

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента – кандидата технічних наук, доцента
Лисиці Олексія Юрійовича
на дисертаційну роботу Арефьєвої Марії Олександрівни
на тему «Методи підвищення вібростійкості та надійності
гідрогенераторів через вдосконалення конструкції
елементів ротора та хрестовини за критерієм власних частот»,
яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації

На сьогоднішній день в Україні гідроелектростанції дають вагомий частку електроенергії в енергомережу країни і є дуже важливим виробником енергії. Ресурс генераторного обладнання в більшості своїй вичерпаний або близький до цього, а з урахуванням постійних обстрілів енергосистеми питання забезпечення надійності роботи гідрогенераторів постають у ще більш важливому ключі.

Динамічна надійність опорної системи ротора визначає вібростійкість гідрогенератора, в цілому, а опорно-напрямна хрестовина, через яку навантаження від ротора передаються на фундамент і котра забезпечує просторову жорсткість конструкції є важливою ланкою гідрогенератора. Завдяки розвитку сучасних пакетів прикладних програм з'явилася можливість проведення більш точних розрахунків напружено-деформованого стану елементів гідрогенератора з метою виявлення шляхів подальшого підвищення їх надійності та вібростійкості.

Таким чином, розробка методів підвищення вібростійкості та надійності гідрогенераторів, які дозволяють проводити попередню аналітичну оцінку жорсткості елементів хрестовини, детальне тривимірне моделювання та подальше вдосконалення конструкції елементів ротора та хрестовини в нинішніх умовах є особливо актуальною задачею і має суттєве практичне значення.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Матеріали, викладені у дисертації Арефьєвої Марії Олександрівни, дозволяють зробити висновок про обґрунтованість та достовірність її наукових результатів. Це забезпечується використанням сучасних методів дослідження, зокрема, тривимірного комп'ютерного моделювання, класичних методів і моделей теорії пружності та механіки суцільних середовищ.

Достовірність отриманих результатів дисертаційної роботи була встановлена шляхом співвіднесення значень напружень в критичних точках хрестовини методом Hot Spot Stress.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

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.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Арефьєвої Марії Олександрівни відповідає Стандарту вищої освіти за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, а її результати свідчать про вагомий особистий внесок здобувачки у науковий напрям авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Можна зробити висновок, що дисертаційна робота Арефьєвої Марії Олександрівни є результатом самостійних досліджень здобувачки і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою, що відповідає особливостям стилю наукових досліджень з використанням правильних термінів і понять, характерних для стандартної фахової та наукової термінології. Дисертаційна робота є цілісною і в ній досягнуті тематична повнота та розкриття головної наукової ідеї автора. Подані в роботі наукові та практичні положення логічно викладені та достатньо обґрунтовані.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списків використаних джерел до кожного розділу і загальних висновків. Загальний обсяг дисертації складає 118 сторінок, з них 87 сторінок основного тексту, 64 рисунка по тексту, 8 таблиць по тексту, списків використаних джерел до кожного розділу, сумарно викладених на 8 сторінках.

У вступі автором обґрунтовано актуальність обраної теми дослідження, сформульовано мету і завдання дослідження, а також описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи та особистий внесок автора.

У **першому розділі** представлено огляд конструкцій хрестовин гідрогенераторів, проведено аналіз сучасних підходів до оцінювання вібраційного стану та проектування опорно-напрямних хрестовин, виділено ключові напрямки підвищення жорсткості хрестовин.

У **другому розділі** приведено аналітичну методику визначення жорсткості центральної частини хрестовини, лап і допоміжних елементів з урахуванням жорсткості підшипників і стійкості упорних домкратів. Представлено співвідношення для розрахунку прогинів і напружень, умову динамічної віддаленості власних частот опори від збуджувальних гармонік. Методика приведена для діючого гідрогенератора-двигуна підвісного виконання. За результатами аналізу вібраційних випробувань валопроводу та аналітичних оцінок встановлено недостатню жорсткість мостової верхньої хрестовини.

У **третьому розділі** приведено чисельний аналіз вібраційних характеристик хрестовини, результати тривимірного чисельного моделювання, де жорсткість вузлів підшипників задана граничними умовами. Представлено дослідження критичних частот обертання гідрогенератора-двигуна з існуючою конструкцією хрестовини та з модернізованою променевою. Підвищення вібростійкості досягнуто за критерієм власних частот шляхом удосконалення опорно-напрямної хрестовини з параметричним урахуванням масово-жорсткісних характеристик валопроводу, без геометричної зміни ротора. Після модернізації підтверджено підвищення першої критичної частоти до 26 Гц.

У **четвертому розділі** проаналізовано отримані результати дослідження напружено-деформованого стану хрестовини гідрогенератора. Верифікація представленої моделі проводилася шляхом співставлення отриманих результатів, а саме значень напружень в критичних точках хрестовини методом Hot Spot Stress у постановці лінійної поверхневої екстраполяції. Для характерних зон конструкції визначено геометричні (номінальні) напруження у контрольних точках та проведено їх порівняння з напруженнями, розрахованими методом тривимірного моделювання. За результатами верифікації встановлено, що номінальні напруження у характерних сталевих елементах модернізованої верхньої хрестовини не перевищують 30 МПа та є допустимими.

У **висновках** наведено підсумкові результати проведених у дисертації наукових досліджень, що узагальнюють висновки за кожним розділом.

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

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

За матеріалами дисертації опубліковано 7 статей, що реферуються в базі даних Scopus, в одних тезах науково-технічної конференції, в одній монографії та в одному патенті.

Наукові публікації здобувача містять опис наукових досліджень, проведених в рамках дисертаційного пошуку, аналіз сутності проблеми, методів і результатів проведених досліджень, а також обґрунтовані висновки. В наукових публікаціях здобувача не виявлено порушень принципів академічної доброчесності, висновки є оригінальними.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. В третьому розділі недостатньо розкрита математична модель розрахунку вібраційних характеристик опорних хрестовин та особливості чисельного моделювання критичних частот обертання гідрогенератора-двигуна.
2. В розділі 4 викликає сумніви правомірність використання збіжності за розміром елементів розрахункової сітки для верифікації результатів моделювання напружено-деформованого стану. Це було би краще трактувати в контексті обґрунтування вибору оптимальної розрахункової сітки.
3. З таблиці 4.2, де вказані параметри п'яти варіантів розрахункової сітки та результати розрахунку напружень в зварному з'єднанні, видно, що зі збільшенням кількості елементів сітки фактично лінійно зростає і значення напружень. В такій ситуації доцільно було би представити розрахунки принаймні ще для однієї сітки з більшим числом елементів, аби впевнитися, що подальше загушення сітки не є доцільним.
4. Мають місце деякі граматичні помилки (стор. 15, 59, 60, 62, 89). Зокрема, замість «досліджуємої» має бути «досліджуваної».

Вважаю, що приведені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів, не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Ареф'євої Марії Олександрівни на тему «Методи підвищення вібростійкості та надійності гідрогенераторів через вдосконалення конструкції елементів ротора та хрестовини за критерієм власних частот» 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 2022р. №44.

Здобувачка Арєфьєва Марія Олександрівна заслуговує на присвоєння ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Рецензент:

Кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри аерокосмічної теплотехніки
Національного аерокосмічного університету
«Харківський авіаційний інститут»

Олексій ЛИСИЦЯ