

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Чирви Олександра Олександровича «Моделі нестационарних процесів в елементах системи підготовки повітря та протиоблідувальної системи літака для відпрацювання алгоритмів управління ними», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми. Дисертаційна робота Чирви О.О. присвячена вирішенню актуального наукового завдання розробки математичних моделей елементів пневматичних систем літака, а також моделей нестационарних теплових та гідравлічних процесів, які протікають в системах підготовки повітря (СПП) та протиоблідувальній системі (ПОС) літака, що дозволить створювати, відпрацьовувати та налаштовувати системи керування пневматичними системами літаків. Якість керування системами літаків має значний вплив на безвідмовну роботу систем і, відповідно, на безпеку польотів. Значне ускладнення елементів та пневматичних систем в цілому потребує створення складних алгоритмів керування цими системами. Таке ускладнення може призвести до негативних впливів однієї системи на іншу, а також і до їх відмов. Одним із факторів, який негативно впливає на процес керування, є те, що різні системи літака мають незалежні системи керування. Сучасна практика по відпрацюванню систем керування на пневматичних стендах та під час льотних випробувань літака не дозволяє в повній мірі оцінити роботу розроблених алгоритмів на всіх можливих режимах польоту літака.

Для розробки узагальненої математичної моделі необхідно мати математичні моделі ряду елементів пневматичних систем літака, а саме теплообмінника, кранів-регуляторів, трубопроводів та системи керування. Існуючі моделі вказаних елементів мають обмеження щодо їх використання при побудові узагальненої математичної моделі і не враховують особливості роботи пневматичних систем літака.

Наявність математичної моделі процесів, які протікають в пневматичних системах літака, дозволить відпрацьовувати алгоритми керування елементами системи ще на етапі проектування систем, що сприятиме зменшенню витрат на стендові випробування та підвищити безпеку польотів за рахунок використання більш якісних алгоритмів керування. Дисертаційні дослідження виконано в рамках теми Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова «Розробка методу автоматизованого формування моделей нестационарних теплових процесів підготовки повітря в системах кондиціонування» (шифр «ТЕРМА», номер держреєстрації 0115U004406), що є також підтвердженням актуальності роботи автора.

Матер Вх 18

18.01.19

Структура та зміст роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження. Вказана наукова новизна та практична цінність отриманих результатів. Наведено відомості щодо апробації роботи, особистого внеску здобувача та публікацій. Зазначено зв'язок роботи з науковими програмами та темами.

В розділі 1 наведено огляд робіт за тематикою дисертаційної роботи, де також визначені напрямки та основні задачі дослідження.

Основні положення роботи викладені в розділах 2 – 4.

Розділ 2 присвячений розробці математичної моделі теплообмінних апаратів з перехресним рухом теплоносіїв та з урахуванням тепловіддачі у навколишнє середовище. Для побудови моделі теплообмінник розглядається як сукупність пластин, розділених теплоносієм. Для кожної пластини розв'язується диференціальне рівняння теплопровідності (2.1) методом скінчених різниць, для чого було складене скінчено-різницеve рівняння (2.15) за схемою з вагами. Потoki теплоносіїв моделюються диференціальним рівнянням тепломасообміну (2.17), для якого складено скінчено-різницеve рівняння (2.21).

Для кожного з елементів теплообмінника (пластини, кришки, підводящі трубопроводи) визначені відповідні граничні умови.

Тепловіддачу між теплоносієм та пластинами автор пропонує визначати коефіцієнтами тепловіддачі за критеріальними залежностями (2.22)-(2.25).

Гідравлічні процеси у теплообміннику розглядаються як квазістаціонарні у зв'язку з невеликою швидкістю теплоносіїв, а для їх розрахунку використовується модель елемента ділянки мережі на основі газодинамічних функцій.

Автор приводить результати розрахунку теплообмінника в залежності від кількості пластин, що брали участь у розрахунку. Наведені дані показують, що для розрахунку теплового стану усього теплообмінника достатньо виконувати розрахунок 2 – 3 пластин біля його кришок.

У розділі представлені матеріали стосовно стенду для випробовувань теплообмінника, а також порівняльні дані результатів натурального експерименту та результатів розрахунків за допомогою програмного додатку, який побудований на основі розробленої моделі. Похибка у 6°C та значення коефіцієнту детермінації 0,88 є достатнім для виконання подальших розрахунків.

Висновки по розділу 2 наведені в розділі 2.11.

В розділі 3 проведено розробку математичної моделі

електропневматичного крана-регулятора. Для кожного елемента - попереднього редуктора, керуючого та виконавчого механізмів розв'язуються диференціальні рівняння нерозривності, зусиль та електричної енергії. Наведені рівняння вирішуються скінчено-різницеvim методом, для чого були складені відповідні рівняння (3.5)-(3.9), (3.14)-(3.16), (3.20)-(3.22).

Для визначення аеродинамічних сил, що діють на заслінку, автором проведені дослідження моделі заслінки за допомогою програми ANSYS CFX та визначені залежності моменту аеродинамічних сил та коефіцієнтів місцевих втрат в залежності від кута повороту заслінки та режиму течії (3.26).

У розділі 3.4 наведено опис стенду для випробувань крана-регулятора.

Порівняння результатів показують, що максимальна розбіжність розрахунків з результатами експерименту у місці встановлення датчика тиску за ЕПЦР не перевищує 0,1 атм, що є достатнім для подальших розрахунків.

Розділ 4 присвячений розробці математичної моделі теплових та гідравлічних процесів у системі підготовки повітря та у протиобліднювальній системі. В розділі представлено математичні моделі основних елементів системи. Узагальнена модель також включає математичні моделі теплообмінника та крана-регулятора, які представлені у розділах 2 та 3.

У розділі 4.2 представлена математична модель нестационарних процесів у трубопроводі. На основі результатів обчислень за допомогою представленої моделі, а також обчислень, виконаних за допомогою ANSYS, автором обґрунтовано можливість розглядати гідравлічні процеси як квазістационарні, оскільки гідравлічні процеси протікають із суттєво більшою швидкістю.

В розділах 4.3 – 4.6 автор описує моделі електромеханічних та електропневматичних кранів – регуляторів, які встановлені в системі. У розділах 4.7-4.8 наведено опис узагальненої моделі, спосіб її побудови з наявних моделей елементів системи, описано методику формування граничних умов для моделей кожного елемента, представлено блок-схему програмного додатку.

В розділі 4.9 запропоновано при виконанні розрахунків використовувати різні кроки за часом для моделей різних елементів. Дане припущення дозволяє зменшити час, необхідний для розрахунку параметрів системи.

В розділі 4.10 наведено результати розрахунків системи для різних алгоритмів управління краном-регулятором протиобліднювальної системи.

Висновки по розділу 4 наведено в розділі 4.4.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Наукові положення, висновки дисертаційної роботи в цілому достатньо обґрунтовані. Для обґрунтування наукових положень автором застосовано наступні методи досліджень: методи теорії систем при дослідженні процесів основних агрегатів системи, методи математичного моделювання при

обґрунтуванні моделей нестационарних тепло-гідравлічних процесів в теплообмінних апаратах, пневматичних кранах-регуляторах і магістральних трубопроводах, методи теоретичного та експериментального дослідження, комп'ютерне моделювання при вирішенні конкретних прикладних задач, а також методи високопродуктивних обчислень.

Наукові положення і висновки дисертаційної роботи підтверджені шляхом порівняння з результатами натурних та чисельних експериментів.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечена коректністю постановки математичних задач з урахуванням відповідних обмежень та використанням сучасних математичних методів, відповідністю пропонованих математичних моделей фізичній суті процесів в досліджуваних об'єктах та підтверджена узгодженням результатів математичного моделювання з експериментальними даними, апробацією основних результатів на представницьких наукових конференціях.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному.

1. Вперше запропоновано математичну модель нестационарних тепло-гідравлічних процесів в пластинчастих теплообмінних апаратах з урахуванням теплообміну в навколишнє середовище. Розроблена математична модель дозволяє скоротити тривалість моделювання завдяки розрахунку теплового стану тільки для декількох пластин.

2. Удосконалено математичну модель тепло-гідравлічних процесів електропневматичного крана-регулятора, яка, на відміну від існуючої моделі, дозволяє враховувати вплив температури навколишнього середовища та аеродинамічних сил, що діють на заслінку.

3. Встановлено, що в зв'язку з великою інерційністю теплових процесів достатню точність розрахунку забезпечує використання моделі квазістационарних гідравлічних процесів, що протікають у трубопроводі.

4. Вперше запропоновано математичну модель нестационарних теплових та гідравлічних процесів, що протікають при сумісному функціонуванні системи підготовки повітря та протиобліднювальної системи, яка складається з математичних моделей основних агрегатів, що встановлені в пневматичній системі. Показано, що для кожної моделі можливо виконувати розрахунки з різним значенням кроку за часом.

Отримані результати вважаю обґрунтованими, достовірними та новими.

Теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження.

Теоретичне значення роботи полягає в розробці математичних моделей та на їх основі програмних додатків з моделювання нестационарних процесів, що протікають в теплообмінниках, кранах-регуляторах, трубопроводах та в системі підготовки повітря і протиобліднювальній системі, які дозволяють виконати відпрацювання алгоритмів керування елементами пневматичних систем на різних режимах польоту літака.

Отримані в роботі результати – математичні моделі та програмні додатки були використані при вирішенні проблеми сумісного функціонування СПП і ПОС літаків Ан-158, Ан-178, а також при оптимізації каналів продувки теплообмінника літаків Ан-178 та Ан-132, та при розробці алгоритмів керування ЕПЦР, які встановлені у пневматичних системах літаків розробки ДП «АНТОНОВ». Дані роботи підтверджено відповідними актами впровадження.

Повнота викладення результатів в опублікованих матеріалах.

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційного дослідження опубліковані у 13 роботах, у тому числі: 6 – у наукових журналах та збірниках наукових праць, з яких 2 у наукових журналах, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних; 7 – публікації матеріалів конференцій.

В опублікованих працях в фахових наукових виданнях повністю викладено основні наукові положення дисертаційної роботи та отримані результати, а рівень та кількість публікацій відповідають вимогам до кандидатських дисертацій в Україні.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає актуальність, мету та задачі, основні наукові положення, практичну значущість, апробацію дисертації, її зміст по розділах, та висновки. Дисертаційна робота та автореферат оформлені у відповідності з вимогами, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні, згідно Наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р та в Бюлетні ВАК України, № 9-10, 2011 року.

Зауваження

При загальній позитивній характеристиці роботи є ряд зауважень:

1. Не представлено порівняння результатів гідравлічного розрахунку теплообмінника з результатами, отриманими в експерименті.
2. У таблиці 2.4 не є зрозумілим, які дані являються експериментальними, а які отримані у розрахунку.

3. Автор вказує, що на основі експериментальних даних було уточнено коефіцієнти тепловіддачі, проте отримані уточнюючі залежності не представлено.
4. У розділі 3 наведено закон керування електропневматичним краном регулятором, проте не вказані значення коефіцієнтів, які входять в цей закон.
5. У розділі 4.10 представлені результати розрахунків роботи системи підготовки повітря при відкритті крана-регулятора протиоблідувальної системи, але немає порівняння розрахунків з експериментальними даними.

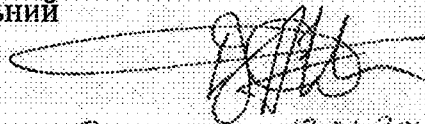
Зроблені зауваження частково впливають на характеристику роботи, проте не впливають на загальну її позитивну оцінку.

Вважаю, що дисертаційна робота ЧИРВИ Олександра Олександровича «Моделі нестационарних процесів в елементах системи підготовки повітря та протиоблідувальної системи літака для відпрацювання алгоритмів управління ними», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – «Математичне моделювання та обчислювальні методи», є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, задовольняє вимогам до кандидатських дисертацій згідно п.п. 9, 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 р., а її автор, Чирва Олександр Олександрович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за обраною спеціальністю.

Доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри комп'ютерної
інженерії

ДВНЗ «Донецький національний
технічний університет»

МОН України, м. Покровськ



В.А. Святний

17.01.2019

Згідно з п.п. 9, 11, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів»

Проректор
ДОНТУ



В.І. Воронцова