

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Жукова Антона Юрійовича на тему «Оптимізація масогабаритних показників великих машин постійного струму», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

На засіданні кафедри аерогідродинаміки за участі:

Третяка Олексія Володимировича, д.т.н., доцента, завідувача кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Обідіна Дмитра Миколайовича, д.т.н., професора, професора кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Чмовжа Віталія Віталійовича, к.т.н., доцента, професора «ХАІ», професора кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Бреги Дмитра Андрійовича, к.т.н., доцента, професора кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Репетенка Михайла Володимировича, к.т.н., доцента, доцента кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Кашенка Олександра Олександровича, к.т.н., доцента, доцента кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Смика Сергія Івановича, к.т.н., доцента кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Сургайло Марії Леонідівни к.т.н., доцента кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Кравченка Станіслава Сергійовича, PhD, старшого викладача кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Арефьєвої Марії Олександрівни, старшої викладачки кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Соколової Вікторії Вікторівни, асистента кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Мадонича Андрія Олексійовича, асистента кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Воробйова Юрія Анатолійовича, д.т.н., професора, професора кафедри технології виробництва літальних апаратів;
Мірошнікова Віталія Юрійовича, д.т.н., професора, завідувача кафедри міцності літальних апаратів «ХАІ»;
Широкого Юрія Вячеславовича, к.т.н., доцента, декана факультету авіаційних двигунів, доцента кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем «ХАІ»;
Костікова Андрія Олеговича, член-кореспондента НАН України, д.т.н., професора, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, заступника директора з наукової роботи Інституту енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України;
Єгорова Андрія Володимировича, к.т.н., доцента, завідувача кафедри електричних машин Національного технічного університету "ХПІ";

відбулася публічна презентація дисертаційної роботи *Жукова Антона Юрійовича* на тему «**Оптимізація масогабаритних показників великих машин постійного струму**».

На підставі обговорення змісту презентації дисертаційної роботи ухвалено такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації (результати голосування – одноголосно).

1. Актуальність теми дослідження

Дисертаційну роботу присвячено актуальному питанню оптимізації масогабаритних показників великих електричних машин постійного струму шляхом створення нових методів тривимірного розрахунку теплового та напружено деформованого стану вузлів та деталей активних та конструктивних частин цих машин. В ході досліджень були виконані розрахунки руху охолоджуючого повітря та розподілу температур в зоні колектору та щіткового апарату електродвигуна постійного струму з метою оптимізації його масогабаритних показників та для забезпечення можливості надійної роботи після впровадження примусової системи вентиляції цих вузлів. Також були виконані розрахунки напружено-деформованого стану елементів якоря електродвигуна для підтвердження можливості виконання оптимізаційних робіт, пов'язаних з механічною обробкою поверхонь та тепловою посадкою елементів.

Метою дисертаційної роботи є розробка методів та алгоритмів наукового обґрунтування комплексних рішень оптимізації масогабаритних показників великих машин постійного струму з використанням сучасних методів скінченних елементів та обчислювальної гідрогазодинаміки.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут».

Робота проводилася відповідно до "Енергетичної стратегії України на період до 2035р.", що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України № 605-р. від 18.08.2017р. та "Енергетичної стратегії України на період до 2050р.", що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України №373-р від 21 квітня 2023р.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Створений новий метод аналізу теплового стану елементів конструкції великих машин постійного струму з вирішенням сукупності задач руху повітря та теплопровідності у тривимірній постановці із використанням методу скінченних об'ємів, що відрізняється більш точним завданням граничних умов в частині градієнтного завдання тепловиділень та коефіцієнтів тепловіддачі в тривимірній постановці.

2. Вдосконалений алгоритм створення оптимізованої сітки скінченних об'ємів для вентиляційної моделі з використанням базових тетраедральних

компонентів, що відрізняється згущенням компонентів в окремих зонах каналів, обумовлених детальними конструктивними чинниками.

3. Вдосконалений алгоритм виконання оптимізації масогабаритних показників електромашинного обладнання з визначенням напружено-деформованого стану відновлюваних вузлів, що базується на параметрах електромагнітної ефективності та максимальної технологічності.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

1. Надане обґрунтування оптимізації масогабаритних показників за рахунок впровадження системи примусової вентиляції для колектору та щіткового вузла машини постійного струму з забезпеченням їх належного теплового стану.

2. Підтверджена можливість виконання оптимізації масогабаритних показників електричної машини на основі аналізу напружено-деформованого стану відновлюваних частин з забезпеченням її подальшої надійної експлуатації.

Розроблені в роботі методи тривимірного розрахунку руху газоподібного охолоджуючого середовища, теплового та напружено-деформованого стану вузлів можуть бути використані при дослідженні теплового стану електромашинного обладнання літаків та аеродромів.

Отримані наукові результати можуть бути використані науково-дослідними та проєктними організаціями, конструкторськими бюро, організаціями гірничої та електромашинобудівної галузей, аерокосмічними університетами та іншими організаціями, які спеціалізуються в області досліджень та експлуатації електромашинного обладнання.

5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні результати роботи представлені на конференціях:

1. Tretiak O., Kravchenko S., Zhukov A., Serhiienko S., Application of the finite element method to determine the limit geometric dimensions of the shaft journal of a synchronous electric motor: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. October 8-10, 2025. Seville, Spain. 149-154 p. <https://isu-conference.com/en/archive/the-integration-of-research-innovation-and-economy-08-10-25/>;

2. Oleksii Tretiak, Viacheslav Nazarenko, Serhii Serhiienko, Anton Zhukov, New methods for calculating of cooling systems of direct current electric machines: Міжнародна науково-практична інтернет-конференція на тему «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (випуск 103), 14-15 жовтня 2025 р. <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2321/>;

Отримано патенти на корисну модель:

1. Патент на корисну модель UA 156013 Україна, МПК H02K 9/04, H02K 1/20, H02K 1/18. Статор електричної машини / Третяк О.В., Макаров

П.М., Сергієнко С.А., **Жуков А.Ю.**, Кравченко С.С. – № u202306089; заявл. 14.12.2023; опубл. 24.04.2024; Бюл. № 17. – 4 с.
<https://iprop-ua.com/inv/kbxx8jpi> ;

2. Патент на корисну модель UA 158317 Україна, МПК H02K 9/04, H02K 9/08. Система охолодження гідрогенератора капсульного типу / Третяк О.В., Сергієнко С.А., **Жуков А.Ю.**, Кравченко С.С. Шульга І.М., Ареф'єва М.О., Третяк І.І. – № u202401526; заявл. 25.03.2024; опубл. 22.01.2025; Бюл. № 4. – 5 с., <https://iprop-ua.com/inv/6eurjyg4> .

Розроблені автором наукові положення реалізовані:

- на ТОВ "Харківський електро-машинобудівний завод" (м. Харків) при проєктуванні нових та реконструкції існуючих великих машин постійного струму та інших типів електричних машин;
- в науково-методичних процесах кафедри Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Жукова А. Ю. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Зміст основних розділів дисертації перевірено на наявність текстових запозичень в системі «TURNITIN». Текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак академічного шахрайства.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 9 наукових публікацій, у тому числі:

- чотири статті у наукових періодичних виданнях включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science та/або Scopus;
- дві тези доповідей на міжнародних наукових конференціях;
- одна монографія;
- два патенти на корисну модель.

Статті у наукових періодичних виданнях включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science та/або Scopus:

1. Tretiak, O., Arefieva, M., Makarov, P., Serhienko, S., Zhukov A., Shulga I., Penkovska N., Kravchenko S., Kovryga A. "Study of Different Types of Ventilation and Cooling Systems of Bulb Hydrogenerators in a Three-Dimensional Setting," *SAE Int. J. Mater. Manf.* 18(3):2025. (Scopus Q3)
<https://doi.org/10.4271/05-18-03-0020>;

Здобувачем виконано визначення оптимальної конструкції системи вентиляції, побудова тривимірної моделі та завдання основних фізичних властивостей матеріалів, розробка методу розрахунку теплового стану та вирішення задачі фізичного моделювання руху охолоджуючого повітря в електричних машинах великої потужності, пошук задачі оптимальної моделі турбулентності.

2. Tretiak, O., Kovryga, A., Kravchenko, S., Shpitalnyi, D., **Zhukov, A.**, Serhiienko, S., Arefieva, M., Penkovska, N., Madonich, A. (2024). Estimating the influence of the rigidity of support assemblies on the resonance phenomena and the vibration state of a hydraulic unit. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(7 (132), 53–64. (**Scopus Q3**) <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.316778>.

Здобувачем виконано визначення геометричних параметрів для конструкції гідрогенератора, створення методу завдання взаємозв'язку компонентів при механічному дослідженні, вибір та оптимізація конструкції ротору та моделювання основних компонентів, що передають крутний момент.

3. Tretiak, O., Smyk, S., Kravchenko, S., Smakhtin, S., Brega, D., **Zhukov, A.**, Serhiienko, S., & Don, Y. (2024). Devising a calculation method for modern structures of current-conducting elements in large electric machines in a three-dimensional statement. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(1 (130), 87–96, (**Scopus Q3**) <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310049>

Здобувачем створено алгоритм вирішення механічної контактної задачі для компонентів ротору гідрогенератора у тривимірній постановці, виконано завдання та верифікація сітки скінченних елементів, розрахунок теплових граничних умов третього роду у тривимірній постановці для нестационарної задачі.

4. Tretiak, O., Serhiienko, S., **Zhukov, A.**, Gakal, P., Don Y., Arefieva, M., Tretiak, I., Kravchenko, S., Bohozhavets, O. Peculiarities of the Design of Housing Parts of Large Direct Current Machines, *SAE Int. J. Mater. Manf.* 17(1):59-72, 2024, (**Scopus Q3**) <https://doi.org/10.4271/05-17-01-0005>.

Здобувачем створено метод обчислення силових факторів, що діють на конструкцію великої електричної машини постійного струму в тривимірній постановці, розроблено алгоритм завдання нелінійних силових чинників для групи поверхонь.

Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Tretiak O., Kravchenko S., **Zhukov A.**, Serhiienko S., Application of the finite element method to determine the limit geometric dimensions of the shaft journal of a synchronous electric motor: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. October 8-10, 2025. Seville, Spain. 149-154 p.

Здобувачем створено метод розрахунку з'єднання з натягом роторних елементів електродвигуна, що виникає після гарячої посадки напівмуфти на робочий кінець валу електродвигуна; виконане визначення механічних напруг від посадки у самій напівмуфті та в робочому кінці валу; підтверджено спроможність даної посадки передавати як номінальний крутний момент електродвигуна, так і максимальний крутний момент короткого замикання; виконане обчислення мінімально допустимих діаметрів шийок валу при відновленні ротору шляхом механічної токарної обробки.

6. Oleksii Tretiak, Viacheslav Nazarenko, Serhii Serhiienko, **Anton Zhukov**, New methods for calculating of cooling systems of direct current electric machines: Міжнародна науково-практична інтернет-конференція на тему «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення» (випуск 103), 14-15 жовтня 2025 р.

<http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-2321/>

Здобувачем створено примусову систему вентиляції для забезпечення допустимого теплового стану великої машини постійного струму, вирішено задачі оптимізації системи вентиляції з використанням CFD методу, виконано аналіз можливих способів покращення умов охолодження вузла колектору та щіткового апарату, оптимальним з яких був визнаний варіант впровадження незалежної примусової системи вентиляції для цих вузлів.

Список публікацій, які додатково відображають наукові результати дисертації:

7. Третяк О. В., Ареф'єва М. О., Кобзар І. В., Репетенко М. В., Сергієнко С. А., **Жуков А. Ю.**, Пеньковська Н. С., Селевко В. Б., Назаренко В. В. Методи та концепції розрахунку турбо- та гідрогенераторів у тривимірній постанові: монографія - Харків: КП «Міська друкарня», 2023 – 138 с. ISBN 978-617-619-284-8.

Здобувачем створена методологія розрахунку напружено-деформованого стану елементів системи кріплення статора генератора в тривимірній постановці; виконано дослідження вібраційних властивостей підвіски в залежності від характеристик застосованих матеріалів.

8. Патент на корисну модель UA 156013 Україна, МПК H02K 9/04, H02K 1/20, H02K 1/18. Статор електричної машини / Третяк О.В., Макаров П.М., Сергієнко С.А., **Жуков А.Ю.**, Кравченко С.С. – № u202306089; заявл. 14.12.2023; опубл. 24.04.2024; Бюл. № 17. – 4 с., <https://iprop-ua.com/inv/kbxr8jpi;>

Здобувачем створена конструкція каналів для підвищення ефективності охолодження компонентів електричної машини.

9. Патент на корисну модель UA 158317 Україна, МПК H02K 9/04, H02K 9/08. Система охолодження гідрогенератора капсульного типу / Третяк О.В., Сергієнко С.А., **Жуков А.Ю.**, Кравченко С.С. Шульга І.М., Арефьєва М.О., Третяк І.І. – № u202401526; заявл. 25.03.2024; опубл. 22.01.2025; Бюл. № 4. – 5 с., <https://iprop-ua.com/inv/6eupjyg4>.

Здобувачем виконано вибір та прорахунок основних та дублюючих компонентів системи вентиляції; створено методи кріплення та фіксації елементів ротору.

8. Висновок наукового керівника

Виконання індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною науково-освітньою програмою та написання дисертації Жуковим Антоном Юрійовичем вважаю успішним. Дисертаційна робота є результатом самостійного дослідження, завершеною науковою працею, яка містить наукову новизну. Вона виконана на високому науковому рівні та відповідає всім установленим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії й може бути рекомендована до захисту, а її автор Жуков Антон Юрійович – до присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Отже, вважаємо, що дисертаційна робота Жукова Антона Юрійовича на тему «Оптимізація масогабаритних показників великих машин постійного струму», представлена на здобуття ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44). Відтак, вона може бути представлена до захисту в разовій спеціалізованій раді для присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Головуючий на засіданні
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри аерогідродинаміки
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»

Дмитро ОБІДІН