

*Олег Шаповалов, Денис Колесник, Геннадій Болотов, Олексій Журахов*

## АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНИХ ТИПІВ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

**Вступ.** Застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) дозволяє суттєво підвищити можливості проведення військових операцій, різних гуманітарних акцій. Військово-політична обстановка, що склалася в Україні в останні роки, викликає необхідність негайного підвищення боєздатності збройних сил, зокрема і завдяки інтенсивній розробці сучасних БПЛА різного функціонального призначення.

**Постановка проблеми.** Одним з головних вузлів БПЛА є силова установка, яка забезпечує його основні тактико-технічні характеристики: масо-габаритні показники, дальність польоту, практичну стелю, корисне навантаження. Однак, вимоги до силових установок БПЛА на даний час досить суперечливі і тому потребують узагальнення відповідно до національної класифікації БПЛА.

**Мета роботи.** Метою роботи є аналіз конструктивних особливостей, технічних характеристик та функціонального призначення силових установок, встановлюваних на сучасні вітчизняні БПЛА згідно їх національної класифікації.

**Викладення основного матеріалу.** Суттєвою перевагою БПЛА є прив'язка його розмірів не до льотного екіпажу, а тільки до корисного навантаження. Це дає змогу створювати широку гаму БПЛА вагою від одиниць до сотень кілограмів. В цих умовах важливою є задача оптимального вибору установки, яка забезпечить необхідні тягово-висотні та швидкісні характеристики апарата. Визначено, що найбільше застосування у БПЛА знайшли газотурбінні двигуни, та їх різновид – турбореактивні двигуни, поршневі двигуни внутрішнього згорання та електричні авіаційні двигуни із живленням від акумуляторів. В роботі розглянуті технічні особливості цих типів силових установок, що можуть встановлюватись на сучасні вітчизняні легкі та середні БПЛА тактичного та оперативно-тактичного призначення.

**Висновки.** Легкі БПЛА доцільно оснащувати електричними авіаційними двигунами із живленням від акумуляторів, в той час як на середніх, крім електродвигунів, ефективним є застосування також поршневих та роторних двигунів.

**Ключові слова:** класифікація БПЛА; силова установка БПЛА; критерії вибору.

**Вступ.** Воєнно-політична ситуація, яка склалася в Україні в першій половині 2014 року, як ніколи гостро поставила питання щодо термінового відновлення боєздатності і розбудови власної мобільної високопрофесійної армії та зумовила необхідність корінного переозброєння Збройних Сил України (ЗС України).

Враховуючи втрати серед екіпажів та авіаційної техніки на початку антитерористичної операції, в Україні виникла необхідність створення цілої лінійки БПЛА [1], призначення яких полягатиме у веденні розвідки, забезпеченні безпосередньої вогневої підтримки підрозділів ЗС України, коригування вогню артилерії та інше.

На підставі аналізу досвіду застосування БПЛА в АТО та інших військових операціях, під час проведення пошуково-рятувальних та гуманітарних операцій, можна зробити висновок про те, що оснащення ними тактичних підрозділів сухопутних військ, сил спеціальних операцій та спеціального призначення дозволило значно підвищити їхні бойові й інші функціональні можливості.

Слід зазначити, що закупівля сучасних БПЛА в іноземного розробника, з одного боку, потребує значних матеріальних витрат, а з іншого боку, ставить у повну залежність боєздатність від політики керівництва країни-виробника.

У конструкції БПЛА вітчизняного виробництва більшість складових частин та комплектуючих закуповуються за кордоном. Це, по суті, являє собою виклик для вітчизняних підприємств, які поступово доводять свої можливості щодо розробки і виготовлення елементів конструкції планеру БПЛА, силової установки, авіоніки, радіоелектронного обладнання.

Розглянемо основні класифікації БПЛА. У спеціальному випуску асоціації безпілотних систем UVS International (провідній міжнародній неурядовій організації, що формує концепції сертифікації, стандартизації і регулювання польотів безпілотної техніки) всі БПЛА поділяються: на тактичні безпілотні апарати з підрівнями дальності і висотності дії, на стратегічні та спеціальні БПЛА. Також існує багато національних класифікацій за призначенням, у тому числі й українська (табл. 1) [2], та класифікація БПЛА, яка прийнята у країнах-членах НАТО.

Українська класифікація БПЛА за призначенням

Клас	Рівень застосування, (злітна вага)	Радіус дії	Категорія БПЛА НАТО
I Легкі (менш 150 кг)	Тактичні – мікро (до 2 кг)	до 5 км	micro
	Тактичні – міні (від 2 до 15 кг)	від 5 до 25 км	mini
	Тактичні – малі (від 15 кг)	більш 25 км	small
II Середні (150-600 кг)	Тактичні (оперативно тактичні)	більш 50 км	tactical
III Важкі (600 кг і більше)	Оперативні	більше 200 км	male
	Стратегічні	Більше 200 км	hale

**Постановка проблеми.** На сьогодні в Україні розробляється та проводиться випробування великої кількості БПЛА різних типів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Одним з головних вузлів БПЛА є силова установка, яка забезпечує його основні експлуатаційні характеристики: масогабаритні показники, дальність польоту, практичну стелю, корисну вантажопідйомність, галузь застосування. На БПЛА різних типів встановлюються різноманітні види силових установок: електричні, поршневі, роторні, газотурбінні двигуни (далі – ГТД). Однак вимоги до силових установок БПЛА нині досить суперечливі і тому потребують узагальнення відповідно до національної класифікації БПЛА.

**Мета роботи.** Метою статті є аналіз конструктивних особливостей, технічних характеристик і функціонального призначення силових установок, встановлених на сучасні вітчизняні БПЛА відповідно до національної класифікації.

**Викладення основного матеріалу.** Розглянемо деякі вітчизняні та закордонні БПЛА, які пройшли випробування в Україні (табл. 2).

Таблиця 2

БПЛА, які пройшли випробування в Україні

Назва БПЛА	Виробник	Рівень застосування	Встановлена силова установка
1	2	3	4
Ятаган	ТОВ «Перший контакт» (Україна)	Тактичний – мікро	однорядковий, електричний авіаційний двигун з живленням від акумуляторів
Sky Ranger	Aeryon Labs inc (Канада)	Тактичний – міні	багаторядковий, електричний авіаційний двигун з живленням від акумуляторів
ArrowLite	Stark Defense Services Inc. (США)	Тактичний – міні	однорядковий, електричний авіаційний двигун з живленням від акумулято- рів
ACS-3	ТОВ «Авіаційна виробнича компанія» (Україна)	Тактичний – міні	однорядковий, електричний авіаційний двигун з живленням від акумуляторів
HAWK	«Drone-Tech SRL» (Респуб- ліка Молдова)	Тактичний – міні	однорядковий, електричний авіаційний двигун з живленням від акумуляторів

Закінчення табл. 2

1	2	3	4
MICROVISOR SM 7	ТОВ «ПМІК АЕРОСПЕЙС» (Україна)	Тактичний – міні	однорядковий, електричний авіаційний двигун з живленням від акумуляторів
Silent Falcon	Silent Falcon UAS Technologies (США)	Тактичний	однорядковий, електричний авіаційний двигун з живленням від акумуляторів та сонячних батареї
ATLAS	спільний проект «Almenta Group» (США), «Eweris» та «SKR» (Іспанія)	Тактичний	однорядковий, двохтакт- ний поршневий двигун
PD-1 UAV	ТОВ «Укрспецсистемс» (Україна)	Тактичний	однорядковий, двохтакт- ний поршневий двигун
Schiebel S-100 Camcopter	Schiebel Aircraft GmbH (Австрія)	Оперативно-тактичний	однорядковий, авіаційний роторний двигун
АН-БК-1 «Горлиця»	ДП «Антонов» (Україна)	Оперативно-тактичний	ГТД

Оперативні та стратегічні сучасні БПЛА в Україні не випробувались. Як приклад таких апаратів можна навести відомий стратегічний БПЛА виробництва компанії Norman Grumman (США) – RQ-4 Global Hawk (рис. 1). Цей БПЛА оснащений турбогвинтовим двоконтурним двигуном (ТРД) Allison Rolls-Royce AE3007H із тягою 31,4 кН і здатний нести корисне навантаження масою до 900 кг. Для ЗС України у зв'язку з обмеженістю території, на якій проводиться АТО, більший інтерес становлять компактні і мобільні тактичні та оперативно-тактичні безпілотні апарати, які внаслідок незначних габаритів є більш захищеними від ураження стрілецькою зброєю. На рис. 2 наведені деякі приклади конструктивних рішень таких апаратів.



Рис. 1. Стратегічний БПЛА RQ-4 Global Hawk (США)

Основною особливістю безпілотної авіації є відсутність льотного екіпажу на борту літального апарату (ЛА). Ця особливість дає декілька важливих переваг, зокрема таких, як:

- відносно збільшення цільового навантаження і запасів палива за рахунок відсутності льотного екіпажу і систем його життєзабезпечення, оскільки відносна маса систем життєзабезпечення і льотного екіпажу може доходити до 15–20 %;

- збільшення експлуатаційного перевантаження. Нині максимальне експлуатаційне перевантаження становить 9–10 одиниць, що є граничним для людського організму.



а

б

Рис. 2. Легкі тактичні БПЛА Schiebel (Австрія) (а) та Stalker (США) (б)

Проте підвищення експлуатаційного перевантаження вносить свої корективи в силову установку надманевреного безпілотної ЛА. Це спричиняє виникнення великих значень навантажень в опорах ротора за рахунок як самих перевантажень, так і великих кутових швидкостей обертання ЛА на еволюціях. Виходом з цієї ситуації може бути зниження моменту інерції ротора і зміцнення його опор. Зміцнення опор у свою чергу буде екстенсивним параметром, що спричиняє за собою збільшення маси силової установки і в цілому усього ЛА.

Зниження моменту інерції ротора є інтенсивним параметром і найприйнятніше для вирішення цього завдання.

Однією з переваг БПЛА є прив'язка розмірів ЛА не до льотного екіпажу, а до маси і габаритів цільового навантаження. Це дає можливість створювати ЛА із злітною масою в 10 кілограмів, які на цей момент розвитку обчислювальної техніки здатні ефективно виконувати досить широкий спектр завдань, в яких застосування пілотованих ЛА було б дуже не вигідне або взагалі неможливе і небезпечне (наприклад, у зонах хімічного або радіаційного зараження).

Зниження розмірності ЛА веде до зменшення габаритів силової установки (рис. 2) [3].

Малорозмірні ГТД мають відносно низькі показники ефективності в порівнянні з ГТД більшої розмірності. Зниження характерних розмірів веде до зниження чисел Рейнольдса в проточній частині, що сприяє виникненню вихроутворення і потовщення пограничного шару. Мала розмірність призводить до неминучого підвищення точності виготовлення деталей двигуна. Це потрібно для підтримки досить малих радіальних проміжків між корпусом та робочими лопатками ротора.

А оскільки для підтримки робочого процесу двигуна доводиться дотримуватися кінематичної подібності трикутників швидкостей у відповідних перерізах, то при зниженні розмірів ротора підвищується його частота обертання. На рис. 3 показана залежність частоти обертання від діаметра колеса відцентрового компресора. За максимальний режим зазвичай береться периферійна окружна швидкість відцентрового компресора, що дорівнює 400 м/с, при цьому наведена швидкість на виході з колеса стає практично рівною  $\lambda=1$ , тому переходити на надзвуковий режим зазвичай не доцільно, зважаючи на швидко зростаючі хвильові витрати в дифузорі. Знаючи периферійну швидкість можна для різних діаметрів коліс компресорів розрахувати максимальну частоту обертання ротора. З графіка (рис. 3) бачимо, що зі зниженням розмірності двигуна підвищується його частота обертання. Виходячи з цього вимагається забезпечувати дуже точне балансування ротора двигуна у зборі з величиною залишкового дисбалансу не більше 50 мг·мм [4].

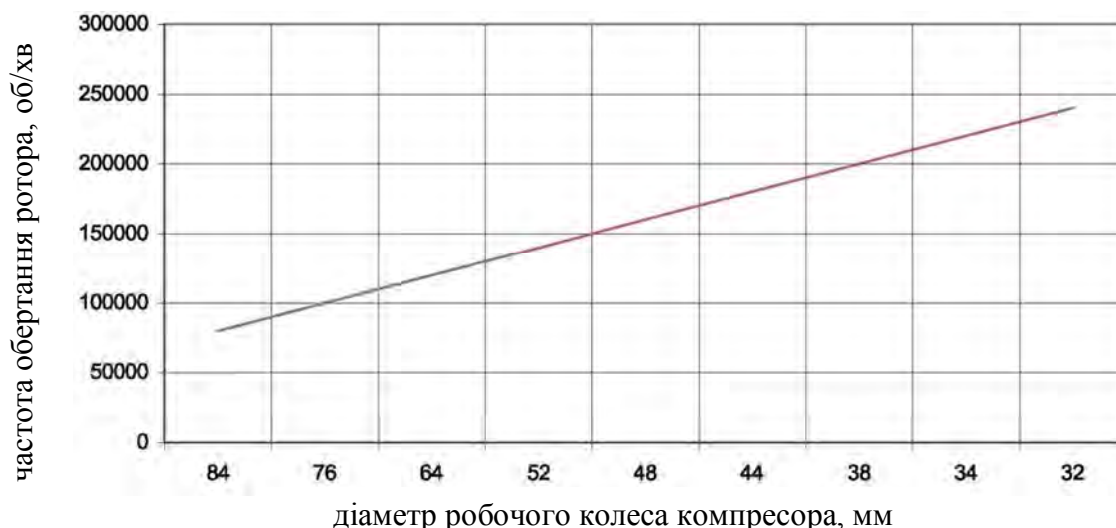


Рис. 3 Залежність частоти обертання ротора від діаметра компресора

Малі розміри камери згоряння не дозволяють використати відцентрові паливні форсунки в силу дуже малого вихідного отвору, який може бути легко засмічений навіть незначними за величиною частками, що потрапили в паливо. У двигунах такої розмірності використовуються форсунки випарного типу, що складаються зі струминної форсунки і випарного кожуха.

Застосування такого виду форсунок дозволяє спростити систему уприскування і понизити габаритні розміри камери згоряння, оскільки гас подається в жарову трубу вже у випарованому виді. У такої системи уприскування є свої мінуси, такі як трудність запалювання палива в камері згоряння. Для стійкої роботи потрібна наявність вже гарячих випарних трубок. При недостатньому нагріві камери згорання паливо, що подається, може охолодити частину випарних трубок і, зносячись потоком, догорати на турбіні, що у свою чергу призведе до перегрівання турбіни і зупинення запуску. Низька стабільність на малих режимах виникає внаслідок низького перепаду тиску на струминних форсунках, що може призвести до краплеутворення палива і локальних зривів полум'я.

Технологічна неможливість виконувати охолодження робочих лопаток турбіни малорозмірного ГТД не дозволяє отримувати високих значень температури газу перед турбіною.

Незважаючи на принципову подібність теплових процесів у поршневому, роторному і газотурбінному двигунах, існує певна відмінність в організації їх протікання. У поршневому та роторному двигунах усі процеси протікають практично в тому ж самому об'ємі. З цієї причини вони не можуть бути безперервними, тобто поршневий та роторний двигуни – періодичної дії.

У ГТД ж усі процеси термодинамічного циклу йдуть безперервно і постійно, тобто це двигун безперервної дії. Цей факт – одна з причин того, що потужність газотурбінного двигуна за інших рівних умов відчутно вище [5]. Незважаючи на весь спектр обмежень при проектуванні малорозмірного ГТД і його малу ефективність, нині це єдиний вид силової установки здатний вивести безпілотний ЛА малої розмірності на високі польотні швидкості близько 500–600 км/год завдяки досить жорсткій залежності тяги від швидкості польоту, властивій турбореактивним двигунам (рис. 4).

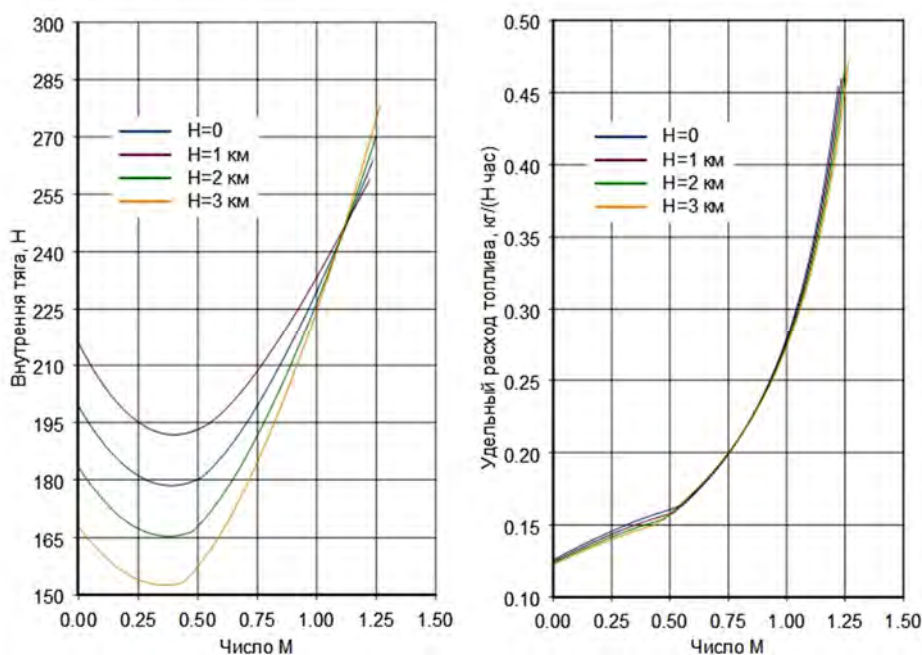


Рис. 4. Тягово-висотні характеристики малорозмірного турбореактивного двигуна

Результати наведеного аналізу випробувань БПЛА в Україні свідчать про те, що завдяки конструктивній складності ГТД майже не використовуються як силові установки на БПЛА, як світових так і вітчизняних виробників. Щодо стратегічних та оперативних БПЛА (порівнянних з розмірами пілотованих ЛА), то тут ГТД мають безперечну перевагу.

Для тихохідних БПЛА зі швидкістю польоту 40-90 км/год доцільно використовувати як силову установку гвинтокрилу групи, що складається з безколекторного електродвигуна з магнітами з рідкоземельних металів і літій-полімерних акумуляторів. Попри те, що вага цих силових установок не змінюється під час польоту, в порівнянні з паливом ГТД і поршневих двигунів, електросилова установка має багато дуже значних позитивних моментів:

- простота обслуговування, що полягає у правильній експлуатації акумуляторних батарей;
- надійний запуск без додаткових засобів і стабільна робота на перехідних режимах, у цьому електродвигуни значно надійніше за двигуни внутрішнього згорання;
- легкість в автоматизації управління і контролю основних параметрів електросилової установки, таких як: частота обертання, напруга живлення, струм, контроль запасу заряду акумулятора;
- заправка акумуляторів за рахунок сонячних батарей;
- відсутність холостого ходу, може значно заощадити запасену в акумуляторі енергію і бути вирішальним моментом у виборі силової установки для БПЛА.

Завдяки розвитку сучасних технологій (застосування сонячних батарей, постійного зменшення ваги та розмірів акумуляторів) злітна маса БПЛА, які використовують електричні авіаційні двигуни з живленням від акумуляторів, збільшується.

Зі збільшенням злітної маси БПЛА і потреби у більшому часі знаходження в повітрі застосування електросилової установки стало невигідним і найбільш відповідним можна розглядати варіант силової установки як гвинтокрилої групи з поршневим двигуном.

Поршневі двигуни мають такі позитивні якості:

- отримання великих потужностей, порівняно з електросиловою установкою, у якій це призвело б до непропорційного збільшення ваги акумуляторних батарей, і як наслідок – ускладнення високоточної управляючої апаратури, і збільшенню часу зарядки акумулятора;

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

- зменшення ваги взятого на борт палива;  
- нижча надійність поршневих двигунів компенсується збільшенням кількості циліндрів в двигуні.

Серед поршневих двигунів на сьогодні найбільш представлені 2- та 4-тактні. 2-тактні двигуни мають більш високу літрову потужність, але програють 4-тактним у економічності. Усі двигуни обладнані електронною системою запалення, яка автоматично виставляє кут випередження запалення від частоти обертання вала, підвищуючи ефективність горіння паливно-повітряної суміші в циліндрі двигуна. Для приготування паливоповітряної суміші двигуни обладнані карбюраторами з регульованою дросельною заслінкою і мембранним паливним насосом, деякі двигуни обладнані інжекторною системою уприскування палива [3].

Застосування гвинтів фіксованого кроку доцільне до швидкостей 120–150 км/год, використання поршневих двигунів на великих швидкостях вимагає установки гвинтів змінюваного кроку.

Результати аналізу тенденцій розвитку силових установок, встановлюваних на різні типи сучасних вітчизняних БПЛА свідчать про такі закономірності (табл. 3).

Таблиця 3

*Встановлення силових установок на різні типи БПЛА відповідно до української класифікації БПЛА*

Клас	Рівень застосування, (злітна вага)	Радіус дії	Силова установка
I Легкі (менш 150 кг)	Тактичні – мікро (до 2 кг)	до 5 км	електричний авіаційний двигун з живленням від акумуляторів
	Тактичні – міні (від 2 до 15 кг)	від 5 до 25 км	
	Тактичні – малі (від 15 кг)	більш 25 км	
II Середні (150-600 кг)	Тактичні (оперативно тактичні)	більш 50 км	електричний авіаційний двигун з живленням від акумуляторів (сонячних батарей), поршневі двигуни 2-тактні, 4-тактні, роторні двигуни
III Важкі (600 кг і більш)	Оперативні	Більше 200 км	ГТД
	Стратегічні	Більше 200 км	ГТД

**Висновки.**

1. Підбір і проектування силової установки для БПЛА ґрунтується на інших принципах і підходах, ніж підбір силової установки пілотованого ЛА. Застосування силових установок, призначених для пілотованих ЛА, у безпілотних апаратах не дозволяє повною мірою реалізувати увесь потенціал, який був закладений у БПЛА.

2. Оперативні та стратегічні БПЛА оснащуються газотурбінними двигунами причому, як правило, ГТД з осьовим компресором встановлюються на більш великі за масогабаритними характеристиками оперативні БПЛА. На стратегічні БПЛА встановлюють ГТД з відцентровим компресором. Як показує аналіз тенденцій розвитку силових установок, мало-розмірні ГТД не використовуються на сучасних БПЛА завдяки конструктивної складності.

3. На легкі БПЛА встановлюють електричні авіаційні двигуни з живленням від акумуляторів.

4. На середні (тактичні) БПЛА встановлюють як електричні авіаційні двигуни з живленням від акумуляторів (сонячних батарей), так і поршневі 2- та 4-тактні двигуни, а також роторні двигуни.

### Список використаних джерел

1. Ключников І. М. Актуальні завдання щодо оснащення Збройних сил України безпілотними авіаційними комплексами / І. М. Ключников, А. Г. Єрилкін, О. А. Нікіфоров // Збірник тез доповідей 15-ї науково-практичної конференції «Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах»; Чернігів, 8-9 вересня 2016 р. – Чернігів, 2016. – С. 126–128.
2. Корченко О. Г. Узагальнена класифікація безпілотних літальних апаратів / О. Г. Корченко, О. С. Ілляш // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – 2012. – № 4 (33). – С. 27–36.
3. Холщевников К. В. Теория и расчет авиационных лопаточных машин / К. В. Холщевников. – М. : Машиностроение, 1970. – 614 с.
4. Порошкин К. В. Особенности проектирования силовой установки для беспилотного летательного аппарата / К. В. Порошкин, Р. Р. Ямалиев, Н. С. Сенишкін // Молодой ученый. – 2011. – № 3. – С. 85–88.
5. Иноземцев А. А. Газотурбинные двигатели / А. А. Иноземцев, В. Л. Сандрацкий. – Пермь : Авиадвигатель, 2006. – 1204 с.

### References

1. Kliushnikov, I.M., Yerylkin, A.H., Nikiforov, O.A. (2016). Aktualni zavdannia shchodo osnashchennia Zbroinykh syl Ukraini bezpilotnyimi aviatsiynymi kompleksamy [Actual tasks on the equipment of Armed forces of Ukraine by pilotless aviation complexes]. Proceeding from *Stvorennia ta modernizatsiia ozbroiennia i viiskovoi tekhniki v suchasnykh umovakh: Zbirnyk tez dopovidei 15 naukovo-tekhnichnoi konferentsii – Creation and modernization of armament and military equipment in modern conditions: Collection of abstracts of the 15th Scientific Conference* (Chernihiv, 8-9 September 2016). Chernihiv, pp. 126-128 (in Ukrainian).
2. Korchenko, O.G., Illiash, O.S. (2012). Uzahalnena klasifikatsiia bezpilotnykh litalnykh aparativ [Generalized classification of unmanned aerial vehicles]. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho universytetu Povitrianykh syl – Collection of scientific works of the Kharkov university of aircrafts*, no. 4 (33), pp. 27–36 (in Ukrainian).
3. Kholshchevnikov, K.V. (1970). *Teoriia i raschet aviatsionnykh lopatochnykh mashin [Theory and Design of Aircraft turbomachinery]*. Moscow: Mashinostroenie (in Russia).
4. Poroshkin, K.V., Yamaliev, R.R., Seniushkin, N.S. (2011). Osobennosti proyektirovaniya silovoy ustanovki dlya bespilotnogo letatel'nogo apparata [Features of designing propulsion system for unmanned aircraft]. *Molodoy uchenyi – Young scientist*, no. 3, pp. 85–88 (in Russia).
5. Inozemtsev, A.A., Sandratskiy, V.L. (2006). *Gazoturbinnye dvigateli [Gas turbine engines]*. Perm: Aviadvigatel (in Russia).

*Oleg Shapovalov, Denis Kolesnik, Gennady Bolotov, Oleksyi Zhurakhov*

## ANALYSIS OF CONSTRUCTIVE FEATURES AND TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE MAIN TYPES OF UNMANNED AERIAL VEHICLE

**Introduction.** Application of UAV allows increasing significantly the opportunities for military operations, various humanitarian actions. The current military-political situation in Ukraine in recent years, causes the necessitates for an immediate increase of effectiveness of the armed forces, in particular due to the intensive development of modern UAVs of various functional purposes.

**Raising the problem.** One of the main nodes of UAVS is a powerplant that delivers its main specifications: weight and dimensions, the range, the practical ceiling payload. However, the requirements for UAV power plants at this time are quite contradictory and therefore need to be generalized in accordance with the national UAV classification.

**The research objective.** The purpose of the work is to analyze the design features, technical characteristics and functional purpose of power plants installed on modern domestic UAVs according to the national classification.

**Exposition of basic material.** A significant advantage of the UAV is the connection of its dimensions only to the payload, not to the flight crew. This makes it possible to create a wide range of UAVs weighing from one to hundreds of kilograms. In these conditions, the important task is the optimal choice of the power plant, which will provide the necessary traction-altitude and high-speed characteristics of the apparatus. It is determined that gas turbine engines and their variety such as turbojet engines, reciprocating internal combustion engines and electric aircraft engines powered by batteries have found the greatest application in UAV. The technical features of these types of power plants that can be installed on modern domestic light and medium-range tactical and operationally tactical UAVs are considered..



## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

*Conclusions.* It is expedient to equip a light UAV with electric aircraft engines powered by batteries, while on medium ones, except for electric motors, it is also effective to use piston and rotary engines.

*Keywords:* power plant UAV; classification of UAVs.

*Олег Шаповалов, Денис Колесник, Геннадий Болотов, Алексей Журахов*

## АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНЫХ ТИПОВ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Приведена классификация БПЛА. Рассмотрены тенденции развития силовых установок БПЛА. Представлены рекомендации по выбору силовых установок для разных типов БПЛА в соответствии с классификацией беспилотных аппаратов.*

*Ключевые слова:* классификация БПЛА; силовая установка БПЛА; критерии выбора.

**Шаповалов Олег Леонідович** – начальник відділу, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрілецька, 1, 14003, Чернігів, Україна).

**Шаповалов Олег Леонидович** – начальник отдела, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, 14003, Чернигов, Украина).

**Shapovalov Oleg** – Chief of department, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter Str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** ak1149cv@ukr.net

**Колесник Денис Миколайович** – начальник відділення, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрілецька, 1, 14003, Чернігів, Україна).

**Колесник Денис Николаевич** – начальник отделения, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, 14003, Чернигов, Украина).

**Kolesnik Denis** – Chief of separation, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter Str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** denis1971@ukr.net

**Болотов Геннадій Павлович** – доктор технічних наук, професор кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (95, вул. Шевченка, 14027, м. Чернігів, Україна).

**Болотов Геннадий Павлович** – доктор технических наук, профессор кафедры сварочного производства и автоматизированного проектирования строительных конструкций, Черниговский национальный технологический университет (95, ул. Шевченко, 14027, г. Чернигов, Украина).

**Bolotov Gennadiy** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Welding Technology and CAD/CAM/CAE Systems of Building Structures, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** bolotov49@mail.ua

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0305-2917>

**Журахов Олексій Васильович** – старший науковий співробітник, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрілецька, 1, 14003, Чернігів, Україна).

**Журахов Алексей Васильевич** – старший научный сотрудник, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, 14003, Чернигов, Украина).

**Zhurakhov Oleksyi** – Senior staff scientist, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** laos00000@gmail.com