

СТАНОВИЩЕ

за дисертационен труд

за придобиване на образователната и научна степен "Доктор" в

област на висше образование – 5. Технически науки

професионално направление – 5.4 Енергетика

специалност – Промислена топлотехника

Автор: маг. инж. Пламен Йорданов Бонев,

докторант към катедра "Енергийна техника" при Технически университет - Габрово

Тема: Интензификация на топлообмен чрез спирални пружини при течение на еднофазов поток в тръби при преходен режим

Член на научното жури: доц. д-р инж. Мария Денева Райкова

от катедра "Енергийна техника" при Технически университет - Габрово

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

В енергийната политика на ЕС енергоспестяването е признато за най-директния и икономически ефективен начин за преодоляване на ключовите енергийни предизвикателства по отношение на устойчивото развитие и конкурентноспособността на Европа.

Дисертационният труд разглежда актуална тема свързана с интензификация на топлопреносните процеси и създаване на по-ефективно топлообменно оборудване, фокусира се върху възможностите за постигането на по-добри термични характеристики на топлообменните апарати, което води до икономия на енергия, материали, експлоатационни разходи и до намаляване на замърсяването на околната среда.

Обект на изследването, в представения дисертационен труд, са възможностите за интензифициране на топлообмена в кръгла тръба чрез спирални пружини, при преходен режим на течение на еднофазов поток.

Цел на дисертацията е да се определи областта от геометрични и режимни параметри, в която се постига максимално възможната термодинамична ефективност при преходно течение на еднофазов поток в кръгла тръба, в която са поставени винтови пружини с различни геометрични параметри за широка област на реални операционни състояния (дебит и температура на топлоносителя).

Конкретните задачи за постигане на целта са: опитно изследване на интензификацията на топлообмена, при преходен и турбулентен режим на течение на еднофазов поток вода в кръгла тръба, чрез използване на винтови пружини с различни

геометрични параметри; оценка за термодинамичната ефективност; оценка на максимално възможния и реален ефект от използването на винтови пружини за интензификация на топлообмена в гладки тръби; оценка на възможностите за използването на тази техника за интензификация на топлообмена при създаването на по-ефективни кожухотръбни топлообменни апарати.

Считам че темата на дисертацията е актуална и има определена практическа значимост.

2. Обзор на цитираната литература

Представеният материал ми дава основание да заявя, че докторантът е много добре запознат с проблема и притежава задълбочени знания в съответната научна област. Материалът е поднесен компетентно и с разбиране.

В дисертационния труд са цитирани голям брой литературни източници – общо 139 заглавия, съответно 137 на латиница и 2 на кирилица. От тях 26 източника са от периода след 2010 г.

Литературните източници предимно са научни изследвания свързани с използването на различни методи и техники за интензифициране на топлообмена в канали, експериментални изследвания на топлообмена, критерии за оценка за термодинамичната ефективност.

В първа глава (Анализ на резултатите от досегашни научни изследвания) авторът е разгледал и анализирал редица изследвания, свързани с прилагането на различни методи и технологии за интензифициране на топлообмена, съществуващите критерии за определяне на ефективността на дадена техника за интензификация.

Направен е критичен анализ на оценката за енергийна ефективност на различни техники за интензификация на топлообмена, като е отделено специално внимание на използването на винтовите пружини като техника за интензификация на топлообмена. Направен е преглед на общоприети критерии за оценка на ефекта, който може да се постигне при използване на конкретна техника за интензифициране, в зависимост от целите и ограниченията, които се поставят.

Докторантът аргументирано е описал избрания от него подход.

Направен е извод, че публикуваните в научната литература теоретични и експериментални изследвания за интензификация на топлообмен с помощта на винтови пружини, при преходен режим на потока, са твърде малко, поради което не е достатъчно добре изяснено влиянието на височината на турбулизатора (диаметър на проводника на пружината) и стъпката (стъпка на пружината).

Считам че докторантът познава в детайли състоянието на разглеждания в дисертацията проблем и е съумял да анализира и адекватно да интерпретира материала в своя труд.

3. Методика на изследване

За постигане на целите на научното изследване е реализиран многофункционален лабораторен опитен стенд за изследване на интензификация на топлообмена, при ламинарен, преходен и турбулентен режим на еднофазов поток в кръгла тръба, чрез използване на винтови пружини. Теплоносителите, студен и горещ, са вода.

Опитната уредба и измервателната система са съвременни, което е гаранция за точността и достоверността на събираната първична информация.

В разработената методика подробно са представени последователността и зависимостите за пресмятане на косвено измерваните величини. Определени са грешките от пряко и косвено измерваните величини.

Извършена е верификация на получените резултати на опитната уредба, чрез двукратно проведени експерименти с гладка тръба, която след това е използвана като база за сравнение.

Коефициентите на хидравлично съпротивление на гладката тръба са определени при изотермични и неизотермични условия. Получените резултати са сравнени с достатъчен брой теоретични и експериментални зависимости, особено тези, които се отнасят за изследвания при преходен режим на течение.

Установено е, че опитната уредба притежава необходимата надежност и получаваните резултати са с висока степен на достоверност.

Изследвани са 15 броя опитни образци на тръби с винтови пружини с различни геометрични параметри, e/D_i (три различни стойности) и p/e (пет различни стойности).

Резултатите от експерименталните изследвания са представени графично като зависимости на коефициента на хидравлично съпротивление $f_a = f(Re, p/e)$ и числото на Нуселт $Nu_a = f(Re, Pr, p/e)$ при дадена стойност на (e/D_i) .

Анализът на получените резултати има за цел да определи оптималната стойност на (p/e) , при която се получава максимален ефект от интензификацията на топлообмена.

Резултатите са представени в нормализиран вид, $f^* = f(Re, p/e)$ и $Nu^* = f(Re, Pr, p/e)$.

Изследвано е и влиянието на относителната стъпка (p/e) върху стойността на Nu^* , като независимо от стойността на e/D_i , $*Nu_{max}$ е получено при $p/e \approx 10.0$.

Експериментални резултати за f_a и Nu_a са представени и чрез корелационни зависимости, като областта $10^3 < Re < 10^4$ е разделена на две подобласти: преходна област $10^3 < Re < 3.10^3$ и област на развито турбулентно течение $Re > 3.10^3$. Преходната област, $10^3 < Re < 3.10^3$ е разделена на две подобласти, границите на които се определят от $Re_{cr,2}$, $10^3 < Re < 1,8.10^3$ и $1,8.10^3 < Re < 3.10^3$.

Направени са оценки за определяне на ефективността на прилаганата техника за интензификация на топлообмена в реален противотокков кожухотръбен топлообменен апарат, за три случая представляващи практически интерес: FG-1 – оценка на повишението на топлинната мощност и хидравличните загуби на топлообменния апарат при фиксирана геометрия на ТА и дебит на топлоносителя; FG-2a- оценка на повишението на топлинната мощност при фиксирана геометрия на ТА и хидравличните загуби на апарата и VG-2a - оценка на повишението на топлинната мощност при фиксирани хидравлични загуби и променлива геометрия на ТА.

Анализът е направен за всяка група тръби с еднакъв параметър $e/D_i = 0.063; 0.070$ и 0.077 , като за всяка група е определен опитния образец имащ най-голяма стойност на $*Nu_{max}$.

В графичен вид са представени измененията на топлинната проводимост, Nu_* , максималната мощност, Q_*^{max} , (при липса на външно термично съпротивление) и реалната топлинна мощност, Q_*^{real} , в зависимост от изменението на Re . Определена е и стойността на генерираната ентропия в ТА, $N_{s,a}$.

За всяка група тръби (фиксирана стойност на e/D_i) са определени геометричните параметри и работни режими, в зависимост от наложените ограничения, при които може да се постигне максимален ефект.

4. Приноси на дисертационния труд

Считам, че приносите в дисертацията имат научно-приложен характер. Приемам декларираните от докторанта приноси на дисертацията:

1. Извършени са експериментални изследвания в противотоков топлообменен апарат, при интензифициране на топлообмена чрез винтови пружини в гладка тръба, в преходен и напълно развит турбулентен еднофазен поток вода;

2. Получени са корелационни уравнения за определяне на коефициента на хидравлично съпротивление f_a , в зависимост от геометрични параметри и Re ;

3. Получени са корелационни уравнения за определяне на числото на Нуселт Nu_a , в зависимост от геометричните и режимни параметри;

4. Направен е критичен анализ на използвани в научните изследвания критерии за оценка на ефекта от интензификация на топлообмена и получените резултати;

5. Направени са оценки за определяне на ефективността на прилаганата техника за интензификация на топлообмена в реален противотоков кожухотръбен топлообменен апарат, за различни случаи представляващи практически интерес;

6. Показано е, че когато се прилага интензификация на топлообмена в ТА, работният режим на топлоносителя трябва да бъде в преходната област (преход от ламинарен към турбулентен режим на потока в тръбите).

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Основните резултати в дисертационния труд са оповестени в 7 публикации - отпечатани в списание Enhanced Heat Transfer с импакт фактор (1), публикации в реферирани списания International Review of Chemical Engineering (2) и публикации в страната (4).

Публикациите на докторанта по темата са две самостоятелни и пет в съавторство.

Има едно цитиране в престижно списание, индексирано в Scopus и Web of Science.

Считам, че работата е апробирана в достатъчна степен в страната и чужбина.

6. Авторство на получените резултати

Считам че 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 на ППНСАД при ТУ-Габрово.

Авторефератът на дисертационния труд отразява точно получените резултати и приноси от авторът на дисертацията.

8. Забележки по дисертационния труд

- дадена е схема на опитния стенд, но няма такава за опитния образец с обозначени съответните геометрични размери;

- при изчисляването на скоростта, Re , f , Nu за течението в изследваните тръби с интензификатор е използван вътрешния диаметър на тръбата D_i , а не D_{eq} , което води до известна неточност;

- защо при определяне на коефициента на хидравлично съпротивление, плътността на флуида се определя за температурата на входа?

- на стр. 5 е посочена размерност на коефициента на топлопредаване $Wm^{-2}K$.

9. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и притежава необходимите качества на дисертация за придобиване на образователна и научна степен „доктор”. 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“..

30.01.2019 г.

Подпис:

/ доц. д-р инж. М. Райкова /