

РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу
Кобзаря Ігоря Володимировича
на тему «Збільшення надійності та подовження ресурсу
підп'ятників гідрогенераторів»,
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 вагому частку електроенергії в енергомережу країни і є дуже важливим виробником енергії. І якщо донедавна ГЕС виконували здебільшого допоміжну роль при пікових навантаженнях на мережу та для компенсації реактивної потужності, то зараз блоки гідроелектростанцій працюють в умовах маневрового режиму та частково замінюють теплогенерацію.

Оскільки маса генераторів дуже велика, то вузли, що сприймають вертикальні навантаження від ваги всього гідроагрегату, працюють у складних умовах і вимагають посиленого контролю на усіх стадіях розробки та експлуатації. Одним з таких елементів генератора є підп'ятник. За нинішніх умов роботи не завжди є можливість регламентувати роботу генераторів згідно технологічних інструкцій заводу-виробника, часто вимушено рішення про ввід агрегатів в роботу приймаються екстрено, в оперативному режимі, внаслідок чого вузли і, зокрема, підп'ятник, працюють у ще більш навантаженому стані, як у механічному, так і тепловому плані.

Температурні навантаження мають місце за рахунок виділення тепла в активному контурі і визначаються параметрами роботи системи примусової вентиляції. Задача ця комплексна і передбачає необхідність розгляду окремих підзадач, пов'язаних з визначенням термічного напруженого стану конструкцій, впливом температурних полів тощо.

Отже, існує нагальна потреба в розробці ефективних методів дослідження напружено-деформованого стану підп'ятника та оцінки його фактичного технічного стану. Така задача особливо в нинішніх умовах є дуже актуальною і має суттєве практичне значення.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Матеріали, викладені у дисертації Кобзаря Ігоря Володимировича, дозволяють зробити висновок про обґрунтованість та достовірність його наукових результатів. Вони забезпечуються використанням сучасних методів дослідження, зокрема, на основі методів тривимірного комп'ютерного моделювання, ефективних методів оцінки напружено-деформованого стану елементів конструкцій гідрогенераторів. На основі єдиної методології вирішена важлива науково-технічна проблема, що полягає у розробці ефективних методів дослідження напружено-деформованого стану елементів

конструкцій та вузлів гідрогенераторів. Отримані результати є теоретичною і практичною основою для інженерних розрахунків міцності елементів конструкцій генераторів великої потужності

Достовірність отриманих результатів дисертаційної роботи було встановлено шляхом їхнього порівняння з аналітичними розв'язками, що передусім використовуються при проєктуванні електричних машин, отриманими за класичними інженерними методиками, а також з даними експериментальних досліджень. Результати дисертаційної роботи використано на АТ "Українські енергетичні машини" (м. Харків) при проєктуванні нових та реконструкції існуючих елементів конструкцій гідрогенераторів, зокрема, для Дністровської ГАЕС, Дніпро ГЕС-2, Кременчуцької ГЕС та Середньодніпровської ГЕС.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше в розрахунках ураховано температури та всі навантаження, що впливають на період експлуатації гідрогенераторів та гідрогенераторів-двигунів.
2. Розроблено метод розрахунку напружено-деформованого стану опорних елементів (підп'ятників) гідрогенераторів великої потужності та проведено дослідження міцності дворядних підп'ятників жорсткого і гідравлічного типів за експлуатаційних навантажень.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Кобзаря Ігоря Володимировича повністю 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 здобувача у науковий напрям авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Можна зробити висновок, що дисертаційна робота Кобзаря Ігоря Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача 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, котра 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 із вступу, чотирьох розділів, висновків та списків використаних джерел до кожного розділу і загальних висновків. Загальний

обсяг дисертації складає 193 сторінок, з них 161 сторінки основного тексту, 133 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** проаналізовано світові тенденції розвитку генераторобудування та сучасного стану генеруючого обладнання в Україні, проведено огляд існуючих математичних моделей і методів розрахунків напружено-деформованого стану елементів конструкцій генераторів.

У **другому розділі** представлено загальну методологію міцнісного розрахунку вузлів і деталей гідрогенераторів великої потужності, яка враховує особливості роботи генератора і заснована на розв'язанні комплексу задач – термопружності, теплопровідності і газодинаміки – у межах єдиної методології, що пропонується. Показано, що існуючий математичний апарат дозволяє виконувати обчислення міцності, а наявна база скінчених елементів дозволяє з достатньо високою точністю отримати картину технічного стану елементів конструкції.

У **третьому розділі** представлено результати дослідження опорних вузлів гідрогенераторів великої потужності. Показано, що найбільш навантаженими елементами, які сприймають контактні навантаження, є жорсткі підп'ятники, а саме тарілки і опорні болти. Уточнено допустимі значення напружень у зоні контакту, що враховують особливості геометрії зони зіткнення тарілки з болтом. Для жорсткого підп'ятника встановлено, що максимальні значення напружень посередині зони контакту болта і тарілки істотно відрізняються від даних аналітичного розрахунку. Середні ж напруження в місці контакту узгоджуються з напруженнями, отриманими при аналітичному розрахунку, і не перевищують допустимих значень.

У **четвертому розділі** представлено результати дослідження напружено-деформованого стану диска підп'ятника гідрогенератора Середньодніпровської ГЕС потужністю 50 МВт з дефектами, які виникають у процесі тривалої експлуатації. Розглянуто типи внутрішніх та поверхневих дефектів, зазначено метод механічного розрахунку основних елементів, розглянуто основні причини виникнення вібрації, а також представлені методи для розрахунку і критерії стосовно вибору основних напружень. За результатами дослідження встановлено, що напруження на ділянці дефектів диска підп'ятника перевищують межу міцності матеріалу, а отримані напруження перевищують допустимі від межі плинності для обертових частин гідрогенераторів.

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

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 13 наукових праць, з яких 3 – це статті у наукових періодичних виданнях, які індексуються в SCOPUS та віднесені до другого квартилю (Q2) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank; 2 – це статті, що опубліковані в наукових періодичних виданнях інших держав; 3 – це патенти.

Основні положення дисертаційної роботи публікувались в виданнях за тематикою роботи (Динаміка і міцність корпусів та опорних елементів конструкції гідрогенераторів, вісник НТУ «ХПІ»; Методологія розрахунку гідрогенераторів в задачах міцності, вісник НТУ «ХПІ»; Підвищення ефективності гідроагрегатів при реконструкції ГЕС Дніпровського каскаду, «Гідроенергетика України»; Modeling of the Stress-Strain of the Suspensions of the Stators of High-Power Turbogenerators, The Methods of Three-Dimensional Modeling of the Hydrogenerator Thrust Bearing, Stress-Strained State of the Thrust Bearing Disc of Hydrogenerator-Motor, «Computation»; Studying and analysis of the thermally stressed state of the hydrogenator stator casings by methods of mathematical modeling, Finite element analysis of high load thrust bearings, «European Journal of Technical and Natural Science»; Аналіз напруженого стану елементів конструкції турбогенераторів потужністю 325 МВт, «Чернігівська політехніка»).

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 здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. У першому розділі недостатньо повно розкрито питання існуючих результатів моделювання теплогідрравлічних процесів в елементах генераторів, зокрема, із застосуванням сучасних розрахункових пакетів.

2. Другий розділ дисертації дещо перевантажений описом параметрів, характеристик та конструктивних особливостей гідрогенератора-двигуна. Натомість було би доцільним більшу увагу приділити математичному апарату та конкретизувати граничні умови.

3. Не зовсім є зрозумілою доцільність висновку, що результати розрахунку камери гідрравлічного підп'ятника за допомогою запропонованого методу і аналітичного методу, добре узгоджуються між собою (3.5 Висновки до третього розділу).

4. На шкалі тиску Рис. 3.18 єдиному значенню тиску (8967262,5 Па) відповідають різні кольори і неможливо візуально ідентифікувати значення тиску всередині камер підп'ятника.

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 здобувача ступеня доктора філософії Кобзаря Ігоря Володимировича на тему «Збільшення надійності та подовження ресурсу підп'ятників гідрогенераторів» 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.

Здобувач Кобзар Ігор Володимирович заслуговує на присудження 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
ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Олексій ЛИСИЦЯ