

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Авдєєвої Олени Петрівни

«Об'єктно-орієнтована комплексна оптимізація проточної частини потужних парових турбін»»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки

Актуальність теми дисертації. Парові турбіни є невід'ємною складовою енергетичного обладнання, що генерують 60% світового видобутку електроенергії. Підвищення їх ефективності дозволяє збільшити видобуток електроенергії та зменшити витрату корисних копалин. Саме тому вирішення цієї задачі на етапі попереднього проектування за допомогою використання сучасних технологій автоматизованого проектування, зокрема, об'єктно-орієнтованого підходу та сучасних оптимізаційних методів є дуже важливим.

Слід зазначити, що парова турбіна є достатньо складним інженерним об'єктом, тому ефективність її окремих елементів суттєво впливає на їх взаємодію та спільну роботу. Моделювання термогазодинамічних процесів таких об'єктів варто проводити з урахуванням взаємного зв'язку їх складових та об'єктно-орієнтованого підходу.

У зв'язку з цим дисертаційна робота Авдєєвої О.П., що присвячена вдосконаленню та створенню нових проточних частин потужних парових турбін відповідає сучасним вимогам і є безперечно актуальною.

Актуальність теми роботи підтверджується так само й тим, що вона пов'язана з виконанням держбюджетної теми «Фундаментальні наукові дослідження проблем оптимізації термогазодинамічних процесів турбомашин в інтегрованому інформаційному просторі» (ДР № 0109U002389, 2009-2011 рр.) і госпдоговірних робіт з ПАТ «Турбоатом» (м.Харків): «Багатопараметрична оптимізація конструктивних і термогазодинамічних параметрів проточної частини ЦВД турбіни К-220-44-2М АЕС «Ловіса» (Фінляндія) при виконанні модернізації», «Багатопараметрична оптимізація конструктивних і термогазодинамічних

параметрів проточної частини турбіни (ЦВТ) К-330-23,5 виробництва ВАТ «Турбоатом», «Багатопараметрична оптимізація конструктивних і термогазодинамічних параметрів проточної частини ЦВТ турбіни К-540-23,5 при виконанні модернізації».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, їх достовірність і новизна, повнота їх викладу. У дисертаційній роботі Авдєєвої О.П. наукові положення і висновки засновані на глибокому аналізі опублікованих робіт, виконаних дослідниками в різні роки, і одержаних в дисертації теоретичних і практичних результатах. Коректно поставлені задачі відповідають об'єкту, предмету, меті і методам дослідження. Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок математичних задач, застосуванням стандартних процедур математичного аналізу й методів математичної фізики, відповідністю змісту математичних конструкцій фізичній суті описуваних процесів. Достовірність оцінки втрат у проточній частині турбіни підтверджена шляхом багаторазового порівняння чисельних результатів розрахунків з експериментальними даними, отриманими на кафедрі турбінобудування НТУ «ХП». Наукові результати здобувача успішно використані під час створення вдосконаленої конструкції проточної частини потужної парової турбіни К-310-240.

Теоретичні аспекти дисертації базуються на фундаментальних положеннях теорії газодинаміки, термодинаміки та теорії систем автоматизованого проектування. Для визначення впливу геометричних параметрів проточної частини на її робочі характеристики використовуються методи математичного моделювання течії робочого тіла в проточній частині і її елементах; чисельні рішення систем алгебраїчних рівнянь здійснюється методом сполучених градієнтів Флетчера-Ривса. Тривимірне комп'ютерне моделювання використовується для дослідження тривимірної течії в камері за регулюючим ступенем, в міжвінцевому зазорі регулюючого ступеня та в міжлопатевому просторі парової турбіни. Оптимальна конструкція турбіни визначається з використанням методів теорії планування експерименту, комбінаторних алгоритмів, точок ЛПт послідовностей, а також

методів динамічного програмування.

До основних нових наукових положень представленої дисертаційної роботи правомірно віднести:

– вперше розроблено методологію об'єктно-орієнтованої комплексної оптимізації проточної частини потужних парових турбін з урахуванням конструктивних, технологічних і функціональних обмежень, впровадження якої в САПР «Турбоагрегат» дозволяє створити нові або модернізувати існуючі проточні частини парових турбін;

– вперше для типової камери за регулюючим ступенем розроблена методика визначення втрат тиску при взаємному впливі конструктивних та режимних параметрів, застосування якої дає можливість врахувати всі втрати в проточній частині парової турбіни;

– дістало подальшого розвитку математична модель газодинамічних процесів моделювання спільної роботи системи соплового паророзподілу, вирівнюючої камери та багатоциліндрової проточної частини турбоагрегату;

– вперше вирішена задача комплексної оптимізації проточної частини потужної парової турбіни і одержані нові дані по взаємному впливу елементів турбіни на її оптимальні характеристики, що дозволяє виявляти та оцінювати якісні та кількісні показники.

Розроблена здобувачем методологія об'єктно-орієнтованої комплексної оптимізації проточної частини потужних парових турбін дозволяє проектувати нові та модернізувати існуючі парові турбіни, що скоротить паливні ресурси. Наведені результати застосування даної методології на прикладі турбіни К-310-240 показали, що використання розробленої методології дозволяє збільшити потужність турбіни на 3,179 МВт, а абсолютний ККД циклу – на 0,83% Відносно прототипу. Розроблено рекомендації щодо вибору методу оптимізації парової турбіни.

Науково обґрунтовані результати та висновки, завершеність і логічна побудова роботи, дозволяють зробити висновок, що дисертаційна робота виконана на достатньому науково-технічному рівні.

Основні положення та результати досліджень за темою дисертації

доповідалися на 6 міжнародних та 1 всеукраїнської науково-технічних конференціях. Матеріали дисертації відображені в 10 наукових публікаціях, з них 4 – у наукових фахових виданнях України (3 входять до міжнародних наукометричних баз даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA) та Google Scholar), 5 – у матеріалах науково-технічних конференцій. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Оцінка змісту дисертації та автореферату.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновку, списку використаних джерел інформації і 8 додатків. Повний обсяг дисертації складає 202 сторінки, серед них 45 рисунків за текстом і 8 рисунків на 5 окремих сторінках, 25 таблиць за текстом, списку використаних джерел інформації з 111 найменувань на 13 сторінках, 8 додатків на 38 сторінках.

У додатках представлені акти впровадження основних результатів роботи на підприємстві ПАТ «Турбоатом» і в навчальному процесі НТУ «ХП».

Дисертаційна робота є закінченою науково-дослідною роботою, яка викладена технічно грамотною мовою з використанням сучасної технічної термінології. Оформлення дисертації відповідає діючим вимогам нормативних документів.

У **вступі** викладено загальну характеристику роботи. Сформульовано і обґрунтовано мету та завдання досліджень, їх об'єкт, предмет і методи досліджень. Наведено наукову новизну роботи та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, апробація роботи, публікації за темою дисертації. Структура вступу відповідає рекомендаціям нормативних документів.

У **першому розділі** широко представлено і достатньо глибоко опрацьовано доступна література по темі дисертації та наведено аналіз основних принципів побудови і тенденцій розвитку сучасних програмних комплексів, а також існуючих методів і алгоритмів оптимального проектування складних технічних систем.

Висвітлено основні проблеми, які виникають при проектуванні проточних частин парових турбін. Розглянуті існуючі математичні моделі термогазодинамічних процесів в елементах проточної частини парової турбіни,

методи пошукової оптимізації, системи автоматизованого проектування в турбінобудуванні, а також проблеми врахування багатокритеріальності.

Виконано аналіз, який дозволив здобувачу достатньо обґрунтовано зробити висновок про актуальність теми дисертаційних досліджень і сформулювати мету та задачі досліджень.

У другому розділі представлено розроблена здобувачем методологія об'єктно-орієнтованої комплексної оптимізації проточної частини потужних парових турбін в єдиному інтегрованому інформаційному просторі САПР «Турбоагрегат». Методологія призначена для створення нових або модернізації існуючих проточних частин потужних парових турбін. Автором наведено алгоритм та опис, розробленої методології.

У третьому розділі викладені математичні моделі, які були застосовані при реалізації розробленої методології. Дістала подальшого розвитку математична модель термогазодинамічних процесів моделювання спільного розрахунку системи соплового паророзподілу, камери за регулюючим ступенем та багатоциліндрової проточної частини турбоагрегату, що заснована на принципах об'єктно-орієнтованого підходу та являються складовими елементами єдиного інтегрованого інформаційного простору САПР «Турбоагрегат».

У четвертому розділі автор вперше розрахунковим шляхом виявив факт взаємного впливу конструктивних та режимних параметрів на втрати тиску в камері за регулюючим ступенем. Також наведені результати досліджень визначення коефіцієнта втрат і кута виходу потоку робочого тіла з решітки від величини підрізки вихідної кромки, а також оцінено вплив зміни міжвінцевого зазору і схеми подачі робочого тіла до сегментів направляючого апарату на ефективність регулюючого ступеня з використанням методів обчислювальної гідродинаміки.

П'ятий розділ присвячено комплексній оптимізації парової турбіни К-310-240 на номінальному режимі за різними цільовими функціями двома підходами. Автор ретельно проаналізував отримані результати та зробив висновки та рекомендації щодо використання того чи іншого підходу.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і

достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Основним результатом роботи є методологія об'єктно-орієнтованої комплексної оптимізації проточної частини потужних парових турбін. Відповідно до цієї методології, проточна частина парової турбіни представляється як багаторівнева та різнооб'єктна система. На кожному рівні і об'єкті виділяються свої параметри, що оптимізуються, функціональні обмеження та критерії якості. У таких завданнях однією з найважливіших проблем є забезпечення узгодженості критеріїв якості, які використовуються на кожному рівні та об'єкті. Нажаль цьому питанню приділено недостатньо уваги.

2. У третьому розділі описані математичні моделі термогазодинамічних процесів в проточній частині парової турбіни. Однак в дисертації автором ніде не вказано яким чином були отримані математичні моделі одномірної течії робочого тіла в системі соплового паророзподілення.

3. В описі проведеного дослідження визначення втрат тиску в камері за регулюючим ступенем слід було б підкреслити універсальність отриманої залежності.

4. В п'ятому розділі не вказана максимальна кількість геометричних параметрів, що є варійованими. Чи існують обмеження на кількість параметрів, що оптимізуються при використанні розробленого алгоритму? До кінця не зрозуміло на якому етапі і як виконувалось звуження діапазонів варійованих параметрів.

5. Розрахунковим шляхом отримана конструкція К-310-240 з поліпшеними показниками ефективності, за допомогою розробленої методології, тому можна рекомендувати здобувачу продовжити роботу, виконавши оптимізацію іншої потужної парової турбіни.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Авдєєвої Олени Петрівни «Об'єктно-орієнтована комплексна оптимізація проточної частини потужних парових турбін» за своїм

змістом відповідає паспорту спеціальності 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій одержані науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, що в сукупності є значущими для розвитку турбінобудування.

Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника”, щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Авдеєва Олена Петрівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.16 – турбомашини та турбоустановки.

Офіційний опонент
 головний конструктор парових турбін
 Публічного акціонерного товариства
 «Турбоатом»,
 кандидат технічних наук



В.Л. Швецов

