



МИНИСТЕРСТВО НА ОТБРАНАТА

ИНСТИТУТ ПО ОТБРАНА „ПРОФЕСОР ЦВЕТАН ЛАЗАРОВ”

София 1592, бул. „Проф. Цветан Лазаров” № 2, факс: 02/92 21 808,
<http://di.mod.bg>

ИНСТИТУТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ - БАН
Вх. № <u>1628</u> <u>12.12.2018</u>

РЕЦЕНЗИЯ

от проф., д.т.н., инж. Христо Иванов Христов,

*върху дисертационен труд за присъждане на образователна и научна
степен **“ДОКТОР НА НАУКИТЕ”***

по научни специалности:

*„Проектиране на автоматични и пилотирани летателни апарати“ и
„Динамика, балистика и управление на полета на летателни апарати”,
професионално направление 5.5 Транспорт, корабоплаване и авиация,
област на висше образование 5. Технически науки*

*на тема **„Изследвания за концептуално проектиране на
безпилотни летателни апарати със съчленено крило”***

с автор проф. д-р инж. Димо Иванов Зафиров

*от Секция „Аерокосмически системи за управление”,
на Института за космически изследвания и технологии,
Българска академия на науките*

1. Актуалност и значимост на разработвания научен проблем, цел и задачи на дисертационния труд

В дисертационния труд „Изследвания за концептуално проектиране на безпилотни летателни апарати със съчленено крило” е изследван актуален научноприложен проблем – прилагане на нови, неконвенционални схеми за проектиране на безпилотни летателни апарати (БЛА), налагани от повишените изисквания към ефективността на новосъздаваните летателни апарати, които не

могат да бъдат удовлетворени при използването на прилаганите класическите схеми.

За решаване на проблема авторът е обосновал **цел**: концептуално проектиране на безпилотни летателни апарати (ЛА) със съчленено крило, при хипотеза - балансиrowъчната схема съчленено крило да бъде използвана за създаване на ЛА от различни класове, превъзхождащи съществуващите, като предоставя значителни предимства в аеродинамиката на полета при ЛА с верикално излитане и кацане (ВИК).

За постигането на целта авторът е решил следните **задачи**:

1. Да се анализира състоянието на изследванията на ЛА със съчленено крило и ВИК самолетите.
2. Да се разработи обща методика за изследването на БЛА със съчленено крило.
3. Да се разработят математически модели за теоретични изследвания на БЛА със съчленено крило.
4. Да се предложи метод за реализиране на управление на БЛА със съчленено крило посредством управляващи двигатели.
5. Да се направят експериментални изследвания за апробиране на теоретичните резултати.
6. Да се извърши оценка на получените резултати от изследванията на БЛА със съчленено крило.
7. Да се разработи методика за концептуално проектиране на БЛА със съчленено крило.

2. Оценка на изследователската работа

При рецензирането на дисертационния труд мога да потвърдя, че авторът задълбочено познава състоянието на комплексния проблем и творчески е подходил при разработването и решаването му. По същество авторът стриктно се е придържал към основната схема на научното изследване – цел, хипотеза, формулиране на задачата, моделиране, описание на функционалните зависимости

между основните параметри и проверка за адекватност на получените резултати.

Стриктно осъществените подходи за решаване на комплексния научноприложен проблем и възможността за практическото му приложение характеризират автора, като добре осведомен специалист, творчески оценяващ нивото на развитие и постиженията в интердисциплинарната научната област на специалностите „Проектиране на автоматични и пилотирани летателни апарати“ и „Динамика, балистика и управление на полета на летателни апарати“, и като научен работник, способен да формулира и решава сложни научни и научноприложни задачи.

При разработването на дисертационният труд авторът е използвал: анализ и синтез на фактите, системен подход и математическо моделиране, статистическа обработка на получените резултати, експериментално определяне на аеродинамични характеристики на БЛА със съчленено крило.

Използваният език в дисертационния труд е точен, ясен и без излишни обстоятелствени пояснения, материалът е лесен за осмисляне и възприемане от специалисти по темата.

3. Обща характеристика и структура на дисертацията

Дисертационният труд е разработен в 4 глави с общ обем 266 страници текстова част, 237 фигури и 24 таблици. Литературната справка обхваща 197 източника, 62 на кирилица и 135 на латиница. Справката включва познатите ми основни източници по изследвания проблем.

В първа глава е представено състоянието на изследванията на самолети със съчленено крило с ВИК, обоснована е целта на изследването - концептуално проектиране на БЛА със съчленено крило, при повдигната хипотеза - балансиrowъчната схема съчленено крило да бъде използвана за създаване на ЛА с ВИК от различни класове, на базата на изводите, че самолетите със

съчленено крило имат предимства при изпълнението на различни мисии пред самолетите с конвенционални схеми. Тези предимства нарастват при безпилотните и ВИК ЛА. Поставени са задачите за изпълнение за постигане на целта.

Във втора глава са извършени теоретични изследвания на БЛА със съчленено крило и с вертикално излитане и кацане. Предложен е аналитичен модел за определяне инерционните моменти на етапа на концептуалното проектиране, който позволява сравнителна оценка на разглежданите варианти на БЛА. Построен е и пълен тримерен модел на ЛА със съчленено крило и са получени конкретизирани теоретични стойности на инерционните моменти в сравнение с аналитичния модел.

Разработена е установка за експериментално определяне на инерционните моменти на БЛА. На базата на тестови модел на БЛА със съчленено крило са определени експериментално инерционните моменти I_x и I_z на ЛА със съчленено крило, които са съществено по-малки от съответните моменти на еквивалентни ЛА, реализирани по широко използваните схеми: нормална, патица и летящо крило, което се дължи на факта, че при съчлененото крило разпереността и масата са по-малки. В резултат при компоновката на ЛА са необходими по-малки площи на кормилата за наклон и посока, и мощности на изпълнителните механизми за постигане на същите динамични характеристики, както при еквивалентните ЛА с други схеми. Инерционният момент I_y на ЛА със съчленено крило е по-голям от съответният момент на еквивалентни ЛА поради голямото разстояние между центровете на масите на предното и задното крила и центъра на масите на ЛА. По-големите площи на кормилата за височина и възможността за директно управление на подемната сила при съчлененото крило осигуряват същите или по-добри динамични характеристики от тези на еквивалентни ЛА с други схеми.

В трета глава – експериментално изследване на самолети със съчленено, за верификация на математическите модели и на приетите допускания са проведени изпитвания: числени експерименти, изпитвания на специално разработени стендове, продухвания в аеродинамична тръба и полети с опитни образци.

За всички разглеждани варианти на опитни образци на БЛА със съчленено крило са създавани тримерни модели в средата на CAD/CAM система. Установено е, че симулациите дават близки до експериментално получените стойности за коефициента на подъемна сила, като разлики се получават при по-големите ъгли на атака, което се дължи на ограниченията на метода на дискретните вихри. Коефициентът на силата на челно съпротивление, получен чрез симулации има по-малки стойности от тези получени при изпитания в аеродинамична тръба, като причината за това е неотчитането на съпротивлението от триене на тялото. Производната на коефициента на надлъжния момент по ъгъла на атака, получена чрез симулации е сходна с тази от експерименталните данни.

В резултат може да се заключи, че симулациите дават приемливи резултати за ЛА със съчленено крило за целите на концептуалното проектиране. Използваната методика е подходяща за определяне на аеродинамичните характеристики на съчленено крило при концептуално проектиране на БЛА. За произволна конфигурация съчленено крило могат да се построят необходимите аеродинамични характеристики в равнината на симетрия за приемливо изчислително време. Представената разработка може да се ползва като елемент от общия аеродинамичен модел на мултидисциплинарна оптимизация.

При изследвания модел липсва рязко спадане на подъемната сила при големи ъгли на атака, което предполага възможността схемата да се използва при маневрени ЛА. Разликата между теоретичните и експерименталните резултати е в границите под 5%,

което позволява използваните методи да се използват при инженерни разчети и концептуалното проектиране на ЛА със съчленено крило.

В четвърта глава е разработена методика за концептуално проектиране на електрически БЛА със съчленено крило с ВИК.

Резултатите от изследванията по темата на дисертационния труд са:

3.1. Анализ на състоянието на изследванията на ЛА със съчленено крило - предимства и недостатъци, като са определени областите, в които те превъзхождат традиционните схеми ЛА.

3.2. Анализ на състоянието на изследванията на ЛА с ВИК - предимства и недостатъци при изпълнение на мисии.

3.3. Обща методика за изследвания на ЛА със съчленено крило, позволяваща да се разкрият техните предимства пред използваните конвенционални схеми и позволяваща широкото използване на тази схема при проектиране на нови ЛА.

3.4. Обща методика за изследвания на ЛА със съчленено крило при тяхната валидация и верификация.

3.5. Математически модели на ЛА със съчленено крило, позволяващи да се отчете влиянието на основните параметри върху характеристиките за тази схема, с възможност за оптимизация по зададен критерий.

3.7. Метод за реализиране на управление на ЛА със съчленено крило посредством управляващи двигатели, осигуряващ добра устойчивост, управляемост, свръхманевреност и реализация на вертикално излитане, кацане и висене на ЛА.

3.9. Експериментални изследвания за апробиране на теоретичните резултати и верификация на моделите и допусканията, показващи приложимостта на теоретичните изследвания в практиката.

3.10. Експериментални изследвания в процеса на концептуалното проектиране на БЛА с ВИК, разкриващи качествените и количествени зависимости между характеристиките и параметрите на ЛА с достатъчно точни за инженерната практика разчети.

3.13. Сравнения на получените при изследванията на ЛА със съчленено крило резултати с такива, публикувани в научната литература, потвърждаващи адекватността на използваните в дисертационният труд модели и методи.

3.15. Методика за концептуално проектиране на БЛА с ВИК със съчленено крило, позволяваща проектирането на ЛА с опростена експлоатация и повишена надеждност.

Окончателно, получените при изследванията на ЛА със съчленено крило резултати, както и верифицираните метод и методика потвърждават основната хипотеза на дисертационния труд, че ЛА със съчленено крило са по-ефективни от традиционните схеми ЛА.

Резултатите от дисертационния труд са публикувани в 25 публикации, от които 6 в чужбина, 3 с импакт фактор.

Дисертационният труд, включващ автореферата, завършва със заключение с препоръки, научни, научноприложни и приложни приноси, авторски публикации по дисертационния труд и литература.

Акцентът в дисертационния труд е поставен върху концептуално проектиране на безпилотни летателни апарати със съчленено крило.

Избраният от докторанта подход осигурява постигането на поставените пред научния труд цел и задачи.

Постигнатите резултати в дисертационния труд се явяват съществена теоретична новост, допълнена с експериментален и фактологически материал, отворена за допълнителни изследвания

с интересни прогнозни резултати. Направените заключения правилно обясняват физическата картина на изследваните явления и са логически завършени, поради което материалът е достоверен и претендираните от автора приноси следва да бъдат признати.

4. Научноприложни приноси на дисертацията

Приемам и признавам приносите на дисертационния труд, за които претендира авторът, както са формулирани в автореферата, но бих обобщил научните и научноприложните приноси като: *нови методи и модели на изследване; обосноваване на нова хипотеза, нови схеми на изследване; получаване на нови и потвърдителни факти.*

4.1. Научни приноси

4.1.1. Математически модел на движението при ВИК на ЛА със съчленено крило с управляващи двигатели.

4.1.2. Метод за реализиране на управление на ЛА със съчленено крило посредством управляващи двигатели, позволяващ значително повишаване маневреността и надеждността на ЛА, а при определени условия и ВИК, както и висене.

4.1.3. Математически модел на движението на самолет със съчленено крило, отчитащ наличието голям брой управляващи плоскости, изпълняващи различни функции.

4.2. Научно-приложни приноси

4.2.1. Математически модел за теоретични и експериментални изследвания на ЛА със съчленено крило.

4.2.2. Обща методика за изследването на ЛА със съчленено крило.

4.2.3. Методика за концептуално проектиране на БЛА със съчленено крило.

4.2.4. Стенд за определяне на инерционни моменти, за определяне стойностите на осевите инерционни моменти и центъра на масата на различни варианти на самолети със съчленени крила.

4.2.5. Стенд за определяне на тягата на двигатели за ЛА.

4.3. Приложни приноси

4.3.1. Класификация на ЛА крило със затворен контур, която се използва за генериране на варианти в процеса на концептуалното проектиране.

4.3.2. Експериментални изследвания за апробиране на теоретичните резултати.

4.3.3. Патент за изобретение "Самолет със съчленено крило" Рег. № 65998 / 21.10.2010.

4.3.4. Патент за изобретение "Вертикално излитащ и кацащ самолет със съчленено крило" Рег. № 66681 В1 / 15.06.2018 г.

4.3.5. Множество резултати от експериментални изследвания с получени аеродинамични характеристики на самолети със съчленено крило и такива с ВИК.

5. Оценка на дисертацията и личните приноси на автора

Представените в дисертационния труд разработена теория, проверена чрез експериментални изследвания и фактологически материал допълват междините, които не са формулирани в известната научна публицистика относно концептуално проектиране на безпилотни летателни апарати със съчленено крило, като прилагане на нови, неконвенционални схеми за проектиране на БЛА, и като такива следва да бъдат признати като лично дело на автора, както и неговите претенции.

Оценката на нивото на дисертацията и личния принос на автора ми дава основания да направя заключението, че представеният дисертационен труд съответства на изискванията за самостоятелно научно изследване с достатъчно научно ниво, предявени в ЗРАС РБ и Правилника за приложението му.

Съгласно чл. 26 от ЗРАСРБ за изпълнение на минималните национални изисквания за придобиване на научна степен „Доктор на науките“ в област 5. Технически науки, в Табл. 1 е показано

изпълнението на изискванията от автора, съгласно публикациите и научните трудове:

Нивото на постигнатите резултати отговаря на изискванията на ЗРАС РБ и Правилника за прилагането му, а количествените показатели, заложи в таблицата - на минималните национални изисквания.

Таблица 1

Група показатели	Изисквания за придобиване на научна степен „Доктор на науките“	Изисква се	Изпълнение
А	1. Дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“	50	50
Б	2. Дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „Доктор на науките“	100	100
В	3. Група показатели В	0	0
Г	4. Група показатели Г	100	595
Д	5. Група показатели Д	100	105
Е	5. Група показатели Е	0	0

Съгласно чл. 10, ал. (2) от ЗРАСРБ, като рецензент декларирам, че не съм установил наличие на плагиатство в дисертационния труд, представен ми за оценяване.

6. Оценка на публикациите по дисертацията

Докторантът е посочил 25 публикации, от които 6 в чужбина, 3 авторски с импакт фактор, от всичките които - 7 самостоятелни и 18 в съавторство, в които 3 на първо място. В публикациите са разкрити основните теоретични постановки на дисертационния труд, което дава възможност на заинтересованите специалисти да се запознаят с идеите на дисертационния труд, а публикуването на материалите е основание да се признае тяхната значимост и разпространение на резултатите от изследванията.

7. Използване на резултатите от дисертацията

Резултатите от дисертационния труд се използват във военното дело и за граждански нужди.

Изследванията в дисертационния труд са с области на приложение – Проектиране на автоматични и пилотирани летателни апарати и Динамика, балистика и управление на полета на летателни апарати.

Разработените математически модел на движението при ВИК на ЛА със съчленено крило с управляващи двигатели, математически модел на движението на самолет със съчленено крило, метод за реализиране на управление на ЛА със съчленено крило посредством управляващи двигатели, могат да се използват за повишаване маневреността и надеждността на ЛА, както и за осигуряване на ВИК за приложената схема на ЛА със съчленено крило с управляващи двигатели, както и за допълнителна научно изследователската работа в областите на приложение.

8. Оценка на автореферата

Авторефератът е изготвен в съответствие с изискванията, илюстриран е добре и дава вярна и пълна представа за съдържанието, научните методи и подходи на проведените изследвания и получените резултати в дисертационния труд.

9. Критични бележки

9.1. В дисертационния труд няма номерация на някои фигури, формули и таблици, което затруднява оценката му.

9.2. В изложението на темата на дисертационния труд за някои формули и съждения няма препратки към литературата, за което не става ясно, те авторски ли са или от други автори.

9.3. Някои изводи имат вид на констатации, в експерименталната част от дисертационния труд авторът е постигнал интересни резултати, които не е успял напълно да обедини и представи в общите изводи.

9.4. При обосноваването на целта на дисертационния труд авторът е декларирал прилагането на нови, неконвенционални

схеми за проектиране на бойни БЛА, като в изложението на труда авторът се отдалечава от темата за бойни БЛА и такива с ВИК, и само високата маневреност на новата схема БЛА поддържа твърдението, че те могат да се използват и за военни цели.

Посочените пропуски не понижават достойнствата на труда.

10. Заключение

Положителната оценка при анализа на дисертационния труд и личния принос на автора за постигнатите резултати ми дава основание да направя заключението, че представеният дисертационен труд „Изследвания за концептуално проектиране на безпилотни летателни апарати със съчленено крило“ съответства напълно на изискванията за научно изследване с високо научно и научноприложно ниво за дисертации за присъждане на научна степен "Доктор на науките", предявени в ЗРАС РБ и Правилника за приложението му.

Във връзка с това препоръчвам на членовете на уважаемото Научно жури да гласуват с "ДА" за присъждане на проф. д-р инж. Димо Иванов Зафиров научната степен "Доктор на науките" по научни специалности „Проектиране на автоматични и пилотирани летателни апарати" и „Динамика, балистика и управление на полета на летателни апарати", професионално направление: 5.5 Транспорт, корабоплаване и авиация, област на висше образование 5. Технически науки.

проф., д.т.н., инж.

И/

ХРИСТО ХРИСТОВ

гр. София
12.12.2018 г.

ВЯРНО С ОРИГИНАЛА

Христо

12

