

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Васильєва Олександра Олександровича
на тему «Створення нових конструкцій підп'ятників гідрогенераторів
вертикального типу з гідравлічною демпферною системою»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення техніко-економічної ефективності та надійності гідрогенераторів, які є критично важливими для електроенергетичних систем. Це пов'язано як безпосередньо з виробництвом енергії на гідроелектростанціях, так із можливостями балансування енергетичних систем гідроакумуючими електростанціями. Останнє вкрай важливе в умовах стрімкого розвитку відновлювальних джерел енергії, які характеризуються нестабільною генерацією, а також для стабільної роботи атомних електростанцій.

В традиційних підходах до проектування використовуються аналітичні моделі, характерними для яких є використання спрощень. Внаслідок цього розробникам доводиться закладати надлишкові коефіцієнти запасу, що призводить до зростання масо-габаритних показників конструкцій та збільшення їх матеріаломісткості.

Перехід до комплексного тривимірного чисельного моделювання мінімізує вплив спрощень на результати розрахунків, дозволяє врахувати взаємний вплив процесів з різною фізичною природою та з високою точністю прогнозувати параметри, які характеризують роботу найбільш навантажених вузлів. Це створює необхідне наукове обґрунтування для впровадження новітніх конструкційних та технологічних рішень, що сприяє зменшенню матеріаломісткості вузлів і систем машин при одночасному забезпеченні їх високої експлуатаційної надійності та ресурсних показників.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова обґрунтованість та достовірність результатів дисертаційної роботи забезпечена комплексним підходом, що базується на глибокому поєднанні фундаментальних положень класичної фізики з передовими методами тривимірного моделювання. Використання сучасних чисельних методів — методу скінченних елементів (МСЕ(FEM)) — дозволило реалізувати високоточне тривимірне моделювання, яке, на відміну від традиційних аналітичних методик,

враховує складну геометричну конфігурацію. Достовірність отриманих розрахункових даних гарантується ретельною верифікацією математичних моделей, що включала перевірку стійкості рішень для виключення впливу дискретизації на кінцеві результати, а також коректним формулюванням граничних умов, що повністю відповідають реальним фізичним процесам. Отримані результати математичного тривимірного моделювання напружено-деформованого стану вузлів та деталей підп'ятника гідрогенератора-двигуна задовільно погоджуються з даними експериментальних і теоретичних досліджень інших авторів. Це підтверджує достовірність отриманих результатів.

Результати дисертації впроваджені у навчальний процес НАУ «ХАІ», що свідчить про їх прикладну цінність для електромашинобудівної та аерокосмічної галузей України. Отримані методики можуть бути використані для визначення оптимальних конструктивних параметрів електромашинного обладнання.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розвинуті існуючі інженерні методи визначення напружено-деформованого стану на основі класичної теорії міцності в частині уточнення розподілу напружень на основі математичного моделювання конструкції з урахуванням тривимірного розподілу діючих навантажень.

2. Розроблено нову методику розрахунку напружено-деформованого стану гідравлічного підп'ятника гідрогенератора-двигуна у тривимірній постановці із використанням методу скінченних елементів, яка відрізняється від релевантних методик урахуванням просторової роботи гідравлічної опорної системи з пружними гофрованими камерами, заповненими оливою, реальної геометрії конструкції без спрощень, контактних граничних умов між елементами вузла, різнонаправлених та різнофакторних силових впливів у характерних елементах конструкції з урахуванням змінення жорсткісних характеристик оливи в процесі навантаження, що дозволило обґрунтувати створення нової конструкції підп'ятника гідрогенератора-двигуна на гідравлічних опорах з гідравлічною демпферною системою.

3. Вдосконалено алгоритм завдання граничних умов для тривимірних моделей конструктивних компонентів гідрогенератора-двигуна в частині детального опису навантажень, діючих при експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Розроблена методика розрахунку напружено-деформованого стану підп'ятника гідрогенератора-двигуна з урахуванням впливу гідравлічної опори, що дозволяє підвищити точність розрахунків при проєктуванні.

2. На основі розробленої методики надане обґрунтування створення підп'ятника на гідравлічних опорах, що дозволяє покращити експлуатаційні характеристики гідроагрегату.

3. Виконано втомний розрахунок підп'ятника на гідравлічних опорах, що підтверджує його працездатність протягом нормативного терміну експлуатації гідрогенератора-двигуна.

Розроблену в роботі методику тривимірного розрахунку розподілу напружень може бути застосовано при дослідженні напружено-деформованого стану іншого електромашинного обладнання та енергетичного обладнання авіаційної техніки.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Васильєва Олександра Олександровича відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», про що свідчить висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Васильєва О.О., наданий кафедрою аерогідродинаміки Національного аерокосмічного університету "Харківський авіаційний інститут".

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям оцінки вібраційної надійності та вдосконалення конструкцій опорних вузлів електричних машин.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено. Використання в тексті результатів інших вчених супроводжується відповідними посиланнями, посилання на літературні джерела коректні. Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, що опубліковані у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою, логічно структурована та доступно викладена. Основний текст підготовлено якісною технічною мовою, з використанням професійної термінології. Наукова робота достатньо забезпечена рисунками та таблицями.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків та додатків. Список використаної літератури наводиться після вступу та кожного розділу. Загальний обсяг дисертації складає 185 сторінки, з них 156 сторінок основного тексту, 104 рисунка по тексту, 14 таблиць по тексту, списків використаних джерел до кожного розділу, сумарно викладених на 14 сторінках.

У **вступі** дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми запропонованого дослідження, сформульовано мету та основні задачі, підкреслено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, вказано особистий внесок здобувача та наведено апробацію результатів.

У **першому розділі** проведено обґрунтування нової конструкції підп'ятника гідрогенератора-двигуна, використання якого сприятиме покращенню експлуатаційних характеристик. Розглянуті особливості конструкції підп'ятників різних конструкції та виконаний аналіз їхніх експлуатаційних характеристик. Для подальшого проєктування вибраний підп'ятник на гідравлічних опорах, що максимально відповідає завданню зниження вібрації гідроагрегату. Шляхом гідродинамічного розрахунку визначені основні параметри сегментів підп'ятника гідрогенератора-двигуна, на основі яких будуть виконуватись подальші проєктні роботи.

У **другому розділі** представлено удосконалену методику визначення напружено-деформованого стану елементів підп'ятника гідрогенератора-двигуна у тривимірній постановці із використанням методу скінченних елементів з урахуванням всіх діючих при експлуатації силових факторів. Розглянуті основні принципи визначення напружено-деформованого стану методом скінченних елементів у мультифізичній постановці. Наведено методику врахування параметрів оливи під тиском, якою заповнені гофровані камери підп'ятника на гідравлічних опорах. Окремо розглянуті методи розрахунку на втому металу, які проводяться з метою підтвердження надійності обладнання протягом встановленого нормативними документами терміну експлуатації.

У **третьому розділі** представлені результати розрахунку напружено-деформованого стану різних елементів нового підп'ятника на гідравлічних опорах у тривимірній постановці з використанням методу скінченних елементів. Зокрема визначений розподіл напружень у місці контакту "тарілка-болт", виконана оцінка стійкості вертикально розташованого опорного болта. Також визначені параметри НДС пружної камери підп'ятника спочатку без оливи, а далі з урахуванням наявності всередині камери оливи під тиском на основі гідравлічного розрахунку. Для підтвердження надійності тривалої експлуатації підп'ятника нової конструкції проведений розрахунок втоми матеріалу камери. Також проведена верифікація отриманих результатів шляхом порівняння інженерних розрахунків із результатами тривимірного МСЕ-моделювання.

У **четвертому розділі** виконана оцінка достовірності інтерпретації локальних максимумів напружень у зонах концентрації із застосуванням адаптованого HSS-підходу у постановці лінійної поверхневої екстраполяції. Перевірка збіжності результатів засвідчила високу точність методу розрахунку напружено-деформованого стану у зонах концентрації на поверхні компонентів

підп'ятника. Значення напружень та переміщень в критичних зонах задовольняють вимогам щодо допустимих рівнів для обраного матеріалу конструкції у всіх режимах роботи підп'ятника. Використаний метод верифікації дозволив зменшити вплив локальних чисельних піків на інтерпретацію результатів та підвищити обґрунтованість оцінки напруженого стану в локальних зонах концентрації напружень.

Результатом проведених досліджень стала розроблена методика моделювання напружено-деформованого стану вузлів та елементів конструкцій підп'ятника на гідравлічних опорах, застосування якої на етапі проєктування дозволить забезпечити покращення експлуатаційних характеристик гідро-генераторів-двигунів при їх створенні та модернізації.

Практична значущість роботи підтверджена впровадженням у навчальний процес НАУ «ХАІ».

Загальні висновки висвітлюють основні отримані наукові результати, а також містять рекомендації щодо їх практичного застосування.

У додатках наведено перелік наукових публікацій здобувача за темою дисертації та акт впровадження результатів роботи в науково-методичний процес кафедри аерогідродинаміки Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут».

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 5 наукових публікаціях здобувача, з яких 3 – у фахових видання України, 2 – у журналі, що індексується у базі даних Scopus, та 1 тезах доповідей на міжнародній конференції.

Публікації Васильєва Олександра Олександровича мають високий науковий рівень, проходили рецензування та перевірку на унікальність згідно з умовами видавництва. Особистий внесок здобувача до поданих наукових публікацій є вагомим. Публікації охоплюють усі основні результати дисертаційного дослідження.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У першому розділі було б доцільно навести основні технічні вимоги, яким має відповідати підп'ятник, який розроблюється та досліджується.

2. У першому розділі наведено опис вібраційного стану гідрогенератора. Яким чином ці дані враховувалися при виборі конструкції підп'ятника та визначенні його параметрів при розрахунках?

3. На рисунках 1.5, 3.2, 3.3 наведено конструкцію розробленого підп'ятника та його елементів. При цьому спостерігається різниця у зовнішньому вигляді пружної камери. Це потребує пояснення.

4. У третьому розділі було б доцільно більш докладно навести обґрунтування вибору матеріалів для конструкційних елементів камери підп'ятника, які наведені у табл.3.1.

5. У розділі 4 було б доцільно більш детально описати методику розрахунків ресурсу пружної камери.

6. У розділі 4 оформлення назв таблиць 4.1-4.5 та підписи рисунків 4.1-4.6, 4.17, 4.22 не відповідає вимогам. Також у тексті дисертації є граматичні та пунктуаційні помилки.

Важливо відмітити, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значущість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Васильєва Олександра Олександровича на тему «Створення нових конструкцій підп'ятників гідрогенераторів вертикального типу з гідравлічною демпферною системою» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 Механічна інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Васильєв Олександр Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Офіційний опонент:

доцент кафедри «Електричний транспорт
та тепловозобудування»

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»,

канд. техн. наук, ст. наук. співроб., доцент

Євген РЯБОВ