



СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен
„доктор“

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Мартин Атанасов Зикямов
Тема на дисертационния труд: „Аеродинамично проектиране и изследване на носещи системи от типа крило-витло“
Научна област: 5. Технически науки
Професионално направление: 5.5 Транспорт, корабоплаване и авиация
Докторска програма: „Проектиране и конструиране на автоматични и пилотирани летателни апарати“
Институция: Технически университет – София, Филиал Пловдив

Член на научното жури: доц. д-р инж. Цветелина Владимирова Велкова, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ – Варна

1. Актуалност на разработения проблем

Разработката разглежда изключително актуален в научно и приложно отношение проблем, свързан с аеродинамичното проектиране и изследване на хибридни носещи системи от типа „крило-витло“. В контекста на динамично развиващата се Градска Въздушна Мобилност (GBM / UAM) и Безпилотните Летателни Системи (БЛС), създаването на ефективни конвертоплани, съчетаващи гъвкавостта на вертикалното излитане и кацане с високата енергийна ефикасност на самолетния крейсерски полет, е критично научно предизвикателство. Задачите, формулирани в дисертационния труд, отразяват прецизно избран фокус върху преодоляването на класическите аеродинамични недостатъци (като ефекта на сваляне / download effect) чрез внедряване на иновативни конфигурации с наклоняеми крилни секции.

2. Степен на познаване на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Докторантът демонстрира задълбочено познаване на състоянието на изследвания проблем. Литературният обзор (Глава I) проследява методично историческото развитие на концепциите с наклонящо се витло (tiltrotor) и наклонящо се крило (tiltwing) от първите патенти до съвременните проекти за eVTOL апарати. Анализирани са голям обем числени, експериментални и аналитични изследвания, извършени под ръководството на NASA/НАСА и съвременни авиационни организации. Сравнителният анализ на абсолютните и относителните проектни параметри е изчерпателен и служи като солидна доктринална основа за дефиниране на предмета и обекта на изследването.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи

Избраната методология е научно издържана и съчетава по балансиран начин аналитични методи, числено симулационно моделиране (CFD) и физически експеримент в аеродинамична тръба. Особено ценно е прилагането на П-теоремата на Бъкингъм за извеждането на безразмерния комплексен геометричен параметър *Surface Ratio (SR)*, който свързва характеристиките на двете коренно различни носещи повърхности (крило и витло).

Използването на специализиран софтуер за инженерно CAD/CAE моделиране, съчетано със стерео PIV (Particle Image Velocimetry) лазерно-оптична система в аеродинамичната тръба УЛАК-1, гарантира изключително висока степен на достоверност и прецизност на получените резултати.

4. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд

Научно-приложни приноси:

- **Формулиране и обосновка на нов проектен параметър:** Изведен и обоснован е безразмерен комплексен геометричен параметър $SR = \frac{n_{SDC}}{S}$ (*Surface Ratio*), който успешно свързва относителните характеристики на носещата система (крилно натоварване, дисково натоварване, тяговъоръженост и Figure of Merit).
- **Нова методика за концептуално проектиране:** Разработена е комплексна методика за избор на оптимални геометрични параметри на конвертоплани с вертикално излитане и кацане въз основа на въведен безразмерен енергиен критерий за оценка (Q) спрямо референтен самолетен полет.
- **Числено и експериментално изследване на интерференцията:** Проведено е детайлно изследване на локалното аеродинамично взаимодействие в системата крило-витло, доказващо елиминирането на вредната сила на сваляне (download) при използване на съосна наклоняема секция.

Приложни приноси:

- **Математическо и CAD/CAE моделиране:** Създадени са триизмерни параметрични модели на APC витла и крилни секции (профил NACA 642015) и са проведени стационарни CFD симулации на обтичането в режим на висене и крейсерски полет.
- **Експериментална реализация и PIV визуализация:** Изработени са чрез 3D принтиране мащабни модели (мащаб 1:5) на носещата система. Проведени са систематични измервания в аеродинамична тръба за определяне на аеродинамичните коефициенти (C_T, C_P, J) и са картографирани скоростните полета на вихровата следа чрез PIV система.
- **Факторен оптимизационен анализ:** Изчислена е потребната обща енергия за три типа мисии с различна относителна продължителност на висене (15%, 30% и 45%) и са дефинирани оптималните диапазони за параметъра SR . Открита е инвариантна точка на еквивалентна ефикасност между различните профили на мисиите.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Представените публикации отразяват коректно и в пълен обем основните резултати и приноси, постигнати в дисертационния труд. Те са публикувани в специализирани научни издания и материали от научни конференции, което доказва, че научните търсения на докторанта са станали достойни на профилираната академична общност у нас и в чужбина.

Кандидатът напълно удовлетворява и надвишава минималните национални наукометрични показатели за придобиване на ОНС „доктор“.

6. Мнения, препоръки и бележки

Дисертационният труд притежава завършена и логична структура, написан е на високо научно ниво и с прецизен инженерен език. Като препоръка за бъдещата изследователска дейност на автора би могло да се посочи разширяването на разработения модел чрез включване на динамичните преходни режими (транзиция от вертикален към хоризонтален полет) в нестационарна въздушна среда, както и провеждането на натурни полетни изпитания с реалния прототип.

Препоръки

При цялостно положителна оценка на дисертационния труд следва да се посочат някои въпроси и препоръки, заслужаващи внимание:

Валидиране на симулационния модел: Симулациите са проведени чрез SolidWorks Flow Simulation – продукт с инженерна ориентация. Би било желателно да се посочи по-ясно доколко използваният турбулентен модел е подходящ за специфичните режими на обтичане около въртящо се витло, особено в режим на висене, където нестационарните ефекти са значителни.

Преходни режими: Преходните режими между висене и хоризонтален полет са съзнателно изключени от изследването поради краткото им времетраене. Това е допустимо и добре аргументирано, но би могло да се коментира по-детайлно влиянието им върху общата енергия при мисии с чести преходи, характерни за някои ГВМ сценарии.

Масшабни ефекти: При разлика в мащаба 1:5 числата на Reynolds са съществено различни от реалния случай. Авторът споменава мащабни ефекти в контекста на отклоненията при витлото с диаметър 6 инча, но систематично обсъждане на влиянието на числото на Reynolds върху достоверността на пренасянето на резултатите към реален мащаб би укрепило аргументацията.

Аеродинамично качество: Приетата стойност $\frac{L}{D} = 10$ за хипотетичния конвертоплан е посочена като постоянен параметър, но не е верифицирана чрез симулационните резултати за конкретните три конфигурации. Би представлявало интерес да се провери дали трите варианта действително постигат тази стойност или я надвишават.

Устойчивост и управляемост: Дисертационният труд е фокусиран изцяло върху аеродинамичната ефикасност и енергийния критерий. Въпросите за устойчивостта и управляемостта на предложената конфигурация, особено при режим на висене с наклоняеми секции, остават извън обхвата на изследването, но биха представлявали ценно допълнение в бъдещи разработки.

Посочените забележки не снижават съществено научната стойност на труда и могат да послужат като отправна точка за бъдещи изследвания.

7. Заключение

Дисертационният труд е оригинално научно изследване, притежава силна приложна стойност и съдържа значими приноси в областта на аеродинамичното проектиране на летателни апарати. Маг. инж. Мартин Атанасов Зикямов напълно удовлетворява изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за неговото приложение.

Въз основа на представения труд и неговите безспорни научно-приложни достойнства, давам изцяло **ПОЛОЖИТЕЛНА ОЦЕНКА** и предлагам на уважаемото научно жури да присъди на маг. инж. **Мартин Атанасов Зикямов** образователната и научна степен „**ДОКТОР**“ в научна област 5. Технически науки, професионално направление 5.5 Транспорт, корабоплаване и авиация.

Дата: 01.07.2026 г.

ЧЛЕН НА НАУЧНОТО ЖУРИ:

(доц. д-р инж. Цветелина Велкова)

Digitally signed
by Cvetelina
Vladimirova
va
Velkova
Date:
2026.07.02
11:55:31
+0800



STATEMENT

**on a doctoral dissertation for the acquisition of the educational and scientific degree
"Doctor" (Ph.D.)**

Author of the dissertation: Mag. Eng. Martin Atanasov Zikyarnov

Title of the dissertation: "Aerodynamic Design and Investigation of Wing-Propeller Type
Lifting Systems"

Scientific Field: 5. Technical Sciences

Professional Field: 5.5 Transport, Navigation and Aviation

Doctoral Program: "Design and Construction of Automatic and Piloted Aircraft"

Institution: Technical University of Sofia, Plovdiv Branch

Member of the Scientific Jury: Assoc. Prof. Dr. Eng. Tsvetelina Vladimirova Velkova, Nikola
Vaptsarov Naval Academy – Varna

1. Relevance of the Researched Problem

The dissertation addresses a highly relevant problem from both a scientific and applied perspective, focusing on the aerodynamic design and investigation of hybrid "wing-propeller" lifting systems. In the context of the dynamically evolving Urban Air Mobility (UAM) and Unmanned Aircraft Systems (UAS), creating efficient tiltrotors/convertiplanes that combine the flexibility of vertical takeoff and landing (VTOL) with the high energy efficiency of airplane cruise flight is a critical scientific challenge. The tasks formulated in the dissertation precisely reflect a chosen focus on overcoming classical aerodynamic drawbacks (such as the download effect) through the implementation of innovative configurations with tilting wing sections.

2. Degree of Familiarity with the Problem and Creative Interpretation of the Literature

The doctoral candidate demonstrates a profound knowledge of the state of the researched problem. The literature review (Chapter 1) methodically traces the historical development of tiltrotor and tiltwing concepts from the earliest patents to contemporary eVTOL aircraft designs. A large volume of numerical, experimental, and analytical studies conducted under the auspices of NACA/NASA and modern aviation organizations has been analyzed. The comparative analysis of absolute and relative design parameters is comprehensive and serves as a solid doctrinal foundation for defining the subject and object of the research.

3. Consistency of the Chosen Research Methodology with the Set Goal and Tasks

The chosen methodology is scientifically sound and balances analytical methods, numerical simulation modeling (CFD), and physical wind tunnel experimentation in a well-proportioned manner. Particularly valuable is the application of Buckingham's Π -theorem to derive the dimensionless complex geometric parameter *Surface Ratio* (SR), which links the characteristics of two fundamentally different lifting surfaces (wing and propeller). The utilization of specialized software for engineering CAD/CAE modeling, combined with a stereo

PIV (Particle Image Velocimetry) laser-optical system in the ULAK-1 wind tunnel, ensures an exceptionally high degree of reliability and precision of the obtained results.

4. Scientific and Scientific-Applied Contributions of the Dissertation

Scientific-Applied Contributions:

Formulation and justification of a new design parameter: A dimensionless complex geometric parameter, $SR = \frac{\pi \cdot S_D}{c \cdot S}$ (*Surface Ratio*), has been derived and substantiated, successfully linking the relative characteristics of the lifting system (wing loading, disk loading, thrust-to-weight ratio, and Figure of Merit).

A new methodology for conceptual design: A comprehensive methodology has been developed for selecting the optimal geometric parameters of VTOL convertiplanes based on an introduced dimensionless energy evaluation criterion (Q) relative to a reference airplane flight.

Numerical and experimental investigation of interference: A detailed study of the local aerodynamic interaction within the wing-propeller system was conducted, proving the elimination of the detrimental download force when utilizing a coaxial tilting section.

Applied Contributions:

Mathematical and CAD/CAE modeling: Three-dimensional parametric models of APC propellers and wing sections (NACA 642015 airfoil) were created, and steady-state CFD simulations of the airflow in hover and cruise flight modes were performed.

Experimental implementation and PIV visualization: Scale models (1:5 scale) of the lifting system were fabricated using 3D printing. Systematic wind tunnel measurements were carried out to determine the aerodynamic coefficients (C_T, C_P, J), and the velocity fields of the vortex wake were mapped using the PIV system.

Factorial optimization analysis: The total energy required for three types of missions with different relative hover durations (15%, 30%, and 45%) was calculated, and the optimal ranges for the SR parameter were defined. An invariant point of equivalent efficiency across the different mission profiles was discovered.

5. Evaluation of the Publications on the Dissertation

The publications presented correctly and fully reflect the main results and contributions achieved in the dissertation. They have been published in specialized scientific journals and proceedings of scientific conferences, which proves that the doctoral candidate's research findings have been shared with the specialized academic community both nationally and abroad. The candidate fully satisfies and exceeds the minimum national scientometric indicators for obtaining the educational and scientific degree "Doctor" (Ph.D.).

6. Opinions, Recommendations, and Notes

The dissertation possesses a complete and logical structure, written at a high scientific level using precise engineering language. As a recommendation for the author's future research activity, the expansion of the developed model could be suggested to include dynamic

transient regimes (transition from vertical to horizontal flight) in an unsteady aerodynamic environment, as well as conducting full-scale flight tests with a physical prototype.

Recommendations:

While the overall assessment of the dissertation is highly positive, several questions and recommendations deserving attention should be noted:

Validation of the simulation model: The simulations were conducted using SolidWorks Flow Simulation – an engineering-oriented product. It would be desirable to state more clearly to what extent the utilized turbulence model is suitable for the specific airflow regimes around a rotating propeller, particularly in hover mode where unsteady effects are significant.

Transient regimes: Transient regimes between hover and horizontal flight were intentionally excluded from the study due to their short duration. This is permissible and well-argued, but their impact on the total energy during missions with frequent transitions, characteristic of certain UAM scenarios, could be commented on in greater detail.

Scale effects: At a scale difference of 1:5, the Reynolds numbers differ significantly from the full-scale case. The author mentions scale effects in the context of deviations for the 6-inch diameter propeller, but a systematic discussion on the influence of the Reynolds number on the reliability of scaling the results to full size would strengthen the argumentation.

Aerodynamic efficiency (Lift-to-Drag ratio): The assumed value of $\frac{L}{D} = 10$ for the hypothetical convertiplane is stated as a constant parameter but has not been verified through the simulation results for the specific three configurations. It would be of interest to verify whether the three variants actually achieve or exceed this value.

Stability and controllability: The dissertation focuses entirely on aerodynamic efficiency and the energy criterion. Questions regarding the stability and controllability of the proposed configuration, especially in hover mode with tilting sections, remain outside the scope of the study but would represent a valuable addition to future research.

The noted remarks do not significantly diminish the scientific value of the work and can serve as a starting point for future research.

7. Conclusion

The dissertation is an original scientific research piece, possesses strong applied value, and contains significant contributions to the field of aircraft aerodynamic design. Mag. Eng. Martin Atanasov Zikyamov fully satisfies the requirements of the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria Act (ZRASRB) and the Regulations for its implementation.

Based on the presented work and its indisputable scientific and applied merits, I give an entirely **POSITIVE EVALUATION** and propose to the esteemed Scientific Jury to award Mag. Eng. Martin Atanasov Zikyamov the educational and scientific degree "**DOCTOR**" (Ph.D.) in Scientific Field 5. Technical Sciences, Professional Field 5.5 Transport, Navigation and Aviation.

Date: July 1, 2026

MEMBER OF THE SCIENTIFIC JURY: Cvetelina
Vladimirova
(Assoc. Prof. Dr. Eng. Cvetelina Velkova) Velkova

Digitally signed by
Cvetelina
Vladimirova Velkova
Date: 2026.07.02
11:37:05 +03'00'

