РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „АНГЕЛ КЪНЧЕВ“

ФАКУЛТЕТ „АГРАРНО-ИНДУСТРИАЛЕН“

Катедра „Топлотехника, хидравлика и екология“

маг. инж. Джихан Ибрахимов Менсеидов

ТРЕТИРАНЕ НА ОПАСНИ ОТПАДЪЦИ ОТ ТРАНСПОРТА – ИЗЛЕЗЛИ ОТ УПОТРЕБА АВТОМОБИЛНИ ГУМИ

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „ДОКТОР“

Докторска програма:

„„Системи и технологии в транспорта за опазване на околната среда“

Професионално направление

5.6. Транспорт, корабоплаване, авиация

Област на висше образование

5. Технически науки

Научни ръководители:

1. **доц. д-р Маргарита Василева Филипова**
2. **доц. дн Иванка Миткова Желева**

РУСЕ, 2017

Дисертационният труд е разработен от редовен докторант към катедра “Топлотехника, хидравлика и екология” на Русенския университет “Ангел Кънчев”.

Дисертационният труд обхваща увод, 4 глави, заключение, приложения и съдържа 152 страници, 94 фигури и 15 таблици. Цитирани са общо 77 литературни източници, от които 38 на кирилица, 39 на латиница.

Дисертационният труд е обсъден на заседание на разширен катедрен съвет на катедра “Топлотехника, хидравлика и екология” към Русенския университет “Ангел Кънчев” на 08.06.2017 г. и е насочен за официална защита пред научно жури.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на открито заседание пред научно жури, назначено от ректора на Русенския университет, на …….. г. от …….. часа в зала ……. корпус …… на университета. Материалите на докторанта са на разположение на заинтересованите в катедра „Топлотехника, хидравлика и екология”.

Авторефератът е публикуван в сайта за развитие на академичния състав на университета.

Автор: **маг. инж. Джихан Ибрахимов Менсеидов**
Заглавие: **„ТРЕТИРАНЕ НА ОПАСНИ ОТПАДЪЦИ ОТ ТРАНСПОРТА - ИЗЛЕЗЛИ ОТ УПОТРЕБА АВТОМОБИЛНИ ГУМИ**

Тираж: **20 бр.**
Проект, оформление и предпечатна подготовка: авторът.
Университетски издателски център при Русенски университет “Ангел Кънчев” - Русе, 2017

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

В съвременните условия на научно-техническа революция, когато човекът все по-активно се намесва в природните процеси, опазването на околната среда се превръща в един от най-острите и актуални проблеми. Този проблем има сериозни последствия за човечеството и бъдещите поколения, които освен регионален имат и глобален характер. В нашето съвремие замърсяването на околната среда оказва изключително въздействие върху здравето и живота на хората. Ето защо борбата срещу замърсяването и безконтролното и хищническо използване на природните ресурси днес е глобален социален проблем, който вълнува цялото човечество.

Един от замърсителите на природата е автомобилният транспорт. Важен аспект на опазването на околната среда, свързани с автомобилния транспорт, е безопасното третиране на излезлите от употреба автомобилни гуми (ИУАГ), на което е посветена настоящата дисертация.

Излезлите от употреба автомобилни гуми са крупнотонажен отпадък, съдържащ полимерни вещества, които практически не се разлагат в природата. Целесъобразно е тези отпадъци да бъдат преработени и едновременно с решаването на екологическия аспект на проблема, да се получават и топлинно-енергийни и суровинни ресурси.

От началото на 2003 година Европейският съюз приема решение за забрана на изгарянето и закопаването под земята на автомобилни гуми. Ето защо безопасното третиране на ИУАГ става все по-важно и актуално.

Пиролизата е едно от възможните решения за минимизиране на трайно увеличаващото се количество на ИАУГ. В рамките на тази технология се достига значителен икономически ефект, защото се поучават редица продукти с полезно приложение и се намалява количеството на ИАУГ. Това има както икономически, така и социален ефект, защото е известно, че разходите за възстановяване на околната среда се възвръщат изключително бавно или въобще не се възстановяват.

В световен мащаб около 23% от всички ИУАГ се преработват чрез пиролиза, докато в Република България този процент е много по-малък. Това показва, че за България този метод все още има голям потенциал и са необходими допълнителни изследвания за прилагането му. Имено това обстоятелство обуславя избора на темата, целта и задачите на настоящата дисертация.

. Цел и задачи на дисертационния труд

Цел: Да се разработи модел и методика за управление на процес на безопасно третиране на ИУАГ (пиролиза)

За реализиране на поставената цел, следва да се изпълнят следните задачи:

No	ЗАДАЧИ
1	***Проучване и анализ на образувалите се количества ИУАГ и произтичащите от тях проблеми за околната среда.***
2	***Изследване на методите за третиране на ИУАГ като опасен отпадък, използвани в Република България и в Европейския съюз.***
3	***Изследване на пиролизата като перспективен, но недостатъчно прилаган в Република България метод за третиране на ИУАГ и получаване на полезни продукти.***
4	***Изучаване на действащата нормативната база в Европейския съюз и Република България относно третирането на ИУАГ и дефиниране на произтичащите проблеми, свързани с функционирането на пиролизните станции.***
5	***Създаване на математически модел за изследване на нестационарния топлообмен в пиролизна станция***
6	***Създаване на числен алгоритъм, реализиран в програмната среда МАТЛАБ за решаване на моделните задачи.***
7	***Получаване на резултати и анализ за температурата, за изолиниите на температурата и градиента на температурата в пиролизна установка.***
8	***Създаване на автоматизирана система на управление по температурата на процесите в пиролизна станция.***
9	***Създаване на демонстрационна уредба за апробиране и изследване на автоматизираната система на управление.***

Методи на изследването

Основните методи на работа, използвани при решаването на поставените задачи и подготовката на дисертационния труд са: критичен анализ на литературни данни и информация от институции и получаване на изводи от тях; математическо моделиране (аналитично и числено) на процеси и явления; усвояване на програмна среда МАТЛАБ; програмиране на логически контролер PLC и др.

Апробация

По темата на дисертацията са представени 7 публикувани научни труда. От тях пет са в сборници „Научни трудове на Русенски университет“, две в международни списания, две самостоятелни работи, като едната е от участие в Международен студентски симпозиум в Хунедоара, Румъния. Останалите работи са в съавторство с научните ръководители.

Благодарности

Изказвам изключителната си благодарност към научните си ръководители: доц. д-р Маргарита Филипова и доц. дн Иванка Желева, които ме вдъхновяваха през цялото време на редовната ми докторантура, активно ми съдействаха и ме подкрепяха. Техните ценни съвети и напътствия не само по темата на дисертацията, направиха моето обучение в катедрата приятно, задълбочено и незабравимо.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

УВОД

Химичните технологии и новите им области на приложение се развиват много бурно. Човекът все по-активно се намесва в природните процеси, поради което опазването на околната среда се превръща в един от най-острите и актуални проблеми на съвремието. Това води до сериозни последствия за човечеството в настоящия момент и застрашава бъдещето на идните поколения. Проблемите за предотвратяване на замърсяването и опазването на околната среда имат не само регионален, но и глобален характер. На съвременния етап замърсяването на околната среда оказва изключително силно въздействие върху здравето и живота на хората и води до появата на съвършено нови явления и процеси, свързани с тях. Ето защо минимизирането и борбата със замърсяването на средата и безконтролното и неефективно използване на природните ресурси днес е глобален и социално значим проблем, който не е намерил пълноценно разрешение.

Решаването на екологичните проблеми включва икономически, правен и технологичен аспекти, които много често са в дисбаланс. Това прави проблема за опазване на околната среда мултидисциплинарен, комплексен и изключително труден за решаване. Ето защо е необходимо обединяване на усилията на специалисти от различни научни и професионални направления за постигане на научни и научно-приложни резултати с фокус повишаване на ефективността на технологиите за опазване на околната среда.

Един от най-сериозните замърсители на всички компонентите на околната среда е автомобилният транспорт. Той емитира множество вредни газове, фини частици и създава крупнотонажни отпадъци – излезли от употреба гуми, акумулатори, отработени масла и киселини, стомана и тежки метали, пластмаси и др.

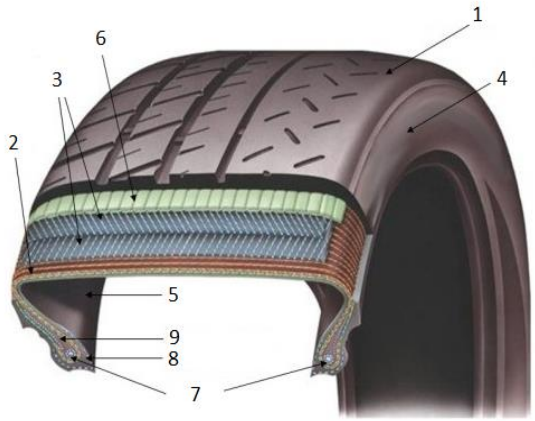
В България годишно се генерират около 60 000 тона стари и непотребни автомобилни гуми. Те включват в състава си неорганични, органични и полимерни вещества, които практически не се разлагат в природата, а при загробване в почвата и контакт с водата те се превръщат в източници на замърсяване.

Наложително е тези отпадъци да бъдат преработени, с което може да се постигне решаване на екологичния аспект на проблема, а също така се дава възможност за получаване на топлинно-енергийни и суровинни ресурси. Това се реализира в много страни от Европейския съюз и извън него, но не в същите мащаби в България

Дисертационният труд е посветен на екологичните проблеми, свързани с излезлите от употреба гуми, като обект на изследване са излезлите от употреба автомобилни гуми (ИАУГ).

Глава 1. Анализ на състоянието на проблема с излезлите от употреба автомобилни гуми

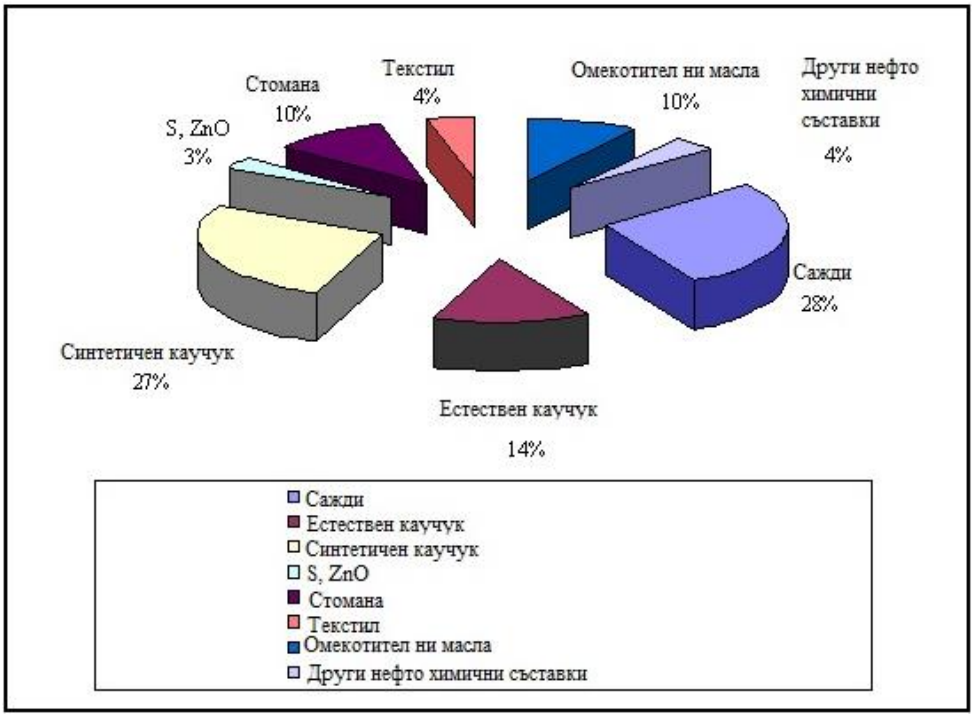
Автомобилните гуми са предназначени за поглъщане на незначителни колебания, получени от несъвършенството на пътното покритие, както и за реализация и възприятие на силите, възникващи при контакта с пътната настилка, а също така осигуряват висок коефициент на сцепление. Те са изградени от девет основни структурни слоя, представени на Фиг.1.1.:



Фиг. 1.1. Структура на автомобилната гума
1- протектор; 2-скелет;
3- раменен блок и ламели;
4- пояси ;5 - вътрешна облицовка;6 - допълнително усилен пояс;
7 - обръч на борда; 8- борд; 9 - пълнеж.

Според геометричното разположение на кордата в скелета, гумите биват радиални и диагонални. При радиалните гуми кордата е разположена по радиуса на гумата, докато при диагоналното разположение кордата е под ъгъл на радиуса.

Радиалната структура позволява на гумата да се огъва и да поема неравностите на пътя, а радиалната конструкция осигурява по-малка степен на триене и следователно намаляване на износването на протектора. Горният пласт на радиалната повърхнина обикновено се състои от стоманени корди, произведени от преплетени стоманени нишки. Стоманените корди осигуряват стабилна основа, позволяваща по-голяма устойчивост и по-малко износване на грайфера. Те защитават базовата повърхнина от удари и спукване. Допълнителни компоненти като уплътнител на борда и още един горен пояс обикновено се поставят във високоскоростни гуми като позволяват на гумата да запази формата си при завой и увеличават нейната стабилност при високи скорости. Най-горната част на гумата е протекторът. Материалът ,който се използва при неговото създаване се нарича просто "съставка на протектора", и се различава при различните типове гуми [3,4].



Фиг. 1.2. Средностатистически състав на радиалната гума

Съгласно изискани от Изпълнителната агенция по околна среда данни през отчетната 2015 г. лицата, пускащи на пазара гуми, отговарят за оползотворяването на не по-малко от 65% и за рециклирането и/или регенерирането на не по-малко от 25 %от количеството гуми (t), пуснати от тях на пазара на Република България. Съгласно данните за пуснатите на пазара гуми и оползотворените излезли от употреба гуми постигнатата национална цел по оползотворяване е 86,65% при нормативно заложени 65%, а постигнатата национална цел по рециклиране и/или регенериране е 30,37% при нормативно заложени 25%. Това са много добри и обнадеждаващи резултати за бъдещо отношение към проблема с оползотворяването на ИУАГ.

Таблица 1.5. Пуснати и излезли от употреба гуми

Година	Пуснати на пазара гуми, (t)	Излезли от употреба гуми, (t)
2011	24867,61	5700,28
2012	26287,47	17875,16
2013	28889,86	6491,31
2014	30902,66	14526,94
2015	37507,91	16918,95

Източник: ИАОС

В Таблица. 1.5. са поместени количествата ИУАГ в Р България за период от последните пет години. От представените данни става ясно, че количествата на пуснатите на пазара гуми непрекъснато расте, като същата тенденция не се спазва по аналогичен начин за количествата ИУАГ, което вероятно може да се обясни с някои икономически предпоставки.

Излезлите от употреба автомобилни гуми са източник на сериозно замърсяване на околната среда. Те не подлежат на естествено разлагане, а при възпламеняване изгарят с отделяне на силно токсични и канцерогенни вещества. В същото време значителният ръст на автомобилния парк води до непрекъснато повишаване на количествата от изхвърлени автомобилни гуми. В много от индустриално развитите страни има разработени методи и програми, предназначени за поддържане на събирането и преработката на негодните автомобилни гуми.

Основните методите за преработка на гуми могат да се разделят на две големи групи: химически и физически. Известни са следните физически методи за преработка на стари автомобилни гуми :

- рециклиране;
- използване на цели гуми за различни цели;
- криогенна технология;
- механическа преработка;
- депониране.

Таблица 1.6. Излезли от употреба гуми за периода 2011 - 2012 г.

Година	I-VI.2011	VII-XII.2011	2012
Мерна единица	t	t	%
Оползотворено количество	15 745,81		
Регенерирано количество		16 766,14	
Рециклирано количество		981,05	6
Изгаряне		11 918,34	79
Пиролиза		**2 275,20**	**11**
Други методи за оползотворяване		1 425,18	3
Обезвреждане	24,545		1

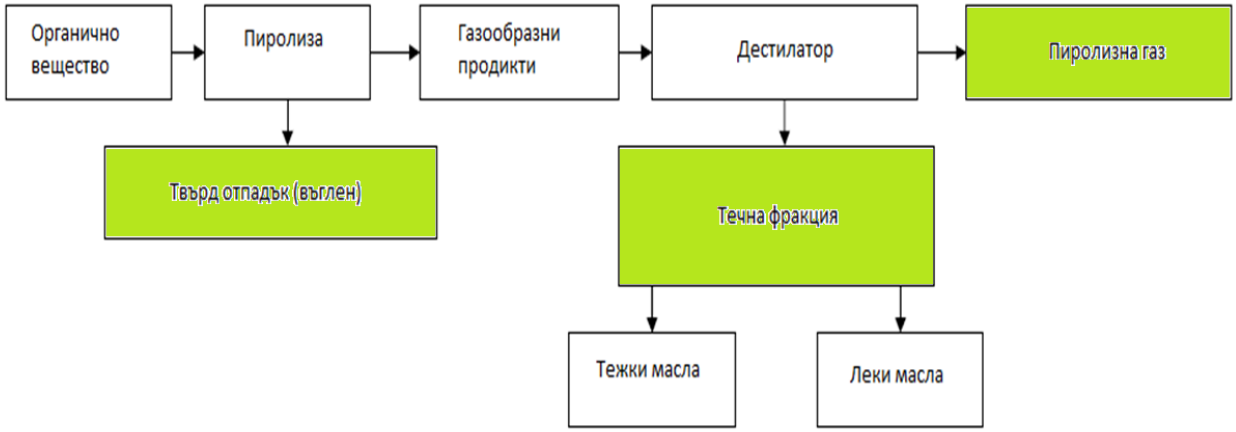
Източник: НСИ, ИАОС

Като химически методите за преработка на гуми са изгарянето и пиролизата. Пиролизата е едно от възможните решения за минимизиране на трайно увеличаващото се количество ИАУГ. В рамките на тази технология се достига значителен икономически ефект, защото се поучават редица продукти с полезно приложение и се намалява количеството на ИАУГ. Пиролизата е термохимичен

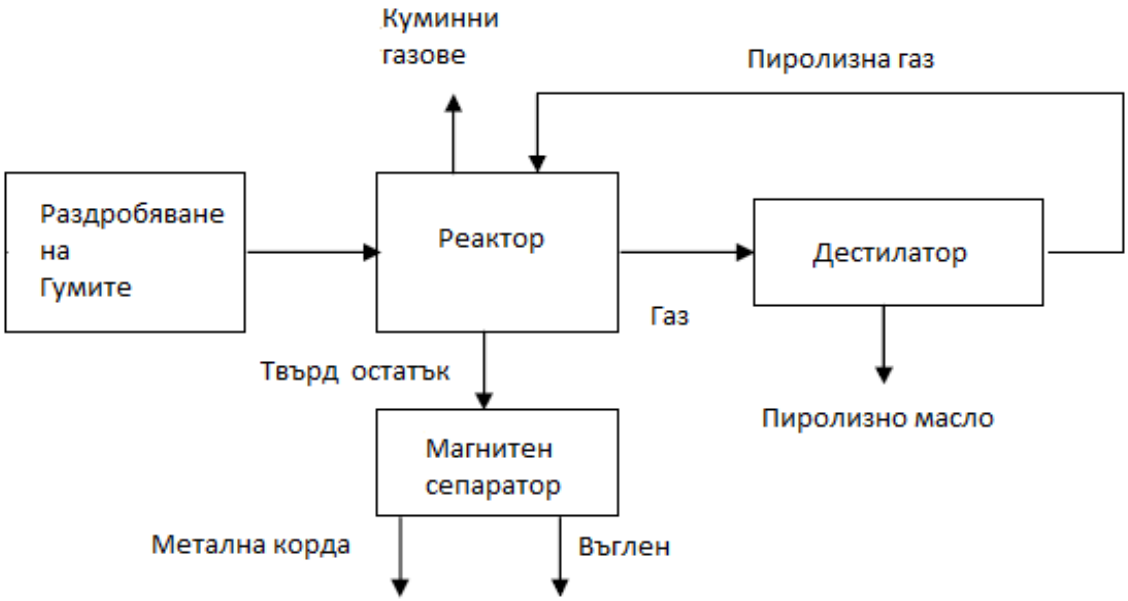
процес на разлагане, който е приложим за всички органични вещества. В резултат на този процес може да се получат твърди, течни и газообразни вещества.

В Таблица.1.6. са поместени количествени данни във връзка с изпълнението на Наредбата за оползотворяване на ИУАГ [20].

Съгласно информацията, получена от одиторските доклади по Наредбата лицата, които изпълняват задълженията си са постигнали много добри резултати по оползотворяване на ИУАГ в размер на 68.89%.[20,33] Посочената стойност е съпоставима с изпълнението на целите за оползотворяване през 2011 г., която е в размер на (68.26%).



Фиг. 1.15. Принципна блок схема на протичане на пиролизния процес



Фиг. 1.16. Блокова схема на пиролиза инсталация

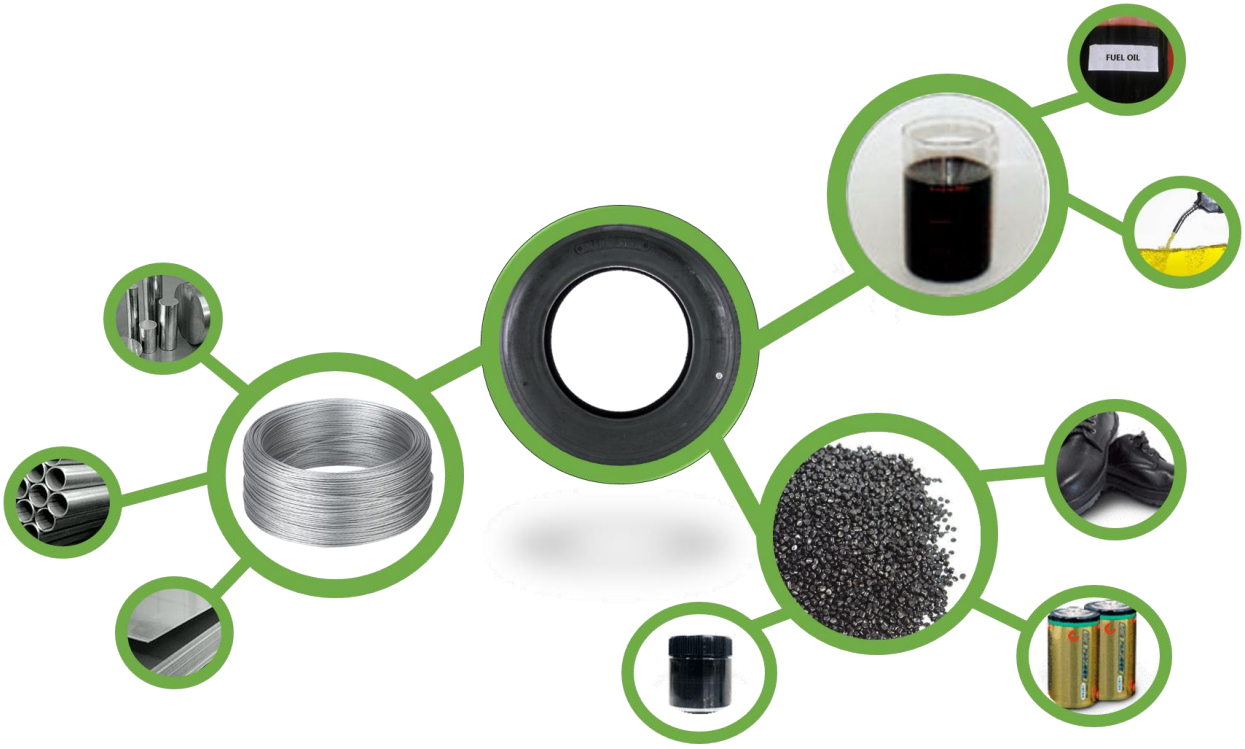
На Фиг. 1.15 е представена блок – схема на процеса на пиролиза и образуващите се крайни продукти. Характерна особеност на пиролизния процес е високата степен на херметичност на пиролизния тигел. Особено внимание се отделя на зареждащото устройство и на устройството за отстраняване на пиролизния остатък. Отделената при процеса пиролизна газ, се използва за нагряване на тигела, а не се изпуска в околната среда.

На Фиг. 1.16 е представена блокова схема за пиролиза на автомобилни гуми. Процесът започва с раздробяване на гумите на необходимата големина. Те се зареждат в реактора за пиролиза. След началото на термохимичната реакция започва образуването на газ и твърдия остатък. Твърдият остатък след края на термохимичната реакция се охлажда и пречиства посредством магнитен сепаратор. След почистването му се получава метална корда и въглен.

Полученият по време на пиролизата газ преминава през дестилационни колони, от които се получава пиролизно масло и пиролизна газ. Полученото пиролизно масло съдържа около 45% дизел и може да бъде използвано като гориво за промишлени машини. Пиролизната газ посредством компресор в повечето случаи се използва за нагряването на реактора.[41,42]

Преработката на ИАУГ по тази технология решава проблема за оползотворяването им в промишлен количества. Продуктите (пиролизно масло/мазут, сажди. скрап) (Фиг. 1.16., Фиг. 1.18.) се получават много бързо и могат да послужат като суровини в следващи производствени процеси. При производствената дейност по оползотворяването на отпадъците (до 5 t на денонощие) се предвижда, като краен продукт получаването на течна фракция – пиролизно гориво 2,80 t/24 h и пиролизен газ 0,30 t/24 h.

Пиролизното гориво може да се използва за предварително подгряване на инсталацията и като гориво за котли на течно гориво. Пиролизният газ се използва изцяло за поддържане на технологичния процес чрез изгаряне в газова горелка. В процеса на преработка на гумите са получават още високовъглероден остатък и металкорд.



Фиг. 1.18. Продукти на пиролизата

Въпросът с рециклирането ИАУГ в Р България е особено актуален, защото ежегодните количества на ИАУГ е значително. В Таблица. 1.11. е показано количеството излезли от употреба автомобилни гуми за 2015г. при средни пазарни стойности на продуктите, получени след пиролиза.

Таблица. 1.11. Стойност на ИУАГ при 100% пиролизна преработка

	Гуми излезли от употреба	Въглерод	Масло	Стомана
Количество (t)	16 918,95	6767,58	6767,58	1691,895
Пазарна стойност след пиролиза ($)	9 305 422,50*	4 060 548,00	4 737 306,00	507 568,50

**- Общата сума на получените крайни продукти от пиролизата*

Получените при пиролизата продукти могат да намерят приложение в много други сектори, което е добра възможност за развиване на търговска дейност и намаляване на техните количества, замърсяващи околната среда и струпвани на регламентирани и нерегламентирани места. Няма точна информация за броя на фирмите, притежаващи пиролизни инсталации, но проучването на най-известните на пазара е обобщено в Таблица. 1.12.

Таблица. 1.12. Фирми с пиролизни инсталации в България

Град	Име на фирма
Белене	**ЕНЕРКЕМИКАЛ ЕООД**
Бургас	БАЛЕПРЕС ЕООД
Варна	ЕКО ЗОРА ООД
Варна	КРЕО БГ ЕООД
Добрич	Екопроцес АД
Русе	**Пиролиза БГ ООД**
София	Еко Рецикъл Гума ООД
Сланотрън	Търговска и технологична компания – АД
Хасково	Екопиролиза ЕООД
Шумен	Сам Шум Компания, ООД

Всички тези фирми са основани в периода от 2001 до 2012г. Инвестицията за подобна инсталация варира между 300 000 и 2 мил. евро. През 2012г. се приемат новите Наредба 1, Наредба 4 и Наредба 6 за мониторинг, при които не се прави разлика между пиролиза и изгаряне на гуми в пещи.

Глава 2. Нормативна база за излезли от употреба гуми

Европейските стратегически документи от последните години променят философията и подхода към отпадъците, от целенасочено управление на отпадъците като фактор, увреждащ околната среда, към политика на предотвратяване на тяхното образуване и ефективното им използване като ресурси.

2.1. Нормативна база в България

Основният нормативен документ, касаещ проблема с ИУГ в нашата страна е Законът за управление на отпадъците, който регламентира мерките и контрола за защита на околната среда и човешкото здраве чрез предотвратяване или намаляване на вредното въздействие от образуването и управлението на отпадъците, както и чрез намаляване на цялостното въздействие от използването на ресурси и чрез повишаване ефективността на това използване. Той не се прилага за радиоактивни отпадъци, отпадъчни газове изпускани в атмосферния въздух и др. Класификацията на отпадъците се определя с Наредба N2 от 2014г. [56] на

министъра на околната среда и водите и министъра на здравеопазването. Класификацията на отпадъците се извършва по техния произход, състав и пределно-допустимите стойности за концентрация на опасни вещества. Съгласно тази Наредба с код 19 се класифицират отпадъци от съоръжения за обработване на отпадъци, от пречиствателни станции за отпадъчни води и от водното стопанство за подготовка на вода за питейни нужди и вода за промишлена употреба. С код 19.01 са от изгаряне или пиролиза на отпадъци, ако отпадъците от пиролиза съдържат опасни вещества те получават код 19.01.17 а отпадъците различни от тях 19.01.18 пиролизните отпадъци съдържащи опасни вещества се управляват по нататък съгласно Наредбата за реда и начина за класифициране, опаковане и етикетиране на химични вещества и смеси и/или с Регламент (ЕО) № 1272/2008 на Европейския парламент и на Европейския съвета относно класифицирането, етикетирането и опаковането на вещества и смеси.

Решаването на въпросите с третирането на ИУГ се извършва в съответствие с още няколко нормативни документа:

- Наредба №3 за класификация на отпадъците (2004);
- Наредба за изискванията и транспортирането на производствени и опасни отпадъци (1999 г.);
- Наредба за изискванията за третиране на отпадъците от моторни превозни средства (2005 г.);
- Наредба № 6 за условията и изискванията за издаване на разрешения за изграждане и извършване на дейности по управлението на отпадъци (2004 г.);
- Наредба за изискванията за третиране на ИУГ (2012);

Определени отпадъци престават да бъдат отпадъци, когато са преминали през процес на оползотворяване, включително рециклиране, и отговарят на критерии, съобразени със следните условия:

- за използването на веществото или предмета за специфични цели е налична възприета практика;
- за веществото или предмета съществува пазар или търсене;
- веществото или предметът отговарят на техническите изисквания за специфичните цели и са в съответствие с нормативните изисквания и стандарти, приложими към продуктите;
- употребата на веществото или предмета няма да доведе до вредно въздействие върху околната среда или човешкото здраве.

Като резултат работата на пиролизните инсталации в Република България е затруднена тъй като получаваните продукти се класифицират като отпадъци. За разлика от много други страни, в които пиролизата е нормален работещ процес за

оползотворяване на ИУАГ в Република България фирмите са принудени да водят дългогодишна борба с институциите, за да доказват, че пиролизният процес се различава от процеса на изгаряне и при него не се емитират вредни вещества в околната среда. Това много често отказва инвеститорите от влагане на средства в такъв тип инсталации. Една от малкото инсталации, които са успели да постигнат пробив в борбата с институциите е „ПИРОЛИЗА БГ“ ООД, за която е изработена автоматизирана система за следене на температурата, представена в настоящия дисертационен труд. След дълги преписки е подадено заявление пред РИОСВ гр. Русе и са получени две разрешителни: Разрешение за дейности с отпадъци и Разрешително за съхраняване на отпадъци до извършване на която и да е от операциите, след което фирмата може да извършва пиролиза на ИАУГ. Тези разрешителни потвърждават факта , че пиролизата не е процес на горене и отделените при нея газове не се изпускат в атмосферата, а се оползотворяват при процеса на нагряване на тигела. Поради тази причина процесът се класифицира с код R1- изгаряне с оползотворяване на топлина. Поради тази причина отпада необходимостта от постоянен мониторинг който е една от основните причини за затруднената дейност на пиролизните инсталации. Фирмата притежава също така право за работа с кодове R12 и R13 (R12 - Размяна на отпадъците за оползотворяване по който и да е от методите R1 - R11; R13 - Съхраняване на отпадъци до извършване на която и да е от операциите R1 - R12, освен временното съхраняване до събирането им на мястото на образуване). Предстои регистрация по REACH - регламент относно регистрацията оценката, разрешаването и ограничаването на химикали. Съгласно единната система за регистрация, оценка и разрешаване на химикали, информация относно рисковете, причинявани от тях, както и начините те да бъдат управлявани, трябва да се предоставя в цялата производствена верига.

В таблица 2.2. са представени фирмите в нашата срана, притежаващи документи за извършване на дейности с ИАУГ.

Таблица 2.2. Фирмите в нашата срана, притежаващи документи за извършване на дейности с ИАУГ

	R01	R03	R12	R13
ЛЮБОМИР ВАСИЛЕВ - ЕМИВА	☑	☒	☑	☑
ТЪРГОВСКА И ТЕХНОЛОГИЧНА КОМПАНИЯ	☑	☒	☑	☑
ЕНЕРКЕМИКАЛ	☑	☒	☑	☑
ЕКО ПАУЪР 2012	☑	☑	☑	☑
ПИРОЛИЗА БГ	☑	☒	☑	☑
ЕКОПИРОЛИЗА	☒	☒	☒	☒
ДЕВНЯ ЦИМЕНТ	☑	☒	☒	☑
ХОЛСИМ БЪЛГАРИЯ	☑	☒	☒	☑
ЗЛАТНА ПАНЕГА ЦИМЕНТ	☑	☒	☒	☒

R01 - използване на отпадъците като гориво или по друг начин за получаване на енергия;

R02 – пречистване или регенериране на разтворители;

R12 - размяна на отпадъците за оползотворяване по който и да е от методите R1 - R11;

R13 - съхраняване на отпадъци до извършване на която и да е от операциите R1 - R12, освен временното съхраняване до събирането им на мястото на образуване).

2.2. Нормативна база в Европейския съюз

Действащото законодателство на Европейския съюз разглежда излезлите от употреба гумите аналогично с всички отпадъци в стратегията за управлението на отпадъците. Усилията на ЕС са за превенция изхвърлянето на отпадъка. Все по-голямо внимание се отрежда на рециклирането, и оползотворяването на ИУАГ.

Очакванията са насочени в няколко направления, сред които специално място е отделено и на излезлите от употреба моторни превозни средства:

- допълнителни ограничения относно депонирането на отпадъци;
- специални разпоредби за намаляване на употребата и предотвратяване на отпадъци от полиетиленовите торби за еднократна употреба;
- ограничения за изгаряне на отпадъци, които могат да бъдат рециклирани;
- въвеждане на по-високи цели за рециклиране на битовите отпадъци и особено на пластмасовите отпадъци;
- въвеждане на количествени цели за предотвратяване на образуването на отпадъци, особено за пластмасови, битови/хранителни и опасни отпадъци;
- по-високи цели за подготовка за повторна употреба и рециклиране на отпадъци от опаковки, ИУМПС.

В тази връзка голяма част от пиролизните фирми практикуват да реализират процеса като освен ИУАГ добавят до 10% пластмасов отпадък, което по същество не променя хода на процеса и получените продукти.

Изградени са предпоставки, които позволяват участието на обществеността при вземане на решения, свързани с управление на отпадъците (процедури по оценка въздействието върху околната среда, публични обсъждания на нормативни промени и програми, предоставяне на информация чрез различни медии и интернет).

Глава 3. Математическо моделиране на нестационарния топлообмен при пиролиза на излезли от употреба автомобилни гуми

3.1. Математическо моделиране

Както е известно [33 - 37] физическите обекти и системи се наблюдават и изучават с оглед разбиране (доколкото това е възможно) на вътрешната им структура и на поведението им. Те се наблюдават в интервали от време [t_1, t_2] € R и в област Ω на тримерното пространство. Интервалът от време (t_1, t_2) и областта Ω могат да бъдат, по принцип, и неограничени.

Изучаването и моделирането на поведението на системите се предхожда от наблюдения и подробно експериментално изучаване. За целта е необходимо провеждането на специфични експерименти, което само по себе си в много случаи е нетривиално и изисква изобретателност и значителни средства.

След събирането на експерименталните данни изучаването преминава през стадия на интерпретацията и предсказването на поведението на системата. За тази цел именно се строят математическите модели.

Най-общо предназначението на всеки математически модел е да се изяснят:

1. *Най-важните величини, определящи състоянието и поведението на системата*.

2. *Количествените закономерности, т.е. математическите закони, на които се подчинява изменението на тези величини*.

По-специално построяването на всеки конкретен модел включва два основни етапа:

А. *Идентифициране на параметрите на състоянието* q_1, q_2,……, q_n, *които характеризират състоянието на системата с приемлива за нашите цели точност*.

Б. *Идентифициране на параметрите на системата, т.е. на физическите величини, които характеризират свойствата на моделираната система, както и влиянието на обкръжението й*.

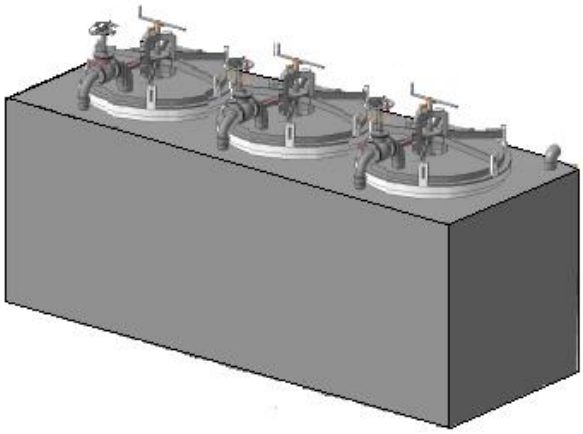
3.2. Математически модел на нестационарния обмен при пиролиза на излезли от употреба автомобилни гуми

Процесът пиролиза се прилага за химическа обработка на излезе от употреба автомобилни гуми (ИУАГ). Той се провежда в химически реактори (тигели), където гумите се зареждат и тигела се подгрява до определена температура, под

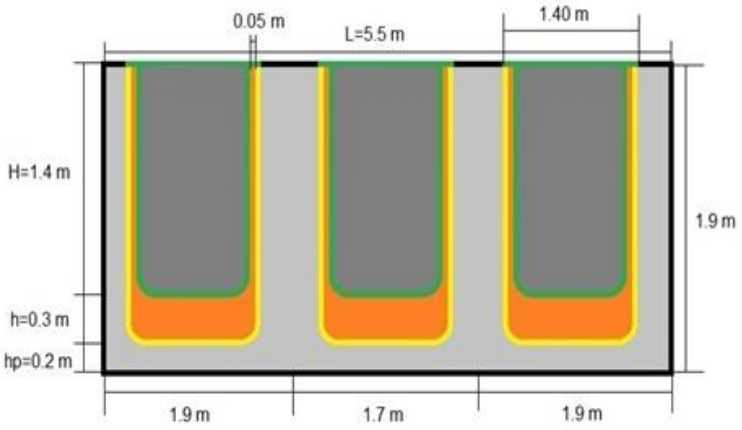
въздействието на която гумите се разлагат до няколко фракции - течна , твърда и газообразна.

Съществува ниско температурна пиролиза (до около 400°C), среднотемпературна пиролиза (до около 800°C) и високотемпературна пиролиза (до около 1200°C)

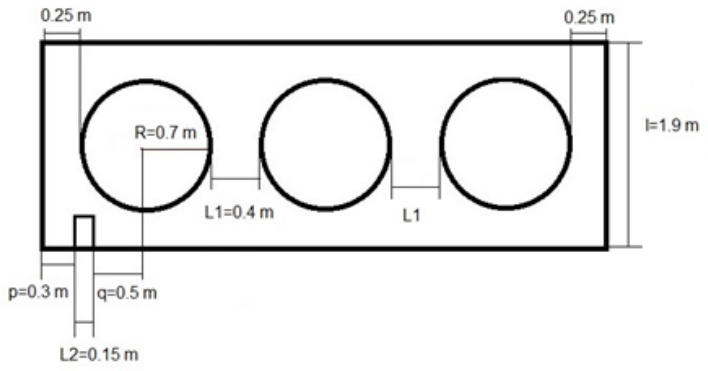
Пиролизата е химически процес, който се осъществява без присъствието на кислород. След началното загряване процесът продължава около десет часа, след което тигелът се оставя да се охлади. След това течните и твърдите продукти на пиролизата се изваждат и така приключва един пиролизен цикъл.



Фиг. 3. 1. Пиролизна установка с три камери



Фиг. 3. 2 Вертикално сечение на пиролизна установка с три тигела



Фиг. 3. 3 Схема на хоризонтално сечение на пиролизната установка с три камери (тигела) и една горелка

По-нататък ще разглеждаме нестационарният топлообмен в пиролизна установка, показана на Фиг. 3.1. в която има три камери.

Процесът е тримерен и нестационарен като във него преобладава кондуктивният топлообмен [57 - 61]. В такъв случай уравнението описващо процеса е

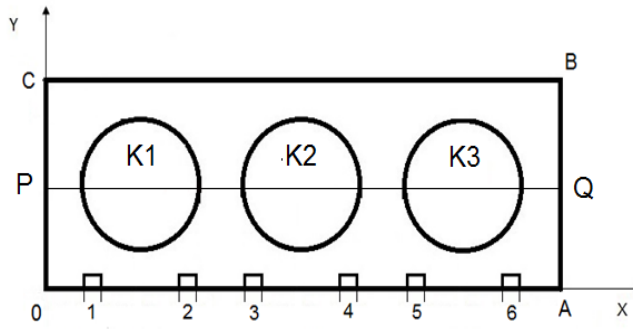
$$\frac{\partial T}{\partial t} = k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right) \qquad (3.2)$$

T – температура в келвини T[k],

к – коефициент на топлопроводност, W/(m.K).

Коефициентът топлопроводност е величина, равна на плътността на топлинния поток, обусловен от топлопроводността при градиент на температурата, равен на единица. Влиза като коефициент във формулата, определяща количеството топлина, пренасяно за време t през повърхност S по направление на нормалата към тази повърхност.

Това уравнение (5.2) трябва да бъде решено в сложна геометрична област представена на фигурите Фиг. 3.4. и Фиг. 3. 5.



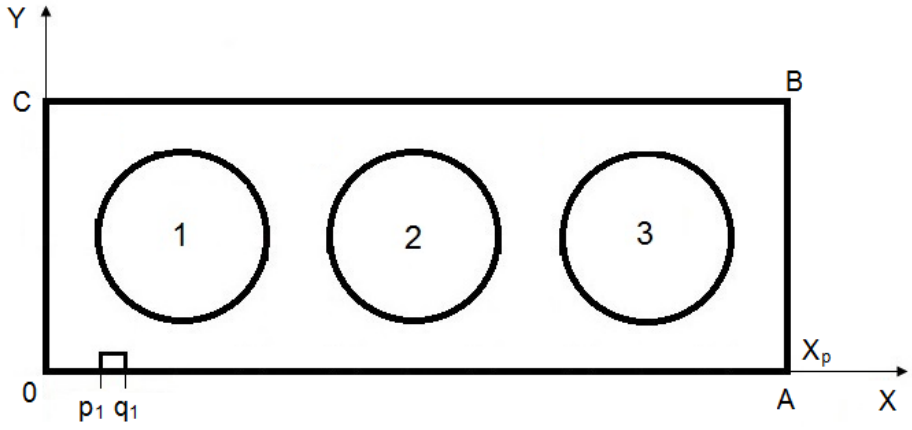
Фиг. 3. 4. Схема на дъното на уредбата с три пиролизни камери 1-6 горелки, К1, К2, К3 – пиролизни камери, PQ – централно сечение, OA – дължина 5,5 m, OC - ширина – 1,9 m, диаметри на кръговете – 1,4 m

Фиг. 3. 5. Схема на вертикален разрез на уредбата в сечение PQ a1b1, a2b2, a3b3 – диаметри на пиролизните камери 1,4 m, OH – височина – 1,45 m

От математическа гледна точка описанието на преноса на топлина при този процес представлява нестационарна тримерна нелинейна задача, като в своята цялост е много сложна за изследване. Ето защо тук ще разработим йерархия от двумерни нестационарни модели за да я опростим.

- ***I етап***

Разглеждаме процесите на пренос на топлина на дъното на инсталацията, където ще предположим, че действа само една горелка. Тогава геометричната област на изследването е показана на Фиг. 3. 6:



Фиг. 3. 6. Схема на изчислителната област OABC с една горелка, разположена върху отсечката p1q1

Материалът на правоъгълника е от огнеупорни тухли, а дъната на тигелите (кръговете 1, 2 и 3, на фиг.3.6). са стоманени. В началния момент на процеса температурата е 20 ^{o}C (293 K).

Горелката е представена като линията p_1q_1 върху оста 0x, от където се повишава температурата по зададен закон във времето.

Целта на първият етап от моделирането е да намерим температурата в областта OABC, включително и в кръговете 1, 2 и 3 като функция на времето за определен период от време, например $t \in [0s - 36000s]$.

Подгряването на горелката се представя така: За някакъв период t_n температурата се повишава постепенно по параболичен закон с максимум в средата на отсечката p_1q_1, а след това до края на процеса остава постоянно равна на достигнатия параболичен закон.

Търсим гладка функция T(t, x) за $t \in [0, t_n]$ и $x \in [p_1, q_1]$

По-нататък ще разгледаме два случая за подгряваща система:

1. "Широкоплощен" нагревател (горелка) за който $p_1 = \frac{2}{15}m$, $q_1 = \frac{14}{15}m$
2. "Малкоплощен" нагревател (горелка) за който $p_1 = 0{,}3m$, $q_1 = 0{,}45m$

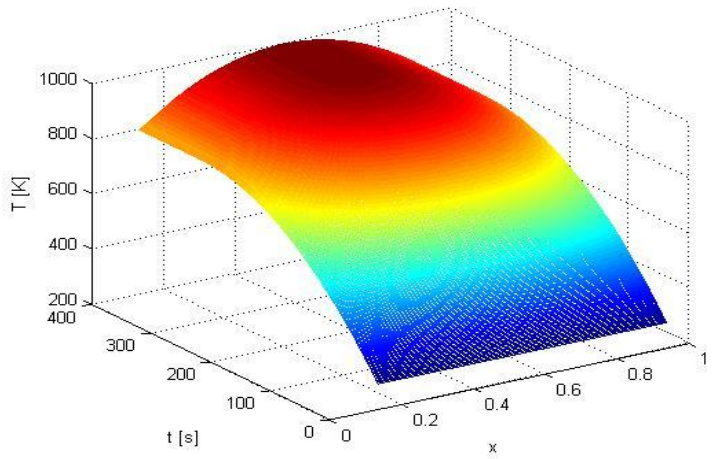
Апроксимацията за функцията на подгряващата система T(t, x) на пиролизната станция търсим във вида

$$T(t,x) = (ax^2 + bx + c)(d_1t + d_2t) + 293,$$

където коефициентите трябва да се определят така, че функцията да има непрекъснати първи производни по x.

Използвайки МАТЛАБ, стигаме до функцията

$$T(x,t) = \begin{cases} \left(-\frac{25}{6}x^2 + \frac{40}{9}x + \frac{31}{27}\right).\left(-\frac{t^2}{300} + 2t\right) + 293 & t \le 300 \\ \left(-\frac{25}{6}x^2 + \frac{40}{9}x + \frac{31}{27}\right).300 + 293 & t \ge 300 \end{cases}$$



Фиг.3.7. Тримерна графика на подгряването при p_1 = 2/15, q_1=14/15, начална температура 20°C (293K), период на tn = 360 c и максимална температура 900 K

И така моделът се състои от уравнението:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \quad , \qquad (3.2)$$

което трябва да се реши в двусвързаната геометрична област от Фиг.3,6 при следните гранични и начални условия:

При $t = t_0 ; T_0 = 20^o C$ за $\forall x, y$ (3.3)

за $y = 0, \forall t \quad x \in (0, p_1) \cup (q_1, X_p)$ $\quad \frac{\partial T}{\partial y} = k_1 (T - T_0)$ (3.4)

За $y = H \ \forall t, \ \forall x.$ $\quad \frac{\partial T}{\partial y} = k_1 (T - T_0)$ (3.5)

За $x = 0 \ \forall t, \ \forall y.$ $\quad \frac{\partial T}{\partial x} = k_2 (T - T_0)$ (3.6)

За $x = L \ \forall t, \ \forall y.$ $\quad \frac{\partial T}{\partial x} = k_2 (T - T_0)$ (3.7)

Коефициентите на топлопроводност са съответно - за огнеупорните тухли k_1 = 0,5 W/mK, за стомана (материалът на пиролизната камера) k_2 = 45 W/mK, за каучука

(обработваните гуми) k_3 = 0,16W/mK. В кръговете 1, 2 и 3 от фиг. 3.6. се предполага, че коефициентът на топлопроводност е на стоманата.

В резултат на решението на тази задача намираме температурата във всяка точка от областта OABC, включително в кръговете (Фиг. 3. 6).

- ***II етап***

Задачата за моделиране на нестационарния топлобмен в сечение PQ на пиролизните камери 1, 2 и 3 (Фиг. 3.6, Фиг.3.5) е

уравнение: $$\frac{\partial T}{\partial t} = k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right), \qquad (3.9)$$

Гранични и начални условия

При $t = 0, T = T_0$ (3.10)

При $y = 0$ $\quad x \in [a_1, b_1] \quad T = T_{01}(t)$ (3.11)

$x \in [a_2, b_2] \quad T = T_{02}(t)$ (3.12)

$x \in [a_3, b_3] \quad T = T_{03}(t)$ (3.13)

При $y = H$ $\quad x \in [a_1, b_1]$

$x \in [a_2, b_2]$

$x \in [a_3, b_3] \quad \frac{\partial T}{\partial y} = k_1(T - T_0)$ (3.14)

При

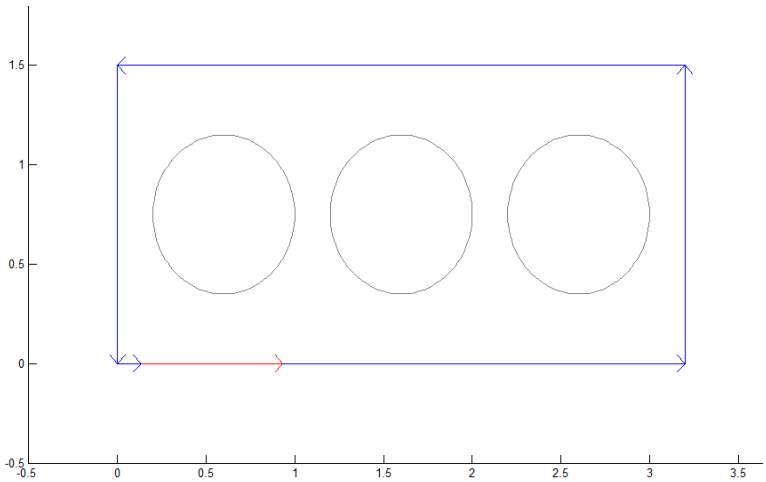
$x = a_1$
$x = b_1$
$x = a_2$
$x = b_2$ $\quad y = 0$ и $y = H \quad \frac{\partial T}{\partial x} = k_3(T - T_0)$ (3.15)
$x = a_3$
$x = b_3$

Решението на тази задача води до определянето на температурите в трите тигела като функции на времето.

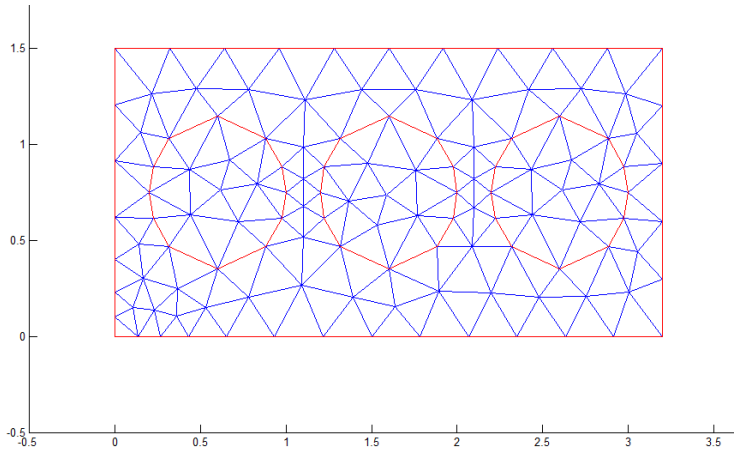
3.3 Числен алгоритъм

За решаване на математическите задачи от етапите I – II ще използваме програмата среда МАТЛАБ.

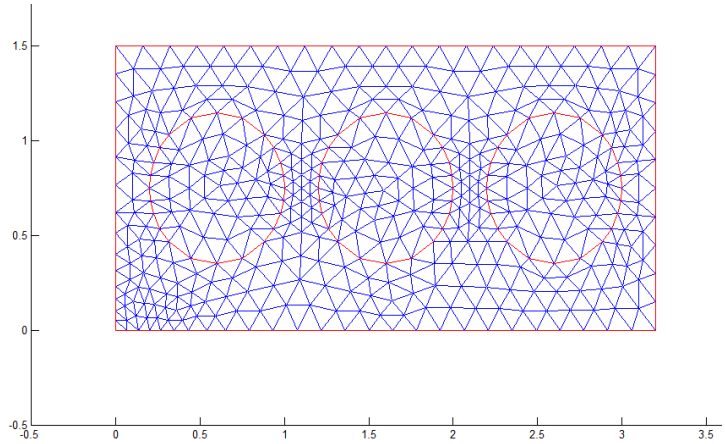
На следващите фигури са представени триъгълните крайни елементи за съответните области.



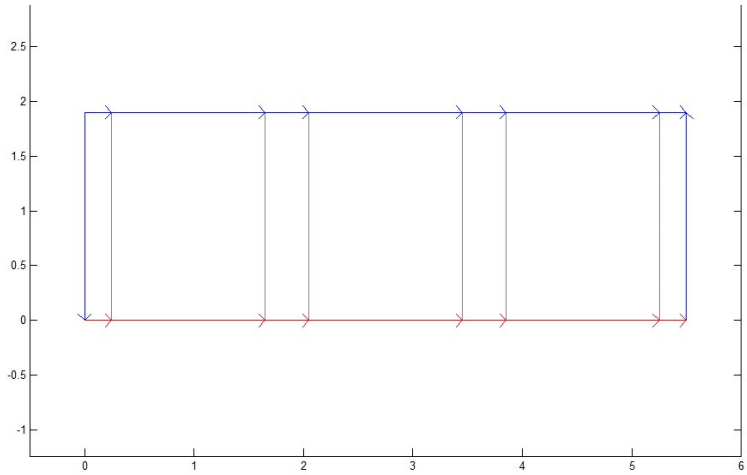
Фиг. 3. 17 Общо дискретизиране на областта в равнината Oxy



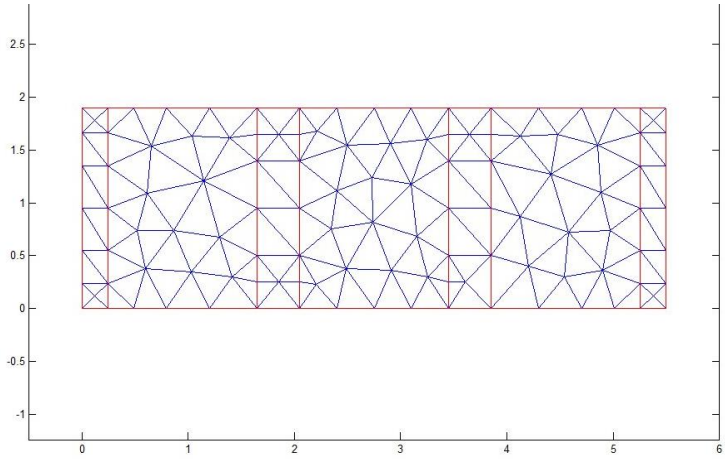
Фиг. 3. 18. По-фино дискретизиране на областта в равнината Oxy



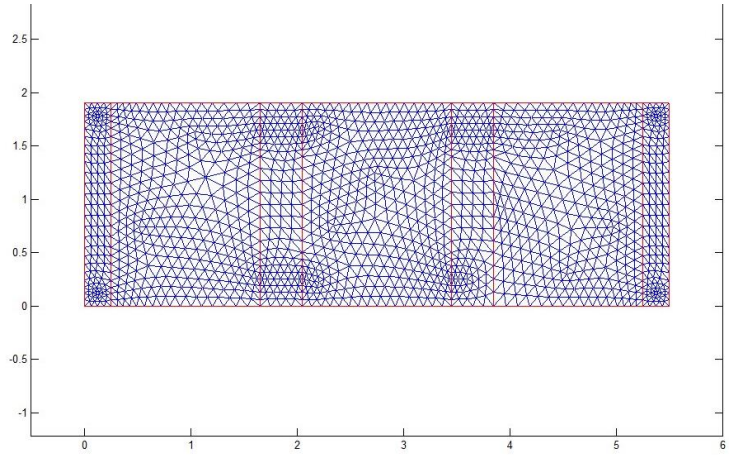
Фиг. 3. 19. Още по-фино дискретизиране на областта в равнината Oxy



Фиг. 3.20. Първоначална област на моделната задача в равнината Oxz



Фиг.. 3.21. Общо дискретизиране на областта в равнината Oxz

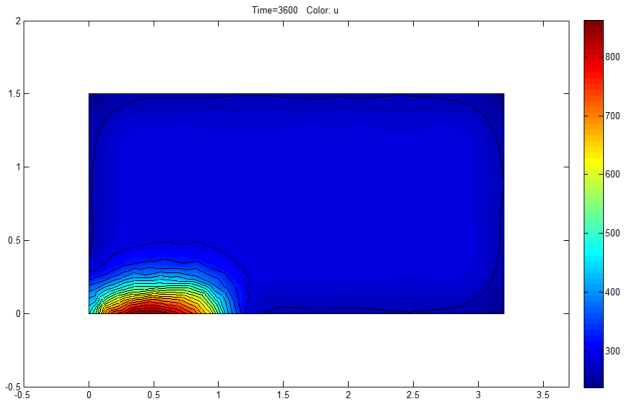


Фиг. 3.23 По-фино дискретизиране на областта в равнината Oxz

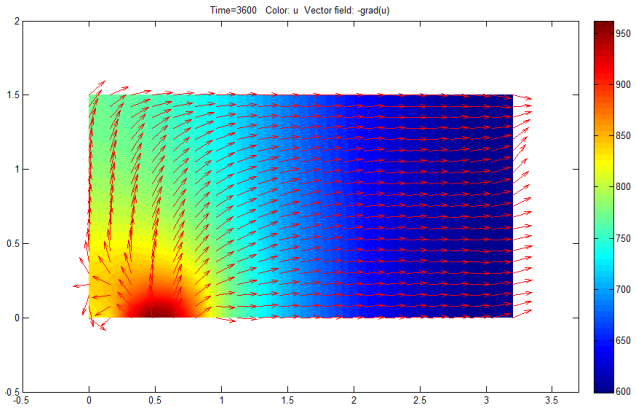
Разработеният числен алгоритъм се отнася за решаване на задачи на Нойман и Дирихле за нестационарни двумерни уравнения на топлопроводността в областите, представени на Фиг.3.8 – 3.23. В резултат на решаването на тези задачи се получават температурните полета, изолинии на температурата и градиента на температурата. В алгоритъма е предвидена възможност за прилагане на различни теоретични модели на подгряването и инициирането на пиролизата, използвана за третиране на излезли от употреба автомобилни гуми, както и възможности за задаване на различни параметри, характеризиращи пиролизната станция – размери на станцията и камерите, вид, размер и брой на горелките и др.

3.4. Резултати и обсъждане

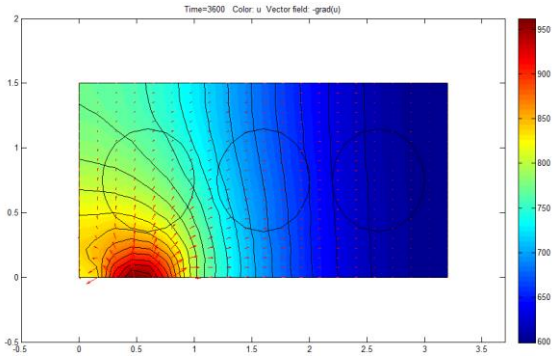
На следващите фигури са представени резултати за температурното поле, изолинии на температурата и температурния градиент, получени от решаването на съответните начални и гранични задачи за частното диференциално уравнение на модела.



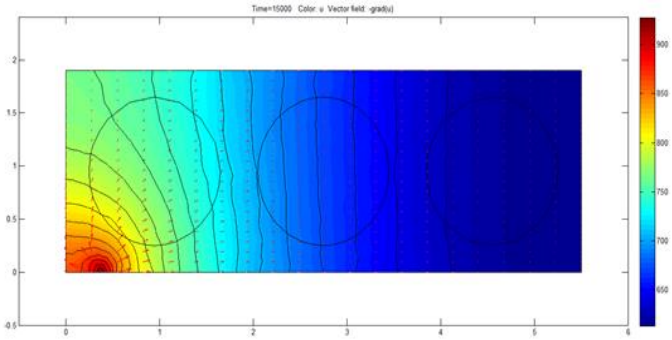
Фиг. 3. 24 Поле на температурата с изолинии на температурата в равнината Oxy при t = 100 с при "широкоплощно" нагряване



Фиг. 3. 27. Поле на температурата с нормиран градиент на температурата в равнината Oxy при t = 3600 с при широкоплощно нагряване

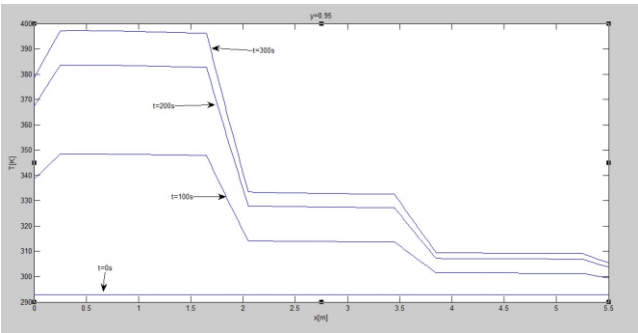


Фиг. 3. 28. Поле на температурата с изолинии и градиент на температурата в равнината Oxy с нанесените сечения на пиролизните камери при t = 3600 с при широкоплощно нагряване

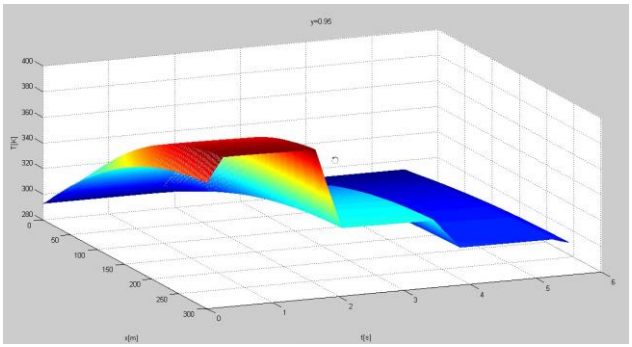


Фиг. 3. 37 Поле на температурата с изолинии и градиент на температурата в равнината Oxy с нанесените сечения на пиролизните камери при t = 15000 с при нагряване, за което 0.3 m < x < 0.45 m

На фигури е представено развитието на процеса пиролиза във времето в равнината Oxy с нанесените сечения на пиролизните камери при “малкоплощното“ нагряване. Показани са температурата с изолинии, както и градиента на температурата последователно при t = 0.1 c, t = 0.3 c, t = 0.6, t = 1 c, t = 100 c, t = 500 c, t = 3600 c, t = 15000 c



Фиг. 3. 40 Графика на температурата като функция на времето (при t = 100 s, t = 200 s, t = 300 s) в равнината Oxz в сечението PQ, която е начално и гранично условие на математическата задача за изследване на топлообмена на пиролизния процес в равнината Oxz



Фиг. 3. 42 3D Графика на температурата като функция на пространството и времето в равнината Oxz в сечението PQ, която е начално и гранично условие на математическата задача за изследване на топлообмена на пиролизния процес в равнината Oxz

След като сме определили температурите в равнината Oxy в дискретен вид е необходимо да определим аналитична функция на x и времето, която ще

използваме за задаване на граничното и началното условие върху линията PQ. Определента аналитична функция е както следва:

$$T(x,t)=\begin{cases}\left(-\frac{25}{6}x^2+\frac{40}{9}+\frac{31}{27}\right)\times\left(-\frac{t^2}{300}+2t\right)+293 & t\le 300\\ \left(-\frac{25}{6}x^2+\frac{40}{9}+\frac{31}{27}\right)\times 300+293 & t\ge 300\end{cases}$$

Тук, използвайки, програмната среда МАТЛАБ е определена апроксимация с непрекъсната първа производна, за която съответните коефициенти имат вида

$$\begin{aligned}
f &= (a_1x+b_1)\quad h(x)\quad h(0.25-x)\\
&(a_2x+b_2)\quad h(1.65-x)\quad h(x-0.25)+\\
&(a_3x+b_3)\quad h(2.05-x)\quad h(x-1.65)+\\
&(a_4x+b_4)\quad h(3.45-x)\quad h(x-2.05)+\\
&(a_5x+b_5)\quad h(3.85-x)\quad h(x-3.45)+\\
&(a_6x+b_6)\quad h(5.25-x)\quad h(x-3.85)+\\
&(a_7x+b_7)\quad h(5.5-x)\quad h(x-5.25)+
\end{aligned}$$

$$a_0 = {10600}/{31} \approx 341.9358$$

$$a_1 = {2814}/{43} \approx 65.4418 \qquad b_1 = {1295}/{34} \approx 38.0885$$

$$a_2 = -{6}/{7} \approx -0.8565 \qquad b_2 = {2061}/{37} \approx 55.7027$$

$$a_3 = -{5955}/{38} \approx -156.7105 \qquad b_3 = {12497}/{40} \approx 312.4252$$

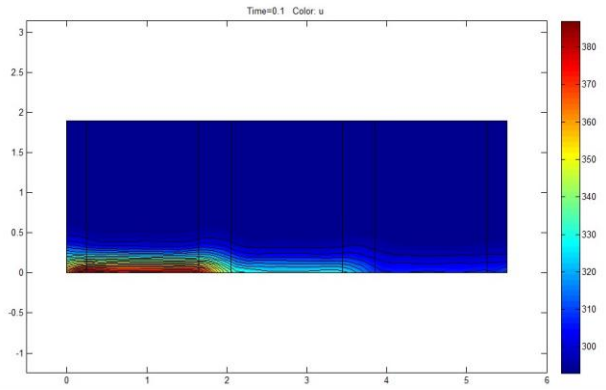
$$a_4 = -{23}/{38} \approx -0.6056 \qquad b_4 = -{191}/{26} \approx -7.3469$$

$$a_5 = -{577}/{10} \approx -57.7 \qquad b_5 = {4360}/{23} \approx 185.5658$$

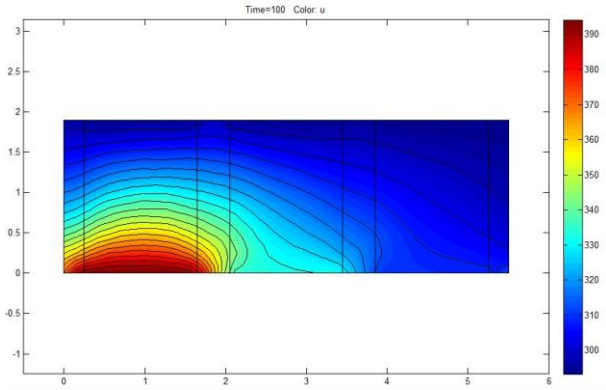
$$a_6 = -{7}/{32} \approx -0.2185 \qquad b_6 = {633}/{20} \approx -31.65$$

$$a_7 = -{843}/{35} \approx -24.0858 \qquad b_7 = {5947}/{63} \approx 94.396$$

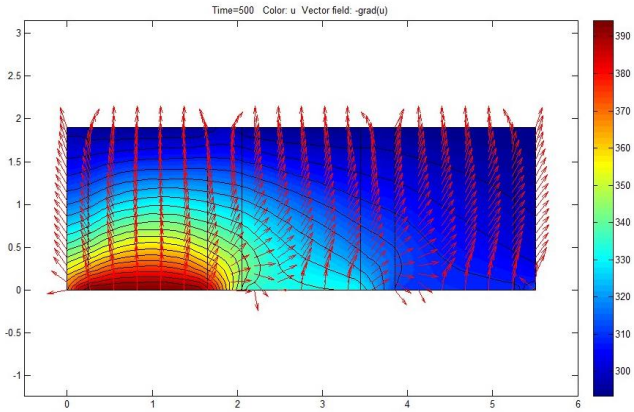
На следващите фигури Фиг. 3.41 – 3.56 са представени резултатите от решаването на моделните уравнения равнината Oxz в сечението PQ в течение на времето за осъществяване на един пиролизен цикъл. Показани са температурните полета, изолинии на температурата и нормирания градиент на температурата в равнината Oxz с нанесените сечения на пиролизните камери при “малкоплощното“ нагряване, за което 0.3 m < x < 0.45 m съответно при t = 0,1 c, t = 0.3 c, t = 0.6 c, t = 1 c, t = 500 c, t = 3600 c, t = 15000 c.



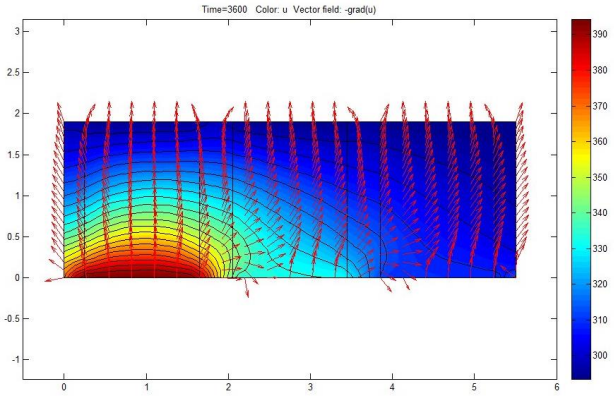
Фиг. 3. 43 Поле на температурата с изолинии на температурата в равнината Oxz с нанесените сечения на пиролизните камери прит = 0.6 с при нагряване, за което 0.3 m < x < 0.45 m



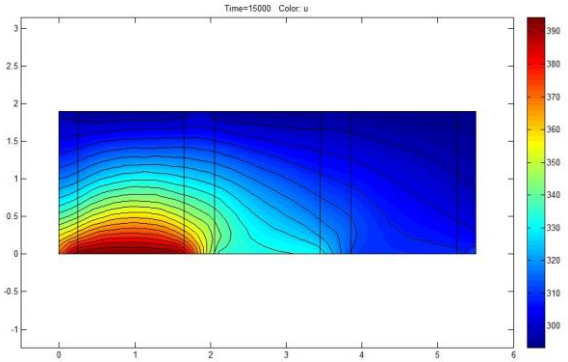
Фиг. 3. 49 Поле на температурата с изолинии на температурата в равнината Oxz с нанесените сечения на пиролизните камери при t = 100 с при нагряване, за което 0.3 m < x < 0.45 m



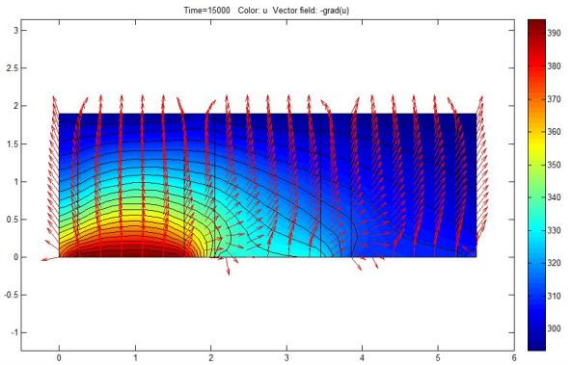
Фиг. 3. 52 Поле на температурата с изолинии и нормиран градиент на температурата в равнината Oxz с нанесените сечения на пиролизните камери при t = 500 с при нагряване, за което0.3 m < x < 0.45 m



Фиг. 3. 54 Поле на температурата с изолинии и нормиран градиент на температурата в равнината Oxz с нанесените сечения на пиролизните камери при t = 3600 с при нагряване, за кое3 m < x < 0.45 m



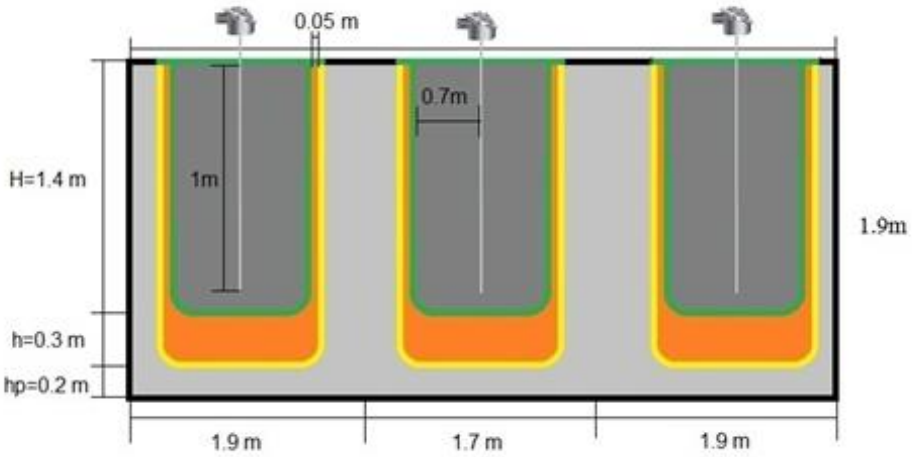
Фиг. 3. 55 Поле на температурата с изолинии на температурата в равнината Oxz с нанесените сечения на пиролизните камери прut = 15000 с при нагряване, за което 0.3 m < x < 0.45 m



Фиг. 3. 56 Поле на температурата с изолинии и нормиран градиент на температурата в равнината Oxz с нанесените сечения на пиролизните камери при t = 15000 с при нагряване, за което0.3 m < x < 0.45 m

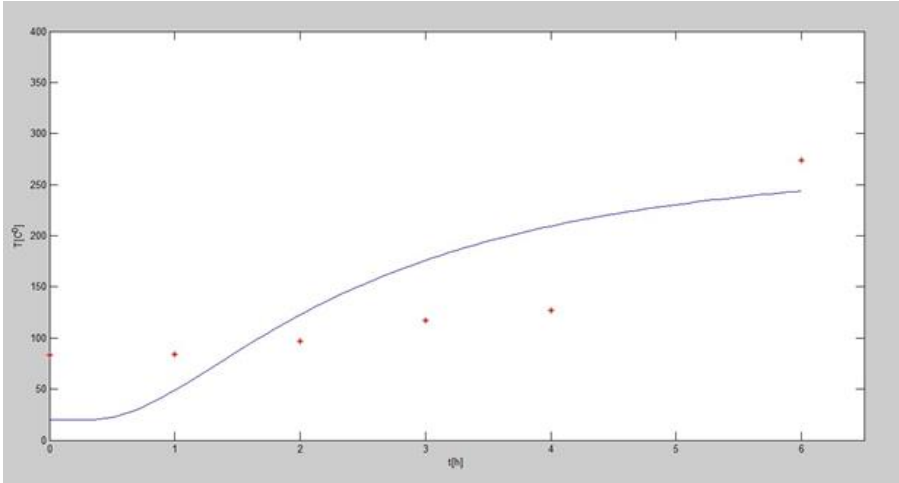
3.4. Сравнение на изчислените температури с измерените

При осъществяване на пиролизния процес за преработване на излезли от употреба автомобилни гуми се извършва измерване на температурата от оператор чрез поставени стационарни термодвойки в пиролизните камери, както е показано на следващата Фиг. 3.56.



Фиг. 3. 56. Схема на пиролизната станция с три еднакви камери. Термодвойките са поставени по оста на цилиндричните камери

На следващата фигура Фиг. 3.57 са представени изчислената температура в определена точка – непрекъснатата линия и измерените локално температури – червените точки. Вижда се, че температурите, определени по модела представят добре развитието на процеса пиролиза във времето.

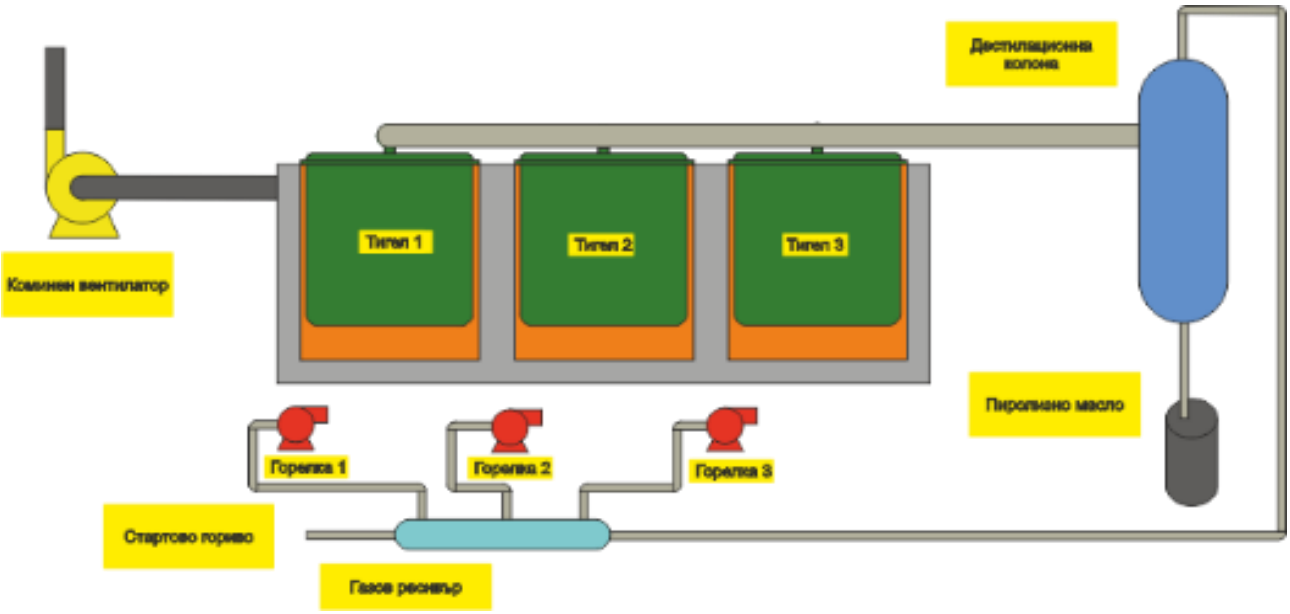


Фиг. 3.57 Графика на изчислената температура и измерените локално температури в точка с координати (0.95, 0,95, 1.75)
– по модела - непрекъснатата линия, червените точки – измервания

Глава 4. Автоматизирана система за управление по температурата на пиролизна станция (електронен модул)

4.1. Принципна схема

Пиролизата е процес, който протича в безкислородна среда и едновременно се осъществява термохимичен разпад. Температурата е определящ параметър, както за скоростта на протичане на процеса, така и за получените продукти. Това налага изграждането на автоматизирана система за управляване на процеса на нагряване, която улеснява експлоатацията, увеличава безопасността и намалява нуждата от постоянно присъствие на оператор на площадката.

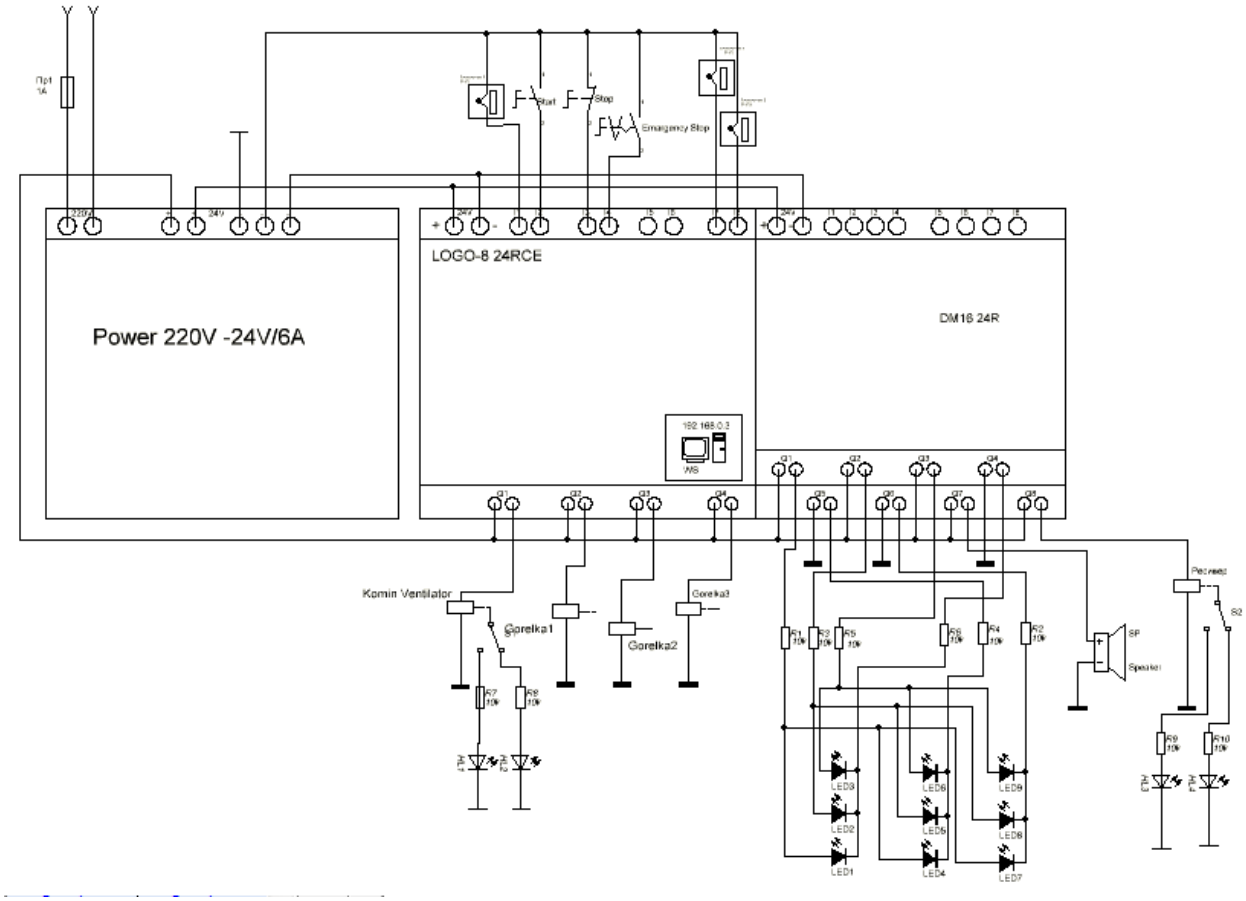


Фиг. 4.2. Принципна схема на пиролизна инсталация

Представената на Фиг.4. 2. принципна схема на шахтова пиролизна установка с компонентите подлежащи на управление в създадения симулационен макет. Основни компоненти на процеса на нагряване са горелките осигуряващи постоянното нагряване на пиролизните агрегати. Коминния вентилатор извеждащ изгорелите газове от камерата за горене и спомагащ за по-бързото охлаждане след края на нагряването. Газовият ресивер осъществява преминаване от стартовото гориво към пиролизната газ. Шахтовите пещи се характеризират с гъвкавата си експлоатация. Те са предпочитани заради факта, че лесно променят своя режим на работа.[75] Елементите на системата се подменят лесно при необходимост. Разглежданата пиролизна установка разполага с три тигела. Те се нагряват посредством три горелки, като са възможни два режима на работа - паралелен и последователен. Предпочитан за експлоатация на система е последователния режим поради своята икономичност.[76]

4.2. Електрическа схема

За реализиране на макетната установка на АУ за пиролиза на ИУАГ е избран контролерът на фирма Siemens LOGO-8 24RCE с удължение DM16 24R.

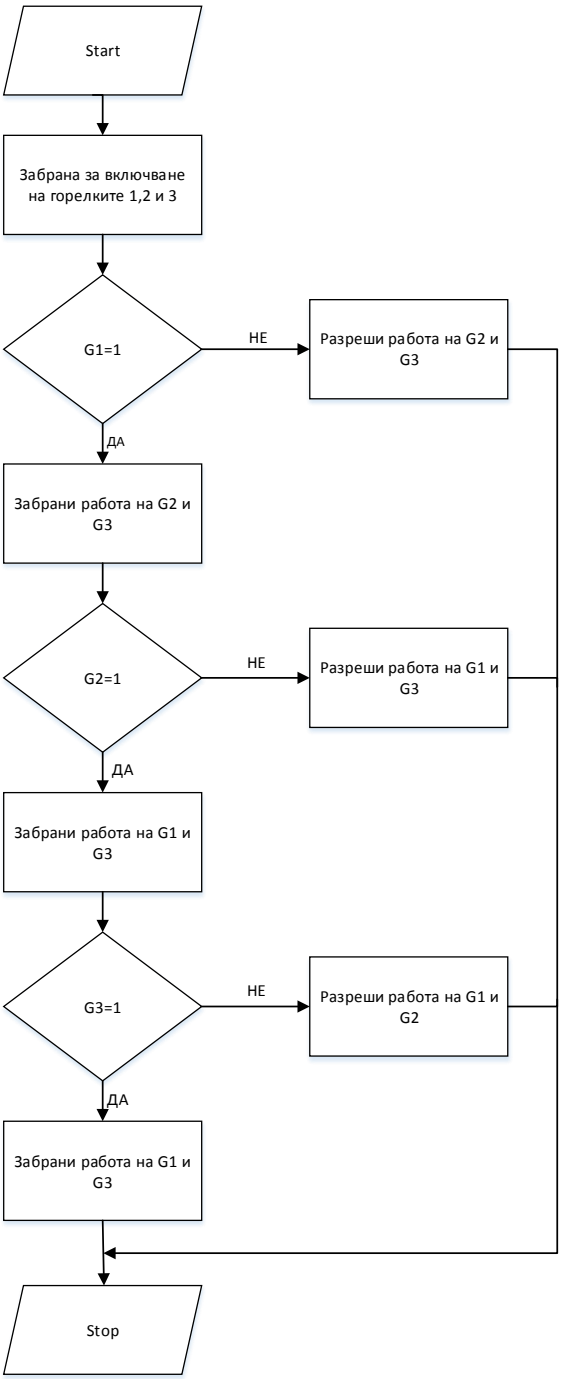


Фиг.4. 15. Електрическа схема на автоматизираната система за управление на пиролизна инсталация с три камери за преработка на ИУАГ

Предвидени за управление са три горелки, коминен вентилатор, газов ресивър и алармен блок. Аларменият блок се състои от девет светлинни индикации и зумер. Данни за състоянието на трите камери на установката се получават от трите термодвойки.

4.3 Синтез на алгоритъма за управление и мониторинг

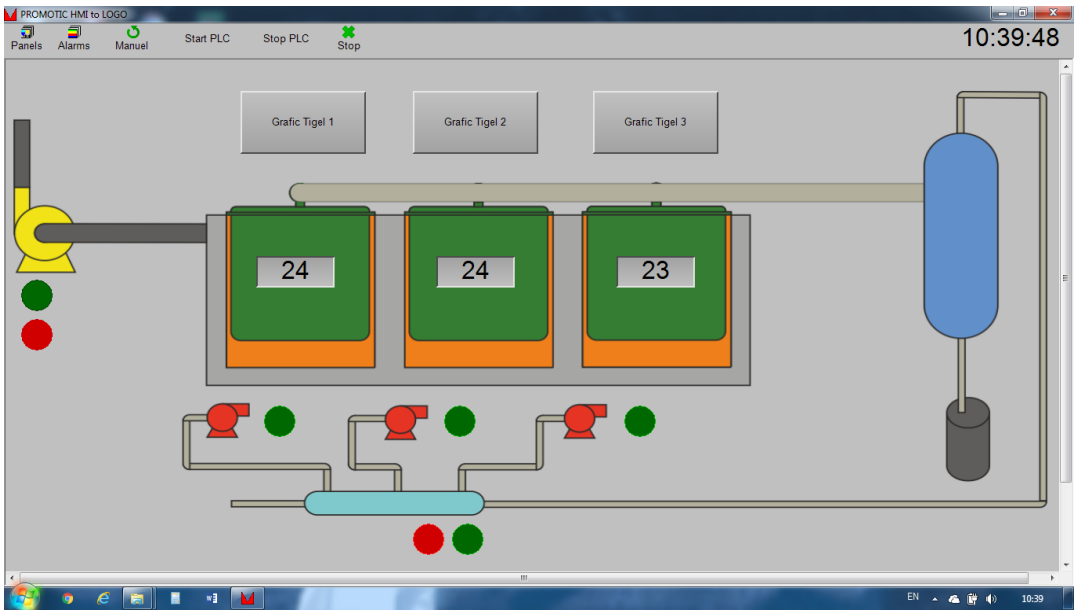
На Фиг.4.16. е представен алгоритъмът на основната програма на работа на автоматизирана система. Тя представя последователността на подпрограмите управляващи нагряването на съответните тигли.



Фиг.4. 16. Алгоритъм на основната програма

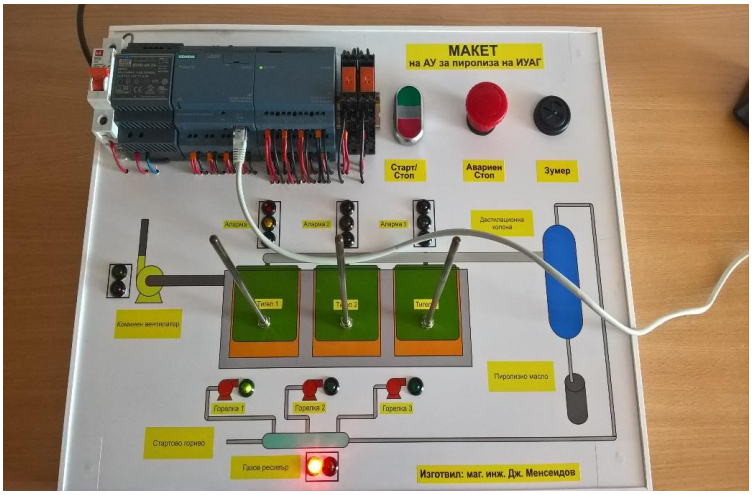
4.4. Разработване на графичния интерфейс за мониторинг на пиролизната установка

Графичния интерфейс е разработен в програмната среда Promotic Scada System версия 8.33.19.



Фиг.4.23. Основен панел на програмата

Изработеният е HMI (Human Machine Interface) на системата, показан на Фиг.4.23. Програмата разполага с шест подпанели за улесняване на работата на оператора и следи състоянието на опитна установка Фиг.4. 24.



Фиг.4. 24. Демонстрационна уредба за симулиране работата на автоматизираната система за управление на пиролизна инсталация с три камери за преработка на ИУАГ

ОСНОВНИ РЕЗУЛТАТИ И ИЗВОДИ

Основните резултати, констатации и изводи са обобщени по-долу по раздели.

ГЛАВА ПЪРВА

- ***Използваните към момента физични методи за ликвидиране на ИАУГ не са достатъчно рентабилни, както от гледна точка на опазването на околната среда, така и в икономическо отношение. Тези методи често са енергоемки и неефективни.***

- ***Пиролизата е една възможност за решаване на екологичните проблеми, свързани с натрупването на големи количества ИАУГ и др. отпадъци, което налага изясняването и изследването на параметрите на този процес върху неговата ефективност и популяризиране.***

- ***Управлението на пиролизните процеси в Република България е предимно ръчно и следователно трудоемко и неефективно. Това налага необходимостта от теоретично изследване на температурния режим, който е определящ за правилното протичане процеса.***

- ***В настоящото изследване режима на работа на пиролизната установка е съгласуван с фирма „ПИРОЛИЗА БГ“-ООД Русе, с цел оптимизиране експлоатацията на пиролизната станция.***

ГЛАВА ВТОРА

- ***Транспонирането на европейското законодателство за осъществяване на пиролизни процеси в българското законодателство не е окончателно завършено, защото се очакват промени в нормативните документи за сектор отпадъци, свързани със защитата на човешкото здраве и околната среда, а също и с по-ефективното и устойчиво управление и използване на ресурсите. Това води до известни ограничения в експлоатацията на пиролизните станции, свързани най-вече с категоризацията на получаваните пиролизни продукти. За да се постигнат целите, поставени в Националния план за управление на отпадъците до 2020 г. е необходимо тези ограничения да бъдат преосмислени и преодолени, както е в много страни в ЕС и извън него.***

- ***Не е решен напълно и проблема със събирането на ИУАГ и тяхното регулярно доставяне в инсталациите за пиролиза.***

ГЛАВА ТРЕТА

- ***Разработен е адекватен математически модел на нестационарните топлинни процеси, които се развиват по време на пиролиза, използвана за преработване на излезли от употреба автомобилни гуми.***

- ***Разработен е числен алгоритъм за решаване на съответните математически задачи, осъществен в МАТЛАБ.***

- ***Получени са резултати за температурните полета, за изолинии на температурата и за градиента на температурата при различни подгрявания и продължителност на процеса пиролиза за третиране на излезли от употреба автомобилни гуми.***

- ***Някои резултати за температурата, получени от моделирането са сравнени с измерени температури от реален пиролизен процес. Сравнението показва качествено съответствие между модела и реалния пиролизен процес.***

- ***Познаването на нестационарния топлообмен в камерите на пиролизната станция може да послужи за по-прецизно разполагане на уредите за измерване на температурата в действащите пиролизни станции и подобряване по този начин на управлението им.***

- ***Въпреки направените опростяващи предположения, разработеният модел е надеждно средство за теоретично изследване на сложните процеси, които се развиват при пиролизата и ще послужи за по-нататъшното й задълбочено изучаване, както и за основа на проектиране на установка за автоматично управление на процеса по температурата.***

ГЛАВА ЧЕТВЪРТА

- ***Разработена е система за автоматизирано управление по температурата на камерите на пиролизна станция с три камери за преработване на излезли от употреба автомобилни гуми.***

- ***Разработена е демонстрационна уредба на системата с управляеми сензори за температура, която е предназначена за провеждане на изследователска дейност, както и за обучение на студенти и на персонал, ангажиран с проектиране, монтаж и експлоатация на програмируеми контролери PLC (Programmable Logic Controller), както и на пиролизни станции.***

Приноси на дисертационния труд (научно-приложни):

1. ***Проучени и анализирани са данните за образувалите се количества ИУАГв България. Дефинирани са произтичащите от тях проблеми за околната среда.***

2. ***Изследвани са методите за третиране на ИУАГ като опасен отпадък, използвани в Република България и в Европейския съюз.***

3. ***Изследвана е пиролизата като перспективен, но недостатъчно прилаган в Република България, метод за третиране на ИУАГ и получаване на полезни продукти.***

4. ***Изучена е действащата нормативната база в Европейския съюз и Република България относно третирането на ИУАГ и са дефинирани произтичащи проблеми, свързани с функционирането на пиролизните станции.***

5. ***Създаден е математически модел за изследване на нестационарния топлообмен в пиролизна станция за безопасно третиране на ИУАГ.***

6. ***Създаден е числен алгоритъм, реализиран в програмната среда МАТЛАБ, за решаване на моделните задачи за нестационарен топлообмен в пиролизна станция за безопасно третиране на ИУАГ.***

7. ***Получени и анализирани са числени резултати за температурата, за изолиниите на температурата и градиента на температурата в пиролизна установка за безопасно третиране на ИУАГ. Сравнението между числените и експериментални данни показва адекватност на математическия модел. В резултат на по-доброто познаване на температурата в пиролизната станция става възможно нейното по-ефективно управление.***

8. ***Създадена е, въз основа на моделирането на топлинните процеси, автоматизирана система за управление по температурата на пиролизна станция за безопасно третиране на ИУАГ.***

9. ***Създадена е демонстрационна уредба за апробиране и изследване на автоматизираната система на управление по температурата на процесите в пиролизна станция за безопасно третиране на ИУАГ. Тази уредба може да се използва за научно-изследователски и учебни цели, както и в практиката на работещи пиролизни станции като тази на фирмата ПИРОЛИЗА БГ-Русе***

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИЯТА

1. М.Филипова, И.Желева, **Дж. Менсеидов**, Т.Димитров Правна регламентация за третирането на излезли от употреба гуми от транспорта , Научни трудове на РУ „А.Кънчев“ 2014, том 53, серия 1.2.,с.317—321
2. **D. Menseidov**, Problems in the pyrolysis of the discarded tires, HD-45-STUD, 2015, Huneduara, Romania
3. **Менсеидов Дж**., М. Филипова, И. Желева, Пиролизата като съвременен метод за третиране на излезли от употреба автомобилни гуми, Научни трудове на РУ „А.Кънчев“2015, том 54, серия 1.2.,с.344—349.
4. M.Filipova :M, Iv. Zheleva, T. Dimitrov. **Dj. Menseidov**, Analysis of transport waste in Bulgaria, ECOLOGICA, 2016, vol.23, (81), p.82- 88
5. **Дж. Менсеидов** Микропроцесорен модул за следене скоростта и нивото на нагряване на пиролизен тигел, Научни трудове на РУ „А.Кънчев“ 2016, SAT-2.209-1EEP-09, том 55, серия 1.2.,с.238—243.
6. Иванка Желева, Маргарита Филипова, **Джихан Менсеидов** АВТОМАТИЗИРАНО УПРАВЛЕНИЕ НА ПИРОЛИЗНА СТАНЦИЯ ЗА ПРЕРАБОТКА НА ИЗЛЕЗЛИ ОТ УПОТРЕБА АВТОМОБИЛНИ ГУМИ Научни трудове на РУ „А.Кънчев“ 2017 (приета за печат)
7. Иванка Желева, Иван Георгиев, **Джихан Менсеидов**, Маргарита Филипова МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА НЕСТАЦИОНАРНИЯ ТОПЛООБМЕН ПРИ ПИРОЛИЗА НА ИЗЛЕЗЛИ ОТ УПОТРЕБА АВТОМОБИЛНИ ГУМИ Научни трудове на РУ „А.Кънчев“ 2017, (приета за печат)

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. http://www.sttc.com/
2. http://gumicon.bg
3. http://www.avtogumi.com/
4. http://ecology-and-infrastructure.bg/
5. Наредба № 255 за нормените пробези на външни пневматични автомобилни и мотоциклетни гуми
6. U.S. Rubber Manufacturers Association Sitesi, http://www.rma.org/
7. Juma, M., Korenova, Z., Markos, J., Annus, J., Jelemensky, L. Pyrolysis and combustion of scrap tire, Petroleum & Coal, 48, 15-26. 2006
8. http://www.ozkalastik.com/,
9. http://www.kaucuk.org/, 2009
10. Andrew, C. An Introduction to Rubber Technology. Rapra Technology Ltd., Shrewsbury, U.K. 2001
11. Loadman M. J. R. The Exploitation of Natural Rubber/ M. J. R. Loadman Malaysian Rubber Producer's Research Association, Tun Abdul Razak Laboratory.- 1995
12. Pandül, E., Z., Atık lastiklerin piroliz kinetiğinin incelenmesi, üksek Lisans Tezi, Istanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul. 1999.
13. Gönüllü, M., T., Atık lastiklerin yönetimi. Katı Atık Geri Dönüsüm Teknolojileri Semineri, Istanbul Sanayi Odası, Istanbul, 2004.
14. Доклад за изпълнение изискванията за третиране на излезлите от употреба гуми 2015
15. Догадкин Б. А. Химия эластомеров/ Б. А. Догадкин - М.:Химия, 1981
16. Гармонова И. В. Синтетический каучук/ И.В. Гармонова.-Л.: Химия, 1983.
17. Robert B. Rubber Compounds/ Robert Brentin and Phil Sarnacke// A Market Opportunity Study. -2009. –p. 1-88

18. Rodgers B., Waddell W.. Tire Engineering, in Science and Technology of Rubber, pp. 619-661, Eds. Mark, E. J., Erman, B. & Eirich, F., R., Elsevier Academic Press, Amsterdam, Boston. 2005
19. Национален план за управление на отпадъците 2014-2020 г.
20. Наредба за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми-14.09.2012.
21. Reshner, K. Scrap tire recycling: A summary of prevalent disposal and recycling methods, 2008
22. Eren, A.,. Dönüstürülen lastikler, 2005
23. Пеловски Й., И.Домбалов, Е.Тодорова и др., Методи за третиране и оползотворяване на твърди битови отпадъци, С., 2007
24. Р.Е. Моисеев, Актуальность замещения традиционных ресурсов продуктами переработки отходов промышленности, Зкономические науки, 2010,р. 75-78
25. Тарасова Т., Д. Чапалда,Установка для переработки изношенныхавтомобильных шин механическим скоростным способом, Вестник ОГУ, №2, февраль2007, с. 115-123
26. Вафин Р.К., Поеровский А.М. Основние параметри и критерии механики разрушения. М.: Изд-во МГТУ, 1998. - 48 с.
27. www.recyclers.ru
28. Евгеньевич С., Разработка и исследование процессов и оборудования для предварительного измельчения шин, подлежащих утилизации, Дисертация за присъждане на докторска степен, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ярославский государственный технический университет, Ярославль, 2014
29. https://piroliza.alle.bg/
30. UNEP, Basel Convention,. Revised technical guidelines on environmentally sound management of used tires, Bazel, 2008
31. United States, Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste. Markets for scrap tires, Washington DC, ABD. 1991

32. Rubber Manufacturers Association, 2006. Scrap tire markets in the United States: 2005 edition, Washington DC, ABD
33. Доклад от изпълнителна агенция по околна среда относно чл. 38 наредба за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми.2011
34. Aylón E. et al., Emissions from the combustion of gas-phase products at tyre pyrolysis, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2007,79, p. 210-214
35. W. Kaminsky, H. Sinn, Pyrolysis of plastic waste and scrap tires using a fluidized bed process, Proceedings of the VIII Congreso de Ingenier and Ambienta PROMA'03, Bilbao, Spain, 2003.
36. Fengzhen Chen and Jialin Qian, Waste Management, 23, 6, 2003, 463-467
37. Murena F., Garufi E., Smith R.B., Gioia F. , Hydrogenative pyrolysis of waste tires, Journal of Hazardous Materials, 1996, 50,p. 79-98.
38. N. Jasminská*, t. Brestovič*, m. Čarnogurská, the effect of temperature pyrolysis process of used tires on the quality of output products, Acta mechanica et automatica, vol.7 no.1 (2013)
39. Сп. ЕКОЛОГИЯ & ИНФРАСТРУКТУРА - бр. 2/2013 ,
40. Arion A, Baronnet F, Lartiges S, Birat JP. Characterization of emissions during the heating of tyre contaminated scrap. Chemosphere 2001;42 p.853–859.
41. www.tkomplex.ru
42. www.enerkemikal-bg.com
43. J. Piskorz, P. Majerski., D. Radlein, T. Wik, , D. Scott, Recovery of carbon black from scrap rubber, Energy Fuels, 1999
44. E. Mui, , K. L., V. Lee, C. K., W. Cheung, H. McKay, Kinetic modelling of waste tire carbonization, Energy & Fuels, 2008.
45. M. Olazar, , G. Lopez, , M. Arbiourrutia, G. Elordi, R. Aguado, J. Bilbao, Kinetic modelling of tyre pyrolysis in a conical spouted bed reactor, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 2008.

46. M. Suhanya, m. Thirumarimurugan, t. Kannadasan, Recovery of oil from waste tyres using pyrolysis method: a review International Journal of Research in Engineering & Technology (IJRET), 2013, Vol. 1, Issue 2, p.81-90
47. Макаров А.В., Некоторые аспекты рециклинга изношенных автомобильных покрышек методом пиролиза, Вестник ТОГУ №1 (8), с. 248-260, 2008
48. Наредба № 1 от 27.06.2005 г. за норми за допустими емисии на вредни вещества (замърсители), изпускани в атмосферата от обекти и дейности с неподвижни източници на емисии, последна акуализация 2006
49. http://ganpiroliz.com/
50. http://www.marmore.com.tr/
51. М. Филипова, И. Желева, Дж. Менсеидов, Т. Димитров Правна регламентация за третирането на излезли от употреба гуми от транспорта , Научна Конференция на Русенки Университет 2014
52. Наредба № 6 от 28.07.2004 г. за условията и изискванията за изграждането и експлоатацията на инсталации за изгаряне и инсталации за съвместно изгаряне на отпадъци
53. Наредба № 4 от 5 април 2013 г. за условията и изискванията за изграждането и експлоатацията на инсталации за изгаряне и инсталации за съвместно изгаряне на отпадъци
54. Наредба № 1 от 4 юни 2014 г. за реда и образците, по които се предоставя информация за дейностите по отпадъците, както и реда за водене на публични регистри
55. ЗАКОН за управление на отпадъците
56. Наредба № 2 от 23.07.2014 г. за класификация на отпадъците
57. Доклад за изпълнение изискванията за третиране на излезлите от употреба гуми 2011
58. Доклад за изпълнение изискванията за третиране на излезлите от употреба гуми 2012

59. Доклад за изпълнение изискванията за третиране на излезлите от употреба гуми 2013
60. Доклад за изпълнение изискванията за третиране на излезлите от употреба гуми 2014
61. Директива 2008/98/ео на Европейския парламент и на съвета от 19 ноември 2008 година
62. Марков К. Математическо моделиране, Университетско издателство „Св. Кл. Охридски", София, 2002, с.233, ISBN 954-07-1694-2
63. Бояджиев Хр. Основи на моделирането и симулирането в инженерната химия и химичната технология, Издателска къща ФЕНОМЕН, София, 1993, с. 254.
64. Вучков И., Стоянов Ст. Математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти, Техника, София, 1986 г., с. 341.
65. Желева Ив. „Математическо моделиране на хидродинамиката и топломасообмена в химикотехнологични процеси" дисертация за присъждане на научна степен ДОКТОР на НАУКИТЕ – РУ „Ангел Кънчев" 2015
66. Запрянов З., А. Полянин. Ю. Рязанцев, Математическо моделиране на преносни явления, София, Университетско издателство, 1995.
67. Златарев П., Помпи, компресори и вентилатори, Т., София, 1981
68. Ахмедов Р. Б. Дутьевые газогорелачные устройс- тва. М., Недра, 1970.
69. Русев Д., Пенкова Д., „Електрически измервания на неелектрически величини", София, Техника, 1985
70. Ангелов А., Колев Х., „Промишлена електроника", София, Техника, 1979
71. LOGO! SIMATIC LOGO! Manual Edition 06/2003
72. http://www.siemsens.com/logo
73. SIEMENS LOGO!Soft Comfort Manual
74. Илларионович Ж., Геннадьевич. С., Автоматизация производства сорбента из углеродного остатка пиролиза изношенных шин при

периодических изменениях давления водяного пара в реакторе, Науковедение №2, 2013, с. 1-7

75. Илларионович Ж., Геннадьевич. С., Реактор производства сорбента из углеродного остатка пиролиза изношенных шин как объект автоматического управления по давлению и температуре газов, Науковедение №2, 2013
76. Мухина Т.Н. и др. Пиролиз углеводородного сырья. — М.: Химия, 1987. – 240 с.
77. http://www.promotic.eu