

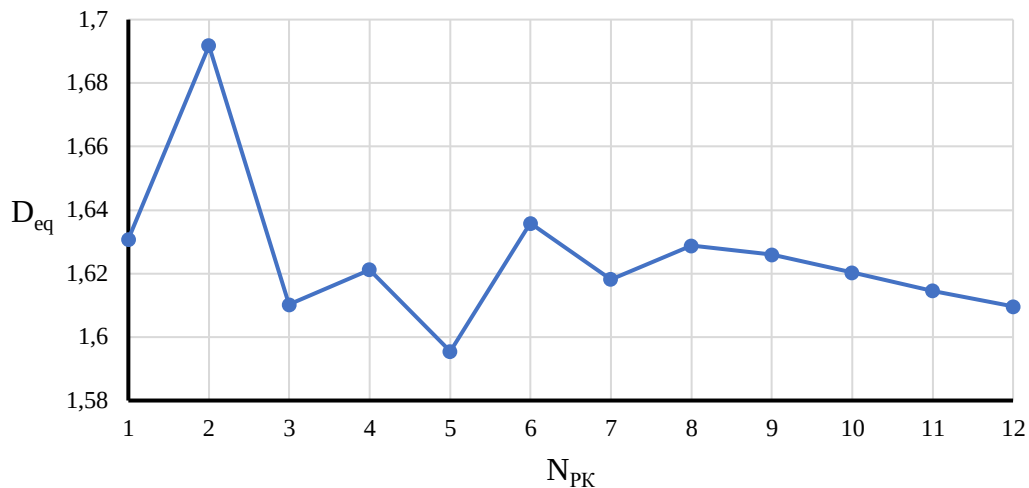


Рис. 2 - Зміна значень степеня еквівалентної дифузортності від номеру робочого колеса компресора

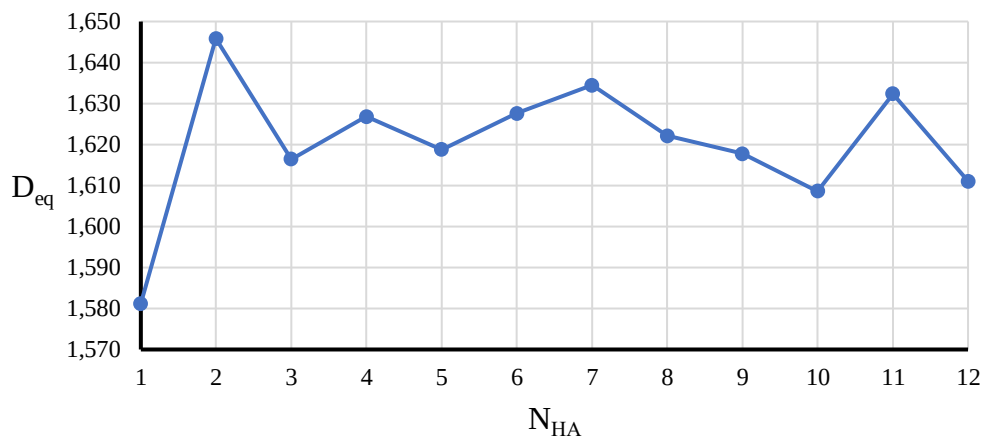


Рис. 3 - Зміна значень степеня еквівалентної дифузортності від номеру направляючого апарату компресора

Перелік посилань

1. Lieblein S. SP 36-Aerodynamic Design Axial Flow Compressor [Text] / S. Lieblein // NASA. – 1965. - p. 183-244.
2. Комплекс Програм «ПРОК» Свідоцтво про реєстрацію права на твір №107195 від 11.08.21.

ФОРСУВАННЯ ТУРБОВАЛЬНОГО ДВИГУНА ГЕЛІКОПТЕРА УПОРСКУВАННЯМ ВОДИ У КАМЕРУ ЗГОРЯННЯ

Є. Р. Галетинко, О. Д. Дегтярьов, К. В. Фесенко, М. В. Кононенко

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Залежність корисного навантаження від потужності двигуна гелікоптера є ключовим параметром, що визначає ефективність роботи гелікоптера. Ця залежність базується на ряді аеродинамічних, конструктивних і експлуатаційних



факторів. Потужність двигуна визначає, скільки енергії може бути використано для створення підйомної сили. Чим вища потужність, тим більше корисне навантаження може піднімати гелікоптер.

Максимальне корисне навантаження обмежене сумарною потужністю двигунів, яка повинна компенсувати масу самого гелікоптеру, палива, екіпажу, і власне корисного вантажу. Частина потужності двигуна витрачається на обертання хвостового гвинта (для компенсації реактивного моменту) і на подолання опору конструкції.

При роботі гелікоптерів на висотних аеродромах, особливо в гірських районах, зліт гелікоптера обмежується зменшенням потужності його газотурбінного двигуна (ГТД) через розрідженість атмосфери, а також необхідністю збільшити потужність двигуна через зростання потреби в потужності для повітряного гвинта гелікоптера. Це значною мірою обмежує вантажопідйомність гелікоптера на великих висотах або вимагає застосування набору швидкості гелікоптера безпосередньо перед відривом від землі.

Проведено розрахункове дослідження процесу форсування турбовального двигуна гелікоптера упорскуванням води у камеру згоряння з метою збільшення його потужності на злітному режимі при його експлуатації на висотних аеродромах.

Спочатку побудовано висотну характеристику нефорсованого турбовального двигуна, яка відображає залежність основних параметрів роботи двигуна від висоти польоту. Ця характеристика дозволяє оцінити поведінку двигуна в умовах розрідженого повітря, зменшення температури та інших факторів, що змінюються з висотою.

З отриманої залежності потужності двигуна від геометричної висоти (рис. 1) зрозуміло, що на великих висотах її не буде вистачати для того, щоб гелікоптер зміг підняти максимальне корисне навантаження. Можуть бути й випадки, коли гелікоптер не зможе злетіти навіть без корисного навантаження. Тому потрібно короткочасно збільшувати потужність для забезпечення злету гелікоптера з корисним навантаженням на великих висотах.

Для форсування двигуна запропоновано забезпечити впорскування води в камеру згоряння ГТД. Такі види форсування застосовуються для наземних ГТД, включаючи цикл STIG. Для оцінки можливостей цього виду форсування двигунів застосовано математичну модель, розроблену в Національному аерокосмічному університеті ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». Цей метод базується на розв'язанні системи рівнянь нев'язок, що описують двигун. Модель здатна імітувати різну висоту і швидкість польоту. В результаті розрахунків представлене змінення основних параметрів двигуна від висоти польоту і кількості води, яка упорскується в камеру згоряння.

З розрахунку потужності двигуна на різній висоті від витрати води, яка упорскується в камеру згоряння, можна зробити висновок, що можна досягнути максимальної потужності двигуна у 2200 кВт на висоті навіть в 4 км, що позитивно впливатиме на величину корисного навантаження гелікоптера. Так, маса гелікоптера збільшиться за рахунок маси води і маси системи подачі цієї води до камери згоряння, але у відносному значенні приріст маси корисного навантаження



гелікоптера буде все одно більшим. На висоті 5 км неможливо досягнути максимальної потужності двигуна, що означає, що гелікоптер не зможе підняти максимальне корисне навантаження, але з упорскуванням води потужність двигуна можна збільшити з 1426 кВт (без впорскування води) до 1986 кВт (з максимально можливою витратою води), що позитивно вплине на зліт гелікоптера на такій великій висоті навіть з меншим корисним навантаженням.

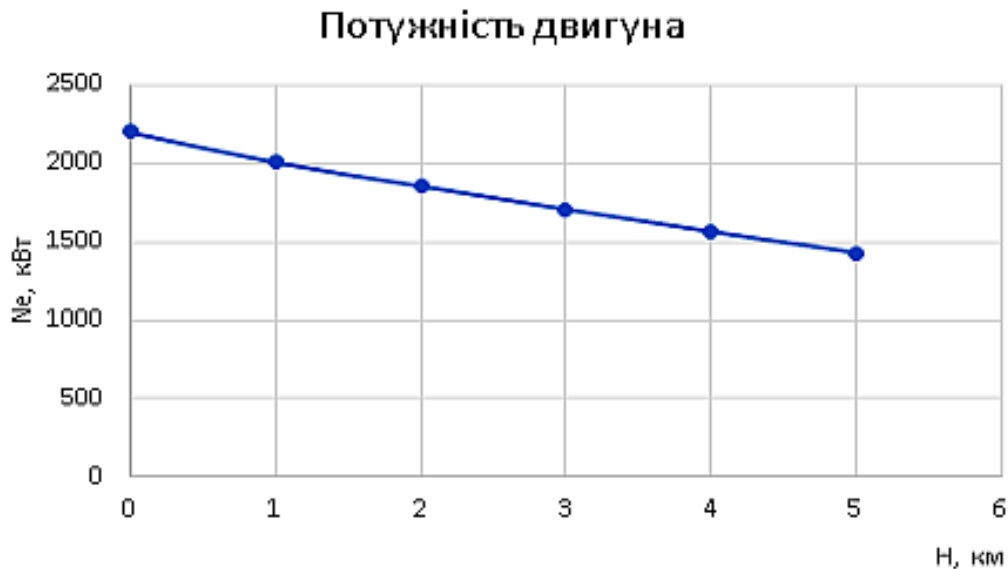


Рис. 1 – Залежність потужності двигуна від геометричної висоти

Хоча зі збільшенням висоти витрата палива знижується, вона починає зростати з упорскуванням води в камеру згоряння (рис. 3). Про це також потрібно пам'ятати при розрахунку маси гелікоптера і його корисного навантаження. Потрібно мати на борту більший запас палива при зльоті гелікоптера на великих висотах. Це також зменшить величину корисного навантаження гелікоптера.

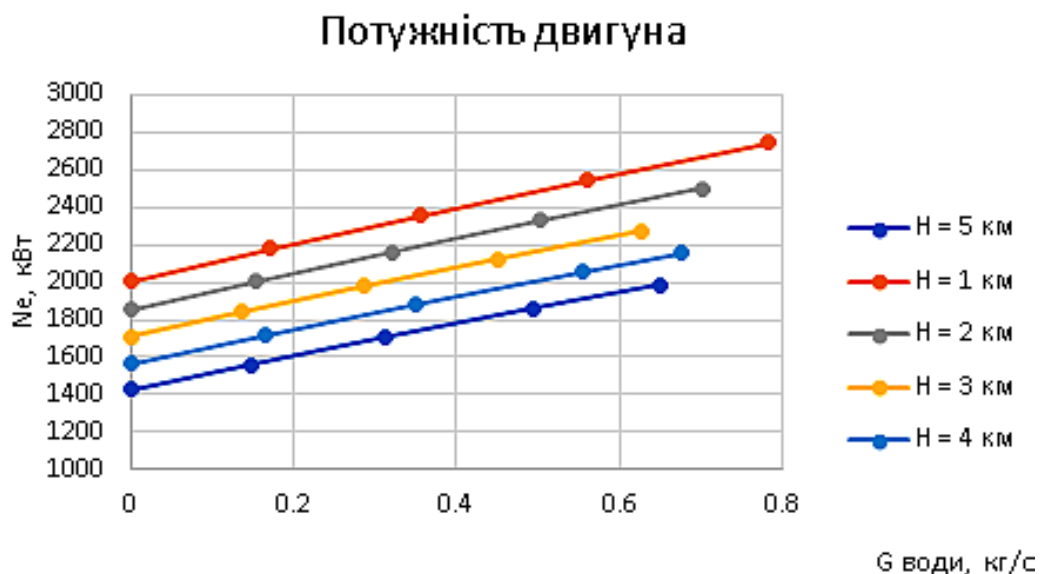


Рис. 2 – Залежність потужності двигуна на різній висоті від витрати води, яка упорскується в камеру згоряння

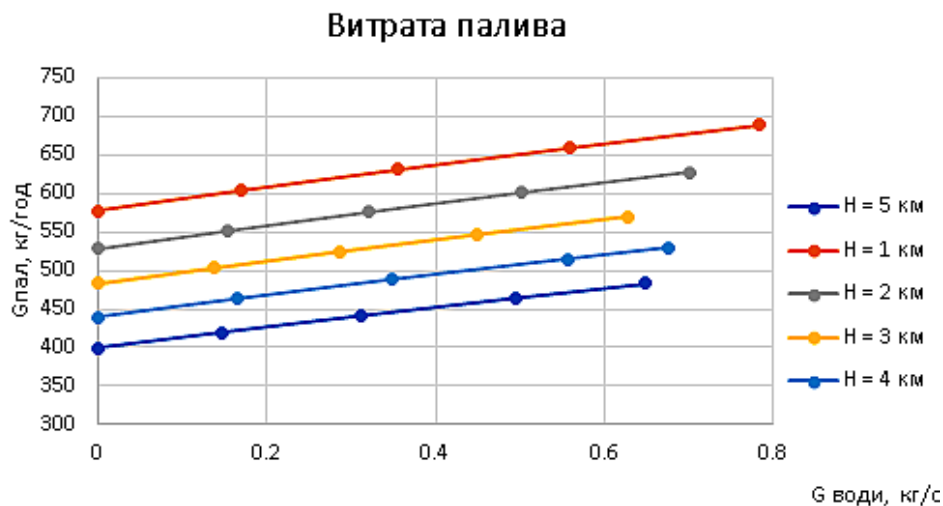


Рис. 3 – Залежність витрати палива двигуна на різній висоті від витрати води, яка упорскується в камеру згоряння

Важливо мати достатній запас стійкості компресора. На максимальному режимі на висоті $H = 0$ км він становить 0,22. Зі збільшенням висоти цей параметр зменшується, а з упорскуванням води в камеру згоряння двигуна запас стійкої роботи ще більше знижується (рис. 4). Робота двигуна на режимах з малим запасом стійкої роботи компресора може призвести до появи обертового зриву в компресорі, а також до помпажу компресора, що може спричинити вихід з ладу всього двигуна.

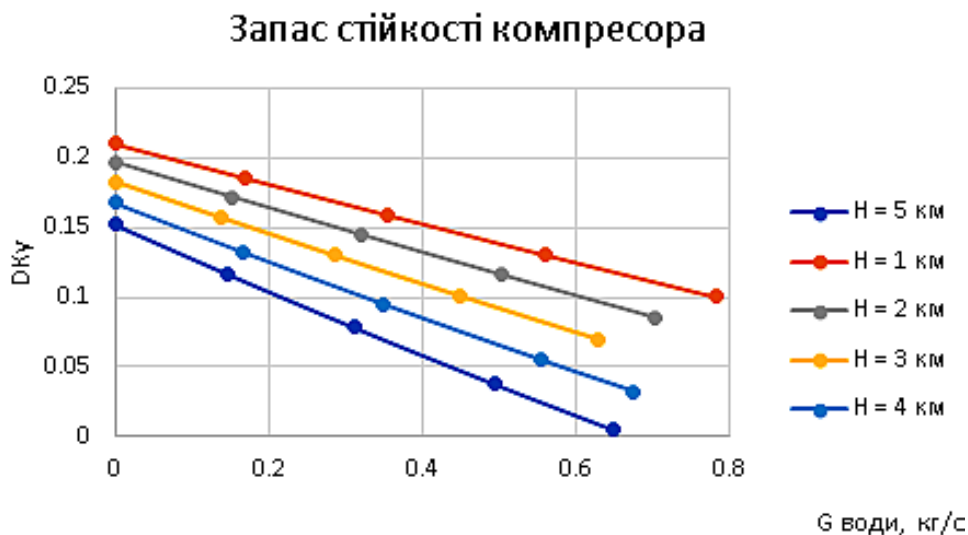


Рис. 4 – Залежність запасу стійкості компресора на різній висоті від витрати води, яка упорскується в камеру згоряння

З результатів проведених розрахунків видно, що застосування води як засобу для форсування двигунів є досить ефективним. При невеликому часі режиму висіння та розгону доступна потужність дозволяє гелікоптеру брати на борт значно більше корисне навантаження. Причому в процесі набору швидкості витрату впорскуваної води можна зменшувати, оскільки необхідна потужність буде знижуватися. Хоча слід зазначити, що з підвищенням висоти витрата води, необхідної для форсування двигуна, значно зростає.