

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Місюри Сергія Юрійовича

«Аналіз напружено-деформованого стану, коливання кришок гідротурбін та їх оптимальне проектування», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин

Актуальність теми дисертаційної роботи. Гідравлічні турбоагрегати є важливою складовою енергетичного комплексу України. Надійна робота гідроагрегатів неможлива без глибокого аналізу міцності і динамічних характеристик елементів гідравлічних турбін. Кришки радіально-осьових та поворотне-лопатевих гідравлічних турбін є відповідальними елементами турбоагрегатів. Вони мають дуже складну конструкцію і в процесі експлуатації піддаються інтенсивним статичним і динамічним навантаженням. Створення надійної конструкції кришок неможливо без використання сучасних методів і засобів чисельного дослідження міцності і вібраційних характеристик конструкції з врахуванням її конструктивних особливостей й умов експлуатації.

Тому розробка уточнених методики дослідження динаміки та міцності кришок гідротурбін та оптимального проектування кришок з метою зниження їх маси являє собою актуальну науково-технічну задачу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відділі міцності та оптимізації конструкцій Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України відповідно до таких держбюджетних НДР: «Розробка ефективних методів визначення міцності та надійності елементів проточної частини гідротурбін на підставі механіки деформованого тіла, фізичного та математичного моделювання течії рідини»; «Розробка теоретичних основ та методів оцінки напружено-деформованого стану, оптимізації та обґрунтування безпечного терміну експлуатації конструктивних елементів об'єктів підвищеної небезпеки в енергетиці, транспорті та хімічній промисловості»; «Розробка нових методів та засобів діагностування енергетичних машин та підвищення їх міцності та працездатності»; «Дослідження міцності та вібрацій відповідальних елементів конструкцій гідроагрегатів»; «Аналіз міцності об'єктів енергетики, нафтохімічної та аерокосмічної промисловості з урахуванням попередньо напруженого стану».

Обсяг, структура і зміст роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 190 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 134 сторінок, з них 110 сторінки основного тексту, 2 додатки на 3 сторінках, 78 рисунків та 13 таблиць.

У вступі автор обґрунтовує актуальність обраної теми, ставить мету і завдання дослідження, а також приводить дані з апробації роботи, її зв'язок з науковою тематикою, та особистий внесок в публікаціях.

У першому розділі розглядається сучасний стан питання – виконується аналіз підходів до дослідження напруженого стану, динамічних властивостей та оптимального проектування складних просторових конструкцій. Переважна більшість публікацій присвячена використанню метода скінчених елементів, але розрахунок кришок гідротурбін потребує більш повного урахування реальних умов експлуатації, а також попередньо напруженого стану та об'єму води під кришкою. Потребує розвитку і проблема оптимального проектування кришок по критеріям мінімізації маси та максимальних еквівалентних напружень. На основі аналізу літературних джерел проведено обґрунтування цілей роботи і шляхів вирішення поставлених завдань.

Другий розділ присвячено розробці скінчено-елементних моделей кришок, які є достатньою точністю враховують основні конструктивні особливості конструкції та дають можливість моделювати комплекс зовнішніх навантажень. Суттєво заощадити ресурси ЕОМ та час розрахунків дозволило урахування циклічної симетрії конструкцій кришок. Для цього побудовані моделі секторів, з яких складається досліджуваний об'єкт, а на границях секторів сформульовані умови циклічної симетрії. Здебільшого, кришка складається з тонкостінних деталей, що дозволяє застосовувати теорію тонких пластин і оболонок. При скінчено-елементному моделюванні використовується трикутний пружний оболонковий скінченний елемент. Можливості розробленої методики перевірено на тестовому прикладі - розрахунку круглої пластини з радіальними ребрами. Результати розрахунків порівнюються з аналітичними рішеннями та експериментальними даними. Перевірка свідчить про достовірність результатів, які отримані за допомогою розробленого автором підходу.

На основі розробленої методики проведено аналіз напруженого стану кришок радіально-осьової та поворотне-лопатевої гідротурбіни.

У третьому розділі розроблено методику визначення частот і форм власних коливань кришки, яка моделюється як складна просторова тонкостінна конструкція.

На тестових прикладах визначення частот і форм власних коливань кінцевої та циліндричної оболонок з водою перевірено можливості методики. Чисельні результати порівнювалися з аналітичними результатами і експериментальними даними. Встановлено їх добре узгодження, що свідчить про достовірність результатів, які отримані на основі розробленої методики. На тестовому прикладі визначення частот власних коливань циліндричної оболонки, яка перебуває під дією внутрішнього тиску, досліджені можливості методики виявлення впливу попередньо напруженого стану конструкції на частоти.

З використанням розробленої методики проведено комплексне дослідження впливу на частоти коливань кришок гідротурбін інерційних сил від маси обладнання, яке розташовано на кришці, попередньо напруженого стану, що виникає від тиску води, та врахування об'єму води, що знаходиться під кришкою.

Четвертий розділ присвячено оптимальному проектуванню кришок гідравлічних турбін. Використано градієнтний метод з чисельним розрахунком градієнта цільової функції. Вирішення задач аналізу напруженого стану на кожному кроку проведено за допомогою розробленою методики.

Суттєве зниження маси кришки вдалося досягнути при вирішенні задачі масової оптимізації. Параметрами, що варіюються в процесі оптимізації, були товщини елементів конструкції. Обмежувалися мінімальні значення товщин і максимальні значення напружень.

Знайдено оптимальну форму отвору в ребрі жорсткості кришці радіально-осьової гідротурбіни. В якості цільової функції розглянуто максимальне еквівалентне напруження на контуре отвору з конструктивними обмеженнями.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, достовірність основних результатів.

На основі детального аналізу стану проблеми здобувач зробив обґрунтований висновок про актуальність розвитку сучасних методів і засобів чисельного дослідження міцності і вібраційних характеристик кришок гідротурбін на різних режимах експлуатації.

Достовірність отриманих результатів забезпечена використанням апробованих методів розв'язання крайових задач теорії пружності, фізично обґрунтованих моделей конструкцій, доброю кореляцією теоретичних результатів, які отримані в роботі, з наведеними в літературних джерелах експериментальними і теоретичними даними.

Висновки про вплив об'єму води, що враховується в розрахунку, а також про вплив попередньо напруженого стану, що виникає від тиску води, на частоти гідро пружних коливань, обґрунтовані детальними чисельними дослідженнями.

Основні висновки дисертаційної роботи логічне впливають із аналізу виконаних досліджень і достатньо обґрунтовані їх результатами.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи здобувача полягає в розробці методики розрахунку напруженого стану і визначення частот і форм власних коливань кришок гідротурбін, що моделюються як складні просторові тонкостінні конструкції. Методика дозволяє враховувати вплив попередньо напруженого стану від тиску води і ваги обладнання, що розташовано на кришці.

До нових наукових результатів можливо віднести постановки задач оптимізації. По-перше це задача мінімізації маси кришки, де параметрами, що варіюються в процесі оптимізації, є товщини елементів конструкції, а обмежувалися мінімальні значення товщин і максимальні значення напружень в елементах. По-друге це задача, де мінімізуються максимальні напруження, що виникають в радіальному ребрі. При цьому в процесі пошуку оптимуму змінюється форма отвору. Як параметри, що варіюються в процесі оптимізації, обрані параметри кривої, яка визначає форму отвору.

Практична цінність дисертаційної роботи. Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони вже використані для аналізу статичної міцності, розрахунку власних частот, а також оптимізації кришок гідротурбін у ВАТ «Турбоатом» та ТОВ «Харківтурбоінжиніринг». Практична цінність підтверджена актами про впровадження її результатів у виробництво. Розроблені методики можуть бути використано в організаціях, що проектують і виготовляють гідротурбіни.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях.

Основні результати опубліковано в 24 наукових працях, у тому числі у 8 статтях

фахових видань України, 1 стаття у виданнях інших держав, 6 статей, що включені до науко метричних баз, і 11 – тез та доповідей на міжнародних конференціях.

Зауваження по дисертації.

1. При побудові дискретних моделей кришок використано трикутний пружний оболонковий скінченний елемент з трьома вузлами. Оболонковий елемент має достатню точність для визначення частот і форм власних коливань кришок, напруженого стану тонкостінних деталей. Але в зонах стиковки пластин з масивним кільцем може виникнути локальна концентрація напружень. Детальний аналіз таких перехідних зон потребує використання просторових скінченних елементів.
2. При моделюванні гідро пружних коливань використано модель рідини, яка вважається стисливою і нев'язкою. Але в роботі не приведено кількісних даних по об'ємному модулю пружності, та його залежності від температури та тиску.
3. В четвертому розділі дуже стисло описано алгоритм пошуку оптимального проекту. Бажано було викласти методику приведення задачі с обмеженнями к безумовній оптимізації, подробиці реалізації крокової процедури, пошуку глобального екстремуму.

Заключна оцінка дисертаційної роботи.

Дисертація Місюри Сергія Юрійовича «Аналіз напружено-деформованого стану, коливання кришок гідротурбін та їх оптимальне проектування», є закінченою науково-дослідною роботою, що містить наукові положення, які можна розглядати як вирішення важливої наукової задачі. Результати роботи повністю відповідають паспорту спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Дисертація відповідає спеціальності 05.02.09 - динаміки та міцності машин і вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, а її автор, Місюра Сергія Юрійовича, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Офіційний опонент, завідувач кафедри

динаміки і міцності машин

Національного технічного університету «ХПІ»,

доктор технічних наук, професор

Г. І. Львов

