порів-

нянні із *Global Hawk* у турецького БПЛА не спостерігається. Таке встановлення двигуна варто взяти на замітку.

Перелік літальних апаратів із турбовентиляторним двигуном: *Boeing MQ-25 Stingray*, *MQ-4C ATriton* (БПЛА), *GP Aerospace GP210*, *Rockwell Nova NT1*, *Cirrus Vision SF50 (Minijets)*.

Наступний аналог представлений американським БПЛА *UTAP22 Mako*, оснащеним турбореактивним двигуном із тягою 4,4 кН, розвиває швидкість 0,9 Маха.



Американським БПЛА *UTAP22 Mako*

Даний тип двигуна менший від турбовентиляторного за розмірами, оскільки має простішу конструкцію. Повітрязбирач спрямовує потік у компресор, де тиск і температура підвищується, далі він йде до камери згорання. Висока температура і газ під високим тиском передаються у сопло, що і дає тягу. Тобто, всю енергію турбореактивний двигун отримує із відпрацьованих газів. Дані двигуни не мають холодного обтікання активної зони, як у турбовентиляторного, тому потік виходить із високою швидкістю, що свідчить про доцільність використовувати їх для навколосвукових апаратів. На самому *UTAP22 Mako* двигун встановлений під фюзеляжем. Доцільність використання турбореактивного двигуна пояснюється його набагато більшим співвідношенням потужності до маси ніж у поршневого двигуна, а також виробленням більшої тяги. Турбореактивні двигуни і до сьогодні використовують, адже це

перший вид реактивного двигуна в цілому, значить більш пропрацьований, значить надійніший. Основними недоліками даного типу двигунів є досить високий рівень шуму, мала тяга під час зльоту та загалом мала ефективність на малих висотах та швидкостях. Наприклад, *UTAP22 Mako* злітає за допомогою прискорювачів, що виводять його на висоту і швидкість, які є ефективними для задіяння основного двигуна. Дальність польоту даного апарату досягає 2600 км і може підійматись на висоту 15 200 м.

Літальні апарати, на які встановлюється даний тип двигунів: *Aero L 29 Delfin*, *Karrar*, *Kratos BQM-167 Skeeter*, *Kratos XQ-58 Valkyrie*, *XQ-222 Valkyrie* (БпЛА).

Третій приклад літального апарату, взятий за прототип – експериментальний легкий літак *PJ-II "Dreamer"* із системою «пропелер у каналі - імпелер».



Експериментальний легкий літак *PJ-II "Dreamer"*

Унікальність конструкції даного літального апарату полягає у системі, яка дозволяє йому літати як реактивний літак, без крутного і розвертаючого моментів, які виникають у процесі пілотування гвинтових літаків. Літак "*Dreamer*" оснащено двигуном *GM LS6 V8* об'ємом 5,7 літра із поршневим двигуном внутрішнього згоряння, рідинним охолодженням і двома каналними вентиляторами. Двигуни *GM* серії *LS* здатні працювати на високих обер-

тах протягом тривалого часу. Редуктор, який приводиться в рух маховиком, що демпфує, має вихідний приводний фланець, встановлений на фюзеляжі двигуна, який виступає у повітрязабірні канали. Вали з універсальними шарнірами на кожному кінці надають руху два п'ятилопатеви вентилятори, які жорстко закріплені в повітроводі. Замість традиційного *PSRU (Propeller Speed Reduction Unit)*, який зменшує швидкість обертання гвинта щодо швидкості обертання колінчастого валу, ця конструкція розганяє вентилятори до 7000 об/хв на зльоті. Літак здатен виконувати фігури вищого пілотажу та може використовуватись як тренажер перед турбореактивними винищувачами. Основні льотно-технічні характеристики апарату: максимальна швидкість – 350 км/год, крейсерська – 300 км/год, швидкість звалювання – 100 км/год, вертикальна швидкість – 14 м/с, середні витрати палива – 40-60 л/год, дальність польоту – 1200 км, висота польоту – 4000 м, злітно-посадочна дистанція – 500 м.

Звідси можна виділити достатньо невелику максимальну швидкість, практичну висоту польоту та високу швидкість звалювання, але апарат має хорошу дальність польоту та вертикальну швидкість.

Оскільки *PJ-II “Dreamer”* береться за прототип, то на новому БпЛА планується покращити недоліки, описані вище, а саме: збільшити максимальну швидкість, зменшити швидкість звалювання шляхом ретельного прорахування аеродинамічних характеристик та підбору компоновальної схеми.

Основні представники, оснащені імпелерними двигунами:
RFB Fantanier, Rutan Model 61 Long-EZ, RicJet 4, JetHawk II, Marvel.

Коли мова йде про літальні апарати з імпелерами, якщо ми прирівняємо тягу і опір через швидкість польоту, то правильним буде рівняння:

$$D=T,$$

де D – зустрічний опір (завжди у Н), T – тяга (завжди у Н). Необхідна потужність може бути представлена у вигляді ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$):

$$P_{flight} = W \cdot g \cdot D / L \cdot v$$

де P – потужність двигуна (зазвичай у Вт), W – маса (у кг), L – підйомна сила (завжди у Н), v – швидкість літального апарату (зазвичай м/с). Для детального розрахунку імпелера потрібні відповідні характеристики, які будуть відомі у ході проєктування БпЛА.

Загалом, імпелер спроможний забезпечувати максимальну тягу, за мінімального діаметра вентилятора, оскільки двигун працює як перетворювач, у якому коефіцієнт перетворення (тяги) може в рази перевищувати вхідне значення. Під час проходження повітря стискається та нагрівається, видаючи на виході величезну потужність. Тому, попит на такий механізм достатньо високий і сьогодні, якщо говориться використання його замість пропелерного.

Список використаних джерел

1. *PJ-II "Dreamer"* [Електронний ресурс] // *Replica Fighters Association*. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://smartx-air.com>.
2. *ARMY UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM – Washington, DC: Department of the Army*, 2006. – 183 с.
3. ТЕОРИЯ, РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК / В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. – Москва: Научно-техническое издательство "Машиностроение", 2013. – 280 с.
4. Расчет и разработка импеллеров. // Моделизм. – 2015. – С. 14.