

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ в професионално направление 5.4 Енергетика – научна специалност „Промислена топлотехника“

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Калин Симеонов Крумов**

Тема на дисертационния труд: Подобряване на топлообмена във високотемпературни камерни пещи за изпичане на керамични изделия

Рецензент: проф. д-р инж. Никола Георгиев Калоянов

Катедра Топлинна и хладилна техника, Технически университет – София

1. Кратки биографични данни и характеристика на научните интереси на кандидата

Маг. инж. Калин Симеонов Крумов е роден на 19.07.1972 г. в гр. Кюстендил. През 1991 год. завършва средно образование по специалност „Промислена електроника“. Висше образование завършва през 1996 год. в Технически университет – София с образователна и квалификационна степен „магистър“ по специалност „Топлоенергетика“. През същата година той придобива и квалификация по специалност „Банки и финансов бизнес“, дипломирайки се успешно и в Свободния факултет на ТУ-София.

Трудовата си кариера инж. Крумов започва през 1997 г. като инспектор към общинската комисия по търговия на община Кюстендил и до края на 2006 год. преминава последователно през няколко търговски дружества. От началото на 2007 год. се установява в областта на енергийната ефективност в „Хийт Консулт“ ООД и „Икар Консулт“ ООД, където прилага знанията си като експерт по обследване за енергийна ефективност.

През периода март 2010 – март 2014 г. е редовен докторант на Химикотехнологичния и металургичен университет – София по научна специалност „Промислена топлотехника“. Отчислен е с право на защита на 01.03.2014 г. От м. февруари 2015 г. е назначен на академичната длъжност „асистент“ към катедра „Технология на силикатите“.

Научните интереси на кандидата са в областта на промишлената топлотехника и енергийната ефективност.

2. Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Представеният дисертационен труд отразява резултатите от научно изследване за намаляване на разходите за енергия и повишаване на качеството на продукцията във високотемпературни камерни пещи за изпичане на керамични изделия.

Трудът е структуриран в три логически свързани раздела:

- Състояние на проблема,
- Теоретични основи, методи и средства за изследване и подобряване на топлообмена в камерните пещи,

- Моделиране и компютърно симулиране на топлообмена в камерна пещ за изпичане на техническа керамика,

в общ обем от 146 страници, вкл. 40 фигури и 36 таблици. Библиографията включва 130 заглавия, 75% от които са на латиница. 52% от общия брой анализирани трудове са публикувани през последните 10 години.

Основната цел, дефинирана в дисертационния труд: разработване на алгоритъм за моделни изследвания на нестационарния спрегнат топлообмен в газови камери за изпичане на керамични изделия, който да бъде използван за подобряване на процеса на горене, температурните и газодинамични режими и като резултатен ефект – повишаване на технологичната, енергийната и екологична ефективност на пещите, е безспорно актуален и с широка научно-приложна значимост в световен мащаб.

Доказателствата за това са обосновани коректно в раздела „Състояние на проблема“. Със сполучлив баланс между систематизирано изложение на историческото развитие на технологиите и техниките за изпичане, конструктивните особености, технологичните изисквания, режимните ограничения на процесите в пещите, методите и техниките за моделиране, и постигнатите резултати в световната практика, докторантът показва много добро ниво на изучаване и запознаване с проблематиката. Изводите от този анализ са коректни. Те се отнасят до доказана:

- безспорна широка приложимост на камерните пещи за производство на керамични изделия,
- практическа невъзможност за дефиниране на единна оптимална конструкция и изисквания за ефективност поради голямото разнообразие на камерите,
- наличност на резултати от единични изследвания на отделни аспекти на сложните многосвързани процеси в пещните камери, вкл. на топлообменните процеси при редица опростяващи условия, като: стационарност на процеса, равномерност на скоростния профил на флуидната среда, равномерност на температурните полета в обема на твърдата среда,
- липса на методология, подход и резултати от комплексно изследване на нестационарния спрегнат топлообмен в газови камерни пещи на основата на числено моделно изследване.

Тези изводи определят правомерна база за формулиране на основните задачи за постигане на поставената цел:

- съставяне на математичен модел на нестационарния спрегнат топлообмен в пещната камера, обхващащ горивните процеси, газодинамиката в пещната камера, преноса на топлина чрез излъчване, конвекция и топлопроводност в газовата

среда, преноса на топлина в твърдата среда на изпичаната продукция, съоръженията и ограждащите елементи,

- валидиране на математичния модел чрез прилагане на техниките на числения експеримент и реални измервания,
- експериментално изследване и анализ на нестационарните топлинни и аеродинамични процеси за формиране на препоръки за повишаване на ефективността на процесите в печната камера,
- моделно изследване на варианти за модернизация на високотемпературна пещ за изпичане на керамични изделия,
- сравнителен анализ на вариантите решения за модернизация.

Считам, че за постигане на поставената цел чрез решаване на посочените по-горе задачи докторантът е приложил подходяща методология и е използвал съвременни методи, които са представени в раздел втори и трети.

В раздел втори е представена концепция за структуриране на алгоритъм за изследване на многосвързания топлообменен процес в камерни пещи за изпичане на твърди материали и е съставен комплексен нестационарен математичен модел. По своята същност предлаганата концепция се основава на итеративна процедура за моделно числено изследване с разделяне на цялостния процес на две последователни стъпки – симулиране на топлообмена в ограждащите елементи при прогряване на пещта и симулиране на спрегнатия топлообмен в пещното пространство. Параметричната връзка между двете стъпки се осъществява чрез дефиниран условен коефициент на топлопреминаване, а критерий за достиганата точност при отделните итерации е дефиниран с отклонението на изчислената температура в газовата среда на пещта в областта на измерване на контролната температура от съответстващата и стойност (зададена с температурната крива или измерена с контролната термодвойка). Такъв подход води до чувствително редуциране на необходимите изчислителни ресурси и време, които са и основна бариера за прилагане на едновременно числено решаване на комплексния модел.

В тази част са представени и компонентите на съставения математичен модел на спрегнатия топлообмен в печната камера, като са отчетени възможностите на постиженията от предходни изследвания в тази област. Коментирани са основните специфични особености на моделиране на граничния слой, радиационния топлообмен, горивния процес, условията за еднозначност и са избрани подходящи за преследваните цели формулировки. Избран е и подходящ метод за дискретизация на изследвания обект – методът на крайните обеми, както и среда за числено решаване на модела и визуализация на резултатите – ANSYS CFX. Формулирани са три параметъра за

валидиране на получаваните резултати: температура на външните повърхности на ограждащите елементи, температура на газовата среда и температура на изходящите димни газове.

В третия раздел са представени резултатите от приложение на разработения алгоритъм и модел на топло и масообменните процеси за изследване на конкретна камерна пещ за изпичане на керамични материали. Общият математичен модел, представен във втори раздел, е детайлизиран в съответствие с конкретните особености на камерата и е калибриран на основата на реални измервания.

Изследването установява основни структурни и параметрични фактори, влияещи негативно върху постиганата равномерност на температурните, скоростните и концентрационните полета, а от там и върху качеството на произвежданата продукция, разхода на енергия и генерираните емисии вредности. На тази основа са разработени, изследвани и предложени вариантни решения за подобряване на технологичната, енергийната и екологичната ефективност на конкретната камерна пещ. Демонстрирани са възможностите за визуализация на различни фрагменти от получаваните по алгоритъма крайни резултати, които подпомагат в голяма степен разбирането на протичащите сложни процеси и вземането на решения. Този раздел доказва по убедителен начин правомерността на предложения подход за изследване и полезността му за търсене на оптимални решения в конкретната област.

3. Характеристика и оценка на приносите в дисертационния труд

Оценявам приносите в дисертационния труд като научноприложни и инженерноприложни.

Научноприложни приноси

1. Формулиран е научен подход (алгоритъм) за изследване и анализ на работата на високотемпературни камерни газови пещи за изпичане на керамика на базата на етапно решаване на математичен модел на нестационарните топло и масообменни процеси в пещна камера за изпичане на керамични материали.
2. Съставен е математичен модел на спрегнатия топлообмен в пещното пространство на камерни пещи за изпичане на керамични материали.
3. При прилагане на съставения математичен модел за анализ на топлинния режим във високотемпературна камерна пещ за изпичане на техническа керамика е получена нова база данни числени стойности за температурните, скоростните и концентрационните полета, които са визуализирани и разширяват базата знания за по-пълното идентифициране и изучаване на преносните процеси в този тип пещи.

Създаденият алгоритъм и съставеният модел разширяват възможностите за изследвания за структурно-параметричен анализ на камерните пещи за изпичане на керамични материали, вкл. оценка на степента на неравномерност на температурните, скоростните и концентрационните полета, компонентите на енергийния баланс и влиянието на организацията и планирането на технологичните процеси върху крайната ефективност на пещите. Всичко това води до съществено облекчаване на решаването на проектната и проверочната задачи за разгледания тип топлотехнически агрегати без необходимост от значими изчислителни ресурси и изчислително време.

Инженерноприложни приноси

1. В резултат на прилагане на разработения подход за изследване са генерирани и предложени конструктивни изменения в изследвания пещен агрегат, водещи до редуциране на разхода на гориво и на свързаните с горенето вредни емисии с 54,8 % , до намаляване на брака и повишаване на производителността на пещта. Предложените технически решения са приети за реализиране, което е удостоверено с представена референция от собственика на пещната камера.

4. Оценка на съответствието между автореферата и дисертационния труд

Съдържанието на автореферата съответства напълно на дисертационния труд.

5. Мнение за публикациите на дисертанта по темата на дисертационния труд

Основните резултати от дисертационния труд са направени достояние до научната общност чрез пет публикации - една самостоятелна, а останалите в съавторство. Една от публикациите е в специализирано научно списание, а четири от публикациите са отпечатани в сборник с доклади от научни форуми с международно участие в България. Освен цитираните по-горе публикации, са представени и два доклада на конференции, едната от които с международно участие.

Нямам информация за цитиране от други автори.

Приложена е референция за използване на разработените от докторанта технически решения за повишаване на ефективността на пещен агрегат в Техкерамик – М ООД, гр. Мездра, получени в резултат на изследване на съществуващото състояние по алгоритъма и модела от дисертационния труд.

6. Критични бележки и коментари

Установих несъответствие в терминологията при описание на условния коефициент на топлопреминаване, използван при дефиниране на граничните условия за двете стъпки на симулационния процес. Приемам това като редакционна грешка, която коментирах в разговор с докторанта.

7. Лични впечатления за дисертанта

Познавам докторанта от времето на обучението му в ТУ-София и след това като консултант по енергийна ефективност. Имам много добри впечатления от развитието му в професионалната област на енергопреобразуващите процеси, технологии, енергийната ефективност и опазването на околната среда.

8. Мнения, препоръки и бележки

Считам, че дисертационният труд е разработен със значимо лично участие на докторанта, подкрепено с висока научна компетентност от научния ръководител и колектива от катедра „Технология на силикатите“, работещ в тази област. Представените резултати дават добра основа за продължаване на изследванията в обширната интердисциплинарна област на тематиката, обхващаща взаимосвързани проблеми от механика на флуидите, термодинамиката, топлопренасянето, неорганичната химия, приложната математика, което намирам за друг положителен ефект от представения труд.

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният дисертационен труд представлява завършено научно изследване, което отговаря напълно на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за неговото приложение и Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на ХТМУ. Безспорната актуалност на тематиката на дисертационния труд и постигнатите научноприложни и инженерноприложни резултати ми дават основание за положителна оценка на работата на докторанта и предложение до членовете на научното жури да присъдят на маг. инж. Калин Симеонов Крумов образователната и научна степен „доктор“ по професионално направление 5.4 Енергетика, научна специалност „Промислена топлотехника“.

15.05.2016 г.

Рецензент:

проф. д-р инж. Никола Калоянов

