

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Гетало Віктора Валерійовича

«Вдосконалення систем редукування тиску шляхом використання струминно-реактивних пневмоагрегатів»,

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмоагрегати

Актуальність теми. В основних положеннях документа «Енергетична стратегія України на період до 2030 року» передбачено зменшення залежності нашої країни від імпорту енергоресурсів шляхом здійснення активної політики енергозбереження. Реалізувати цю політику, як багато хто вважає, можна за рахунок використання вторинних енергоресурсів, яких величезна кількість в різних технологічних процесах промислових галузей.

У газовій, хімічній та інших галузях промисловості для зниження тиску газу в технологічних процесах використовуються в основному найпростіші пристрої: регулятори тиску, дросельні шайби. Больш ефективними, ніж дроселюючі пристрої, є утилізуючі системи, що базуються на турбодетандерних агрегатах (ТДА). Дані системи забезпечують одночасно зниження і регулювання тиску газу при його розширенні, та отримання механічної енергії на валу з можливістю використання для приводу різного динамічного обладнання, частіше генераторів електроенергії. В даний час для дроселювання потоків з енергією понад 1000 кВт розроблені високоефективні турбодетандерні пристрою. Діапазон потужностей до 1000 кВт на даний момент потребує розвитку.

З точки зору вирішення проблеми енергозбереження очевидно, що широке застосування ТДА потужністю до 1 мВт, в тому числі в процесі реконструкції та модернізації існуючих систем дроселювання актуально. Широкомасштабне впровадження турбодетандерних утилізаційних систем доцільне лише на основі рішень, які забезпечують реконструкцію існуючих систем зниження тиску, причому з терміном окупності не більше 3-х років.

З урахуванням викладеного, в якості однієї з альтернатив лопатковим розширювальним машинам для малих ТДА (потужністю до 200 ... 500 кВт) можна використовувати струминно-реактивну машину (СРМ). СРМ проста по конструкції і може бути освоєна малими машинобудівними підприємствами. Освоєння та впровадження у виробництво струминно-реактивних машин і пневмоагрегатів дозволяє вирішити проблему енергозбереження шляхом використання вторинних енергоресурсів потужністю до 200 ... 500 кВт.

Вищевикладене визначає актуальність дисертації Гетало В.В., оскільки вирішує задачу енергозбереження дроселюючих потоків малої потужності з окупністю до 3-х років.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Наукові положення, що виносяться на захист, є достатньо обґрунтованими. Представлені висновки та рекомендації автор формулює на основі логічного аналізу отриманих даних з урахуванням закономірностей термогазодинаміки.

Нові наукові результати, отримані автором у галузі удосконалення систем редукування тиску та використання надлишкового тиску газу полягають в наступному:

- отримала подальший розвиток математична модель робочого процесу струминно-реактивної машини, адекватність якої підтверджена результатами експериментальних досліджень;

- визначено характер впливу основних геометричних параметрів на ефективність струминно-реактивної машини, отримані оптимальні значення відношення площин критичних перерізів підвідного і тягових сопел;

- виявлена зона хвильової кризи на профілях тягових консолей при дослідженні робочих характеристик промислового зразка пневмоагрегату ТДА-СРТ-100/130-5,5/0,6ВРД та розроблено рекомендації по виключенню його роботи в нестійкою зоні;

- автор за допомогою програмно-обчислювальних комплексів досліджував потік газу в струминно-реактивному пневмоагрегаті, в тому числі і з урахуванням опору при обертанні ротора в середовищі в'язкого газу в умовах роботи на газорозподільчій станції.

Вважаю, що ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації відповідає вимогам до дисертаційним роботам.

Практична цінність отриманих результатів полягає в наступному:

- встановлено, що основним геометричним співвідношенням, що визначає ефективність роботи струминно-реактивної машини є співвідношення площин критичних перерізів підвідного і тягових сопел;

- визначено зони стійкої роботи струминно-реактивної машини без хвильового кризи, що дозволяє виключити втрати потужності на додатковий опір. Розроблена методика визначення зони хвильового кризи підтверджена розрахунками та експериментами.

Також автором розроблена методика проведення досліджень течії газу в струминно-реактивному пневмоагрегаті за допомогою сучасних програмних комплексів.

Результати дисертаційної роботи впроваджені на підприємстві ТОВ «Укрнафтозапчастина» при проектуванні струминно-реактивних агрегатів і в навчальний процес Сумського державного університету.

Публікації основних результатів, оцінка змісту дисертації та автореферату. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 10 статей, 7 з яких опубліковані в спеціалізованих журналах, затверджених Міністерством освіти і науки України, а 3 - в зарубіжних виданнях. Структура викладу матеріалу в авторефераті відповідає встановленим вимогам. Основні положення дисертації викладено в авторефераті логічно, послідовно і ясно. Зміст автореферату відображає суть дисертації. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи становить 150 сторінок. Дисертаційна робота містить 40 рисунків, 10 таблиць, 4 додатки і список використаних джерел у кількості 136 найменувань на 15 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульована мета і завдання для її досягнення, викладена наукова новизна і практична цінність отриманих результатів.

У першому розділі представлено огляд стану проблеми енергозбереження на сьогоднішній день, про що свідчить створення різних програм з підвищення енергоефективності, оптимізації енергоспоживання, раціонального використання енергоресурсів у всьому світі.

Величезний потенціал для вирішення проблеми енергозбереження закладений в утилізації вторинних енергоресурсів. В Україні актуальним є питання використання потенційної енергії надлишкового тиску газу і пару у всіх галузях промисловості, особливо в газовій та хімічній. Враховуючи, що спостерігається безперервне збільшення споживання газу в світі, а також підвищені екологічні вимоги до діючих і створюваних енергетичних об'єктів, автор приходять до висновку про необхідність розробки і впровадження утилізуючих установок потужністю до 200...500 кВт в різних галузях промисловості.

У роботі автор піднімає проблеми газової промисловості, зокрема газорозподільчих станцій і пунктів, де перспективним є створення струминно-реактивних пневмоагрегатів потужністю до 200 ... 500 кВт, які дозволять перетворити ексергію стислих газів в електроенергію. Це дає можливість ефективно виробити додаткову енергію. Оскільки існуючі ТДА малої потужності неефективні, тому дроселюючі потоки до 200 ... 500 кВт нині дозволять агрегатам з СРМ зайняти цю нішу.

Проведений літературний огляд з даної проблеми є достатнім для визначення мети і завдань дослідження.

Другий розділ присвячений аналізу та вдосконаленню математичної моделі течії газу в проточній частині струминно-реактивної розширювальної машини. Автор застосував теорію адіабатної течії газу в трубі з урахуванням тертя та обґрунтував, що з енергетичної точки зору для течії в газовому тракті з

обов'язковою надзвуковою швидкістю на вході оптимальним є потік з розташуванням стрибка ущільнення безпосередньо після входу. При цьому втрати повного тиску будуть найменшими, що досягається при певних співвідношеннях конструктивних параметрів газового тракту. Проведений аналіз зміни коефіцієнта стиснення для пневмоагрегату в умовах роботи на ГРС і доведена доцільність його урахування, введений середній по проточній частині коефіцієнт стиснення газу.

Тягові консолі ротора розширювальної машини обертаються в середовищі в'язкого газу і здобувачем розглянуті питання, пов'язані з їх обтіканням. При обертанні ротора, на тягові консолі діє сила лобового опору з боку робочого тіла при витіканні з тягових сопел. При виникненні надзвукових швидкостей на профілях плечей ротора відбувається гальмування потоку на тягових консолях через стрибки ущільнення (хвильової кризи). Автором запропонована методика для визначення наявності хвильової кризи при роботі СРМ, яка підтверджена теоретичними та експериментальними дослідженнями.

У третьому розділі наведені результати експериментальних досліджень, а також зроблені відповідні висновки та запропоновано рекомендації для практичного використання.

Випробувані дві моделі СРМ - з первинними і підрізаними тяговими соплами (ТС) і визначено, що діапазон зміни ходу голки підвідного сопла, при якому ефективність машини (питомий пусковий момент) максимальна, ширше у зразка з підрізаними ТС. Також встановлено, що діапазон зміни відношення площин критичних перерізів підвідного і тягових сопел, при якому ефективність СРМ (питомий пусковий момент) максимальна, знаходиться в інтервалі значень ($f_{кр.п} / f_{кр.т} = 0,85 \div 0,95$).

Окремий підрозділ присвячений аналізу режимів роботи дослідного зразка пневмоагрегату за результатами випробувань на натурному стенді і встановлено наявність зон нестійкої роботи, що пояснюється хвильовою кризою на профілях робочого колеса СРМ. Розроблено методику для визначення наявності хвильової кризи, а також запропоновані рекомендації, метою яких є виключити зону хвильової кризи у всьому практично значимому спектрі частот обертання ротора.

Дисертантом виконаний достатній обсяг експериментальних досліджень, щоб досягти поставленої в роботі мети.

В четвертому розділі відпрацьована методика розрахунку параметрів течії газу в проточній частині і характеристик СРМ за допомогою комп'ютерної техніки та обчислювальних програм. В роботі детально викладені етапи проведення розрахунків.

Виконано розрахунок течії газу в проточній частині модельної СРМ для пускового режиму. Результати розрахунку пускового і питомої пускового моментів модельної СРМ в програмному комплексі для різних положень голки

підвідного сопла підтверджені результатами експериментальних досліджень (відносна похибка менше 5%). Побудовано вихідні характеристики модельної СРМ за допомогою програмного комплексу FlowVision. Результати розрахунку в програмному комплексі підтверджені обробленими результатами експериментальних досліджень (відносна похибка не перевищує 7%).

Варто відзначити, що автором проведені дослідження роботи струминно-реактивного пневмоагрегату і відпрацьована методика розрахунку його характеристик в умовах роботи на ГРС (відносна похибка результатів у порівнянні з даними випробувань менше 3%).

У роботі показано, що обчислювальний експеримент є перспективною альтернативою фізичного експерименту і вважаю, що для подібного кола завдань можна застосовувати розроблену і перевірену методику для ескізного проектування.

Зауваження до роботи.

1. У літературному огляді при обґрунтуванні актуальності теми дисертації автор багато уваги приділив проблемі використання вторинних енергоресурсів, зокрема, в деревообробній промисловості.

2. При дослідженні проблеми хвильової кризи автор кількісно не показав вплив відносної товщини профілю тягової консолі на зону хвильового кризи.

3. Вважаю, що необхідно було б розглянути варіант застосування основного і покривного дисків для колеса розширювальної машини, замість тягових консолей, що дозволило б вирішити проблему хвильового кризи. При цьому зовнішнє аеродинамічний опір - це дисковий тертя, що значно менше опору тягових консолей.

4. По тексту автореферату і дисертації є деякі опечатки і орфографічні помилки.

Представлені зауваження до дисертаційної роботи не впливають на її суть і на загальну позитивну оцінку праці автора.

Висновок.

Проведений аналіз змісту автореферату і дисертації Гетало В.В. на тему «Вдосконалення систем редукування тиску шляхом використання струминно-реактивних пневмоагрегатів» дозволяє зробити наступні висновки:

- дисертаційна робота є завершеною науковою працею, де вирішена науково-практична задача підвищення енергоефективності систем редукування тиску;

- результати дисертаційної роботи мають наукову новизну і практичне значення;

- на сьогоднішній день тема є актуальною і відповідає паспорту спеціальності 05.05.17 - гідравлічні машини та гідропневмоагрегати;

- результати проведених чисельних і експериментальних досліджень в повному обсязі опубліковані в наукових журналах і представлені на різних конференціях.

Резюмуючи вищевикладене, вважаю, що дисертація Гетало В.В. є закінченою науковою працею і вносить певний внесок у вирішення проблеми енергозбереження і підвищення енергоефективності систем редукування тиску шляхом застосування струминно-реактивного пневмоатрегату.

В цілому робота «Вдосконалення систем редукування тиску шляхом використання струминно-реактивних пневмоагрегатів» відповідає вимогам п. 9, 11 і 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання кандидата технічних наук", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.13, а її автор Гетало Віктор Валерійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.17 - гідравлічні машини та гідропневмоагрегати.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук,
директор ТОВ «ТРІЗ»



В.С. Марцинковский