

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Огренича Євгена Вікторовича** на тему: “Вдосконалення методів автоматизованого проектування тепловідвідних елементів радіоелектронних апаратів”, що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт.

Актуальність теми дисертації. Забезпечення теплових режимів в радіоелектронній апаратурі (РЕА) є однією із важливих задач, яка розв’язується в процесі їх автоматизованого проектування. Перевищення допустимих температур на корпусах електрорадіоелементів призводить до зниження надійності та відмов РЕА. Використання тепловідвідних елементів дає змогу зменшувати як локальні перегріву корпусів елементів, так і максимальну температуру блоків РЕА в цілому. В свою чергу, використання додаткових елементів конструкцій призводить до збільшення маси та габаритів радіоелектронної апаратури. Особливо критичним є збільшення масогабаритних показників для бортових систем.

Тому розроблення методів та алгоритмів автоматизованого проектування радіаторів і інтегрованих тепловідвідних елементів з оптимальними масогабаритними показниками для охолодження вузлів радіоелектронних апаратів є актуальною науковою задачею.

Тема та зміст дисертаційної роботи “Вдосконалення методів автоматизованого проектування тепловідвідних елементів радіоелектронних апаратів” відповідають вимогам паспорту спеціальності 05.13.12 – Системи автоматизації проектувальних робіт.

Дисертація безпосередньо пов’язана з планами наукових досліджень, які виконувались на кафедрі інформаційних технологій електронних засобів Запорізького національного технічного університету, а саме:

– ДБ 04117 «Методи оптимізації параметрів радіоелектронних пристроїв з використанням геометричних моделей допускових областей» (2007-2009,

№ держ. реєстр. 0107U000440, пріоритетний напрям відповідно до закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»: «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі»). Особистий внесок автора полягав в розробці моделей та методів оптимізації масогабаритних параметрів тепловідводів елементів радіоелектронних апаратів.

– ДБ 04410 «Об'єктно-орієнтовані методи проектування радіоелектронних апаратів» (2010-2012, № держ. реєстр. 0110U001141, пріоритетний напрям відповідно до закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»: «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі»), в якій автором розроблено метод параметричного синтезу конструкцій ребристих, штирових та пластинчасто-ребристих радіаторів з оптимальними масогабаритними показниками та алгоритмів їх автоматизованого проектування.

– ДБ 04213 «Інформаційні технології проектування теплонавантажених радіоелектронних апаратів» (2013-2014, № держ. реєстр. 0113U001096, пріоритетний напрям відповідно до закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»: «Інформаційні та комунікаційні технології»). Участь автора полягала в розробленні програмного та інформаційного забезпечення для проектування елементів системи охолодження.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та оформлення. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою. Її структура логічна, містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додатків. Оформлена акуратно та згідно встановлених вимог. Загальний обсяг роботи – 133 сторінки, з них – 111 сторінок основного тексту. Список літератури охоплює 108 найменувань.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання роботи, наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Наведені дані про впровадження результатів роботи, її

апробацію, публікації та особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан проектування тепловідвідних елементів, основні галузі їх використання. Здійснено огляд основних конструкцій тепловідвідних елементів, наголошено на необхідності використання систем інженерного аналізу для розрахунку теплових режимів РЕА.

У **другому розділі** розроблено критерії оптимізації тепловідвідних елементів та проведено оптимізацію маси для конструкцій пластинчастого та ребристого тепловідводів. Отримав подальший розвиток метод розв'язання задач оптимізації параметрів тепловідвідних елементів, який використовує метод множників Лагранжа. Задачу оптимізації розв'язано з обмеженням за тепловим опором. Запропоновано використовувати модель меж області працездатності тепловідвідних елементів у формі функції еліпсоїда. Для поліпшення збіжності ітераційних алгоритмів проектування тепловідводних елементів їх конструктивні параметри формуються у просторі зворотних величин. Показано, що оптимізація маси ребристого тепловідводу дає змогу знизити його вагу в 3-4 рази.

У **третьому розділі** вдосконалено моделі оптимізації параметрів тепловідвідних елементів на основі розроблених моделей цільових функцій у вигляді гіперболи. Оптимізація проводилась за критеріями мінімізації масогабаритних параметрів. Розроблено метод параметричного синтезу та алгоритми проектування основних типів тепловідвідних елементів. В конструкціях тепловідвідних елементів теплові процеси мають складний характер, тому було розроблено алгоритми чисельного моделювання теплових режимів тепловідвідних елементів з використанням системи SolidWorks.

У **четвертому розділі** розроблено UML діаграми системи автоматизованого проектування тепловідвідних елементів, наведено особливості реалізації її програмного забезпечення. Система дає змогу проектувати ребристі, штирові та пластинчасто-ребристі радіатори за розробленими критеріями мінімальної ваги (M-критерій), об'єму (V-критерій)

та комплексного масогабаритного критерію (MV–критерій). Наведено приклад проектування ребристого радіатора блоку живлення з примусовим повітряним охолодженням за критерієм мінімізації маси та врахуванням конструкторсько-технологічних обмежень. В результаті проектування масу ребристого радіатора зменшено на 10%.

Додатки містять акти впровадження дисертаційної роботи в процесі автоматизованого проектування радіоелектронних апаратів на ТОВ НВП «Хартрон-Юком» та КП «НВК «Іскра», а також використано у навчальному процесі Запорізького національного технічного університету дисципліни «Тепломасообмін в РЕА» напряму 6.050902 «Радіоелектронні апарати» та використовуються в дипломному проектуванні за спеціальністю 7.05090201 «Радіоелектронні апарати та засоби».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність. Наукові положення та висновки дисертаційної роботи Огренича Є.В. є новими, достатньо обґрунтованими і достовірними, що підтверджується ефективним використанням розробленої автоматизованої системи проектування тепловідводних елементів на підприємствах радіоприладобудівної галузі. Чисельне моделювання теплових режимів методом скінченних об'ємів, що використовується в методі параметричного синтезу, дає змогу враховувати тривимірну геометрію конструкцій та нелінійності теплофізичних параметрів матеріалів. Методом множників Лагранжа отримано оптимальні співвідношення для розрахунку параметрів ребристих, штирових та пластинчасто-ребристих радіаторів.

Зміст автореферату адекватно відображає основні положення дисертаційної роботи.

Наукова новизна роботи:

1. Вперше розроблено метод параметричного синтезу тепловідвідних елементів, який містить процедури чисельного моделювання теплових режимів та дає можливість проводити оптимізацію масогабаритних параметрів з урахуванням конструктивних та технологічних обмежень, які виникають при

проектуванні радіоелектронних апаратів.

2. Вдосконалено моделі для оптимізації параметрів тепловідвідних елементів на основі розроблених цільових функцій за критеріями мінімізації масогабаритних параметрів, які відрізняються від існуючих використанням обмежень у формі функції еліпсоїда, що дає змогу забезпечити збіжність алгоритмів оптимізації.

3. Отримав подальший розвиток метод розв'язання задач оптимізації масогабаритних параметрів тепловідвідних елементів, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на використанні методу множників Лагранжа і дає змогу отримати співвідношення для обчислення конструктивних параметрів тепловідводів.

Практичне значення результатів та їх використання. Розроблено алгоритми моделювання теплових процесів в тепловідвідних елементах за допомогою системи SolidWorks. Розроблено алгоритми проектування радіаторів радіоелектронних апаратів з оптимальними масогабаритними показниками. Розроблено та реалізовано програмне забезпечення для автоматизованого проектування радіаторів РЕА з оптимальними масогабаритними показниками.

Повнота опублікованих результатів роботи. Наукові результати, викладені в дисертації, одержано автором особисто та висвітлено в 23 наукових працях, поміж яких 7 статей у фахових виданнях, які включено до наукометричних баз даних: 3 – Index Copernicus, 3 – IET Inspec, 5 – РИНЦ, 4 – IEEE Xplore Digital Library, 14 матеріалів науково-технічних конференцій, один патент та одне авторське свідоцтво на твір.

Недоліки та зауваження до роботи:

1. На даний момент, існують системи автоматизованого проектування, які містять модулі оптимізації, наприклад COMSOL. Бажано було б провести порівняння розробленої автоматизованої системи з такими САПР.

2. На сьогоднішній день, використовують різні типи радіаторів РЕА, в дисертації описано пластинчасті, ребристі та штирьові. Розроблені методи

та моделі для проектування саме таких тепловідвідних елементів радіоелектронних апаратів, і не зрозуміло, чи можна використовувати ці методи та моделі для інших типів радіаторів, напр. для радіаторів, що використовують поєднання двох металів, чи з тепловими трубами та ін.

3. З дисертаційної роботи не зрозуміло, як враховується нелінійність коефіцієнта тепловіддачі з поверхні у алгоритмі проектування пластинчастих тепловідвідних елементів (§ 2.2, стор. 40).

4. Автор використовує, для розв'язання задачі умовної оптимізації, метод множників Лагранжа, але відсутнє обґрунтування – чому саме цей метод використано.

5. Результати параметричного синтезу ребристого радіатора, за критерієм мінімальної маси (табл. 3.2, стор. 71), показали зменшення товщини його ребер до значення 0.27 мм. Виникає питання про експлуатаційні та технологічні характеристики такого радіатора.

6. В табл. 3.1, на стор. 62 наведені значення параметрів з точністю до дев'яти значущих цифр. Для температури достатньо було вказати значення з точністю до однієї сотієї градуса.

7. У випадку введення нових критеріїв проектування або зміни конструкцій тепловідвідних елементів з іншою топологією геометричної моделі, потрібно змінювати базу даних та розробляти нові програмні модулі.

8. Відсутні вимоги до технічного забезпечення розроблених програмних засобів.

9. В дисертації присутні синтаксичні помилки та описки (наприклад: ст.24, ст.80, ст.81, варто коректніше використовувати деякі словосполучення, напр. такі як: “вирішення задачі” – “розв'язання задач”, адже “вирішують” – проблеми, а задачі – “розв'язують” та ін.).

Перелічені зауваження не впливають на загальний високий науковий рівень і практичну цінність дисертаційної роботи.

Висновки.

1. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що розв'язують актуальну наукову задачу підвищення ефективності автоматизованого проектування радіаторів і інтегрованих тепловідвідних елементів для радіоелектронних апаратів.

2. За своїм науковим рівнем, повнотою опублікування основних наукових результатів дисертаційна робота "Вдосконалення методів автоматизованого проектування тепловідвідних елементів радіоелектронних апаратів" відповідає вимогам МОН України, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор, Огренич Євген Вікторович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт.

Офіційний опонент: професор кафедри
систем автоматизованого проектування
НУ «Львівська політехніка»,
д.т.н., професор

Теслюк В.М.

Підпис проф. Теслюка В.М. засвідчую:

Вчений секретар
НУ «Львівська політехніка»,
к.т.н., доцент



Брилинський Р.Б.