

ПОЛІПШЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЮЗЕЛЯЖУ МОДЕЛІ ГЕЛІКОПТЕРА*

Статтю присвячено пошуку нових підходів до поліпшення аеродинамічних та експлуатаційних характеристик фюзеляжу моделей гелікоптерів. Для цього проведений аналіз відомих технічних рішень, який дозволив виявити ряд протиріч і недоліків, що є характерними для різного типу моделей гелікоптерів. За результатами аналізу сформульовано такі напрямки досліджень, які дозволять усунути зазначені протиріччя. Базуючись на сформульованих напрямках досліджень, розроблено поліпшену конструкцію фюзеляжу гелікоптера. Проведено аналіз отриманих результатів. За результатами аналізу сформульовано узагальнені висновки до статті.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є створення поліпшеної конструкції фюзеляжу моделі гелікоптера, що дозволить забезпечити краще виконання фігур вищого пілотажу та покращити доступ до механізмів гелікоптера

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Підвищити жорсткість окремих частин фюзеляжу та збільшити округлість його лобової і хвостової частин.

2. Створити систему охолодження двигуна та внутрішніх електро-механізмів, що дозволить зменшити ймовірність відмови через порушення температурного режиму під час польоту.

3. Збільшити внутрішній об'єм фюзеляжу та забезпечити розбірність конструкції, що дозволить покращити доступ до внутрішніх механізмів гелікоптера.

Предмет дослідження – конструкція фюзеляжу моделі гелікоптера.

Об'єкт дослідження – вплив окремих елементів конструкції фюзеляжу гелікоптера на його аеродинамічні й експлуатаційні характеристики.

Методи дослідження – скалярні методи оптимізації, морфологічний аналіз, експериментальні дослідження моделі гелікоптера.

Малогабаритна авіація є однією з важливих і затребуваних галузей використання, оскільки під час процесу проектування малогабаритних літальних апаратів широко застосовують новітні досягнення різних галузей науки та техніки, таких, як композитне матеріалознавство, двигунобудування, електромеханічні системи, FPV-технології для керування польотами. Малогабаритна авіація має ряд суттєвих переваг порівняно із традиційною авіацією, що дозволяє застосовувати малогабаритні літа-

* Данная статья публикуется под рубрикой «Юные таланты».

льні апарати для вирішення широкого спектру завдань як військового, так і цивільного призначення.

Проте створення самого гелікоптера забирає багато часу, що спричиняє виникнення ряду проблем, пов'язаних із впливом повітряних потоків на політ гелікоптера. Також наявними є протиріччя між вимогами до швидкості польоту, мінімальними розмірами і якістю польоту і ефективністю обслуговування. Вирішення вище зазначених проблем є актуальною науковою і практичною задачею, що стало метою подаваної статті.

Високу функціональність гелікоптера забезпечує конструкція фюзеляжу. У цілому фюзеляж моделі гелікоптера зводить до мінімуму опір вітру під час польоту через високу обтічність, знижує вібрацію гелікоптера, захищає від впливу навколишнього середовища, що дозволяє використовувати його незалежно від погоди.

Вплив окремих елементів конструкції фюзеляжу на технічні характеристики гелікоптера оцінимо, взявши до уваги подані найбільш затребувані на ринку моделі: ALING [1], Compass model [2], Avantura auroga [3], Goblin [4]. Модель T-Rex 600 [1] представлено на рис. 1



Рисунок 1 – Модель T-гex 600

Позитивними характеристиками даної моделі слід вважати: розширену рамку кріплення сервоосі, що забезпечує збільшення жорсткості фюзеляжу та стабільності під час польоту; склопластиковий ковпак кабіни нового дизайну. До недоліків даної моделі слід віднести: нестабільність в польоті, пов'язану з відсутністю флайкбарної системи голови; відсутність системи охолодження електромеханічних систем.

Модель Compass model [2] показано на рис. 2.



Рисунок 2 – Модель Compass model

Позитивними характеристиками даної моделі слід вважати: високий центр тяжіння; автоматичну натяжну систему хвостового ременя; високу стабільність під час польоту через встановлену флайкбарну голову. До недоліків даної моделі слід віднести: малогабаритність гелікоптера; невисоку рухливість під час виконання фігур; низьку обтічність моделі; відсутність системи охолодження електромеханічних систем.

Модель Avantura aurora [3] показано на рис. 3



Рисунок 3 – Модель Avantura aurora

Позитивними характеристиками даної моделі слід вважати: ультракомпактний і легкий дизайн; легкий доступ до електромеханіки гелікоптера. До недоліків даної моделі слід віднести: безфлайкбарну систему голови, що спричиняє високу рухливість; високі стойки шасі, через що під час посадки є можливість пошкодити хвостову частину; відсутність системи охолодження електромеханічних систем; невисоку обтічність моделі.

Модель Goblin 600 [4] показано на рис. 4



Рисунок 4 – Модель Goblin 600

Позитивними характеристиками даної моделі слід вважати: подвійний ремінний привод; поліпшену аеродинаміку гелікоптера. До недоліків даної моделі слід віднести: безфлайкбарну систему, що спричиняє високу рухливість; високу масу моделі; ламкі стойки шасі; відсутність системи охолодження електромеханічних систем.

Результати оцінювання кожної із моделей відображено у табл. 1. Оцінювання виконано за вісьма параметрами, які відображають аеродинамічні та експлуатаційні характеристики моделі. Оскільки отримати абсолютні значення більшості перелічених показників якості є достатньо складно, то оцінювання здійснено за 10-бальною шкалою, яке відображає, наскільки ефективно модель в цілому забезпечує даний показник якості. Аналіз даних, поданих в табл. 1 показав, що відомі технічні рішення мають ряд протиріч.

Таблиця 1 – Результати оцінювання моделей за головними критеріями

Фірми	Обтічність хвостової частини	Обтічність лобової частини	Обтічність основної частини	Маса	Жорсткість конструкції фюзеляжу	Доступність до механіки	Стабілізація під час польоту	Система охолодження
ALING	+10 балів	+5 балів	+10 балів	+10 балів	+5 балів	+10 балів	+5 балів	+0 балів
Compass model	+10 балів	+0 балів	+5 балів	+0 балів	+10 балів	+10 балів	+10 балів	+0 балів
Avantura aurora	+5 балів	+5 балів	+0 балів	+10 балів	+10 балів	+10 балів	+0 балів	+0 балів
Goblin	+10 балів	+0 балів	+10 балів	+0 балів	+5 балів	+5 балів	+10 балів	+0 балів

Зазначені вище недоліки визначають основні напрямки досліджень, спрямованих на вдосконалення конструкції фюзеляжу гелікоптера, що дозволить поліпшити його аеродинамічні й експлуатаційні показники, а саме:

1. Збільшення внутрішнього об'єму фюзеляжу.
2. Створення системи охолодження моторної частини та електромеханіки гелікоптера.
3. Збільшення жорсткості хвостової та лобової частин фюзеляжу.
4. Збільшення округлості лобової частини фюзеляжу.
5. Збільшення округлості профілю хвостового стабілізатора та кіля.
6. Зменшення маси фюзеляжу до 475 – 490 гр.

Виходячи із зазначених основних напрямків, дослідження спрямовані на поліпшення аеродинамічних та експлуатаційних показників фюзеляжу, необхідно розділити на два етапи. На першому етапі виконуються завдання, які спрямовані на поліпшення аеродинамічних показників фюзеляжу, а саме збільшення:

- внутрішнього об'єму фюзеляжу;
- округлості лобової частини фюзеляжу;
- об'єму хвостової частини та округлості профілю стабілізатора та кіля, що дозволить поліпшити аеродинамічні показники фюзеляжу.

На другому етапі вирішуються задачі, пов'язані із особливостями технологічного виготовлення фюзеляжу гелікоптера, що дозволить створити систему охолодження електромеханічних систем гелікоптера, збільшити жорсткість окремих елементів фюзеляжу та зменшити його масу. За прототип для подальшого вдосконалення візьмемо модель фірми ALING [1], яка набрала найвищі бали під час етапу аналізу (див.таб. 1) і найбільш підходить для подальшого вдосконалення.

Збільшення внутрішнього об'єму фюзеляжу

Для поліпшення функціонування електромеханічних систем та моторної частини гелікоптера необхідно збільшити внутрішній простір в певних межах. Збільшуючи об'єм фюзеляжу, слід врахувати розміри моторної частини, різних важливих деталей гелікоптера, в тому числі системи охолодження моторної частини, яка знаходиться в лобовій частині. Це дозволить з більшою точністю збільшити об'єм фюзеляжу гелікоптера. З урахуванням розмірів деталей гелікоптера та рекомендацій, щодо конструювання фюзеляжу [5 – 7], в конструкції фюзеляжу гелікоптера необхідно збільшити розмір основної частини на 15% (див. рис. 5), яка найменше впливає на аеродинамічні показники гелікоптера на відміну від лобової та хвостової частин. Проте вона виконує безліч функцій [8 – 9], що поліпшують дієздатність під час польоту [10 – 12], а також якість виконання фігур, що є основним показником польоту гелікоптера. Збільшення основної частини дасть змогу розмістити додаткові електромеханічні системи, зокрема, систему охолодження моторної частини та електромеханіки, яка значно впливає на якість та час польоту гелікоптера. Крім цього є можливість встановлення додаткового обладнання для вирішення військових та цивільних задач.

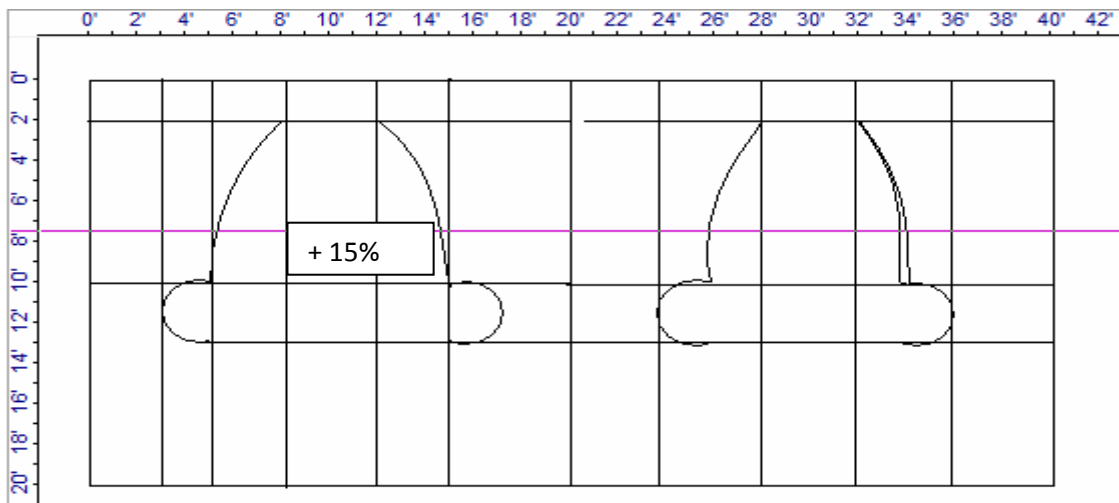


Рисунок 5 – Порівняння основних частин

Хвостова частина є одним із найважливіших елементів гелікоптера. Вона впливає на важливі показники якості польоту, зокрема: рухливість, плавність, швидкість польоту та ін. При збільшенні хвостової частини на 10% (рис. 6) зменшиться рухливість гелікоптера у зв'язку з зростання хвостового опору. Однак збільшення об'єму автоматично збільшує швидкість реагування електромеханізмів, що дозволяє поліпшити якість і плавність виконання фігур під час польоту, а також є можливість розміщення додаткової електроніки [14 – 15].

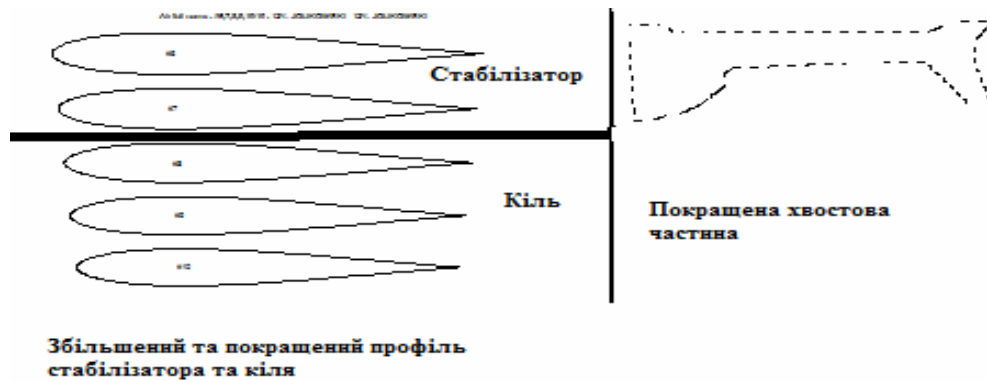


Рисунок 6 – Поліпшений профіль та загальний вигляд хвостової частини

Лобова частина формує обтічність моделі та значно впливає на якість польоту. При збільшенні округлості лобової частини зменшується швидкість, однак зростає рухливість гелікоптера під час польоту [16–19]. Тому, при збільшенні округлості профілю лобової частини на 15 % (рис. 7), поліпшується рухливість та аеродинамічні характеристики гелікоптера. Внесені зміни дозволяють встановити у лобову частину фюзеляжу систему охолодження мотора і електромеханізмів, що дозволяє збільшити тривалість польоту та якість виконання фігур. При цьому зменшиться вплив чинників навколишнього середовища на політ гелікоптера.

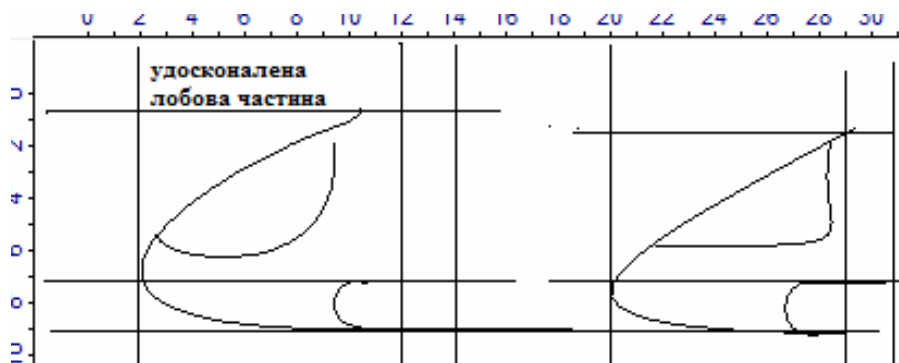


Рисунок 7 – Форми лобових частин

Створення системи охолодження моторної частини та електромеханіки гелікоптера

Для охолодження внутрішнього об'єму фюзеляжу під час польоту використовується мікроventильатор (рис. 8), який вмонтовано в лобову частину фюзеляжу. Він характеризується малою масою та струмом споживання. Живлення здійснюється від Li-po акумуляторів напругою 12 В та ємністю 1500 мА/год. Під час польоту вентилятор зменшує температуру внутрішньої частини фюзеляжу, регулюючи її обвітрюваність, що дозволяє збільшити тривалість польоту гелікоптера на 60 % від загальноприйнятого показника. Для кращої обвітрюваності внутрішньої частини фюзеляжу в низу, на початку хвостової частини зроблено невеликі отвори. Це дозволило зменшити масу хвостової частини та покращити обвітрюваність внутрішньої частини, не впливаючи на обтічність моделі гелікоптера.

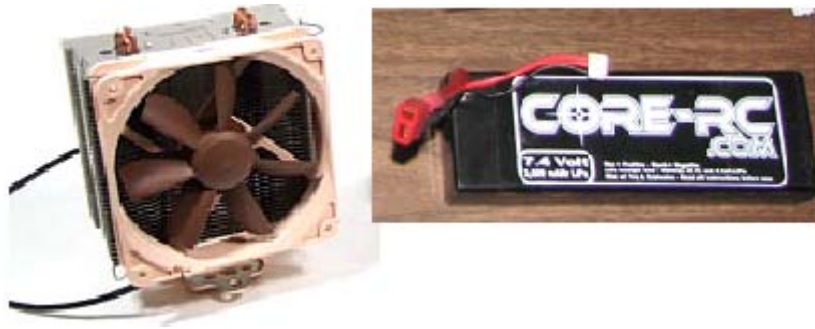


Рисунок 8 – Мікровентилятор та Li-po акумулятор

Збільшення жорсткості та зменшення маси фюзеляжу.

Жорсткість фюзеляжу гелікоптера визначається характеристиками смоли, що використовується для його створення. Ці смоли бувають різних видів:

- особливо міцні, з металевими наповнювачем, що значно збільшують жорсткість частин фюзеляжу з цим і вагу;
- формувальні смоли з наповнювачами.

Зазначені смоли маєть особливі властивості:

- при нанесенні не утворюють мікропор;
- створюють глянцеvu поверхню;
- при взаємодії з роздільником маєть хороші відразливі якості.

При створенні фюзеляжу використано формувальну смолу без наповнювача (сірого кольору F-225/Larit), що дозволило досягнути необхідної жорсткості фюзеляжу при невисокій масі. Крім того, вона має надзвичайно багато властивостей, які можуть бути корисними при дефекті форми. Для досягнення високої жорсткості зменшено консистенцію затверджувача в пропорції до 3:8, що збільшило час висихання фюзеляжу в матриці до трьох днів і значно збільшило жорсткість фюзеляжу. Для зменшення маси використано більш густе скловолокно – 100 г/м^2 замість звичайного – 150 г/м^2 , що дозволило зменшити масу гелікоптера і одночасно не зменшити жорсткість конструкції.

Технологія створення фюзеляжу

Фюзеляж створюється матричним способом з двох шарів склотканини, просочених епоксидною смолою [6, 16, 18]. Для виклеювання матричним способом спочатку виготовляють болванку фюзеляжу (рис. 9) (заготовка майбутнього фюзеляжу), яка вирізається з деревини та доводиться до досконалої форми.

При доведенні до рівної форми створюється матриця (рис. 10). Для цього на болванку фюзеляжу наносять спеціальну формувальну смолу. Після деякого часу (близько двох годин) наноситься шар змішаної епоксидної смоли. На сполучний шар наносять суміш епоксидної смоли, розведена до густої консистенції. Ця маса повинна заповнити всі нерівності на поверхні й добре просочити сполучний шар. Після цього утворюється матриця.



Рисунок 9 – Болванка фюзеляжу

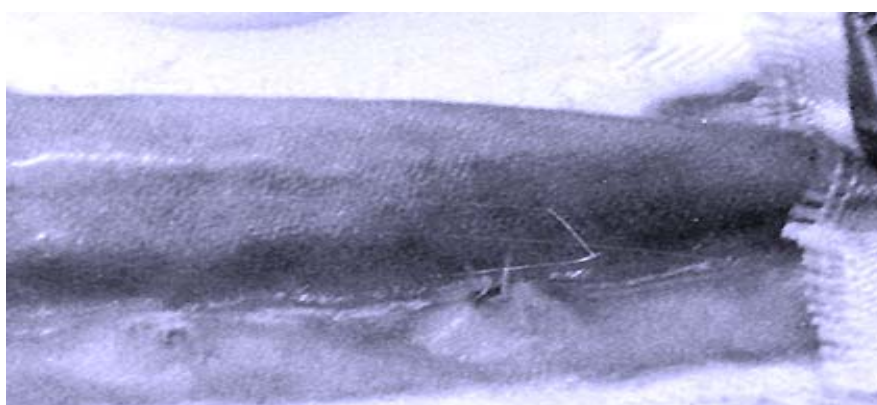


Рисунок 10 – Технологія створення матриці

При виготовленні фюзеляжу моделі гелікоптера застосовувалося два шари склотканини густиною 100 г/м^2 . У носовій та основній частинах корпус посилювався вуглецевою тканиною вагою 100 г/м^2 . При цьому досягається висока жорсткість фюзеляжу при невеликій масі. Через деякий час фюзеляж висихає, після чого він виймається з форми і виконується його окраска (рис. 11)



Рисунок 11 – Фюзеляж власного проекту

Висновки

1. Аналіз областей застосування моделей гелікоптерів дозволив узагальнити перелік основних вимог до конструкції фюзеляжу та гелікоптера в цілому.

2. Аналіз відомих технічних рішень, переваг та недоліків дозволив уточнити вплив окремих елементів конструкції фюзеляжу на аеродинамічні та експлуатаційні характеристики гелікоптера.

3. Запропоновано напрямки поліпшення конструкції гелікоптера, що дозволить в цілому покращити аеродинамічні та експлуатаційні показники.

4. Внесено ряд змін у конструкцію фюзеляжу моделі гелікоптера порівняно із вибраним прототипом, а саме:

- на 15% збільшено об'єм основної частини фюзеляжу;
- на 10% збільшено об'єм хвостової частини фюзеляжу;
- на 15% збільшено округлість верхньої поверхні лобової частини.

Перелічені вище зміни дозволили підвищити рухливість гелікоптера, що в цілому дозволило поліпшити якість та плавність виконання фігур вищого пілотажу. Однак внесені зміни призвели до зменшення максимальної швидкості польоту на 4-5 км/год., що становить 8% від прототипу.

5. Вперше створено систему охолодження моторної частини гелікоптера, що дозволило продовжити тривалість польоту на 2 год, що на 60 % більше від загально прийнятої тривалості польоту, а також зменшити ймовірність відмови двигуна й іншого додаткового обладнання.

6. Застосовано ряд нових матеріалів (Larit F 255), що дозволило досягнути максимальної жорсткості конструкції фюзеляжу при мінімальній масі.

Список використаних джерел

1. Інтернет магазин ALING [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.align.com.

2. Інтернет магазин Авіатор [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.aviator-rc.ru.

3. Інтернет магазин Hobby King [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.hobbyking.com>.

4. Інтернет магазин Wood buffalo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.woodbuffalohelicopters.ca>.

5. Бадягин, А.А. Проектирование легких вертолетов [Текст] / А.А. Бадягин, Ф.А. Мухамедов. – М.: Машиностроение, 1978 – 208 с.

6. Руководство для конструкторов летательных аппаратов самодельной постройки. Том 1: Общие технические требования. Аэродинамика. – Новосибирск: СибНИИА, 1989 – 247с.

7. Хафер, К. Техника вертикального взлета и посадки [Текст] /

К. Хафер, Г. Закс. – М.: Мир, 1985. – 376 с.

8. Боднер, В.А. Стабилизация летательных аппаратов и автопилоты [Текст] / В. А. Боднер, М. С. Козлов. – М.: Оборонгиз, 1961. 508 с.

9. Ярлыков, М.С. Статистическая теория радионавигации [Текст] / М. С. Ярлыков. – М.: Радио и связь, 1985. – 334 с.

10. Попов, Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления [Текст] / Е.П. Попов. – М.: Наука, 1989. – 304 с.

11. Квонтик, Х.Р. Справочник пилота сельскохозяйственной авиации: пер. с англ. [Текст] / Х.Р.Квонтик. – М.: Транспорт, 1991. – 255 с.

12. Применения авиации в сельском хозяйстве [Текст] : справ. пособ. / А.И. Тимин, А.В. Степанович, А.П. Скоробогатов и др.; под ред. А.И. Заикина. – Мн.: Урожай, 1980. – 119 с.

13. Авиация в сельском и лесном хозяйстве [Текст] / В.М. Шуплин, В.М. Агарков, В.В. Белозеров и др. – М.: Колос, 1995. – 208 с.

14. Чумак, П.И. Расчет, проектирование и постройка сверхлегких вертолетов [Текст] / П.И. Чумак, В.Ф. Кривокрысенко. – М.: Патриот, 1991 – 238 с.

15. Голубев, И.С. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов (дистанционно-пилотируемые летательные аппараты) [Текст] / И.С. Голубев, Ю.И. Янкевич. – М.: МАИ, 2006. – 524 с.

16. Введенская Л.А. Этимология [Текст] : учеб. пособ. / Л.А. Введенская, Н.П. Колесников. – СПб.: Питер, 2004. –107 с.

17. Спунд, Б. Летящие модели вертолётов [Текст] / Б. Спунд. – М., 1988. – С. 7 – 8.

18. Машиностроение. Энциклопедия. Самолеты и вертолеты. Том 4-21. Авиационные двигатели. Кн. 3. – М.: Машиностроение, 2010. – 720 с.

19. Беляков, В.Т. Техническая эксплуатация вертолетов [Текст] / В.Т. Беляков, Н.Н. Панов, В.В. Филиппов. – М.: Военное издательство МО, 1961. – 312 с.

20. Изаксон, А.М. Геликоптеры [Текст] / А.М. Изаксон. – М.: ГНТИ, 1931. – 142 с.

Поступила в редакцию 14.05.2013.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. Я.С. Карпов,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*