

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації *Арефьєвої Марії Олександрівни* на тему «Методи підвищення вібростійкості та надійності гідрогенераторів через вдосконалення конструкції елементів ротора та хрестовини за критерієм власних частот», 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:

Третьяка 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»;
Брегі Дмитра Андрійовича, к.т.н., доцента, професора кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Репетенка Михайла Володимировича, к.т.н., доцента, доцента кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Кащенко 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»;
Соколової Вікторії Вікторівни, асистента кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Мадонича Андрія Олексійовича, асистент кафедри аерогідродинаміки «ХАІ»;
Мірошнікова Віталія Юрійовича, д.т.н., професора, завідувача кафедри міцності літальних апаратів «ХАІ»;
Широкого Юрія Вячеславовича, к.т.н., доцента, декан факультету авіаційних двигунів, доцента кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем «ХАІ»;
Лисиці Олексія Юрійовича, к.т.н., доцента, доцента кафедри конструкції аерокосмічної теплотехніки «ХАІ»;
Сгорова Андрія Володимировича, к.т.н., доцента, завідувача кафедри електричних машин Національного технічного університету "ХПІ";
Пешка Віталія Анатолійовича, к.т.н., доцента, в.о. завідувача кафедри теплової та альтернативної енергетики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського";

відбулася публічна презентація дисертаційної роботи *Арефьєвої Марії Олександрівни* на тему «Методи підвищення вібростійкості та надійності

гідрогенераторів через вдосконалення конструкції елементів ротора та хрестовини за критерієм власних частот».

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 підвищення вібростійкості та надійності гідрогенераторів шляхом удосконалення конструкції опорно-напрямних хрестовин, розроблення методів аналітичного та тривимірного розрахунку жорсткості хрестовин та визначення критичних частот ротора з врахуванням жорсткості опор валопроводу. Було обґрунтовано причинно-наслідковий зв'язок між конструкцією хрестовини, її різножорсткістю та виникненням резонансних явищ у валопроводі. Було виконано розрахунок власних частот і форм коливань валопроводу у тривимірній постановці з урахуванням податливості підшипників і розпірних домкратів. У частині вивчення та визначення механічних навантажень, що діють на ці вузли, було встановлено, що поєднання дії радіальних, осьових і тангенціальних складових на конструкцію мостової хрестовини за умов недостатньої жорсткості спричиняє збіг власної частоти з робочою частотою обертання та призводить до неприпустимих амплітуд коливань опорно-напрямого вузла. На основі результатів вібраційних випробувань і тривимірного дослідження жорсткості конструкції мостової хрестовини було запропоновано перехід до хрестовини променевого типу з підвищенням жорсткості опори та віддалення критичних частот, що знімає ризики виникнення резонансних явищ.

Метою дисертаційної роботи є розроблення методів та алгоритмів дослідження напружено-деформованого стану хрестовини гідрогенератора у тривимірній постановці з урахуванням технологічної, геометричної й оливно - плівкової складових, у межах якої інтегруються аналітична оцінка жорсткості основних елементів хрестовини та еквівалентна жорсткість підшипників і упорних домкратів як параметри граничних умов для визначення власних форм і критичних частоти ротора, з подальшим обґрунтуванням і впровадженням конструктивних рішень щодо підвищення жорсткості хрестовини, що забезпечують зниження вібрацій валопроводу та підвищення надійності агрегату.

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. Вперше створено новий метод розрахунку напружено-деформованого стану хрестовини гідрогенератора, що, на відміну від існуючих, дає змогу врахувати сили від дії короткого замикання, нерівномірність масової складової гідрогенератора з покроковим уточненням силових факторів, що відповідають критичним режимам навантажень.

2. Удосконалено існуючі інженерні методи розрахунку власних частот роторів гідрогенераторів у частині точного задання геометрії елементів конструкції та врахування еквівалентної податливості опор і упорних домкратів в тривимірній постановці з заданням теплових граничних умов I роду; отримано просторові картини вигинів конструкції у трьох площинах.

3. Набув подальшого розвитку метод розрахунку податливості опорних та упорних вузлів гідрогенератора, що, на відміну від існуючих, дає змогу в тривимірній постановці оцінити внесок технологічної, геометричної та оливно-плівкової складових.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

1. Запропоновано нову конструкцію модернізованої хрестовини, що відрізняється від існуючої додатковими силовими поясами, які забезпечують необхідну жорсткість конструкції для гідрогенераторів великої потужності, необхідний запас міцності та вібростійкості згідно існуючих нормативних документів.

2. Розроблені методи дозволяють проєктувати хрестовини з оптимальними масо-габаритними показниками, з необхідною жорсткістю конструкції, що включають в конструкцію розпірні елементи – домкрати, для демпфування дії від моменту короткого замикання полюсів.

Розроблені в роботі методи тривимірного розрахунку міцності можуть бути використані при дослідженні напружено-деформованого стану енергетичного обладнання літаків, гелікоптерів та аеродромів.

Отримані наукові результати можуть бути використані науково-дослідними та проєктними організаціями, конструкторськими бюро, організаціями енергетичної галузі, вищими навчальними закладами та іншими організаціями, які спеціалізуються в області досліджень і експлуатації енергетичного обладнання.

5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні результати роботи представлені на конференціях:

1. Gakal P., Tretiak I., Arefieva M., Nazarenko V. Thermal State Determination of the Heat Exchanger in the Three-Dimensional Setting, *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2023. ICTM 2023*. V. 1008. Lecture Notes in Networks and Systems. PP. 327–336. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61415-6_28.

Отримано патент на корисну модель:

1. Третяк О.В., Сергієнко С.А., Жуков А.Ю., Кравченко С.С., Шульга І.М., **Ареф'єва М.О.**, Третяк І.І. Патент на корисну модель № 158317 Україна, МПК H02K9/04 H02K9/08. "Система охолодження гідрогенератора капсульного типу", номер заявки u202401526, опубліковано 22 січня 2025, <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1837882/>.

Розроблені автором наукові положення реалізовані:

- на ТОВ "Харківський електромашинобудівний завод" (м. Харків) при проєктуванні нових та реконструкції існуючих двигунів та генераторів великої потужності;

- в науково-методичних процесах кафедри Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Ареф'євої М. О. 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 10 наукових публікацій, у тому числі:

- сім статей 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;
- одна теза доповідей на міжнародній науковій конференції;
- одна монографія;
- один патент 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., Kritskiy, D., Kobzar, I., **Arefieva, M.**, Nazarenko, V. (2022). The Methods of Three-Dimensional Modeling of the Hydrogenerator Thrust Bearing. *Computation*, 10(9), 152. (**Scopus Q2**)

<https://doi.org/10.3390/computation10090152>.

Здобувачкою виконано створення методу тривимірного моделювання упорного підшипника гідрогенератора; розроблено граничні умови для визначення силових факторів при тривимірному аналізі НДС конструкції.

2. Tretiak, O., Kritskiy, D., Kobzar, I., Sokolova, V., **Arefieva, M.**, Tretiak, I., Hromenko, D., Nazarenko, V. (2022). Modeling of the Stress–Strain of the

Suspensions of the Stators of High-Power Turbogenerators. *Computation*, 10(11), 191. (**Scopus Q2**) <https://doi.org/10.3390/computation10110191>.

Здобувачкою виконано моделювання НДС підвісів статорів турбогенераторів великої потужності; оцінка впливу жорсткісних характеристик на вібраційний стан вузла агрегату.

3. Tretiak, O., Kritskiy, D., Kobzar, I., **Arefieva, M.**, Selevko, V., Brega, D., Maiorova, K., & Tretiak, I. (2023). Stress-Strained State of the Thrust Bearing Disc of Hydrogenerator-Motor. *Computation*, 11(3), 60. (**Scopus Q2**) <https://doi.org/10.3390/computation11030060>.

Здобувачкою виконано дослідження НДС диска упорного підшипника з дефектами на дзеркальній поверхні гідрогенератора-двигуна у тривимірній постановці; розроблено постановку задачі та граничні умови для визначення силових факторів з урахуванням коефіцієнта тертя оливної плівки; оцінка впливу дефектів на дзеркальній поверхні диска на вібраційний стан генератора.

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>.

Здобувачкою виконано аналіз конструктивних особливостей корпусних частин великих електричних машин постійного струму; виконано тривимірне моделювання НДС станини під час технологічних операцій; оцінка міцності зварних з'єднань та дослідження впливу геометрії вузла на розподіл механічних напружень.

5. Tretiak, O., Kovryga, A., Kravchenko, S., Shpitalnyi, D., Zhukov, A., Serhiienko, S., **Arefieva, M.**, Penkovska, N., Madonych, 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>.

Здобувачкою виконана оцінка впливу жорсткості опорних вузлів на резонансні явища та вібраційний стан гідроагрегату; визначення умов збігу власних та робочих частот агрегату.

6. Tretiak, O., **Arefieva, M.**, Makarov, P., Serhiienko, 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>.

Здобувачкою виконано дослідження різних схем вентиляції та охолодження капсульних гідрогенераторів у тривимірній постановці; вибір ефективної схеми охолодження за теплогідравлічними критеріями.

7. Tretiak, O., Kravchenko, S., Mykhailychenko, O., Nazarenko, V., Smyk, S., Vasyliiev, O., **Arefieva, M.**, Tretiak, I., Serhiienko, S., & Selevko, V. (2025). Devising a method for calculating the structure of efficient cooling systems for thrust bearings and guide bearings in hydrogenerators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(1 (135), 38–50. (**Scopus Q3**)

<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.329021>.

Здобувачкою виконано розроблення методу розрахунку структури ефективних систем охолодження упорних і напрямних підшипників; алгоритм підбору параметрів контуру з урахуванням теплових і гідравлічних втрат.

Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Gakal P., Tretiak I., **Arefieva M.**, Nazarenko V. Thermal State Determination of the Heat Exchanger in the Three-Dimensional Setting, *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2023. ICTM 2023*. V. 1008. Lecture Notes in Networks and Systems. PP. 327–336. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61415-6_28.

Здобувачкою виконано визначення теплового стану теплообмінника в тривимірній постановці; проведено чисельні експерименти з тепловіддачі та оцінка температурних перепадів.

Список публікацій, які додатково відображають наукові результати дисертації:

9. 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 постановці: монографія - Харків: КП «Міська друкарня», 2023 – 138 с. ISBN 978-617-619-284-8.

Здобувачкою виконана систематизація методів і концепцій тривимірного розрахунку турбо- та гідрогенераторів; узагальнення підходів до НДС, граничних умов, охолодження та вібраційної надійності.

10. Третяк О.В., Сергієнко С.А., Жуков А.Ю., Кравченко С.С., Шульга І.М., **Ареф'єва М.О.**, Третяк І.І. Патент на корисну модель № 158317 Україна, МПК H02K9/04 H02K9/08. "Система охолодження гідрогенератора капсульного типу", номер заявки u202401526, опубліковано 22 січня 2025, <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1837882/>.

Здобувачкою виконано аналіз системи охолодження гідрогенератора капсульного типу для зниження перегріву підшипникових вузлів і підвищення надійності опор.

8. Висновок наукового керівника

Виконання індивідуального навчального плану, індивідуального плану наукової роботи, досягнення результатів навчання за відповідною науково-

освітньою програмою та написання дисертації Арефьєвою Марією Олександрівною 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 авторка Арефьєва Марія Олександрівна – до присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Отже, вважаємо, що дисертаційна робота Арефьєвої Марії Олександрівни на тему «Методи підвищення вібростійкості та надійності гідрогенераторів через вдосконалення конструкції елементів ротора та хрестовини за критерієм власних частот», 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