

РЕЦЕНЗИЯ

Върху дисертационния труд за придобиване на образователната и научна степен **“Доктор”** по:

Област на висше образование: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.4. Енергетика

Специалност: ”Промислена топлотехника”

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Пламен Йорданов Бонев**

Тема на дисертационния труд: **”Интензификация на топлобмен чрез спирални пружини при течение на еднофазов поток в тръби при преходен режим“.**

Рецензент: **проф. д-р инж. Милчо Стоянов Ангелов**, катедра “Машини и апарати за хранителната и вкусовата промишленост” на Технически факултет при Университет по хранителни технологии – гр. Пловдив.

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Предоставеният ми за рецензиране дисертационен труд е разработен в катедра “Енергийна техника” към Факултет „Машиностроене и уредостроене” при ТУ-Габрово под ръководството на проф. д-р инж. Венцислав Зимпаров.

Разработеният в дисертационния труд проблем е актуален от научна, а така също и от научно-практическа гледна точка. Актуалността на дисертационния труд се определя от приложимостта на разглежданите въпроси – изследване на хидродинамичните характеристики на гладки тръби и на тръби с турбулизатори – пружини в преходен хидродинамичен режим на течението. Докторантът разглежда редица въпроси свързани с методите за интензифициране на топлообмена. Експерименталната част е насочена към определяне на основните характеристики на течение в гладка тръба и тръба с пружини при различни геометрични параметри. Различните хидродинамични и термодинамични условия са получени чрез промяна на дебита в тръбите и с промяна на температурите на входа на тръбите. Направлението и съдържанието на дисертационната работа е актуално при определяне на проектантската и икономическата гледна точка, а така също и осигуряване на условия за работа в преходен режим на течението, което е слабо изследвано. Получените резултати са класифицирани според геометричните и динамични параметри и могат да се използват директно, като база данни, при проектиране на топлообменни апарати при различни цели и ограничения, а така също и за верифициране на математически моделни изследвания.

2. Обзор на цитираната литература

Докторантът познава задълбочено състоянието на проблема, както от хидродинамична, така и от термодинамична гледна точка. Направен е критичен анализ на известната и достъпна литература - съдържа 141 заглавия, от които 2 на кирилица.

Изводите от литературния обзор потвърждават актуалността на разглеждания проблем и правилно отразяват съдържанието на разгледаните публикации. Коректно са определени целта и задачите на дисертационната работа.

Посочено е, че публикуваните в научната литература експериментални изследвания за интензификация на топлообмена, с помощта на винтови пружини при преходен режим на течението, са твърде малко, поради което не е достатъчно изяснено влиянието на височината на турбулизатора и стъпката на пружината;

- използват се критерии за оценка на ефективност, които не показват реални стойности в резултат на интензификацията.

- не са изследвани максималните възможни печалби, които могат да се получат, при различни цели и ограничения, които се налагат.

В дисертацията е направен критичен анализ на използвани прости или комбинирани техники за интензификация на топлообмена при еднофазни топлоносители. Отделено е повече внимание на използването на винтовите пружини като техника за интензификация на топлообмена. Направен е преглед на познатите критерии за оценка на интензификацията, в зависимост от целите и ограниченията, които се поставят.

3. Методика на изследване

Дисертацията е с обем 180 страници, 126 фигури, 10 таблици и 9 страници приложения. Задачите, поставени в разработката са реалистични за изпълнение, съгласно избраните методи за изследване – експериментални и теоретични. Докторантът е използвал съвременни методи за експериментални изследвания и съвременна измерителна техника при провеждане на експерименталните изследвания. Изследването е проведено на многофункционален лабораторен стенд за изследване на интензификация на топлообмена, при ламинарен, преходен и турбулентен режим на еднофазов воден поток в кръгла тръба, чрез използване на различни видове турбулизатори. В методиката са описани подробно начините за изчисляване на косвено измерваните величини, които са цел на изследването. Определени са грешките от пряко и косвено измерваните величини.

В дисертационния труд са получени подходящи корелационни зависимости за описание на влиянието на отделните фактори. Експерименталните изследвания са поставени и проведени коректно. Оценявам, че методите, избрани от автора дават верен отговор на поставените задачи в дисертационния труд.

Определена е **целта** на дисертацията, а именно:

Да се търси област от геометрични и режимни параметри, в която се постига максимално възможната термодинамична ефективност при **преходно течение** на еднофазов флуид в кръгла тръба, в която са поставени винтови пружини с различни геометрични параметри за широка област на реални операционни състояния (различни масови потоци и температури на топлоносител вода)

Формулирани са задачите за постигане на поставената цел, а именно:

1. Изследване по опитен път интензификация на топлообмена, при преходен и турбулентен режим на еднофазов воден поток в кръгла тръба, чрез използване на винтови пружини с различни геометрични параметри; Област за геометричните параметри: $e/D_i = 0.063 - 0.077$, $p/e = 6.7 - 15.5$, и област на режимни параметри: $Re = 10^3 - 10^4$ и $Pr = 3.9 - 10.0$;

2. Да се извърши оценка за термодинамичната ефективност и максималните и реалните печалби от използване на винтови пружини за интензификация на топлообмена в гладки тръби, за различни случаи от практически интерес;

3. Да се покаже практическата полезност от използването на тази техника за интензификация на топлообмена при създаването на по-ефективни кожухотръбни топлообменни апарати.

Подробно са описани възможностите и действието на опитната уредба и измервателната система, която се използва. Същата има съвременен характер, което е важно за точността и достоверността на събираната първична информация. Изложени са резултатите от верификацията на опитната уредба, чрез двукратно проведени експерименти с гладка тръба, като база за сравнение. Коефициентите на хидравлично съпротивление на гладката тръба са определени при изотермични и неизотермични (едновременно с определяне на коефициентите на топлопредаване) условия.

Същността на дисертационното изследване се свежда до изследване са 15 броя опитни образци на тръби с винтови пружини с различни геометрични параметри, e/D_i (на три нива) и p/e (на пет нива). Основната цел е търсенето на оптимално p/e (за максимален ефект при интензификация на топлообмена). Резултатите са представени на фигури във вида: за всяко e/D_i , коефициентът на хидравлично

съпротивление $f_a = f(\text{Re}, p/e)$ и числото на Нуселт, $Nu_a = f(\text{Re}, \text{Pr}, p/e)$. Установено е, че е налице критично число на Рейнолдс, $\text{Re}_{cr,2}$, при което приключва преходът на течението от напълно развито ламинарно течение и започва преходът към напълно развито турбулентно, който приключва при $\text{Re} \approx 3 \times 10^3$. Този ефект съвсем ясно се вижда, когато резултатите се представят за всяко e/D_i в нормализиран вид, $f_* = f(\text{Re}, p/e)$ и $Nu_* = f(\text{Re}, \text{Pr}, p/e)$. За $\text{Re} \approx \text{Re}_{cr,2}$ се наблюдава най-голямото нарастване на Нуселт, $\max Nu_*$ (най-висока термична ефективност), което предполага и най-висока енергийна ефективност.

Изследвано е влиянието на относителната стъпка p/e върху стойността на Nu_* . Независимо от стойността на e/D_i , Nu_*^{\max} се получава при $p/e \approx 10.0$. Получените експериментални резултати за f_a и Nu_a са представени чрез корелационни зависимости, като областта $10^3 < \text{Re} < 10^4$ е разделена на две подобласти: преходна област $10^3 < \text{Re} < 3 \times 10^3$ и област на развито турбулентно течение $\text{Re} > 3 \times 10^3$. Преходната област, $10^3 < \text{Re} < 3 \times 10^3$, също е разделена на две подобласти, границите на които се определят от $\text{Re}_{cr,2}$, $10^3 < \text{Re} < 1.8 \times 10^3$ и $1.8 \times 10^3 < \text{Re} < 3 \times 10^3$.

Представени са оценки за определяне на ефективността на прилаганата техника за интензификация на топлообмена в реален противотокков кожухотръбен ТА, за три случая от практичен интерес: FG-1, FG-2a (фиксирана геометрия - съществуващ ТА) и VG-2a (променлива геометрия - нов ТА). Тези критерии оценяват до каква степен може да се увеличи топлинната мощност, Q_* , на ТА.

Анализът е направен за всяка от групите тръби; 01-05 ($e/D_i = 0.063$), 06-10 ($e/D_i = 0.070$) и 11-15 ($e/D_i = 0.077$), като от всяка група е избрана тази тръба, която има най-голяма стойност на Nu_*^{\max} . В графичен вид са представени измененията на топлинната проводимост, Nu_* , максималната мощност, Q_*^{\max} , и реалната топлинна мощност, Q_*^{real} , в зависимост от изменението на Re . Показана е и цената, която се плаща чрез стойността на генерираната ентропия в ТА, $N_{s,a}$.

Графично са показани геометричните параметри и работните режими, в зависимост от наложените ограничения и как трябва да се избират, за да се реализират максимално възможни енергийни ползи.

4. Приноси на дисертационния труд

Приемам декларираните приноси на дисертационната работа като научно-приложни и приложни приноси.

Приносите на дисертационната работа могат да се категоризират както следва:

- **Доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми**, като са извършени оригинални експериментални изследвания в противотоков ТА с интензификация на топлообмена, чрез поставени винтови пружини в гладка тръба в преходен режим и напълно развито еднофазно водно турбулентно течение.
- **Получени са потвърдителни факти** чрез разработените моделни изследвания. Получени са корелационни уравнения за определяне на коефициента на хидравлично съпротивление и числото на Нуселт в зависимост от геометрични и динамични параметри. Направени са реални оценки на възможните ползи при отделните случаи.
- Чрез извършените експериментални изследвания е **създадена база данни** от резултати, която може надеждно да се използва, както за сравняване на резултати от експериментални и моделни изследвания, така също и за практически цели при проектиране на ТА.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Публикациите на докторанта по темата - **две самостоятелни и пет в съавторство** изпълняват изискванията на ППЗРАСРБ и Правилника на ТУ-Габрово. Това ми дава пълно основание да твърдя, че:

1. Представената дисертация е дело на нейния автор **маг. инж. Пламен Йорданов Бонев** под ръководството на научния ръководител - проф. д-р инж. Венцислав Зимпаров.

2. Основни части от дисертацията са станали достояние на научната общност чрез **седем публикации** и доклади публикувани в чужбина и у нас, изнесени на научни форуми с международно участие. Докторантът е на първо място в четири публикации, като две са самостоятелни.

Дисертацията следва да се категоризира като “самостоятелен труд, чийто основни части са вече публикувани”.

От представения списък на **седем публикации** и информацията за тях е видно, че **една** е публикувана в международно списание с **импакт фактор 0.562**. Две от публикациите са публикувани в реферирани списания, а **четири** са докладвани и

публикувани в страната. **Една** от разработките е цитирана в международно списание *Int. J. Heat Mass Transfer*, 131 (2019) 140-149.

Всички публикации са в периода от 2015 - 2017 и пряко са свързани с дисертационния труд. Броят и качеството на публикуваните статии и цитирането, значително надвишават изискванията на ЗРАСРБ и Правилника на ТУ-Габрово.

6. Авторство на получените резултати

Получените резултати от научното изследване и представения дисертационен труд са авторска разработка на докторанта.

7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът и авторската справка са изпълнени съгласно изискванията и отразяват точно и вярно съдържанието на дисертационния труд. Според мен авторефератът надминава общоприетите норми за обем от 32 до 44 страници.

8. Забележки по дисертационния труд

Смятам, че дисертационният труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и ПП на ЗРАСРБ. Работата е изпълнена акуратно. Към работата нямам препоръки и забележки. Всички посочени препоръки и забележки от вътрешната защита са отразени в крайния вариант на дисертацията.

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в РБ. Постигнатите резултати ми дават основание да предложа да бъде придобита образователната и научна степен "Доктор" от **маг. инж. Пламен Йорданов Бонев** в:

Област на висше образование 5. Технически науки,
Професионално направление 5.4. Енергетика,
Специалност "Промислена топлотехника"

27.01.2019 г.

Рецензент:

/проф. д-р инж. Милчо Стоянов Ангелов/