

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

асистента кафедри загальної механіки і динаміки машин

Сумського державного університету

Павленка Івана Володимировича

«Підвищення надійності автоматичних урівноважуючих пристроїв

відцентрових машин»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

зі спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин

Багатоступінчаті високонапірні відцентрові машини широко застосовуються в усіх галузях промисловості. Для них характерним є підвищення робочих параметрів (подач, тисків, швидкостей) і, відповідно, енергоємності. Як наслідок, до проектування, виготовлення і експлуатації сучасних відцентрових насосів і компресорів висуваються підвищені вимоги.

На ротори відцентрових машин, окрім радіальних сил і моментів, діють значні осьові сили. Для врівноваження осьових сил часто використовуються розвантажувальні поршні. Вони не забезпечують стабільного осьового положення ротора, що призводить до необхідності встановлення двосторонніх упорних підшипників. Для запобігання або зменшення витоків робочої рідини в атмосферу застосовується буферне середовище, що подається до порожнини за розвантажувальним поршнем. Витоки цього середовища обмежуються кінцевими ущільненнями, зокрема, шпаринними ущільненнями з плаваючими кільцями або механічними торцевими ущільненнями. Застосування упорних підшипників і складної системи кінцевих масляних ущільнень призводить до ускладнення системи розвантаження, зниження її надійності та економічності.

Одним із способів врівноваження осьових сил є використання автоматичних врівноважуючих пристроїв. Ці пристрої допускають можливість осьових коливань ротора, що впливають на загальний вібраційний стан машини. Достовірний розрахунок вібраційного стану реальної відцентрової машини практично неможливий без урахування імовірнісного характеру визначальних параметрів.

У зв'язку з вищезазначеним, дисертаційна робота І. В. Павленка, присвячена підвищенню надійності та герметичності багатоступінчатих відцентрових машин за рахунок використання запірно-врівноважуючих пристроїв, є актуальною та своєчасною.

Наукова новизна дисертаційної роботи обумовлюється новими результатами теоретичних досліджень:

а) створена математична модель процесів, що перебігають у запірно-врівноважуючому пристрої з регулятором перепаду тиску для різних режимів руху середовища;

б) розвинений метод розрахунку характеристик автоматичних систем осьового урівноваження роторів багатоступінчатих відцентрових машин та вперше отримані вирази для статичної, витратної і амплітудних частотних характеристик запірно-врівноважуючого пристрою, а також визначені умови забезпечення надійної роботи системи «ротор – гідроп'ята – регулятор перепаду тиску»;

в) визначені математичні очікування, середньоквадратичні відхилення та довірчі області статичних і динамічних характеристик запірно-врівноважуючого пристрою;

г) реалізований метод уточнення параметрів автоматичних систем осьового урівноваження методами теорії оцінювання нелінійних систем.

Практичне значення дисертаційної роботи знаходить своє підтвердження у результатах розв'язання задач, пов'язаних з дослідженням статичних і динамічних характеристик автоматичних систем осьового урівноваження. Так, у результаті досліджень здобувачем вирішена

проблема підвищення надійності систем авторозвантаження за рахунок застосування запірно-врівноважуючого пристрою. У результаті створена комп'ютерна програма розрахунку на основі методик статичного, динамічного та ймовірнісного розрахунків запірно-врівноважуючого пристрою ротора багатоступінчатих відцентрових машин, а також методики уточнення параметрів автоматичних систем осьового урівноваження роторів методами теорії оцінювання. Практичне значення дисертації також підтверджується актами впровадження результатів у процес розробки та модернізації відцентрових машин у ВАТ «Науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут атомного та енергетичного насособудування «ВНДІАЕН», ПАТ «Сумське машинобудівне НВО ім. М.В.Фрунзе», а також у навчальний процес у Сумському державному університеті.

Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, перелік використаних джерел із 120 найменувань та 2 додатки. Повний обсяг дисертації становить 176 сторінок, 63 рисунки та 7 таблиць.

Вступна частина присвячена обґрунтуванню актуальності теми дисертації, формулюванню мети та постановці задач наукового дослідження. Здійснений опис публікацій за темою дисертації та апробація результатів. Вказані положення, що мають наукове та практичне значення. Зазначені методи дослідження та наведена загальна характеристика роботи.

Перший розділ присвячений проблемі урівноваження осьових сил, що діють на ротори відцентрових машин. Зокрема, описані сучасні пристрої осьового урівноваження, що є системами автоматичного регулювання. Проаналізовані методи визначення характеристик автоматичних систем осьового урівноваження роторів багатоступінчатих відцентрових машин. За заданою імовірністю безвідмовної роботи визначено напрацювання до відмови автоматичних систем осьового

урівноваження в області допустимих значень торцевого зазору і витоків робочого середовища.

У другому розділі створена математична модель процесу врівноваження сумарної осьової сили, що діє на ротор багатоступінчатих відцентрових машин, новою конструкцією автоматичної системи осьового урівноваження – запірно-врівноважуючим пристроєм. Цей пристрій одночасно виконує функції осьового гідростатичного підшипника і комбінованого кінцевого ущільнення. Математична модель враховує наявність регулятора перепаду тиску і різні режими руху рідин і газів. У результаті теоретичних досліджень визначені статичні і витратні характеристики запірно-врівноважуючого пристрою, встановлені власні частоти осьових коливань, наведені умови забезпечення динамічної стійкості системи. Розроблені методики розрахунку запірно-врівноважуючих пристроїв багатоступінчатих відцентрових насосів і компресорів, що дозволяють встановити залежності між тиском нагнітання, витратами середовища і величиною торцевого зазору, а також кутовою частотою і амплітудою коливань ротора.

Третій розділ присвячений імовірнісним розрахункам запірно-врівноважуючого пристрою роторів відцентрових машин методами статистичного моделювання з урахуванням випадкової зміни фізичних і геометричних параметрів. У результаті числових розрахунків побудовані математичні очікування і середньоквадратичні відхилення, а також довірчі області статичної, витратної та амплітудної частотної характеристик системи «ротор – гідропр'ята – регулятор перепаду тиску».

У четвертому розділі наведені результати експериментальних досліджень автоматичних систем осьового урівноваження, отримані у проблемній лабораторії гермомеханіки та вібродіагностики відцентрових машин Сумського державного університету. Побудовані статичні і витратні характеристики та розподіл тиску по радіусу торцевого дроселя,

що дозволяють визначати коефіцієнти гідравлічних втрат та оцінювати параметри автоматичної системи осьового урівноваження.

У висновках дисертаційної роботи відображені основні положення і результати, що мають наукову новизну та практичну значущість.

Дисертаційна робота має наступні недоліки:

1. Перший розділ дисертації містить діаграми несправностей відцентрових машин і причин, що спричинили ушкодження автоматичних систем осьового урівноваження. При цьому не вказані стандарти, дотримання яких є обов'язковим при проектуванні відповідного обладнання.

2. У другому розділі створена математична модель, що описує осьові коливання ротора відцентрової машини, у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь 8-го порядку. Подальші дослідження цієї системи виконані із застосуванням методу лінеаризації. За таких умов недоцільним є використання методів Булірша-Штера і Рунге-Кутта, зазначених у вступній частині серед переліку методів дослідження.

3. У п. 2.3.4 при дослідженні вільних коливань системи «ротор – гідроп'ята – регулятор перепаду тиску», що описуються диференціальним рівнянням (2.97) високого порядку, не вказані вирази для постійних коефіцієнтів $a_0 \dots a_8$, як це виконано для спрощеної системи (2.67).

4. У третьому розділі при побудові довірчих областей характеристик запірно-врівноважуючого пристрою не вказаний коефіцієнт варіації.

5. У четвертому розділі наведена методика оцінювання параметрів автоматичної системи осьового урівноваження ротора, що реалізується із застосуванням переходу до квазілінійної моделі. При цьому не наведено порівняння з результатами, отриманими при нелінійному оцінюванні.

Вищезазначені зауваження не зменшують значущості дисертаційної роботи, загальна оцінка якої є позитивною. Загалом, дисертація І. В. Павленка є завершеною роботою, яка має наукову новизну і

практичне застосування, що підтверджується відповідними актами впровадження. Основні результати наукових досліджень здобувача опубліковані у наукових журналах, що входять до переліку фахових видань України, та у закордонних виданнях, а також доповідались на конференціях, симпозиумах і семінарах. Структура і зміст автореферату відповідають структурі та змісту рукопису дисертації.

У цілому, дисертація Павленка Івана Володимировича виконана на високому науково-технічному рівні та відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» і паспорту спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин, а здобувач заслуговує на присудження наукової ступені кандидата технічних наук зі спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Доцент кафедри електротехнічних
систем в АПК та фізики
Сумського національного
аграрного університету,
кандидат технічних наук



Шийко О. М.

18 вересня 2014 р.

