

В. В. НЕРУБАСЬКИЙ*АТ «Елемент», Одеса, Україна*

РИНОК ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ ВАЖКИХ ТРАНСПОРТНИХ ГЕЛІКОПТЕРІВ

Предметом дослідження є сучасний стан ринку та перспективи розвитку важких транспортних гелікоптерів та їх силових установок. В статті наводиться класифікація гелікоптерів, а також виділяється сегмент середньо-важких та важких гелікоптерів з газотурбінними двигунами. Стисло описується сфера застосування таких гелікоптерів. Мета статті – це оцінка напрямів діяльності АТ “Елемент” у галузі розробки електронних систем керування газотурбінними двигунами для гелікоптерів важкого класу. Такими системами для АТ “Елемент”, зокрема, є блоки РДЦ-2500 та РДЦ-450М-117В для турбовальних двигунів ТВ3-117ВМА-СБМ-1В, створених АТ “Мотор Січ”. Завдання: надати інформацію про основні типи важких гелікоптерів, що виробляються та експлуатуються на сьогодні, а також опис газотурбінних двигунів, які встановлюються на цих гелікоптерах. Стисло описується сфера застосування таких гелікоптерів. Зазначається, що сегмент важких гелікоптерів з газотурбінними двигунами – найбільший у грошовому обчисленні на світовому ринку цивільних гелікоптерів і наводиться прогноз поставок таких гелікоптерів на найближчі 5-7 років. Зазначається, що більшість моделей гелікоптерів не є абсолютно новими розробками, а вдосконалюються протягом багатьох років. Наводяться характерні конструктивні особливості важких гелікоптерів з газотурбінними двигунами, особливості компонування агрегатів та обладнання. Наводяться основні конструктивно-компонувальні особливості газотурбінних двигунів різних виробників та типи гелікоптерів, на яких вони встановлюються. Окремо наводиться коротка інформація про російські та українські газотурбінні двигуни – ВК-2500 та ТВ3-117ВМА-СБМ-1В. Результати. Незважаючи на активний розвиток технологій eVTOL у секторі гвинтокрилів малої розмірності, продовжується розвиток та вдосконалення газотурбінних двигунів. Розробляються важкі гелікоптери як так традиційних, так і нетрадиційних схем. Висновки. Модернізація конструкції та “ремоторизація” гелікоптера Мі-8 – гарний заділ для “Вертольотів Мотор-Січ”, але потрібні власні розробки. Багато перспективних українських розробок були згорнуті у зв'язку з війною. Аналіз технічних характеристик ТВд для важких гелікоптерів показує, що вітчизняні двигуни майже ні в чому не поступаються своїм європейським та американським конкурентам. Перспективний ТВд ДП ЗМКБ “Прогрес” ім. А. Г. Івченка АІ-130 потужністю 3000 к.с. може стати ще більш привабливою пропозицією.

Ключові слова: ринок; важкий транспортний гелікоптер; турбовальний газотурбінний двигун; електронна система керування; концепція гвинтокрила.

Вступ

Основна сфера діяльності АТ “Елемент” в останні роки - розробка, виробництво та забезпечення експлуатації електронних систем керування (ЕСК) авіаційними газотурбінними двигунами (ГТД). Першою стала ЕСК для турбувальних двигунів АІ-450М – РДЦ-450М. Надалі були розроблені ЕСК для турбогвинтових двигунів АІ-450С, АІ-450Т, МС-14, МС-500 та ін.

В останні роки АТ “Елемент” розробило та розпочало виробництво ЕСК РДЦ-2500 та РДЦ-450М-117В для турбовальних двигунів ТВ3-117ВМА-СБМ-1В різних модифікацій, призначених для гелікоптерів сімейства Мі-8 та Мі-24, в тому числі тих, які перебувають на озброєнні ЗСУ.

Створення зазначених ЕСК є кульмінацією досвіду розробки та експлуатації більш ранніх сис-

тем. Спільно з АТ “Вертольоти Мотор Січ” наше підприємство бере участь у розвитку українського гелікоптеробудування. Передбачається застосування РДЦ-450М-117В спільно з двигунами ТВ3-117ВМА-СБМ-1В для бойових та транспортних гелікоптерів турецької розробки.

Відповідно до своєї основної спеціалізації АТ “Елемент” аналізує науково-технічну інформацію з ЕСК та суміжних напрямків, намагається оцінити споживчі якості та конкурентоспроможність своїх виробів на світовому ринку. Ця стаття являє собою короткий огляд ринку та перспектив розвитку гелікоптерів з масою 7...16 т та їх силових установок.

Гелікоптери

Традиційно гвинтокрилі машини за максимальною злітною масою і за типом двигуна об'єдну-

ються в шість основних сегментів [1]: поршневі, легкі з ГТД, середні з максимальною злітною масою 4 ... 7 т, середньо-важкі з максимальною злітною масою 7 ...10 т, важкі з максимальною злітною масою 10...16 т, а також надважкі з максимальною злітною масою понад 16 т.

У цій статті розглядатимуться середньо-важкі та важкі гелікоптери (для спрощення надалі використовуватимемо термін "важкі"). Такі гелікоптери поступаються за кількістю та поширеністю легким і середнім вертольотам з ГТД [1], а їх вартість обмежує можливості приватного володіння.

Область застосування аналізованих гелікоптерів включає перевезення VIP і корпоративних клієнтів, патрульні та пошуково-рятувальні операції, моніторинг природних ресурсів, об'єктів енергетики та трубопровідного транспорту, обслуговування офшорних компаній, медико-санітарні функції, військового використання в якості морських патрульних і протичовнових, транспортно-десантних, ударних та для виконання спеціальних операцій. Сегмент важких гелікоптерів із ГТД – третій за масовістю, але практично перший у грошовому обчисленні на сві-

товому ринку гелікоптерів. Однак оптимістичні прогнози 2010-2014 років про зростання парку важких гелікоптерів на 5000 екземплярів до 2030 р. були порушені пандемією COVID-19. І якщо кількість замовлених легких гелікоптерів продовжує зростати, то в секторі важких гелікоптерів спостерігається спад [2]. У разі виникнення потреб дефіцит покривається за рахунок вторинного ринку.

Склад основних учасників ринку важких гелікоптерів багато років залишається практично незмінним - це американська фірма Sikorsky, що стала підрозділом корпорації Lockheed Martin, європейська компанія Airbus Helicopters у складі концерну Airbus Group, італійська компанія Agusta Westland у складі концерну Leonardo S.p.A. та російське об'єднання "Вертольоти Росії".

Основні характеристики середньо-важких та важких вертольотів наведені в таблицях 1 і 2. Даний список, в силу обмеженого розміру статті, є далеко не повним, але в ньому наведені найбільш сучасні моделі, що серійно виробляються і експлуатуються на даний час.

Таблиця 1

Характеристики середньо-важких та важких транспортних гелікоптерів (частина 1)

Тип	Sikorsky S-70 (UH-60)	Leonardo AW189	Bell 525	Міль Мі-171А2
Країна	США	Італія	США	Росія
Початок постачання	1979	2014	2023	2016
Діаметр несучого гвинта, м	16,36	14,60	16,61	21,29
Діаметр кермового гвинта, м	3,35	2,90	3,05	3,90
Довжина, м	15,26	17,57	17,24	18,17
Висота, м	5,13	5,15	5,54	5,65
Кількість двигунів	2	2	2	2
Тип двигуна	GE T700-GE-701	GE CT7-2E1	GE CT7-2F1	Клімов ВК-2500ПС-03
Потужність, к.с.	1622	1983	1979	2500
Маса пустого, кг	5118	-	-	6800
Максимальна злітна маса, кг	9185	8300	9300	13500
Максимальна швидкість, км/год	296	310	306	250
Крейсерська швидкість, км/год	268	294	287	225
Практична дальність, км	1630	-	1074	610
Практична стея, м	5790	3050	3261	5000
Статична стея, м	3170	-	2469	3900
Екіпаж, чол	2	1-2	1-2	3
Корисне навантаження	До 12 пасажирів або 4000 кг вантажу на з/п	12-18 пасажирів або 2700 кг вантажу на з/п	16-20 пасажирів або 3700 кг вантажу на з/п	До 26 пасажирів або 4000 кг вантажу на з/п

з/п – зовнішня підвіска

Таблиця 2

Характеристики середньо-важких та важких транспортних гелікоптерів (частина 2)

Тип	Sikorsky S-92	Airbus Helicopters H225 Super Puma	Leonardo AW101 Merlin	Міль Мі-38
Країна	США	Європа	Італія	Росія
Початок постачання	2004	2005	2000	2018
Діаметр несучого гвинта, м	17,71	16,20	18,60	21,10
Діаметр кермового гвинта, м	3,35	3,15	4,0	3,84
Довжина, м	20,85	19,50	22,83	20,28
Висота, м	6,45	4,97	6,66	6,97
Кількість двигунів	2	2	3	2
Тип двигуна	GE CT7-8	Safran Makila 2A1	GE T700-T6A1	Клімов ТВ7-117В
Потужність, к.с.	2520	2101	2312	2800
Маса пустого, кг	6740	5135	10500	9200
Максимальна злітна маса, кг	12020	11200	15600	15600
Максимальна швидкість, км/год	287	324	309	300
Крейсерська швидкість, км/год	259	262	277	260
Практична дальність, км	945	987	1129	820
Практична стеля, м	4570	6100	4575	6300
Статична стеля, м	3000	2770	3300	5250
Екіпаж, чол	2	1-2	1-2	2
Корисне навантаження	До 19 пасажирів або 4535 кг вантажу на з/п	До 24 пасажирів або 4750 кг вантажу на з/п	До 30 пасажирів або 5443 кг вантажу	До 30 пасажирів або 6000 кг вантажу на з/п

Більшість важких гелікоптерів що експлуатуються, не є новими розробками, а "еволюціонують" протягом 20-25 і більше років. У цьому немає нічого дивного, оскільки створення і виведення на ринок такого класу машин є досить дорогим заходом. Удосконалення конструкції із застосування КМ, встановлення більш сучасних двигунів і несучої системи, цифрової авіоніки підвищують споживчі якості гелікоптерів, але дозволяють фірмам заощадити на розробці та виробництві.

Типовими "довгожителами" є російські транспортні гелікоптери сімейства Мі-8МТ/Мі-17. Загалом з 1975 р. побудовано понад 17000 екземплярів всіх модифікацій, які використовуються більш ніж у 50 державах світу. Останні модифікації Мі-8МТВ та Мі-171А2 [3] оснащені двигунами ВК-2500 та сучасним комплексом бортового обладнання.

Важкий гелікоптер Мі-38 [4], як і його силова установка - двигуни ТВ7-117В, є найбільшим "довгобудом" російського гелікоптеробудування. Початок його проектування відноситься до 1981 р., перший політ – 2003 р., початок серійного виробництва – 2018 р. Є замовлення на 15 машин для ВПС Росії.

Російський Ка-32 – єдиний важкий транспортний гелікоптер, виконаний за співвісною схемою.

Випускається серійно з 1985 р., але не є надто поширеним (вироблено близько 160 екземплярів).

Найбільш масовим західним багатоцільовим гелікоптером є Sikorsky УН-60 (громадянське позначення S-70) – з 1977 р. до теперішнього часу побудовано понад 5000 екземплярів. Існують транспортні, протичовнові та патрульні, спеціальні модифікації цього гелікоптера. УН-60 безперервно вдосконалюється, експлуатується більш ніж у 30 країнах світу [5].

Sikorsky S-92 [5] розроблявся як наступник вдалого S-70 для військового та цивільного застосування зі збереженням багатьох систем останнього, але збільшеної розмірності. Серійно випускається із 2004 р.

Airbus Helicopters H225 веде свою історію із середньорозмірного багатоцільового гелікоптера Aerospatiale AS330 Puma, розробленого наприкінці 1960-х років. У 1980 р. на базі AS330 було створено більший гелікоптер AS332 Super Puma. Його наступник - EC225 (нині H225), сертифікований в 2004 р., став ще трохи більшим, отримав більш потужні двигуни і сучасне радіоелектронне обладнання.

Тримоторний Leonardo AW101 – один з найбільших гелікоптерів у класі. Спочатку він розробляв-

ся британо-італійським концерном EH Industries як єдиний європейський транспортний/протичовновий гелікоптер EH101. Експлуатується з 1999 р. переважно у збройних силах Великобританії, Італії, Данії, Португалії, Канади та Японії.

Leonardo AW189 - новий середньо-важкий гелікоптер [6], що концептуально розширює існуючу лінійку гелікоптерів AW139 і AW169 меншої розмірності за рахунок спільності компонування кабіни екіпажу, принципів проектування та технічного обслуговування. До теперішнього часу замовлено або поставлено близько 100 вертольотів AW189.

Намагається вийти на ринок середньо-важких гелікоптерів також фірма Bell. Її найбільша модель 525 проходить сертифікаційні випробування і є першим у галузі гелікоптером з електродистанційною системою керування та рядом інших інноваційних рішень.

Більшість гелікоптерів, що експлуатуються, забезпечені різноманітними IT-сервісами. Як приклади можна навести сервіс HCare компанії Airbus

Helicopters, сервіси HUMS і Skyflight від Leonardo, програми підтримки Customer Care та Sikorsky360 від Sikorsky. Сервіси працюють у режимі 24/7 та забезпечують матеріально-технічне постачання, технічну підтримку, технічне обслуговування та модернізацію гелікоптерів, навчання та перепідготовку фахівців.

Двигуни

На важких гелікоптерах знайшли застосування турбовальні ГТД (ТВаД) з потужністю в діапазоні 1600...3000 к.с. Склад розробників і виробників таких двигунів також досить усталений: General Electric (США), Safran (Франція), ОДК (Росія). Основні характеристики ГТД для важких гелікоптерів наведені в таблиці 3. Даний список двигунів, як і список гелікоптерів, в силу обмеженого розміру статті, є далеко не повним, але включає в себе найбільш сучасні моделі, що серійно виробляються в даний час.

Таблиця 3

ГТД для важких гелікоптерів

Фірма	GE, США	GE, США	Safran, Франція	Safran, Франція	ОДК Клімов, Росія	Мотор-Січ, Україна
Модель	CT7-8A	T901	Makila 2A1	RTM322-01/9	ВК-2500ПС-03	ТВ3-117ВМА-СБМ1В
Дата сертифікації	2007	2024	2008	2004	2016	2014
Режим надзвичайної потужності при відмові одного двигуна (OEI)						
Потужність, к.с.	2740	-	2382	2894	2700	2800
при тн, °С	-	-	-	-	+30	+25
Злітний режим						
Потужність, к.с.	2520	3000	1747	2397	2000	2500
при тн, °С	-	+30	-	-	+45	+37
Питома витрата палива, кг/к.с год	0,204	0,181	0,213	0,191	0,220	0,209
Ступінь підвищення тиску	19,0	22,0	11,0	16,0	9,6	9,6
Температура газів за турбіною, °С	995	-	830	895	710	755
Максимальний тривалий режим						
Потужність, к.с.	-	-	1747	2227	1700	1750
Питома витрата палива, кг/к.с год	-	-	-	-	-	0,251
Масово-габаритні та ресурсні показники						
Длина, м	1,239	1,220	2,115	1,181	2,055	2,055
Висота, м	0,635	-	0,668	0,648	-	0,728
Ширина, м	0,660	0,660	0,785	0,689	0,660	0,660
Суха маса, кг	246	270	279	232	300	295
Міжремонтний ресурс, год	н/з	-	3500	3000	3000	3300

н/з – незастосовно (експлуатується за станом)

Безперечним лідером ринку є ТВаД сімейства Т700 (цивільне позначення СТ7) фірми General Electric [7]. Спочатку розроблений для армії США як силова установка ударного гелікоптера АН-64 і транспортного гелікоптера УН-60, цей двигун надалі знайшов застосування на багатьох інших гелікоптерах (Bell 214ST, АН-1W, УН-1У, NH90, S-92, NH90, AW101 та ін.).

Двигун Т700 виконаний по двовальній схемі з вільною турбіною. Одновальний газогенератор має комбінований осецентробіжний компресор (п'ять осьових і одну відцентрову ступінь), прямооточну камеру згоряння, двоступінчасту турбіну. Вал двоступінчастої силової турбіни виводиться вперед. Двигун має вбудований пилрозахисний пристрій і верхнє розміщення коробки приводів. Вибрані параметри термодинамічного циклу забезпечили двигуну високі питомі показники.

Різні варіанти Т700/СТ7 мають потужність від 1620 до 2700 к.с. До теперішнього часу випущено більше ніж 23000 двигунів сімейства Т700/СТ7, їх виробництво та вдосконалення буде продовжено і в найближче десятиліття.

ТВаД Makila – сімейство французьких ТВаД, розроблене фірмою Turbomeca (нині – Safran) у 1976 р. спеціально для вертольота Aerospatiale AS330 Puma [8]. На цей час сертифіковано шість варіантів двигуна з потужністю від 1600 до 2200 к.с.

За схемою Makila - двовальний ТВаД з вільною турбіною. Газогенератор має комбінований компресор (три осьові і одну відцентрову ступінь), петльову камеру згоряння, двоступеневу турбіну газогенератора і вільну турбіну. Вал відбору потужності направлений назад.

Всього вироблено близько 2200 двигунів сімейства Makila, які знайшли застосування на різних варіантах вертольотів Puma і Super Puma (AS330, AS332, AS532, EC725 та ін.).

Safran RTM322 – найсучасніший ТВаД у класі потужності 2030-2950 к.с.[8] Він розроблений у 1983 р. об'єднанням Rolls-Royce Turbomeca Limited як альтернативна силова установка ударних та транспортних гелікоптерів та для конкуренції з американським двигуном Т700. У 2013 р. програма RTM322 повністю перейшла під контроль фірми Safran.

ТВаД RTM322 виконаний за традиційною двовальною схемою з двоступінчастою вільною турбіною. Газогенератор включає комбінований компресор з трьома осьовими і одною відцентровою ступінню, протиточну камеру згоряння і двоступінчасту охолоджувану турбіну. Двигун має вбудований сепаратор сторонніх частинок на вході.

На сьогодні виготовлено понад 1100 двигунів RTM322, які використовуються на 60% гелікоптерів AW101 та 80% гелікоптерів NH90.

Російський ТВаД ВК-2500 та український ТВаД ТВ3-117ВМА-СБМ1В є сучасними модифікаціями розробленого в СРСР на початку 1970-х років двигуна ТВ3-117 і мають спільного прабатька – авіаційний ТВД ТВ3-117ВМА-СБМ1 для регіонального пасажирського літака Ан-140. Обидва двигуни ідентичні за схемою - газогенератор з 12-ступінчастим осьовим компресором, кільцева камера згоряння, двоступінчаста турбіна газогенератора і двоступінчаста вільна турбіна. Відмінності полягають у деяких конструктивних елементах та агрегатах.

Двигуни розвивають злітну потужність до 2500 к.с., що на 10-15% більше, ніж попередні модифікації і забезпечують потреби сучасних ударних і транспортних гелікоптерів Мі-24, Мі-28, Мі-8МТВ, Мі-17, Ка-52. Ці гелікоптери широко використовуються обома сторонами в російсько-українській війні. Незважаючи на низькі за сучасними мірками параметри термодинамічного циклу двигуни ВК-2500 і ТВ3-117ВМА-СБМ1В мають цілком конкурентні питомі показники.

Всі без винятку згадані вище двигуни оснащені цифровими одно-або двоканальними САК типу FADEC з гідромеханічним резервуванням.

Перспективи

Більшість експертів галузі вважають, що процес розвитку цивільних гелікоптерних технологій під впливом військових програм у найближчій перспективі може продовжитися, але вже не такими швидкими темпами. Громадянський сектор стає домінуючим у світі, проте все найпередовіше, як і раніше, відбуватиметься у військовій галузі.

У США активно просуваються випробування двох концепцій гвинтокрилів - Sikorsky X2 (S-97) Raider з співвісною несучою системою і гвинтом, що штовхає, і конвертоплан Bell V-280 Valor. Концепт X2 знайшов своє продовження у спільному проекті Sikorsky-Boeing SB-1 Defiant.

У 2019 р. дійшли логічного завершення роботи за програмою ІТЕР – Improved Turbine Engine Program (колишньою ААТЕ – Advanced Affordable Turbine Engine). Ініціатором цих програм стало Управління прикладних технологій армійської авіації США. Метою було створення ТВаД потужністю 3000 к.с. для підвищення бойових та експлуатаційних можливостей майбутніх модифікацій ударного гелікоптера АН-64 та транспортного гелікоптера УН-60. Розробка велася на конкурсних засадах. Учасниками стали спільне підприємство АТЕС (Advanced Turbine Engine Company), до якого увійшли фірми Honeywell і Pratt & Whitney з двигуном HPW3000 (Т900), та General Electric з двигуном GE3000 (Т901). Переможцем був оголошений Т901.

T901 зберіг розмірність T700, у ньому використовуються технології "великих цивільних" ТРДД ("блиски" в компресорі, малоємісйна камера згоряння TAPS II, КМ на основі керамічної матриці у турбінах, вузли, виготовлені з використанням 3D-друку та ін.). Цей двигун використовуватиметься у програмі Future Vertical Lift (FVL).

Airbus Helicopters у 2010-2016 роках розробив серію концептів - Х3, близького за ідеологією до американського Х2, і Х6 - важкий гелікоптер традиційної схеми, покликаної замінити H225.

Об'єднання Safran продовжує фінансування програми розробки двигуна-демонстратора Tech 3000. Частина напрацювань по ній вже використовується в перспективному ТВаД Aneto потужністю до 3000 к.с., який розглядається як конкурент T700 і T901.

Ще одна розробка Safran – Aneto-1X з новим компресором – використовується у складі силової установки Power Pack Eco Mode для концепту Airbus Helicopters Racer, в якому на крейсерському режимі відключатиметься один із двигунів, забезпечуючи 15% економію палива.

Ще в 2008 р. з'являлася інформація про розробку в Росії перспективних проектів швидкісних гвинтокрилів Ка-92 та Мі-Х2. Однак на сьогодні інформація про них відсутня.

Тож незважаючи на активний розвиток технологій eVTOL у секторі гвинтокрилів малої розмірності, ГТД ще не скоро зійде зі сцени...

Висновки

Українське авіадвигунобудування переживає не найкращі часи, а вітчизняне гелікоптеробудування знаходиться в зародковому стані. Багато перспективних розробок були згорнуті у зв'язку з війною. Модернізація конструкції та "ре-моторизація" гелікоптера Мі-8 – гарний заділ для "Вертольотів Мотор-Січ", але потрібні власні розробки.

Аналіз технічних характеристик ТВаД для важких гелікоптерів показує, що вітчизняні двигуни майже ні в чому не поступаються своїм європейським та американським конкурентам. Як приклад можна навести вибір українського двигуна турецькою фірмою ТАІ для свого важкого ударного гелікоптера АТАК ІІ. Перспективний ТВаД ДП "Івченко-Прогрес" АІ-130 потужністю 3000 к.с. може стати ще більш привабливою пропозицією.

АТ "Елемент" готове підтримати своїх партнерів і брати активну участь у розвитку гелікоптеробудування пропонуючи свої послуги та науковий потенціал у розробці конкурентоспроможних та перспективних електронних систем керування ГТД будь-яких класів.

Література

1. *Нерубаский, В. В. Рынок и перспективы легких вертолетов с газотурбинными двигателями. [Текст] / В. В. Нерубаский // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2020. – №5 (165). – С. 5-12.*
2. *Перспективы мирового вертолетостроения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://helicopter.su/perspektivi_mirovogo_vertoletostroverto. – 19.03.2023.*
3. *Mi-171A2. Вертолет тяжелого класса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rhc.aero/catalog/mi-171a2>. – 19.03.2023.*
4. *Mi-38. Вертолет тяжелого класса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rhc.aero/catalog/mi-38>. – 19.05.2023 р.*
5. *Sikorsky, a Lockheed Martin Company [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/sikorsky.html>. – 02.03.2023.*
6. *Leonardo. Civil/Public [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helicopters.leonardo.com/en/commercial>. – 10.03.2023.*
7. *GE's CT7 Engine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geaerospace.com/propulsion/commercial/ct7>. – 12.03.2023.*
8. *Safran Aircraft Engines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.safran-group.com/companies/safran-aircraft-engines>. – 02.03.2023.*
9. *ТВ3-117ВМА-СБМ1В 1 серии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://motorsich.com/ukr/products/aircraft/turboshaft/tv3-117vma-sbm1v_1_serii. – 02.03.2023.*

References

1. *Nerubasskiy, V. V. Rynok i perspektivy legkikh vertoletov s gazoturbinnymi dvigatelyami [The market and the future of light helicopters with gas turbine engines]. Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology, 2020, no. 5 (165), pp. 5-12. DOI: 10.32620/akt.2020.5.01.*
2. *Pespektivy mirovogo vertoletostroeniya [The future of the global helicopter industry]. Available at: https://helicopter.su/perspektivi_mirovogo_vertoletostroverto. (accessed 19.03.2023).*
3. *Mi-171A2. Vertolet tyazhelogo klassa [Mi-171A2. Heavy Helicopter]. Available at: <https://rhc.aero/catalog/mi-171a2>. (accessed 19.03.2023).*
4. *Mi-38. Vertolet tyazhelogo klassa [Mi-38 Heavy Helicopter]. Available at: <https://rhc.aero/catalog/mi-38>. (accessed 19.03.2023).*
5. *Sikorsky, a Lockheed Martin Company. Available at: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/sikorsky.html>. (accessed 02.03.2023).*
6. *Leonardo. Civil/Public. Available at: <https://helicopters.leonardo.com/en/commercial>. (accessed 10.03.2023).*

7. *GE's CT7 Engine*. Available at: <https://www.geaerospace.com/propulsion/commercial/ct7>. (accessed 12.03.2023).

8. *Safran Aircraft Engines*. Available at: <https://www.safran-group.com/companies/safran-aircraft-engines>. (accessed 02.03.2023).

9. *TV3-117VMA-SBM1V 1 seriyi* [TV3-117VMA-SBM1V 1 series]. Available at: https://motorsich.com/ukr/products/aircraft/turboshaft/tv3-117vma-sbm1v_1_serii (accessed 02.03.2023).

Надійшла до редакції 02.05.2023, розглянута на редколегії 08.08.2023

THE MARKET AND THE FUTURE OF THE TURBINE POWERED HEAVY HELICOPTERS

Vadym Nerubaskyi

The subject of this study is the current state of the market and prospects for the development of heavy transport helicopters and their power plants. This article provides a classification of helicopters and a segment of medium-heavy and heavy helicopters with gas turbine engines. The field of application of such helicopters is briefly described. The purpose of this article is to evaluate the activities of Element JSC in the field of developing electronic control systems for gas turbine engines for heavy class helicopters. Such systems for Element JSC, in particular, are RDTs-2500 and RDTs-450M-117B units for TV3-117VMA-SBM-1B series turboshaft engines, created by Motor Sich JSC. Objective: To provide information on the main types of heavy helicopters manufactured and operated today, as well as a description of the gas turbine engines installed on these helicopters. The field of application of such helicopters is briefly described. The segment of heavy helicopters with gas turbine engines is the largest in terms of money on the world market of civil helicopters, and the forecast of deliveries of such helicopters for the next 5-7 years is given. Most helicopter models are not completely new developments, but have been improved over many years. Characteristic design features of heavy helicopters with gas turbine engines, features of the arrangement of units and equipment are given. The main structural and structural features of gas turbine engines of various manufacturers and the types of helicopters on which they are installed are given. Brief information on Russian and Ukrainian gas turbine engines - VK-2500 and TV3-117VMA-SBM-1B is provided separately. The results. Despite the active development of eV-TOL technologies in the sector of small rotorcrafts, the development and improvement of gas turbine engines continues. Heavy helicopters of both traditional and non-traditional designs are being developed. Conclusions. Modernization of the design and "remotorization" of the Mi-8 helicopter is a good opportunity for "Motor-Sich Helicopters", but it needs its own developments. Many promising Ukrainian developments were canceled due to the war. Analysis of the technical characteristics of TVaD for heavy helicopters shows that domestic engines are almost in no way inferior to their European and American competitors. Promising TVaD of SE "Ivchenko-Progress" AI-130 with a capacity of 3,000 hp. can become an even more attractive proposition.

Keywords: market; heavy helicopter; turboshaft gas turbine engine electronic control system; rotorcraft concept.

Нерубаський Вадим Володимирович – старш. наук. співроб. бюро розробки програмного забезпечення, АТ «Елемент», Одеса, Україна.

Vadym Nerubaskyi – Senior Scientist, Software Development Bureau, JSC «Element», Odessa, Ukraine, e-mail: odessa@element.od.ua, ORCID: 0000-0002-7145-5753.