



**ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН  
УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ**

---

**ФАКУЛТЕТ ПО ХИМИЧНО И СИСТЕМНО ИНЖЕНЕРСТВО**

*КАТЕДРА: „ИНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГИЯ”*

**ДИПЛОМНА РАБОТА**

**на тема:**

**ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ИЗЛЕЗЛИ ОТ УПОТРЕБА ГУМИ ЧРЕЗ  
ПИРОЛИЗА**

*Образователна и квалификационна степен “Магистър”*

Ръководител катедра: .....

/ доц. д-р инж. Силвия Лаврова /

Научен ръководител: .....

/ доц. д-р инж. Кремена Дедеянова /

Научен консултант: .....

/ доц. д-р инж. Екатерина Серафимова /

Дипломант: .....

/ Малина Найденова, фак.№ МС1521 /

**София, Март, 2024 год.**



**ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕН И МЕТАЛУРГИЧЕН УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ**

**КАТЕДРА „ИНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГИЯ”**

**Утвърдил:**

Ръководител на  
катедра „Инженерна екология”  
/доц. д-р инж. С. Лаврова/

**ЗАДАНИЕ НА ДИПЛОМНАТА РАБОТА:**

**ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ИЗЛЕЗЛИ ОТ УПОТРЕБА ГУМИ ЧРЕЗ ПИРОЛИЗА**

**Цел на дипломната работа:**

Основната цел на дипломната работа е да се разгледат екологичните проблеми на излезлите от употреба гуми, като ще разгледа методът пиролиза като възможност за оползотворяване.

**Основни задачи:**

1. Да се направи литературен обзор и проучване на образувалите се количества ИУГ, както и тяхното оползотворяване, което може да намали замърсяването на околната среда.
2. Да се проучат възможностите за приложенията на продуктите, получени след оползотворяване на гумите /чрез пиролиза/.
3. Да се направи преглед на основните европейски и национални нормативни документи, свързани с проблематиката. Да се анализират и дадат конкретни предложения за подобрене.
4. Да се конкретизират анализите за оползотворяване на излезли от употреба гуми и приложимите технологии, да се извършат лабораторни анализи на проба от излезли от употреба автомобилни гуми и на тази база да се направи SWOT анализ.

Дипломант: .....  
/ Малина Найденова /

Дипломен ръководител: .....  
/доц. д-р инж. Кремена Дедеянова/

София, 2024 г.

# СЪДЪРЖАНИЕ

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ ФИГУРИ.....	4
СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ ТАБЛИЦИ.....	4
СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ.....	5
1. ВЪВЕДЕНИЕ.....	7
2. Литературен обзор .....	8
2.1. Състав на гумата.....	8
2.2. Потребление и NR критична суровина за ЕС .....	11
2.3. Управление на ИУГ .....	14
2.3.1. Жизнен цикъл на гумите .....	14
2.3.2. Какво се води излезли от употреба гума по закон .....	15
2.4. Статистически данни за ИУГ .....	17
2.5. Законодателство на ИУГ .....	20
2.5.1. Национално законодателство .....	21
2.6. Технологии за преработка на ИУГ .....	24
2.6. Оползотворяване на цели и нарязани гуми .....	24
2.6.2. Изгаряне .....	25
2.6.3. Преработка чрез раздробяване .....	26
2.6.4. Система за рязане на гуми Eldan .....	26
2.6.5. Линия за преработка на стари автомобилни гуми BULKAN .....	26
2.7. Процесът пиролиза .....	27
2.7.1. Важните влияещи фактори на процеса пиролиза на ИУГ .....	30
2.7.2. Пиротекс – затворена пиролизна инсталация .....	31
2.7.3. Принцип на работа на Пиротекс .....	32
2.7.4. Инсталация за преработка на каучукови изделия и гуми .....	33
2.7.5. Механично рециклирани гуми .....	36
2.7.6. Модифицирани гумени материали в бетон .....	37
2.7.7. Приложение в пътни настилки .....	37
2.7.8. Противоерозионни съоръжения .....	37
3. Приложения на гумите .....	38
3.1. Ползи и недостатъци на екологосъобразни средства за обезвреждане .....	39
3.2. Проблеми, свързани с екологосъобразни средства за изхвърляне и начини за предотвратяването и контролирането им .....	42
4. Екологичен проблем .....	43
4.1. Екологични проблеми в производството и преработка на каучук .....	44
5. ОРГАНИЗАЦИИ ЗА ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ИУГ .....	48
5.1. ”ЕКОМЕДИАНА-2010” АД .....	48
5.2. „Гумирек” ЕАД .....	50
5.3. „ТРАНСИНС АВТОРЕЦИКЛИРАЩ КОНСОРЦИУМ” АД .....	51
5.4. НОРД ГУМИ” ЕАД .....	52
5.5. ГУМИ РИСАЙКЛИНГ” ЕООД .....	52
6. Инсталация за пиролиза на ИУГ .....	53
6.1. “ЕНЕРКЕМИКАЛ” ООД .....	53

8. Литературен обзор .....	57
9. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ .....	58
9.1. Елементарен анализ .....	60
9.1.1. Метод .....	60
9.1.2. Апаратура .....	60
9.1.3. Резултати .....	60
9.2. Термичен анализ .....	61
9.2.1. Метод .....	61
9.2.2. Видове анализ .....	62
9.2.3. Апаратура .....	63
9.2.4. Резултати .....	63
9.2.5. SWOT анализ на оползотворяване на шредирен чипс чрез пиролиза .....	67
10. ИЗВОДИ ОТ ЛИТЕРАТУРНИЯ ОБЗОР.....	68
ИЗПОЛЗВАНИ ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ.....	69

## СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ ФИГУРИ

Фигура 1. Структура на автомобилната гума .....	8
Фигура 2. Структурна единица на SBR .....	10
Фигура 3. Структурна единица на BR .....	10
Фигура 4. Потребление на естествен каучук в световен мащаб за периода 2018-2020г...12	
Фигура 5. Площите за отглеждане на TKS в жълто и <i>Hevea brasiliensis</i> в зелено .....	13
Фигура 6. Жизнен цикъл на гумите .....	14
Фигура 7. ИУГ в световен мащаб през 2019 г. ....	17
Фигура 8. Степен на рециклиране на ИУГ от 1994 г. за Европа, Япония и САЩ .....	18
Фигура 9. Процес на образуване на крайните продукти чрез пиролиза .....	29
Фигура 10. Схема на пиролизна инсталация .....	30
Фигура 11. Затворена пиролизна инсталация .....	32
Фигура 12. Пиролизно масло .....	35
Фигура 13. Сажди .....	35
Фигура 14. Металкорд .....	36
Фигура 15. Шред, чипс, гранулат, пудра .....	38
Фигура 16. Моделът на кръговата икономика и йерархия на отпадъците в ЕС .....	47
Фигура 17. Схема на технологичния процес .....	54
Фигура 18. Инсталацията в действие .....	54
Фигура 19. Течна фракция пиролизно гориво-2,80 t/24h .....	55
Фигура 20. Високовъглероден остатък - 1,50 t/24h .....	55
Фигура 21. Металкорд – 0,40 t/24h .....	56
Фигура 22. Пиролизен газ – 0,30 t/24h .....	56
Фигура 23. Хроматограма от елементен анализ на проба .....	61
Фигура 24. DTA система за измерване .....	62
Фигура 25. DSC система за измерване .....	62
Фигура 26. Апарат STA RT1600 TG-DTA/DSC .....	63
Фигура 27. TG-DTG криви за проба NV-RQ-1 в среда от инертен газ .....	64
Фигура 28. TG-DTG криви за проба NV-RQ-1-O2 в среда въздух .....	65
Фигура 29. TG-DTG криви за проба NV-RQ-2 в инертна атмосфера .....	66

## СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ ТАБЛИЦИ

Таблица 1. Съдържанието на различни компоненти в производството на гуми .....	9
Таблица 2. Списък на суровините от критично значени .....	11
Таблица 3. Възстановени ИУГ в Европейския съюз и други пет държави през 2019г.....	19
Таблица 4. Обезвреждане чрез регенериране .....	39
Таблица 5. Обезвреждане чрез рециклиране .....	39
Таблица 6. Обезвреждане чрез пиролиза .....	40
Таблица 7. Обезвреждане чрез съвместна обработка .....	41
Таблица 8. Обезвреждане чрез съвместно изгаряне в инсталации за производство на електрическа енергия .....	41
Таблица 9. Средства за обезвреждане – регенериране .....	41
Таблица 10. Средства за обезвреждане – криогенно смилане .....	41

Таблица 11. Средства за обезвреждане - употреба в индустриални и потребителски продукти .....	42
Таблица 12. Средства за обезвреждане - употреба в строителното инженерство .....	42
Таблица 13. Средства за обезвреждане – пиролиза .....	42
Таблица 14. Средства за обезвреждане – съвместна обработка.....	42
Таблица 15. Параметри на апаратурата .....	60
Таблица 16. Резултатпроби NV-RQ-1 и NV-RQ-2.....	60
Таблица 17.Топлинни характеристики с помощта на оборудване TG-DTG-DSC .....	66
Таблица 18. SWOT анализ на оползотворяване на шредирани чипс чрез пиролиза .....	67
Таблица 19. Продукти от пиролизата и предложение за тяхното приложение.....	67

## СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

°C	градус Целзий
cm	сантиметър
cm <sup>3</sup>	кубичен сантиметър
g	грам
h	час
ISO	международна организация по стандартизация
kcal	килокалория
kg	килограм
kJ	килоджаул
kWh	киловатчас
m <sup>3</sup>	кубичен метър
mg	милиграм
MJ	мегаджаул
mm	милиметър
mm <sup>2</sup>	квадратен милиметър
N	химична единица за нормалност
pH	водороден показател (измерител за киселинност или алкалност)
s	секунда
t	тон
Mt	милион тона
kg/ha	килограм за хектар
АД	Акционерно дружество
БДС	Български държавен стандарт

ДВ	Държавен вестник
ДР	Допълнителни разпоредби (от Наредбата за изискванията за третиране на
ИУГ)	
ЕАД	Еднолично акционерно дружество
ЕК	Европейска комисия
ЕООД	Еднолично дружество с ограничена отговорност
ЕС	Европейски съюз
ЗООС	Закон за опазване на околната среда
ЗУО	Закон за управление на отпадъците
ИАОС	Изпълнителна агенция по околна среда
ИУГ	Излезли от употреба гуми
ИУМПС	Излезли от употреба моторни превозни средства
КС	Конституционен съд
МОСВ	Министерство на околната среда и водите
МПС	Моторни превозни средства
Наредбата	Наредба за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми
ОВОС	Оценка на въздействието върху околната среда
ООД	Дружество с ограничена отговорност
ООН	Организация на обединените нации
ООп	Организация по оползотворяване на ИУГ
ПМС	Постановление на Министерски съвет
ПУДООС	Предприятие за управление дейностите по опазване на околната среда
Р. България	Република България
РИОСВ	Регионална инспекция по околната среда и водите
ТЕЦ	Топлоелектрическа централа

#### **Химични съединения**

$C_2H_2$	етин (ацетилен)
$CH^+$	въглероден катион
$CH_4$	метан
CO	въглероден оксид
CO <sub>2</sub>	въглероден диоксид
KOH	калиева основа
NO <sub>2</sub>	азотен диоксид
SO <sub>2</sub>	серен диоксид

## 1. Въведение

Източниците на каучукови отпадъци могат да варират според региона в света, най-големите източници идват от по-развитите страни. За изработката на транспортни гуми са необходими, както естествен каучук така и синтетичен каучук. Гумите могат да се рециклират напълно, като от тях произлизат множество нови продукти. Естественият (природен) каучук е стратегически ресурс от десетилетия. Той е продукт от метаболизма на Бразилската хевея (*Hevea brasiliensis*) под формата на дървесен сок (латекс) и се състои от полиизопрен Cis-1.4 с висока молекулна маса, верига от изопренови единици ( $C_5H_8$ ).

Гумите се произвеждат смесвайки естествен каучук със синтетичен каучук, след което материалът се вулканизира. След процеса на вулканизация, гумата е с омрежени химически структури, което значително затруднява биоразграждането и фотохимичното разлагане на гумите при естествени условия. Вложеният каучук е около 45%, останалите материали са сажди, метална корда и текстил.

С нарастването на транспортните средства се произвеждат повече гуми, на който им е необходим естествен каучук. Производството и отглеждането на естествен каучук също има значително въздействие върху околната среда, като обезлесяване на естествените гори, загуба на биоразнообразие, замърсяване при обработката, изменение на климата при промяна на земеползването и уязвимост към болести по каучуковото дърво. Освен проблема със суровината проблем създават и самите излезли от употреба гуми (ИУГ). Много от качествата, които им придават устойчивост на износване, размекване, разграждане под въздействието на ултравиолетови лъчи, разтворители и биологични агенти, ги правят много трудни за преработка и неподходящи за депониране. Поради това депата за съхранение на такива гуми се разглеждат като опасност за общественото здраве. Има голям смисъл употребените гуми да се регенерират и рециклират, а не да се изхвърлят нерегламентирано.

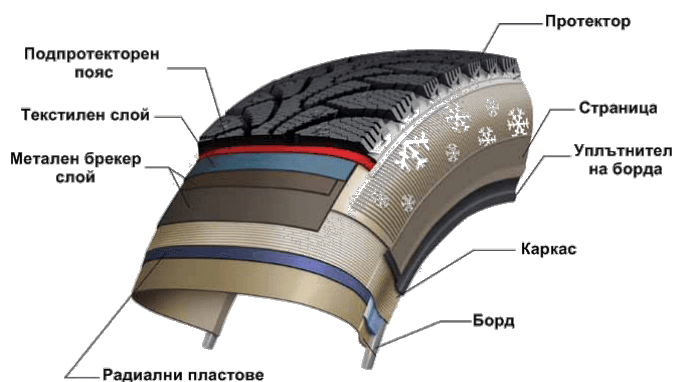
Пиролизата е процес за минимизиране на проблема с увеличаващото се количество на ИУГ. Достига значителен икономически ефект и се получават ценни продукти за икономическо приложение в много различни сектори [8].

Целта на настоящата дипломна работа е да се опише съставът на гумата, да се разгледа законодателството в ЕС и България, да се извърши основен преглед на технологиите за преработка и приложението на ИУГ, както и на организациите за оползотворяване на ИУГ. Ще се направят изводи от лабораторните резултати. Въз основа на литературния обзор и лабораторните резултати ще се предложат екологосъобразни и икономически изгодни методи за оползотворяване на излезли от автомобилни гуми и SWOT анализ.

## 2. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

### 2.1. Състав на гумата

Какво представлява автомобилната гума, тя се използват за поглъщане на несъвършенствата по пътното платно, незаменим компонент в процеса на придвижване на всяко транспортно средство, а също така осигуряват висок коефициент на сцепление. Автомобилните гуми са изградени от девет основни структурни слоя, представени на Фиг. 1



Фигура. 1. Структура на автомобилната гума

### Структура на автомобилната гума

1. Протектор – предназначен за осигуряване на максимално сцепление с пътната настилка
2. Страница – Обезпечава защитата на каркаса и е устойчива на огъване и на атмосферни условия.
3. Уплътнител на борда – Позволява на гумата да запази формата си при завой и увеличава нейната стабилност при високи скорости.
4. Каркас – Състои се от различни видове корда. Кордата бива текстилна, метална или от фибростъкло. Текстил и фибростъкло се използва в леките гуми.
5. Борд – Служи за пристягане на гумата върху джантата.
6. Радиални пластове – Тези пластове, които обхващат цялата горна част на гумата, изпълняват много комплексна роля.
7. Метален брекер слой – Два пласта направени от метални нишки, които предоставят висока издръжливост и надеждност на гумата, както и устойчивост от пробиване.
8. Текстилен слой – Слой, който е направен от покрит с каучук текстилна тъкан. Конструкцията позволява гумите да бъдат гъвкави, но предотвратява разтягането.
9. Подпротекторен пояс – Този пояс позволява да се запази стабилен профил под въздействието на скоростта и така да се намали загряването [2].

Според своята конструкция гумите могат да са диагонални и радикални. Диагоналните притежават много на брой полегато кръстосани каркасови композиции. Радиалната гума в нейната основа, където са подредени пластове каркас са разположени радиално по посока на движение на гумата кордови нишки за по-добро пружиниране и устойчивост. Гумите могат да се делят и по сезонност, на летни, зимни и всесезонни, важното тук е метеорологичните условия на пътната обстановка. Комбинация от съставки при различните видове гумите е много различен и зависи от тяхното предназначение.

Автомобилните гуми се създават от каучукови смеси главно те се състоят около 45% от каучук, около 25% от сажди, силициев двуокис (силика), фенолова смола, ароматни, нафтонови и парафинови течни въглеводороди, нефтен восък, цинков окис, титанов окис, мастни киселини, полиестер и стоманена тел. Задължителен фактор на гумата, за да се увеличи устойчивостта на износване и разкъсване се използва естествен каучук и синтетичен каучук се влага за съпротивление при търкаляне, натоварване и сцеплението.

Има различни пропорции в съставът на гумите за леки автомобили и камиони, които може да се видят в таб.1. [3].

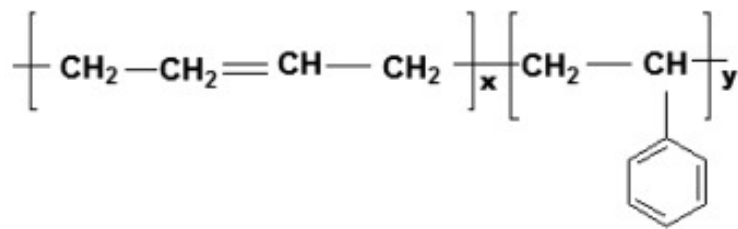
<b>Компонент</b>	<b>Гума за лек автомобил</b>	<b>Гума за камион</b>
Естествен каучук	14%	27%
Синтетичен каучук	27%	14%
Сажди	28%	20%
Стомана	8-9%	14-25%
Плат, пълнители, ускорители, пластификатори, други	22 – 23%	14 – 15%
Средно тегло:	Нова – 11кг Износена – 9 кг	Нова – 55 кг Износена – 45 кг

*Таблица. 1 Съдържанието на различни компоненти в производството на гуми [3].*

За производството на гуми, синтетичния полимер може да се използват приблизително 30–50% стирен бутадиен (SBR), до 30% полибутадиенов (BR), и изобутилен-изопренов(BIIR). При всяко производство се избира на подходящия спрямо неговите преимущества.

### Стирен-бутадиен каучук (SBR)

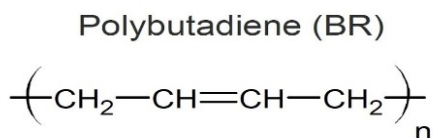
Стирен бутадиен каучукът е съполимер на стирен и бутадиен. Според методите на полимеризация стирен бутадиен каучукът може да бъде разделен на емулсионна полимеризация и полимеризация в разтвор. Полимеризацията се извършва при две различни температури, при горещия процес се използва активатор като калиев пероксидисулфат, а при студения процес се използва редокс инициатор. Основната употреба на SBR е за производство на гуми заради неговите свойства и по-ниската цена от NR, IR и BR.



Фигура 2 . Структурна единица на SBR.

### Полибутадиенов каучук (BR)

Полибутадиеновият каучук (BR) е синтетичен каучук, който се получава чрез полимеризация на 1,3-бутадиен. Има полукристална структура и се използва в различни области на приложение. Основната му употреба е в производството на гуми за протектори и странични стени.



Фигура 3 . Структурна единица на BR.

### Бромобутилкаучук (BIIR)

Бутилов каучук е бромиян съполимер на изобутилен и изопрен (BIIR) с по-бързо и по-стабилно втвърдяване в сравнение с CIIR. Предлага ниска пропускливост за газове и влага, ниска температура на встъкляване и широка гъвкавост на вулканизация с бързи скорости на втвърдяване. Той е подходящ за широк спектър от приложения като вътрешни облицовки на гуми.

Като предимство на синтетичния каучук пред естествения каучук е фактът, че той може да се произвежда навсякъде и не е нужна сезонност или огромен брой хора за производството му.

Може да се каже, че независим материал от войни, природни бедствия или временни ограничения за износ и доставка, както е при естествения каучук.

## 2.2. Потребление и NR критична суровина за ЕС

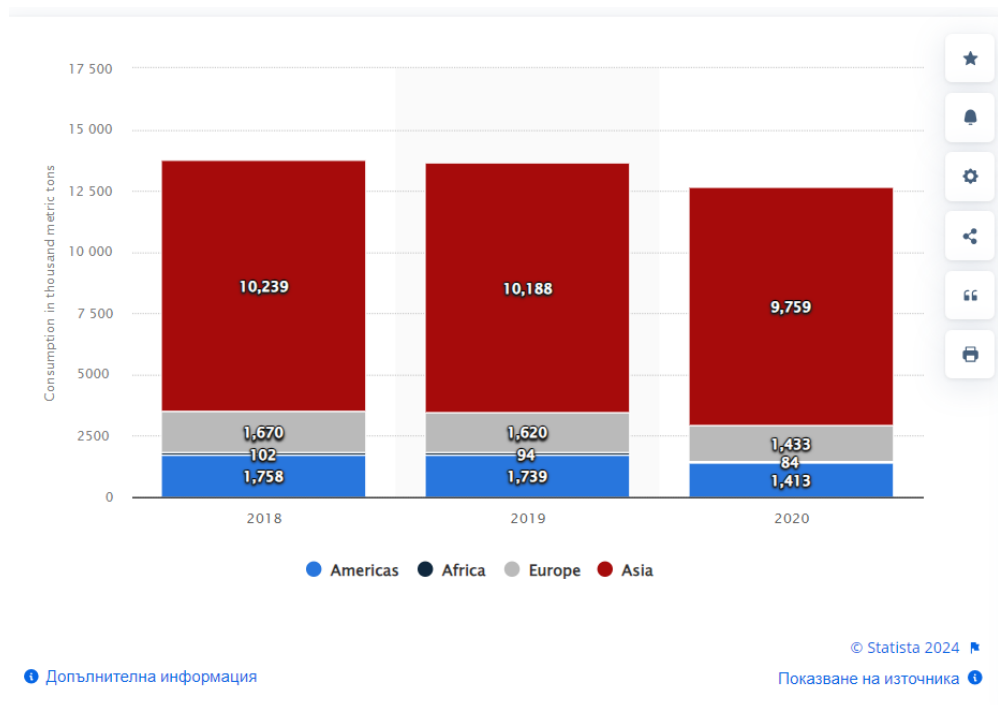
Все повече увеличаващото се население основно от механично преселение в последното десетилетие ще доведе до нарастване на автомобилите, съответно нуждата от естествен каучук ще нараства [45]. Индустриалното производство на естествен каучук е само от каучуковите дървета *Hevea brasiliensis*, което се отглежда единствено в тропически условия. Насажденията на естествен каучук в момента са около 14 милиона хектара площ по света. През 2020г. в световен мащаб са произведени около 12мил. тона каучук [46]. Производството на NR се дължи основно на страните, произвеждащи каучук в Азия (88%), Африка (10%) и Латинска Америка (2%), като Тайланд, Индонезия, Виетнам и Малайзия представляват 70% от световното предлагане на естествен каучук е отглеждан от дребни стопани в Азия, представлява около 80% от световното производство[46].

Европейската комисия се стреми към намаляването на зависимостта от внос на естествения каучук, като в списъкът на критичните суровини през 2017г., е добавен за първи път, с този акт се отбелязва стратегическото значение на NR за индустрията на ЕС.

Суровини от критично значение за 2020 г. (новите в сравнение с 2017 г. са в получен шрифт)		
антимон	хафний	фосфор
барит	тежки редкоземни елементи	скандий
берилий	леки редкоземни елементи	метален силиций
бисмут	индий	тантал
борат	магнезий	волфрам
кобалт	природен графит	ванадий
коксуващи се въглища	естествен каучук	боксит
флуорит (флусшпат)	ниобий	литий
галий	метали от групата на платината	титан
германий	фосфоритна руда	стронций

Таб.2. Списък на суровините от критично значени (от доклад ЕС 2020г)

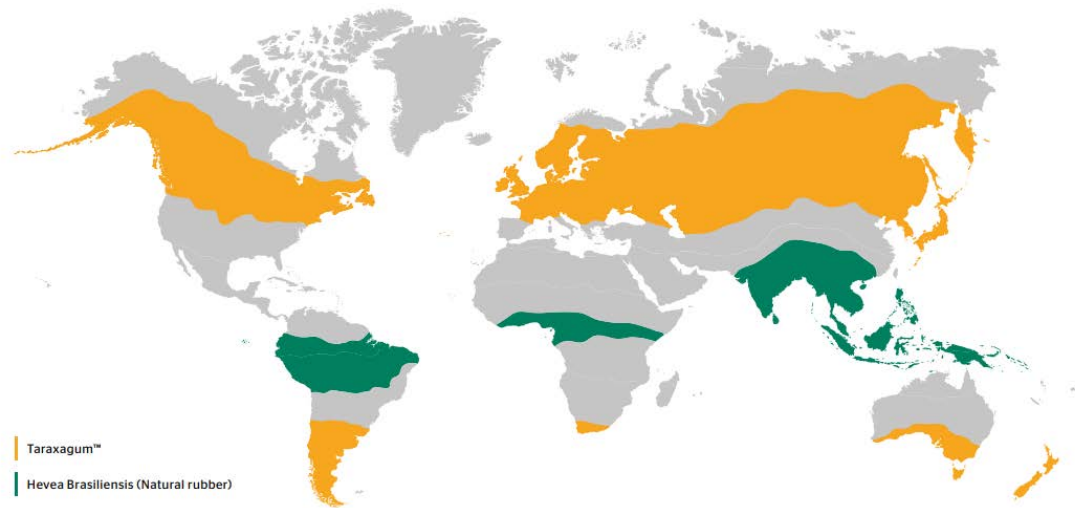
През 2020г. световно са използвани 12,59 тона естествен каучук от тях Европа ползва 1,43 тона, което може да разгледате на фиг. 4 поради епидемичните условия и излезлите ограничения доставките има видим спад през 2020г. спрямо предходни години.



Фигура. 4 Потребление на естествен каучук в световен мащаб за периода 2018-2020г.

Изчислени са около 672 000kg NR за производство на гуми за моторни превозни средства се консумира годишно, или обърнато в необходима площ за производство на това количество 594 000 хектара от насаждения с Хевея. Доставките на каучук за ЕС са предимно от Индонезия 32%, Тайланд 23%, Малайзия 11%, Китай 11% и Кот д'Ивоар 10%.

Поради местоположението на Европа, естествения каучук не може да се произвежда от каучуковото дърво, тъй като дървото е с характерен тропичен произход. Намеренията на Европейския съюз търси алтернативни варианти за обезпечаване на нужните си. Активно се изследват възможностите за производство на каучук от гваяла *Parthenium argentatum* (Gray) и от глухарчето *Taraxacum kok-saghyz* (TKS). И двете култури се отглеждат от над половин век, но през последните десетилетия активно страните в северното полукълбо са съсредоточили усилия в отглеждането на глухарчето, а засаждания могат да се открият във Франция, Полша, Германия, Канада, Сащ и други страни с умерен климат, сроден на неговото начално местообитание. Фиг.5



Фиг.5 Площите за отглеждане на *Taraxacum kok-saghyz* в жълто и *Hevea brasiliensis* в зелено

TKS е от рода *Taraxacum* в семейството на сложноцветните, естествено е разпространено от планините на Казахстан до северозападен Китай. Отглежда се в умерения климатичен пояс като едногодишно или многогодишно растение. TKS е богато на естествен каучук, инулин, захароза, протеини, целулоза, така и пентациклични тритерпеноиди (PTs).

TKS притежава специални клетки, наречени *laticifer*, с тяхна помощ се произвежда естествен каучук 5% - 27% на база сухо тегло и инулин до 40% от сухото тегло. През втората световна война, когато естествения каучук е с ограничени доставки, руските учени изследват 1045 растения, за да открият алтернативно растение произвеждащо NR. TKS спрямо Хевея може да се прибере през същата година в порядъка на 6-7 месечно отглеждане, колкото по дълго корена преседи в почвата каучуковите частици ще са по-богати [47]. Потенциалният добив на каучук е съответно 389 kg/ha, срѳвнение с Хевея е твърде незначителен добив [48]. В момента разработките на учените са в насока да увеличат добива най-вече с генномодифицирана и методи за максимално и чисто извличане на каучука от корените на растението. Въпреки дългогодишните проучвания и подобрения на този етап TKS не е достатъчен да задоволи потреблението на ЕС.

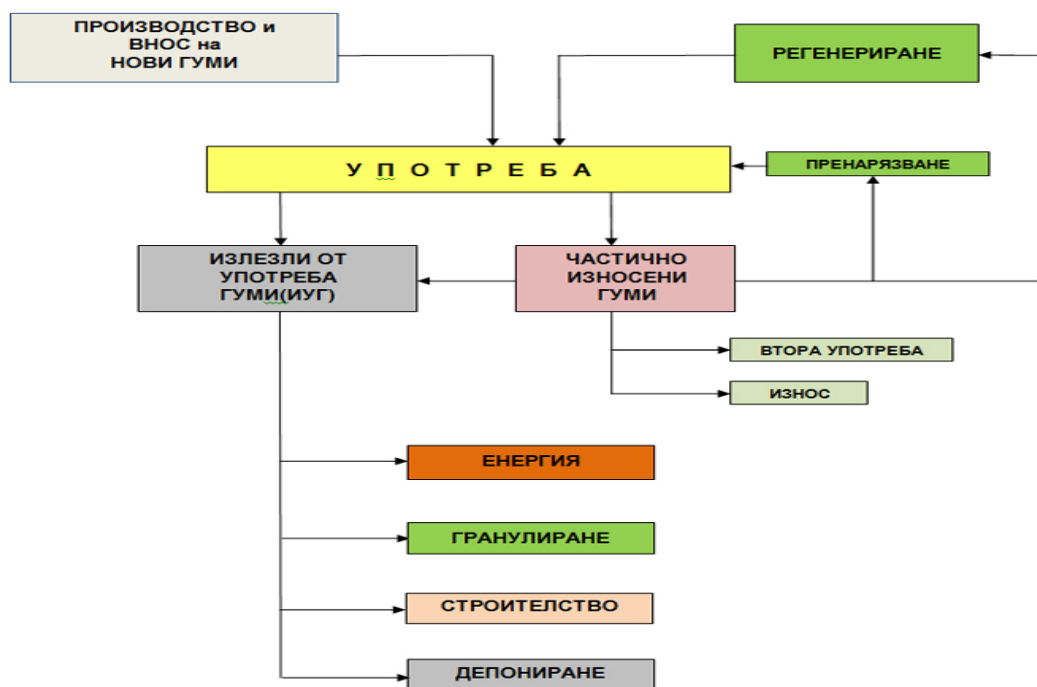
## 2.3. Управление на ИУГ

### 2.3.1. Жизнен цикъл на гумите

Жизненият цикъл се определя от различните етапи, в които продуктът е бил от производството до излизането му от употреба. Той обхваща производството на суровини и продукти, съхранение и много етапи на транспорт. Действителният жизнен цикъл на гумата свършва, когато гумата е преработена и влезе в употреба, например при производството на асфалт [6].

Жизненият цикъл (фиг. 6) може да бъде приблизително разделен на 6 части:

1. Производство и внос на нови гуми
2. Употреба на гумите
3. Оползотворяване на ИУГ
4. Оползотворяване на частично износени гуми
5. Пренарязване
6. Регенериране



Фигура 6. Жизнен цикъл на гумите [5]

Транспортната индустрия е една от най-развитите индустрии използващи значителни ресурси съответно и произлизащи екологични проблеми. Нарастващата нужда от мобилност в световен мащаб е отговорна за търсенето на огромно количество гуми, които след полезния им

експлоатационен живот се превръщат в отпадъци, а нуждата от правилно управлявани е неизбежна. Излезлите от употреба гуми са отпадък, който е източник на сериозно замърсяване на околната среда, съставът им ги прави изключително устойчиви на процесите на естествено разграждане.

Програмата на ООН за околната среда (UNEP) потвърждава, че отпадъчните създадени от излезли от употреба гуми (ИУГ) се превръщат в проблем за националните и местните правителства. Забраната за изгаряне на този тип отпадък е определен с Европейска директива и са създадени изисквания за третиране на излезли от употреба гуми.[1] През 2019г данни сочат, че 32 държави в Европа събират ИУГ възлизащ на 3,55 мил. тона (Mt), около 1,95 Mt са оползотворени и 1,43 Mt са използвани за производство на енергия. [10].

Според Закона за движение по пътищата (ЗйДП) чл. 139 гласи следното като изискване за годност на гумата на превозното средство: Една гума се счита за изчезнала от употреба, когато не може да изпълнява функцията по предназначение, също така има напуквания и когато грайфера е по – малак от законовия. л.4 - с гуми, предназначени за зимни условия, или с гуми с дълбочина на протектора не по-малка или равна на 4 mm през периода от 15 ноември до 1 март. Според ДИРЕКТИВА 89/459/ЕИО НА СЪВЕТА (от 1989 г.) има изискване само дълбочината на протектора да е над 1.6 mm.

Съществуват няколко основни начина за управление на ИУГ:

- ❖ Регенериране
- ❖ Рециклиране
- ❖ Повторна употреба
- ❖ Оползотворяване на енергия в инсталации за съвместно изгаряне
- ❖ Депониране – съгласно Директива 199/31/ЕС

Рециклирането на ИУГ може да се раздели на две категории: механично-физическо рециклиране и химично разделяне. Когато казваме механично имаме предвид преработка с цел получаване на крайни продукти или на суровини за производството на редица потребителски и промишлени изделия или използване на употребени гуми като материал в пътното и гражданско строителство. И химично разделяне на гумите с възстановяване на различните материали, от които са направени [8].

Механичното рециклиране и директното използване на гранули от скрап или на цели гуми има предимството, че продуктът намира друго приложение, без необходимост от големи инвестиции. Излезлите от употреба автомобилни гуми могат да се използват и цели в други приложения, но ако се шредират, каучукът има доста повече възможности за употреба.

Един от начините за физическо рециклиране е при условия, близки до тези на околната среда, т.е. без да се прилага охлаждане за подпомагане раздробяването на гумата. Тук те се

подлагат на няколко физични обработки. Първо се нарязват в шредер до размери на парчетата 50 mm, след това парчетата гума влизат в гранулятор, където размерите им се намаляват до 10 mm. На следващата стъпка се отстранява стоманата с магнитен сепаратор, както и влакнестата фракция чрез вибрационни сита и въздушна сепарация. Накрая гранулата се шлифова до получаване на размери 0,6–2 mm [8, 9,12].

Това рециклиране може да се организира в големи, напълно автоматизирани заводи за преработка с капацитет от порядъка на 65 000 t обработвани гуми за година и приемане на всички видове пневматични гуми (включително от леки, лекотоварни, товарни автомобили и земекопни превозни средства). Заводите произвеждат гумени гранулати и прах с висока еднородност и чистота и като допълнение - стоманена фракция, готова за претопяване в стоманодобивни заводи. Цялата продукция гумени гранулати може да е с размери под 2.0 mm. Технологиата има недостатък, че генерира шум и прах, и потреблението на енергия е интензивно (120-125 kWh/t). За да се гарантира здравето и безопасността на работниците, машините трябва да бъдат оборудвани с подходящи вентилационни системи, противопожарни системи и аварийно прекъсване на захранването на цялото оборудване. Мястото за съхранение на гранулата се пази от достъп на слънчева светлина [8, 9,12].

Друг метод е криогенното рециклиране. При този процес цели гуми или парчета от тях се охлаждат до температура -1200°C като се използва течен азот. При тази температура, гумата се отделя лесно от метала и става крехки като стъкло. Така намаляването на размера на парчетата може да бъде осъществено лесно чрез раздробяване и смилане. Този тип третиране улеснява шлайфането, отстраняването на фибри и получаването на по-чист продукт. Често за тази технология се цитира ниската енергоемкост, тъй като с понижаване на температурата се понижава и работа, необходима за разрушаване и гранулиране на каучука [8, 9,12].

Този извод обаче не е много коректен – необходимата работа действително се понижава почти два пъти при понижаване на температурата до -1200°C, но затова се изисква значително количество хладилен агент (течен азот). А енергията, която е необходима за производство на течен азот превишава тези икономии. Необходимо е да се вземе предвид и това, че при криогенното гранулиране се получават гранули с гладка повърхност и са необходими допълнителни химични и физични модификации, което също увеличава енергоемкостта на процеса. Подобна технология се счита за целесъобразна единствено там, където има големи мощности за получаване на течен азот [8, 9,12].

### **Оползотворяване на енергия в инсталации за съвместно изгаряне:**

- в ТЕЦ за производство на електроенергия,
- в циментовите, хартиените и целулозни заводи и др. като допълващо гориво

Регенерирането е метод, който по проучване спестява средства до 68% при гуми за камиони. При здрава основа се подменя вече изтъркания грайфер. Чрез вулканизирание се изгражда нов грайфер, след което гумата може отново да изпълнява първоначалното си предназначение. Гумата вече е годна да се върне в употреба, с този метод се използва само 25% от суровината за нова гума и се удължава нейния живот. Има два положителни ефекта, няма

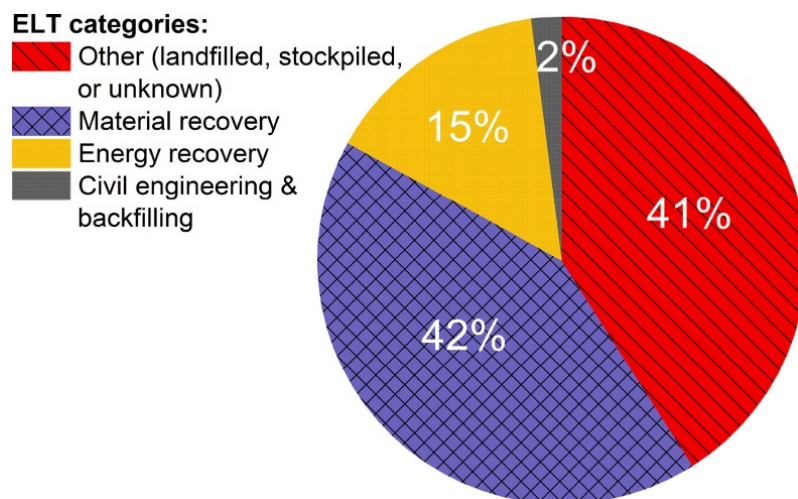
нужда от закупуването на нова гума и не е наличен нов отпадък. Методът се използва предимно за товарени и селскостопански гуми.

**Депониране** – съгласно Директива 199/31/ЕС след 2006 г. депониране се допуска по изключение само за гумите, използвани като строителен материал, велосипедните гуми и гумите с диаметър над 1400 mm [8].

Химичната регенерация съчетава термо-механичен и химичен метод, които действат като де-вулканизация за разрушаване напречните връзки между каучуковите вериги. Реагенти могат да са сулфиди, меркаптани, пероксиди и йонни течности. Регенерирания каучук показва по-лоши механични свойства като значително намалена якост на опън. Процеса не финансово изгоден и химикалите използвани за процеса са вредни за околната среда и могат също така да причинят проблеми с миризмата при крайните продукти. [13]. Пиролизата е сочена за екологосъобразна технология за третиране на ИУГ. Това е технологичен процес на термично разграждане в отсъствие на кислород и при температури от 400 – 800°C. При изходна фаза на този метод се получават „нови“ крайни продукти. Пиролизата може напълно да изгори голямо количество отпадъчен каучук и в същото време да се получат висококачествени пиролизни продукти, като сажди, пиролизно масло, газове и метал корд. Методът не се счита само за екологосъобразен, а също така за надеждно управление на ИУГ и икономически печеливш.

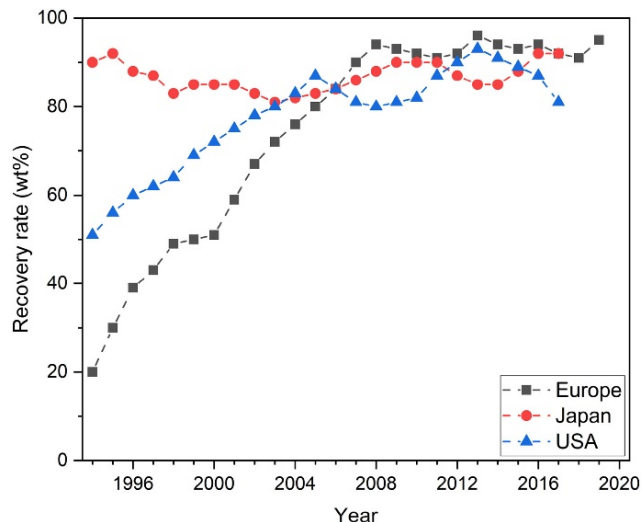
#### 2.4. Статистически данни за ИУГ

Спрямо данни за управлението на ИУГ на международната организация на производителите на моторни превозни средства OICA през 2019г. общото количество е около 30,9 (Mt) в световен мащаб [16]. На Фиг. 14 може да се види, че ИУГ само 59% употребени правилно, а 41% все още се депонират, складираат или няма статистика за местоположението им [17].



Фигура. 7. ИУГ в световен мащаб през 2019 г. [ 17 ]

За 30г Европа стига почти 100% рециклиране на ИУГ, в фиг.8 може да се проследи от 20% през 1994г. се стига до 95% през 2019г. спрямо Япония и САЩ [17].



Фигура. 8 Степен на рециклиране на ИУГ от 1994 г. за Европа, Япония и САЩ [17].

Япония в последните 25г винаги е била страна с традиционни в рециклирането и на ИУГ, други страни с отлични нива са Канада, там се рециклира на 100% в Индия 98% и Южна Корея (95%). В Индия има подобно високо ниво на рециклиране на ИУГ, защото се използва активно като вторичен материал [17].

Европейската асоциация на производителите на гуми и каучук ETRMA представлява около 4400 компании в ЕС. Асоциацията разполага с консолидирани данни за управлението на ИУГ за 2019г., обхващащ 32 държави от които всички 27 държави членки, Норвегия, Сърбия, Швейцария, Турция и Обединеното кралство. От всичките 32-те държави бяха събрани данни показващи рециклирани 95% от ИУГ, за тяхното рециклиране и оползотворяване за енергийно възстановяване. Данните са доста сравними с предходните години, процентите на управление на ИУГ варират между 92% и 95%. Европейската индустрия за производство на гуми се е ангажирала с иновативна и устойчива икономика. Новите суровинни материали от ИУГ са важни ресурси за индустрии като строителство, автомобилно и циментово [14].

Подробният анализ на данните може да се разгледа в таб.15 показва, че в сравнение с предходната година, възникването на ИУГ в Европа 3,55 Mt през 2019г. е намаляло с около 1% спрямо предходната година.

Около 1,95 Mt ИУГ са обработени за оползотворяване на материали, от тях 1,36 Mt са използвани за производство на каучукови гранули, 476 000 тона ИУГ са използвани в циментовото индустрия, 112,954 тона са използвани в приложения в гражданското строителство. Някои други незначителни приложения в процеси като например пиролиза, стоманодобивни мелници и лярни и други употреби допълват тази цифра.

Другата част от количеството събрани гуми 1,43 Mt са предназначени за оползотворяване чрез производство на енергия [14].

Страни	Общо кол. ИУГ (A)	Възстановяване на ИУГ за 2019г			Неизвестен / Запаси (F)	Обработени ИУГ % (H)=(G)/(A)
		Материал		Енергийно		
		Строителство, Градско благоустройво (B)	Рециклиране * (C)	Енергийно възстановяване (E)**		
(тона)						
Austria	74 000		46 000	46 000	28 000	100%
Belgium	81 325		75 163	75 163	2 153	95%
Bulgaria	40 800		26 000	26 000	1 500	67%
Croatia	26 307		19 909	19 909	1 374	81%
Cyprus	6 900		2 500	2 500	7 500	145%
Czech Rep.	93 037		34 194	34 194	32 849	72%
Denmark	49 900		47 800	47 800	0	96%
Estonia Finland	13 107	1 485	9 106	10 591	3 216	105%
France	61 060	56 802	10 733	67 535	5 958	120%
	422 579	38 354	184 003	222 357	223 054	105%
Germany	434 000		295 000	295 000	137 250	100%
Greece Hungary (est.) Ireland	45 200		29 988	29 988	13 851	97%
Italy Latvia	44 000		30 000	30 000	9 500	90%
Lithuania	32 601		31 573	31 573	1 028	100%
	384 000	842	170 000	170 842	170 000	89%
	12 500		8 000	8 000	3 500	92%
	21 533		14 413	14 413	3 752	84%
Luxembourg	0	-	-	-	-	-
Malta	2 300		2 300	2 300		100%
Netherlands *** Poland (est.)	87 746		79 933	79 933	7 813	100%
Portugal Romania	268 500		127 000	127 000	84 000	79%
Slovak Rep. ELTMA only Slovenia	72 421	744	46 499	47 243	30 915	108%
Spain	51 413		544	544	50 869	100%
Sweden	27 475		22 675	22 675	632	85%
	27 307		7 496	7 496	13 150	76%
	238 080	202	158 125	158 327	79 753	100%
	93 532	3 013	24 623	27 636	65 896	100%
UK (estimated by UTWG )	452 659	11 065	148 643	159 708	277 283	97%
<b>EU27+UK</b>	<b>3 164 282</b>	<b>112 507</b>	<b>1 652 219</b>	<b>1 764 725</b>	<b>1 254 796</b>	<b>95%</b>
Norway	66 620	447	19 763	20 210	47 410	102%
Serbia (est.)	50 000		39 000	39 000	11 000	100%
Switzerland	47 200		600	600	46 600	100%
Turkey	227 509		129 619	129 619	69 009	87%
<b>EU27+NO+CH+RS+TR+UK</b>	<b>3 555 611</b>	<b>112 954</b>	<b>1 841 201</b>	<b>1 954 154</b>	<b>1 428 815</b>	<b>95%</b>
2018	3 573 900	96 120	1 920 100	2 016 220	1 248 880	91%
2018 vs 2019	-1%	18%	-4%	-3%	14%	4%

\* Рециклиране: включва ELT, изпратени за гранулиране (1.364.930 t) и включването на неорганичното съдържание на ELT в производството на цимент (и 25% от тегло на ELT, изпратени до циментови пещи, т.е. 476.271t)

\*\* Възстановяване на енергия: включва 75% от теглото ELTs, изпратени до циментови пещи (1.905.086tx75%) като енергийна част от съвместната обработка на ELT в циментови пещи

\*\*\*Нидерландия: пълен пазар, извън задължението за EPR (2019 г.)

Таблица.3 Възстановени ИУГ в Европейския съюз и други пет държави през 2019г [14].

В страните от европейския съюз се наблюдават три вида системи за управление на ИУГ: отговорност на производителя (система за обратно приемане), система с данъчно облагане, финансирана от правителството и система на свободния пазар. Всяка държава – членка е свободна сама да избере модела си на управление [15].

В система на свободния пазар работи Обединеното кралство [15]. Законодателството определя целите и насоките без да посочва отговорните лица по веригата от производство до края на живота на автомобилната гума. Всеки субект, който има контакт или контрол над нея е отговорен за своята част от управлението, съблюдавайки нормативната база. Затова се говори за споделена отговорност, която е договорена и действаща в условията на свободен пазар. При нея държавното или федералното законодателство определя планове за действие или задължения за

план за управление на ИУГ, но отговорността във вид на еко-данък или екотакси не се налага на определени участници [15].

## 2.5. Законодателство на ИУГ

Преди повече от четиридесет години е приета първата Европейска рамкова директива за отпадъците, с нея се слага началото да се наложат правила за рециклирането и да изиска от държавите-членки да създадат обвързващи национални програми за намаляване на производството на отпадъци. В последните двадесет години се наблюдава непрекъснати нови подобрения в тази насока допълващи или променящи към кръгова икономика спрямо отпадъците във всички сфери. Насоката е промишлените отпадъци да има не по – малко от 70% да се рециклират, най- малко 50% в повторна употреба и рециклиране на твърди битови отпадъци и от 70% за строителни, получени при разрушаване, промишлени и производствени отпадъци.

Европейската Комисия постига управлението на ИУГ с мисия за достигане почти цялостна обработка и вкарване на кръговата икономика в нормативите и законите за управление на отпадъците. Европа в лицето на Европейската комисия създава законодателни рамки, с които осигурява един по дългосрочен и сигурен план за рециклиране, и оползотворяване с цел запазване на околната среда.

*Законодателни решения за управлението на излезлите от употреба гуми са следните:*

- Стратегия на Общността за отпадъците (COM(96)399), изменяща Директива 75/442/ЕЕС
- Директива относно депонирането на отпадъци (1999/31/ЕС)
- Директива за излезли от употреба превозни средства (2000/53/ЕС)
- Директива за изгаряне на отпадъци (2000/76/ЕС)
- Тематична стратегия на ЕК за превенция и рециклиране на отпадъци -COM(2005)666.
- Директива 2008/98/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 19 ноември 2008 година относно отпадъците и за отмяна на определени директиви

Във връзка с управлението на отпадъците и включването им в кръговата икономика, Европейската законодателна рамка стимулира към промени, в такива случаи да се приложат критерии за край на отпадъка. Концепцията за край на отпадъка следва законодателството на ЕС в областта на отпадъците. Задължения е към производителите и притежателите на отпадъци остават в сила до завършването на операцията по оползотворяване в съответствие с целите на рамковите директиви за отпадъците, които имат за цел свеждането до минимум възможните отпадъци, свързани с рисковете за здравето и околната среда.

От години в определени държави-членки има изграден поточен цикъл на създадени съоръжения за разделно събиране, приемане обратно на продукти и унищожаване на продуктите по отговорен начин, рециклиране и оползотворяване по най - подходящия начин.

В Европа са налични има три различни метода за управление на ИУГ. По-голямата част от страните в ЕС използват система за отговорност на производителя, докато някои от членовете на ЕС имат система за свободен пазар за управление на ИУГ, а трети пък отговорността е на правителството.

- ❖ **Отговорност на производителя.** Управлението на използвани гуми е отговорност на производителя на гуми, които чрез еко-такса начислява при първоначалната продажба разходи по рециклиране. Тази дейност се контролира и проследява от неправителствена организация с нестопанска цел.
- ❖ **Държавна система.** Производителите на гуми заплащат на правителството такса за обезвреждане, добавена към цената на новите гуми. Чрез данъчно облагане държавата се ангажира да управлява ИУГ и е отговорна за организацията за рециклиране и оползотворяване по най – подходящия метод спрямо националните наредби в държавата.
- ❖ **Система на свободния пазар.** Този метод е доста свободен, държавата определя своето законодателство, но не посочва отговорни органи. Пазара по този начин сам си създава действаща веригата за рециклиране и оползотворяване спрямо законодателството.

Различни планове в Европа за управление имат за цел да гарантират, че са изпълнени екологичните стандарти и всички страни правят всичко по силите си, за да осигурят съответствие с общите разпоредбите.

### **2.5.1. Национално законодателство**

- Наредба за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми (изм., бр. 30 от 15.04.2016 г., в сила от 16.06.2016 г.)
- 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
- Наредба № 6 за условията и изискванията за изграждане и експлоатация на депа и на други съоръжения и инсталации за оползотворяване и обезвреждане на отпадъци (изм. и доп., бр. 13 от 7.02.2017 г.)
- Наредба № 1 от 04.06.2014 г. за реда и образците, по които се предоставя информация за дейностите по отпадъците, както и реда за водене на публични регистри (обн., ДВ, бр. 51 от 20.06.2014 г.)
- Закон за управление на отпадъците (изм. и доп. ДВ. бр.53 от 26 Юни 2018г.)
- Наредба № 2 от 23.07.2014 г. за класификация на отпадъците (обн., ДВ, бр. 66 от 08.08.2014 г.) [8]

### **Задължения на лицата, които пускат на пазара гуми:**

С Наредба за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми (**Приета с ПМС № 221** от 14.09.2012 г., обн. ДВ. бр. 73 от 25 Септември 2012г.); се определят изискванията за събирането, транспортирането, съхраняването, оползотворяването или обезвреждането на излезли от употреба гуми, включително целите за регенерирането и/или рециклирането и/или оползотворяването им

Наредбата се прилага за всички видове пуснати на пазара гуми (външни, вътрешни и плътни), независимо от предназначението им, както и за излезлите от употреба гуми (ИУГ).

Съгласно наредбата за изискванията за третиране на излезлите от употреба гуми приета с ПМС № 221 всяко физическо или юридическо лице което пуска на пазара гуми е отговаря за събирането, съхраняването, транспортирането, оползотворяването или обезвреждането на ИУГ, като оползотворяването се извършва по един от следните методи [22].

- ❖ чрез регенериране;
- ❖ чрез рециклиране;
- ❖ чрез влагането им като материал в строителството, включително влагането на цели и нарязани ИУГ като материал в строителството на депа;
- ❖ чрез изгаряне с оползотворяване на енергията.

За организиране на събирането и оползотворяването на ИУГ се предприемат следните мерки:

- ❖ сключване на договори с големи сервиси, места за продажба, извършващи смяна на гуми, големи генератори на ИУГ, индустриални предприятия, получаване директно от населението;
- ❖ сключване на договори за събиране, съхраняване, оползотворяване и/или обезвреждане на ИУГ с лица, притежаващи разрешение, издадено съгласно изискванията на Закона за управление на отпадъците;
- ❖ сключване на договори с общини за организиране на събиране на ИУГ на тяхна територия, временно съхранение и предаване за оползотворяване.

Със Закона за управление на отпадъците (ЗУО) (обн., ДВ, бр. 53 от 13.07.2012г.). се регламентират в нашата страна мерките и контрола за защита на околната среда и човешкото здраве. С подзаконов нормативен акт Наредба № 2 от 2014г. се определя класификацията на отпадъците като с нейна помощ те се конкретизира техния произход, състав и пределно-допустимите стойности за концентрация на опасни вещества. Класификацията на отпадъците се извършва чрез избор на шестцифрен код, посочен в списъка на отпадъците по приложение № 1, при спазване на следната последователност:

**Код: 16** ОТПАДЪЦИ, НЕУПОМЕНАТИ НА ДРУГО МЯСТО В СПИСЪКА

**Код: 16 01** за излезли от употреба превозни средства от различни видове транспорт и отпадъци от разкомплектоване на излезли от употреба превозни средства и части от ремонт и поддръжка (с изкл.е на 13, 14, 16 06 и 16 08)

**Код: 16 01 03** излезли от употреба гуми (ИУГ)

Когато отпадъците влезнат за обработка се класифицира новите отпадъци с нов код:

**Код: 19** ОТПАДЪЦИ ОТ СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА ОТПАДЪЦИ

**Код: 19 01 17 \*** отпадъци от **пиролиза**, съдържащи опасни вещества

**Код: 19 01 18** остатъци от **пиролиза**, различни от упоменатите в 19 01 17

**Код: 19 12 02** отпадък от механичното им третиране за черни метали

**Код: 19 12 04** обозначават се шредираните и гранулирани от ИУГ

**Код: 19 12 08** отпадък от текстилните материали в ИУГ

Вземането на проба от отпадък се изпитва в акредитирана лаборатория от „Българската служба по акредитация“ на база национални стандарти и приети международни стандарти.

Според ЗУО по Чл. 5. (Изм. – ДВ, бр. 19 от 2021 г., в сила от 5.03.2021 г.)

Определени **отпадъци** престават да бъдат отпадъци по смисъла на § 1, т. 17 от допълнителните разпоредби, когато са подложени на рециклиране или друга дейност по оползотворяване и когато отговарят на следните условия:

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

Мрежата за осигуряване на качество на изходния материал след рециклиране, трябва да осигури съгласуваност по отношение на процесите, работните параметри и продуктивния стандарт за качеството, така че да има увереност, че производството е на материал, който не е отпадък и е екологично полезен. Критерият за край на отпадъка е съвкупност от изисквания, на база на които материалите, получени от обработката на ИУГ са годни за повторна употреба,

защото са с подходящи качества за нова употреба и не вредят нито на околната среда, нито на здравето на човека.

В България няма разработени критерии за качество по отношение на целите и нарязани ИУГ, което затруднява повторната им употреба. На лице е необходимост да бъдат събрани експерти от индустрията, държавните органи и академичната общност, които да обединят усилията си в тази посока. Гранулирането на употребявани гуми сега е основният път за рециклиране на неизползваните гуми в Европа[15].

Новият „отпадък“ продукт трябва да мине процедура за сметка на производителя, че той е годен и може да даде гаранция за качество.

Новите продукти намират широк кръг от приложение в икономиката и стабилна околна среда. Процесът пиролиза за ИУГ е икономически печелившия, защото премахва огромно количество ИУГ и в същото време създава нови продукти за влагане в икономиката и нисковъглеродна икономика в ЕС.

## **2.6. Технологии за преработка на ИУГ**

Излезлите от употреба автомобилни гуми са източник на сериозно замърсяване на околната среда. Значителният ръст на автомобилния парк води до непрекъснато повишаване на количествата на изхвърляни автомобилни гуми [15].

Във връзка със сериозния екологичен риск, който създават автомобилните гуми, се прилагат следните технологии за преработка на ИУГ [15].

### **2.6. Оползотворяване на цели и нарязани гуми**

Въпреки че ИУГ гуми съдържат ценни суровини като каучук, метал, текстилен корд и са разработени и продължават да се разработват технологии за тяхната преработка и оползотворяване. Данните сочат, че само една малка част от ИУГ биват преработвани [15].

Намиращите към момента практическо приложение технологии предполагат използването на цели гуми или на раздробени на малки частици автомобилни гуми. Износените автомобилни гуми обикновено се използват като преграждения за създаване на изкуствени рифове, за защита на склонове от ерозия и др. [15].

Този метод е един от най-лесните за прилагане, тъй като не се налага гумите да бъдат подлагани на специална обработка. Цели гуми могат да бъдат използвани и за производство на енергия чрез тяхното изгаряне. Най-често цели гуми се изгарят в предприятията от циментовата промишленост [15].

Предимство на използването на цели гуми е, че разходите се свеждат предимно до закупуването на гумите и отпадат тези за допълнителното им смилане. Целите гуми са и с по-

ниска пожароопасност. От друга страна тяхното транспортиране, складиране и управление създават известни трудности [15].

Често по предпочитаният вариант е нарязването на гумите на по-малки парчета обикновено с квадратна форма, с различни размери. Те могат да бъдат съхранявани на открито на купчини. Подаването им към пещта може да бъде чрез лентов транспортър. Използването на нарязани гуми има няколко предимства [15].

Скоростта на подаване към пещта може да бъде регулирана, също така в сравнение с използването на цели гуми, тук необходимостта от ръчен труд е много по-малка. Като недостатък се посочват по-високите разходи, свързани с нарязването на гумите и трудностите, създавани от съдържащия се в гумите метален корд, който се реже неравномерно и може да се подава от слой каучук [15].

### **2.6.2. Изгаряне**

Изгарянето е процес на екзотермично окисление, отделените при него газове могат да бъдат контролирани, но използваните за пречистване на газовете филтри са твърде скъпи, а част от газовете причиняват корозия на съоръженията и инсталациите [16].

Изгарянето на гуми е с цел получаването на енергия и тяхното унищожаване крие екологичен риск, поради отделянето на вредни вещества в атмосферата. В отделените димни газове се съдържат канцерогенни вещества, известни количества диоксини, съединения на тежките метали, а също се отделят и значителни количества твърди частици [16].

Все пак е важно да се отбележи, че изгарянето на гумите не винаги води до замърсяване на атмосферата. От техническа гледна точка безопасното изгаряне е напълно възможно при предвиждане на подходящи филтриращи системи [15].

Основният проблем е свързан с необходимостта от значителна инвестиция в пречиствателни системи. От друга страна според специалисти изгарянето на гуми не е особено ефективно и от енергийна гледна точка [15].

Като основна причина за сравнително широкото прилагане на изгарянето за производство на енергия обикновено се посочва липсата на ефективна технология за преработка на гумите и получаването на продукт с високо качество [15].

### **2.6.3. Преработка чрез раздробяване**

Сред методите за обработка е раздробяването на ИУГ на малки парченца. Раздробяването на автомобилните гуми се приема за един от най-привлекателните методи за преработка, тъй като

той позволява максимално да се съхранят физичните свойства на каучука в получения краен продукт от преработката [15].

Сред предлаганите в България решения за раздробяване на гуми са: системата за рязане на гуми „Eldan”, предлагана от групата от компании „Аркон” и линията за преработка на стари автомобилни гуми „BULKAN” на „ЕНБИЕС-БУЛ” [15].

#### **2.6.4. Система за рязане на гуми Eldan**

Eldan е система за рязане на гуми, която използва модулен подход към рециклирането на цели автомобилни и камионни гуми, включително единични гуми за тежкотоварни камиони, гуми за изкопни машини и много други [15].

Системата е изградена на модулен принцип, което позволява различни комбинации и допълнително добавяне на модули при необходимост. Големият брой комбинации дават възможност за изработването на много различни крайни продукти като ивици, парчета, гранули и прах [15].

Отделните машини лесно могат да бъдат настроени за други размери на частиците чрез смяна на размера на ситото в машината. Също така не е необходимо преди обработка да бъде премахвана армировката на гумите [15].

Пълната система Eldan за рязане на гуми, включваща всичко от предварително нарязване до разделяне, може да се раздели на следните етапи: предварително нарязване в нарязваща машина; раздробяване в многофункционалното ренде; фино раздробяване във финото ренде; разделяне на текстила и стоманата в класификатора и аспиратора [15].

Споменатите машини са свързани от буферни силози, конвейери, вибриращи конвейери, винтови конвейери и пневматично транспортиране на материала [15].

#### **2.6.5. Линия за преработка на стари автомобилни гуми BULKAN**

Линията за преработка на ИУГ BULKAN е подходяща за преработка на стари автомобилни гуми и гумено-технически изделия и получаване на компоненти, пригодени за използване в други сфери [15].

Технологичният процес се основава на механично разделяне, смилане и сепариране без използването на други методи като химични процеси, което прави процесът екологично чист [15].

При изграждането на инсталацията се предвижда изграждането на независима вентилационна система, което позволява в процеса на преработка своевременно да се събират и отделят прахът и текстилът [15].

Процесът на преработка се състои от три етапа. Първият етап включва първоначално разрязване на гумата по протектора на две части, изтегляне на стоманената тел от лъв/десен борд. Целта на първоначалното разделяне на гумата е да се увеличи експлоатационния срок на шредера и да се отдели по-голямата част от стоманената тел [15].

По време на втория етап разделената гума се раздробява на парчета с помощта на шредер. Третият етап е смилане на парчетата и разделяне на компонентите – гума, желязо, текстил [15].

В резултат от преработката на ИУГ се получават гумени частици с размер 0,5 – 5 mm (80% частици с размер 2 – 3 mm). Съдържанието на стомана в тях е около 0,05%, а на текстил около 0,4 – 0,7% [15].

Целият процес на преработка от втори етап е автоматизиран. Линията е построена на принципа на модули, което позволява получаване и само на конкретен краен продукт, което допринася за гъвкавостта, простотата и икономичността на линията [15].

## **2.7. Процесът пиролиза**

Пиролизата е термохимичен процес на разлагане, който е приложим за повечето от органичните вещества [16]. Процесът може да протече в бедна на кислород среда, във вакуум, във водородна атмосфера в присъствието на катализатор и без катализатор. Използваните реактори обикновено се подразделят на реактори с периодично и непрекъснато действие. Сред често използваните са реакторите с кипящ слой. Приложение намират и реакторите с неподвижен слой [15].

Като продукти на процеса се получават твърди, течни и газообразни вещества. Нагряването на въглеводородите в безкислородна среда води до разпадане на химичните връзки и получаването на нискомолекулни съединения. Най-напред се получават твърдите и газообразните продукти, а при концентрация на част от газообразния продукт започва образуването на течната фракция [16].

Върху процеса пиролиза влияят следните параметри: скорост на нагряване, температура, налягане, използван катализатор, вид на използвания реактор/котел [16].

Пиролизата се разделя на няколко вида според скоростта на нагряване: бавна пиролиза, пиролиза със средна скорост на нагряване, бърза пиролиза, светкавична пиролиза [16].

Нискотемпературната пиролиза протича в интервала от 450°C до 550°C. Нарича се още полукоксоване и при нея се постига максимално отделяне на течни продукти и твърд остатък. Течните продукти съдържат около 70–80 % вода и имат калоричност 2340–4660 kJ/kg. Твърдият остатък — кокс или дървени въглища е много близък до състава на въглищата. Неговото

количество е 17–25 % от масата на продуктите и намалява при увеличаване на скоростта и температурата на нагряване. Калоричността на дървените въглища е 25 630–27 960 kJ/kg. Процесът започва още при 100°C. До 150°C протича твърде бавно, след което започва да се ускорява. До температура 270–280°C, разлагането става с поглъщане на топлина. Тогава химичният механизъм на процеса рязко се изменя: започват екзотермични реакции и температурата бързо се повишава до 380°C. В интервала 280–380°C се образуват значителни количества оцетна киселина, метилов алкохол и смоли. До 450°C се образуват некондензиращи газове, а при по-висока температура се формират течни продукти, предимно тежки въгледороди. Димните газове при 200°C съдържат CO<sub>2</sub> и CO в съотношение 75% CO<sub>2</sub> и 25% CO. При повишаване на температурата, съдържанието на CO се повишава и в газа се появяват въгледороди. При 450°C, газът съдържа — 45% CO<sub>2</sub>, 30% CO, CH<sub>4</sub>–15%, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>–5% и H<sub>2</sub>–5%. Съдържанието на въгледороди достига своя максимум при около 500°C, след което намалява вследствие на разлагането им с образуване на водород [16].

Среднотемпературната пиролиза протича при температури 550–800°C. Нарича се още среднотемпературно коксуване. При него количеството на газовете е по-високо, като същевременно специфичната им топлина на горене става по-ниска. Намалява количеството на отделящите се течни продукти и коксов остатък. С повишаване на температурата, количеството на твърдия остатък намалява. При 500°C твърдият остатък съдържа до 88% въглерод, 2% вода, 10% азотни оксиди [16].

Високотемпературна пиролиза се провежда при температури в интервала от 800°C до 1050°C. Това е процес на същинско коксуване. При него отделянето на течни продукти и твърд остатък е минимално, за сметка на голямото количество горивен газ. Този продукт е основна цел на високотемпературната пиролиза. При по-висока скорост на нагряване и по-висока крайна температура, по-голяма част от отпадъците се превръщат в газообразни и течни продукти. Газообразните продукти по маса са 25% от въздушно безпепелните отпадъци. Калоричността им е 11 180–13 040 kJ/m<sup>3</sup>. При 900°C полученият газ съдържа 80 % H<sub>2</sub>, 9,9 % CH<sub>4</sub> и 9,1 % CO [16].

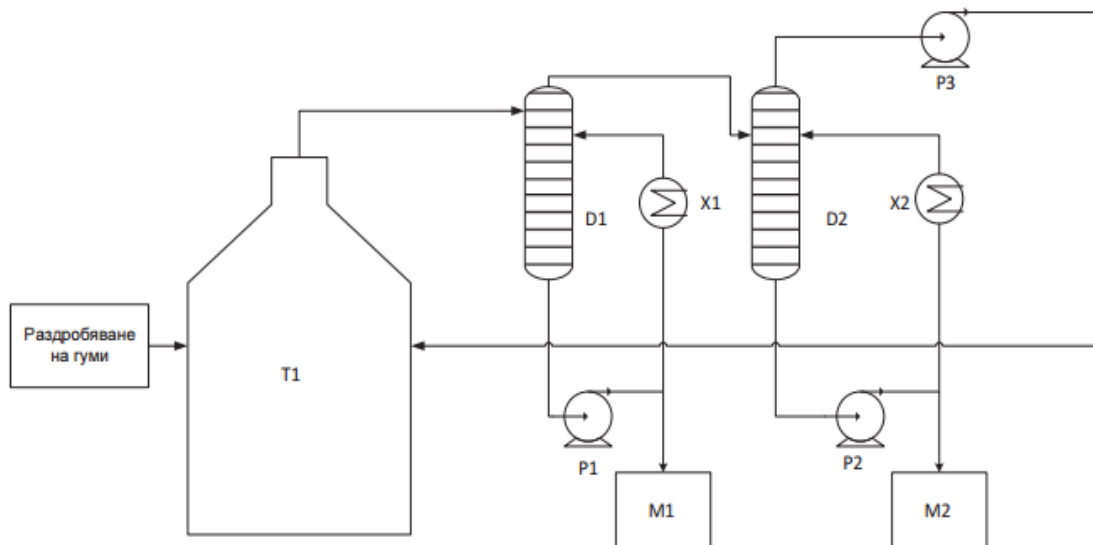
На фиг. 9 е представена блок-схема на процеса пиролиза и образуващите се крайни продукти.



Фигура 9. Процес на образуване на крайните продукти чрез пиролиза [16]

С повишаването на температурата в реактора течната фракция се изпарява и образува пиролизен газ. Твърдата фракция при ниска скорост на нагряване и ниска температура се увеличава. Течната фракция при средна скорост на нагряване и ниско налягане също се увеличава. Вероятността от възникване на нежелателни вторични реакции е минимална, тъй като процесът се извършва в безкислородна вакуумна среда. При недобро изпълнение на технологичното оборудване или експлоатацията му е възможно образуването на нежелани серни съединения [16].

На фиг. 10 е представена схема за пиролиза на автомобилни гуми. Процесът започва с раздробяване на гумите на необходимата големина. С тях бива зареден реактора за пиролиза. След започването на термохимичната реакция започва образуването на газ и твърд остатък. Твърдият остатък след края на термохимичната реакция се охлажда и пречиства посредством магнитен сепаратор. След почистването се получава метал корд и въглен [16].



Фигура 10. Схема на пиролизна инсталация [16]

Легенда: **T1** – Пиролизна пещ; **D1,D2** – Дестилационни колони; **P1,P2** – Циркулационни помпи; **P3** – Вентилатор за пиролизни газове; **X1,X2** – Охладители; **M1** – Тежко масло; **M2** – Леко Масло [16].

Полученият по време на пиролизата газ преминава през дестилационни колони, от които се получават пиролизното масло и пиролизният газ. Полученото пиролизно масло съдържа около 45% дизел и може да бъде използвано като гориво за промишлени горелки. Пиролизният газ посредством компресор се оползотворява за нагряването на реактора [16].

Делът на оползотворените по този метод ИУГ обаче остава твърде нисък. Едно от ограниченията се крие в това, че част от получаваните продукти се разглеждат от действащия в момента ЗУО именно като отпадък, а не като материал, с който може да бъде търгувано. Това вероятно определя ниския интерес от инвестиране в пиролизни станции [16].

### 2.7.1. Важните влияещи фактори на процеса пиролиза на ИУГ

- ❖ състав на отпадъка - всяка от основните съставки на отпадъците се характеризира с различни температури на термично разлагане, което означава, че те допринасят за резултатите от процеса по различен начин.
- ❖ температура на процеса - по-високите температури доводът до по-голямо количество некондензиращи газове, докато по-ниските температури благоприятстват производството на висококачествен твърд продукт. Дългите каучукови полимерни вериги могат да претърпят

реакции на кондензация, полимеризация, деполимеризация и хидрогениране при подходящи температури спрямо търсения резултат.

- ❖ време на престой в пиролизната камера - влияе върху степента на термично превръщане на получения твърд продукт, както и времето на престой на парите, което влияе върху състава на парите.
- ❖ размер на отпадъка- зависимост от размера той ще повлияе върху скоростта, с която материалът ще се разлага. По -малките ще се разложат по бързо и ще доведе до по-големи количества пиролизно масло, всичко това зависи от материала.
- ❖ налягане - може да се извърши при атмосферно или по-високо налягане, а също във вакуум. Предимно се процеса протича при атмосферно налягане, другите два са с по-скъпо оборудване. Високо налягане води до по-големи добиви на твърд изходен материал и пиролизни газове, докато по-ниското налягане води до увеличено производство на пиролизно масло.
- ❖ скорост на нагряване – при по - бавна скорост на нагряване , по-ниска температура на пиролиза и по-дълго време на престой допринасят за производството на твърда фракция. По-високата скорост на нагряване, по-високата температура и по-краткото време на престой има по-висок добив на пиролизна газ. По-висока скорост на нагряване, средна температура и по-кратко време на престой максимизират добива на пиролизно масло.
- ❖ катализатор - видът на катализатора играе важна роля в разграждането на отпадъците и качеството на добития краен продукт и маслото. Ролята на катализатора е да ускори реакцията, а също и енергията необходима за процеса. Зеолитът е ефективен и селективен катализатор, други са глина, пладии и никел [21].

### **2.7.2. Пиротекс – затворена пиролизна инсталация**

Пиротекс е оборудване, което работи въз основа на затворена пиролиза. Тя е предназначена за рециклиране и оползотворяване на гуми и полимер-съдържащи отпадъци, нефтени утайки и преработени масла. Рециклирането на гуменотехнически изделия и отпадъци от гуми при пиролиза в затворен завод произвежда по-голям обем течни горива, в сравнение с използването на пиролиза в открит завод [17].

Пиротекс е изцяло екологичен продукт. Той не създава почти никакви вредни емисии. Оборудването е автоматизирано до допустимия максимум, намаляващо човешкия труд до елементарни дейности като товарене и разтоварване на тръбите на пещта[17].

Рециклирането на автомобилни гуми в завода Пиротекс позволява получаване на по-качествени продукти от производството. Минизаводът за рециклиране на гуми може да се използва за пластмаси, нефтени утайки и рециклиране на отработени масла [17].

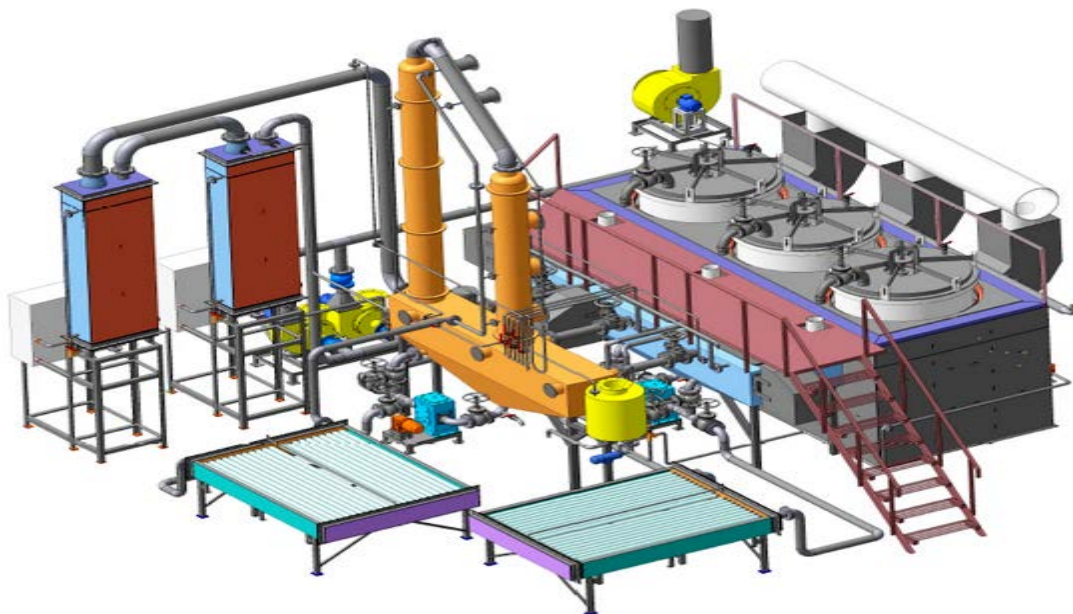
Пиротекс съоръжението за пиролиза може да се използва като самостоятелно оборудване или като част от цялостна линия за преработка на отпадъци, в случай че целта е да се организират:

- завод за скрап гуми и рециклиране и оползотворяване на каучук;

- бизнес за рециклиране и оползотворяване на гумени технически изделия, пластмаси, пластмасови бутилки, полиетилен терефталат;
- бизнес за отработени масла и обработка на нефтени утайки [17].

### 2.7.3. Принцип на работа на Пиротекс

Основните части на линията на синтез на химически пирогаз в завод Пиротекс, предназначени за рециклиране и оползотворяване на изделия от каучук и полимер - съдържащи отпадъци, са: скрубера за мокро пречистване, коагулационен капков центробежен сепаратор и центробежен сепаратор [18].



Фигура 11. Затворена пиролизна инсталация [17]

При нагряване до 260-560°C, пирогазът преминава от тръба с гумено уплътнение чрез газопровод през клапите в скрубера за мокро пречистване, където под въздействието на охлаждащ реагент се кондензира частично и охлажда надолу. След това преминава през тръбата на Вентури, свързана с него чрез адсорбер за мокро пречистване, където маслото, което е компонент на пирогаза, напълно се охлажда и кондензира до течно синтетично гориво. Центробежният сепаратор се използва след това за дехидратация на пирогаза. След това газа се използва в пълен размер за поддържане на пиролизния процес. Тази система позволява да се извлече течния компонент от пирогаза без загуби. По време на пиролизния процес под влияние на външна топлоизолация през различни интервали от време се произвеждат различни количества на пирогаз в гумени тръби (автомобилни гуми). Този газ се изпомпва от вентилатор за пиролизни газове в зоната, в която протича реакцията. Чувствителната на натиск система се

използва за контрол на намаляване на налягането в тръбата; тази система е свързана с контролер, който определя подходящите скорости на вентилатора за пиролизни газове [18].

Когато пирогазът се отстранява много бързо от зоната, в която протича реакцията, могат да бъдат произведени максималните стойности на течна фракция - до 60% от целия обем на заредената суровина. Наличието на изпарения от пиролизата във високо-температурната зона за дълго време причинява вторични крекинги и изпаренията се разграждат в некондензиращи се газове при нормални условия. Изисква се допълнителна енергия за отопление за вторичен крекинг и разлагането на пиролизата на течни изпарения в газове води до намаляване на изходящата пиролизна течност [18].

Първоначално индиректното затопляне в гуменото уплътнение на тръбата се извършва чрез пиролизно изгаряне на горивото в специално определени горелки, приспособени поради специфичния си състав. Високият процент на тежки фракции в продукта, както и голямото количество на химическото съединение "пиролизна вода" не би позволило да се получи стабилен пламък за дълго време в горелки от BALTUR, Ventone и др. Сега този проблем е разрешен успешно и специално разработената система за отстраняване на изгорелите газове от изгарянето на горива в горелките позволява да се работи с тях почти без производство на дим или мирис. Този фактор е много важен за поддържане на екологичното равновесие. Горелките са идентични на американските горелки във всички отношения, но те са почти три пъти по-евтини и не изискват специална поддръжка, което позволява да се запази цената на оборудването в конкурентния пазарен сегмент [18].

Тогава използваната тръба с въглеродни остатъци стоманена тел се заменя от тръба с гумено уплътнение, която е предварително загрята до 80–120°C от горелка с отработените газове, генерирани от операцията, което позволява да се изразходва 20% по-малко гориво за началото на реакция, отколкото за стартиране на централата. Пиролизната пещ е топлинна изолация от базалт и облицована с противопожарни тухли и е предназначена за изолация и кондензация на топлинна енергия, произведена от петролни газови горелки. Това позволява да се направи икономия на топлоносителя благодарение на инженерно решение [18].

Заводът не произвежда почти никакви вредни емисии в атмосферата. Този факт позволява да се заяви, че може да се препоръча използването на съоръженията Пиротекс за регионите със строги стандарти за опазване на околната среда [18].

#### **2.7.4. Инсталация за преработка на каучукови изделия и гуми**

##### **Описание:**

Инсталацията за преработка на каучукови изделия включва износените и стари автомобилни гуми, позволява чрез метода на пиролиза, получаването на пиролизно/котелно гориво (аналог на мазута) . Технологията обезпечава получаването на около 38-40 % мазут (котелно гориво – HEAVY FUEL OIL), твърд въглеродороден остатък или сажди-carbon black (около 25 %) , метален скрап – металкорд (5-10 %) от общото количество суровина и висококалориен пиролизен

газ (20-25 %). Част от този газ (около половината) се използва обратно за автономна работа на реактора, а остатъкът се доизгаря във факела до безвредни газове, които се отделят в атмосферата. Съществува възможност за ефективно използване на този газ за отопление на битови помещения или парници, които са построени по съседство [19].

Производственият процес е построен по схемата «затворен цикъл» и е практически безопасен от гледна точка на екологията (съответни измервания на остатъка от пиролизния газ на изхода). Освен това още едно предимство е, че процесът е непрекъснат в продължение минимум на 90-100 дена, след което се спира за 2-3 дена профилактичен преглед, като общо за 1 година инсталацията може да работи не по-малко от 340 дни [19].

Преработката на стари автомобилни гуми по тази технология решава проблема за унищожаването им в промишлен мащаб. Отпада необходимостта от заравянето на гумите в земята или изгарянето на открито, което води до замърсяване на околната среда. Получават се бързо ликвидни и лесно продаваеми продукти (пиролизно масло/мазут, сажди, скрап) [19].

#### **Технологично описание на процеса:**

Суровината (гуми) се събира и транспортира до склада. Преди разрязването на гумата същата се контролира за наличие на метални дискове и ако има такива, те се отстраняват и гумите се подлагат на механична обработка (рязане на по-малки фрагменти). Готовата суровина се зарежда в бункера на реактора и се загрява първоначално посредством газгенератор до температура 450-550°C. Вследствие на физико-химичното разлагане в бедна на кислород среда се образуват пиролизен газ, течна фракция, твърд въгледороден остатък и метал корд. Пиролизният газ частично (около 50 %) се подава обратно в реактора за поддържане на необходимата температура, а остатъкът се доизгаря във факела на реактора до най-обикновени газове (азот, водород, кислород, CO<sub>2</sub>, влага, следи от CH<sub>4</sub>, етан и бутан). Твърдият остатък след периодичното изваждане от реактора се подлага на магнитна сепарация с цел отделянето на металния корд от саждите. Течната фракция (пиролизно масло или мазут), метал кордът и саждите се складират в съответните складове (мазутът в танк, саждите в торби, скрапът се пресова) [19].

Производството е високорентабилно и се изплаща за по-малко от 1 година. Само от продажбите на сажди и скрап може да се изплати за около 12 месеца. Останалото (минимум 600 тона мазут) след приспадане на разходите са чиста печалба. Продуктите, които се получават в процеса на преработката, са търсени. Едновременно се решава екологичният проблем с натрупването на стари и негодни автомобилни гуми [19].

## Продукти:

### *1. Пиролизно масло (Мазут)*



*Фигура 12. Пиролизно масло [20]*

Пиролизното масло е получено като дестилат при газификационна дестилация на каучукови суровини (гуми) с последваща кондензация на газообразния продукт. Пиролизното масло по състав е аналог на тракторен керосин и е пригодено за използване като котелно гориво с ниско съдържание на сяра и висока калорийност. Пазарната цена на един тон продукт в случай на приложение като котелно гориво (до 1% сяра) е 1572 лв/t [20].

Съществува възможност за смесване на пиролизната течност с преработени масла и присадки, вследствие на което цената му значително нараства и икономическият ефект от технологията е по-висок. Втори реален вариант с по-атрактивни икономически показатели е преработка на мазута в нефтохимически завод (ректификация) до бензин, дизел и промишлени разтворители или преработка със собствено оборудване, но за целта се изисква допълнително монтаж на специална ректификационна колона [20].

### *2. Твърд въглероден остатък*



*Фигура 13. Сажди [20]*

Твърдият остатък по състав представлява технически въглерод (сажди) плюс неорганични добавки с широк спектър на приложение: пластификатор и напълнител при производството на каучукови изделия, в металургията, като пигмент в бои и лакове и др. [20]. Например BOSTON Cabot – Corp. ще увеличи цената на саждите между 82 и 107 американски долара за метричен тон

от 01.08.2018г. [22]. Съществува възможност за активиране на твърдия остатък в специална допълнителна установка и получаване на активни сажди, които имат важно приложение в металургията. В момента има голямо търсене на подобен клас сажди [20].

### *3. Метал корд (Легиран стоманен тел)*



*Фигура 14. Метал корд [20]*

След завършване на процеса метал кордът се пречиства от саждите и след пресоване може да се продава като вторично желязо (скрап) [20].

#### **2.7.5. Механично рециклирани гуми**

Излезлите от употреба гуми се преработват в специални инсталации, където те се раздробяват механично и се смилат до гумени гранули, отстраняват се металът и полиамидните влакна, вложени при производството на новите гуми. Полученият гумен гранулат има много възможности за употреба [7].

Каучуковият гранулат от стари гуми може да се използва за различни инфраструктурни приложения. Възможностите за друга употреба са: в асфалтови смеси, за меки повърхности на детски площадки, за противоерозионни, укрепващи, дренажни съоръжения и много други. Едно от тях е като изкуствена трева и като пълнител в изкуствени покрития за спортни терени. Гумените гранулати заместват успешно нови материали като етилен пропилен-диен-мономер и термопластични еластомери в такива приложения. Освен това подобни покрития са еластични и намаляват шума, което ги прави много подходящи за детски площадки за игра, лекоатлетически писти и други спортни повърхности. Каучуковият гранулат се смесва с полиуретан и най-горният слой често се боядисва. Европейският съюз е издал задължителни стандарти (БДС EN 1177:2018 Ударопогълщаща настилка за площадки за игра. Методи за изпитване за определяне на ударопогълщаща настилка) за еластичността на повърхности на обществени игрища [7].

### **2.7.6. Модифицирани гумени материали в бетон**

Друго приложение на модифицирани гумени материали е в бетона. Полимер-модифицираният бетон подобрява усвояването на енергията на удара и намалява образуването на пукнатини. В редица страни такъв бетон се използва за изграждането на магистрални бариери[7].

### **2.7.7. Приложение в пътни настилки**

Още една възможност е използване на гумения гранулат в пътните настилки. В САЩ, Западна Европа и Бразилия гранулирани материали, получени от отпадъчни гуми се използват в развитието на гумено-модифициран асфалт чрез сухи и мокри процеси. В сухите процеси гумен прах се добавя директно в асфалта, причинявайки реакция между каучука и битума. В мокрия процес гуменият прах се използва като модификатор за битума и се добавя свързващо вещество. Идеалният размер на частиците за мокри методи варира от 0,6mm до 0,15mm. Материалът трябва да се нагрява до температури между 1490°C и 1900°C преди уплътняване. Това прави процеса по-скъп, отколкото при традиционен асфалт, а е вероятно и отделяне на емисии на токсични вещества по време на производство и на приложение. Предимствата са, че гумените добавки в асфалта намаляват шума от превозните средства, правят движението по-безопасно при мокри условия и увеличават експлоатационния срок на асфалта. Независимо от неговите предимства, все още това приложение не се използва в България [7].

### **Асфалт, модифициран с гума:**

Стари гуми (цели или преминали раздробяване) се използват и в прилагането на научни принципи към различни конструкторски и проектантски дейности в строителството (инженеринг) на сметища с цел икономическа ефективност. Техническите препоръки в ЕС обаче са те да бъдат използвани само във временни решения и никога да не бъдат част от постоянните функционални единици на депото, защото крият риск от пожар. Временните приложения могат да включват: събиране на инфилтрат, защитен слой за геотекстил, дренажен слой на депото и временни пътища [7].

### **2.7.8. Противоерозионни съоръжения**

Рециклиран материал от гуми има добра перспектива в противоерозионни приложения. В крайбрежни зони той може да се използва за контрол на ерозията за поглъщане на енергията, създадена от движеща се вода както от водното тяло, така и от дъждовете. Отпадъчни гуми също се прилагат в рекултивацията на ерозирани дерета и малки каньони чрез укрепване на склоновете и изграждане на противоерозионни бариери, които след това се озеленяват. През 2009г. в Европа чрез рециклиране се оползотворяват над 41% от ИУГ в сравнение с 4% през 1992г.

Излезлите от употреба гуми могат да се използват цели, нарязани или смлени [7].

### 3. Приложения на гумите

#### Цели или нарязани: [7]

##### 1) В строителството:

Използването на цели или нарязани гуми в строителството се разшири през последните 10 години. Примери за такова приложение – укрепване на насипи покрай пътищата;

##### 2) Протекторът може да се използва по железните и трамвайни пътища за намаляване на шума и вибрациите, а също за ходила за обувки, амортизатори или поемащи ударите подложки. Целите гуми традиционно се използват във фермите като силажни стяги.

#### Приложения, изискващи намаляване на размера:

В зависимост от размера на частиците обикновено говорим за шред, чипс, гранулат и пудра [23].

Истинското предизвикателство пред рециклираната смляна гума е да се разработят приложения, при които характеристиките на вторичния материал да отговарят на изискванията на крайния продукт [23].



Фигура 15. Шред, чипс, гранулат, пудра [23]

Нови технологии и смеси се използват за да се включи смляната гума в производството на нови изделия като:

- Колела за голф-колички, контейнери за смет, ръчни колички, косачки на трева и т.н.
- Градско благоустрояване и пътепоказатели;
- Павиращи блокчета и покривни материали;
- Подове на конюшни/обори;
- Предпазни настилки (училища, детски площадки и др.); безопасни, спортни и антишок постелки [7].

### 3.1. Ползи и недостатъци на екологосъобразни средства за обезвреждане

Таблица 4. Обезвреждане чрез регенериране [4]

Регенерирани гуми	
Ползи	Недостатъци
<p>-Тъй като регенерирането удължава живота на гумата и използва много от оригиналните материали и много от първоначалната структура, чистият резултат е намаляване на материалите и енергията, използвани в сравнение с производството на нови гуми.</p> <p>-Енергията, използвана за рециклиране на гуми, е приблизително 400 MJ, в сравнение с 970 MJ за производство на нова гума.</p>	<p>-Първичните зони, които предизвикват безпокойство, са летливи органични съединения от разтворители, свързващи агенти и каучукови съединения по време на вулканизация.</p> <p>-Миризмата също може да е проблем в някои области.</p> <p>-Процесът генерира значителни загуби.</p> <p>-Премахнатият каучук от ИУГ преди регенерирането обикновено се продава като каучуков гранулат за други цели.</p>

Таблица 5. Обезвреждане чрез рециклиране [4]

Методи	Ползи	Недостатъци
1) Изкуствена трева	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Устойчива при плъзгане;</li> <li>•Висока устойчивост на удар;</li> <li>• Издръжлива;</li> <li>•Висока устойчивост;</li> <li>•Лесна поддръжка;</li> <li>•Независима при напояване;</li> </ul>	•Риск от повишено извличане на цинк
2) Детски и спортни площадки	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Гладки с постоянна дебелина;</li> <li>•Висока устойчивост на удар;</li> <li>• Издръжливи;</li> <li>•Няма да се счупят лесно;</li> <li>•Предлага се в различни цветове;</li> </ul>	•Риск от повишено извличане на цинк

3) Приложения в каучуково модифициран бетон	<ul style="list-style-type: none"> <li>• По-нисък модул на еластичност, който намалява лесната повреда;</li> <li>• Повишена абсорбция на енергия, която ги прави подходящи за използване в мантиелите и др .;</li> <li>• Подходящ за ниски носещи конструкции;</li> <li>• Може да се преработва чрез шлифване и смесване отново с цимент;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Относително нов продукт, производителите ще трябва да убедят строителната индустрия в неговата пригодност;</li> </ul>
4) Пътни приложения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Увеличена издръжливост;</li> <li>• Повърхностна устойчивост;</li> <li>• Намалена поддръжка;</li> <li>• Повишена устойчивост на деформация и напукване;</li> <li>• По-устойчиви на крекинг при по-ниски температури;</li> <li>• Помага за намаляване на шума по пътищата;</li> <li>• Заместители на чисти материали като стирен-бутадиен-стирен</li> <li>• Значителни ползи за околната среда, документирани по отношение на потенциала за глобално затопляне, окисляването и търсенето на кумулативна енергия.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Много чувствителни към промени в условията по време на смесването, т.е. изискват се експертни знания;</li> <li>• Трудно е да се прилагат при влажно време;</li> <li>• Не са приложими, когато температурите на околната среда или повърхността са по-ниски от 13°C;</li> <li>• Възможни трудови здравословни проблеми поради емисиите;</li> <li>• Не могат да бъдат преработени, за разлика от традиционния асфалт.</li> </ul>

**Таблица 6.** Обезвреждане чрез пиролиза [4]

Пиролиза	
Ползи	Недостатъци
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повторно оползотворяване на вторичните продукти на пиролизата (масло и газ);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ограничен капацитет заради операционни проблеми, причинени от гумите;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Много ограничени съществуващи обекти;</li> <li>• Утайка, произхождаща от процеса, съдържа метали и други отпадъци, които за момента са депонирани в изоставени мини, като по този начин представляват екологичен проблем;</li> </ul>
--	---

**Таблица 7.** Обезвреждане чрез съвместна обработка [4]

<b>Алтернативно гориво и / или суров материал (напр. циментови пещи или производството на стомана)</b>	
<b>Ползи</b>	<b>Недостатъци</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Висока калоричност;</li> <li>• Голям потенциал за обем;</li> <li>• Възстановяване на енергия и стомана;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Специално оборудване за наблюдение, необходимо за контролиране на емисиите;</li> <li>• Има нужда от система за доставка на разделени фракции за отпадъци / гуми;</li> <li>• Повишено количество прах от филтъра за зареждане с цинк и / или клинкер;</li> </ul>

**Таблица 8.** Обезвреждане чрез съвместно изгаряне в инсталации за производство на електрическа енергия [4]

<b>Алтернативно гориво за електроцентрали</b>	
<b>Ползи</b>	<b>Недостатъци</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Възстановяване на енергия;</li> <li>• Възможност за извличане на метали от пепелта;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Измервателно оборудване, необходимо за контрол на емисиите;</li> <li>• Повишено количество прах от филтър за зареждане с цинк и / или дънна пепел.</li> </ul>

### 3.2. Проблеми, свързани с екологосъобразни средства за изхвърляне и начини за предотвратяването и контролирането им

**Таблица 9.** Средства за обезвреждане – регенериране [4]

<b>Проблеми</b>	<b>Методи за предотвратяване и контрол</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Генериране на гумени остатъци</li> </ul>	-

**Таблица 10.** Средства за обезвреждане – криогенно смилане [4]

<b>Проблеми</b>	<b>Методи за предотвратяване и контрол</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Шум, прах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Системи за отпадъчни газове;</li> <li>• Работни зони, проектирани със звукови бариери;</li> </ul>

**Таблица 11.** Средства за обезвреждане - употреба в индустриални и потребителски продукти [4]

Проблеми	Методи за предотвратяване и контрол
<ul style="list-style-type: none"> <li>Генериране на гумени остатъци</li> </ul>	-

**Таблица 12.** Средства за обезвреждане - употреба в строителното инженерство [4]

Проблеми	Методи за предотвратяване и контрол
<ul style="list-style-type: none"> <li>Излужване;</li> <li>Емисии във въздуха;</li> <li>Трудови проблеми;</li> <li>Пожари;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Алтернативен не-инфилтрат или непроницаеми материали, използвани за директен контакт с почвата;</li> <li>Оборудване за лична защита;</li> <li>Използвано ограничено количество;</li> </ul>

**Таблица 13.** Средства за обезвреждане – пиролиза [4]

Проблеми	Методи за предотвратяване и контрол
<ul style="list-style-type: none"> <li>Емисии във въздуха;</li> <li>Опасни остатъци;</li> <li>Течни отпадъчни води;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Системи за обработка на въздух и вода;</li> <li>Технологии за управление на опасни отпадъци;</li> </ul>

**Таблица 14.** Средства за обезвреждане – съвместна обработка [4]

Проблеми	Методи за предотвратяване и контрол
<ul style="list-style-type: none"> <li>Риск от емисии във въздуха над пределно допустимите концентрации;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Мониторинг и стабилизиране на критичните параметри на процеса, напр. хомогенна сурова смес и запазване с гориво;</li> <li>Редовна доза и излишък на кислород;</li> <li>Устройство за контрол на емисиите, работещо с температури под 200°C</li> <li>Оптимизиране на управлението на процесите, включително компютърно базирани автоматични системи за управление;</li> <li>Съвременни системи за подаване на гориво.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Намаляване на енергията на горивото чрез средства на предварително загряване, където е възможно;</li> <li>• Превантивни мерки при неочаквано изключване.</li> </ul>
--	--

## 4.Екологичен проблем

За устойчивост в индустрия за производство на гуми е изключително важно да има подход към екологичното и социалното съзнание. Всички гуми са източник на замърсяване през целия им жизнен цикъл, а ИУГ е едни от най-разпространените, както перспективни отпадъци от икономическа гледна точка. Според данни на международната организация на производителите на моторни превозни средства OICA за 2019г. са генерирани 30,9 Mt отпадък от ИУГ, а в Европа по данни на ETRMA са 3,55 Mt. Проблемът в световен мащаб за решаване на генерирането и управлението на отпадъците от ИУГ е изключително важно за опазване на въздуха, водата и почвата. Въпреки, че отпадъка не е биоразградим той спада към неопасните отпадъци. Необходимостта от управление на ИУГ е жизненоважно за кръговата икономика и устойчивото развитие, без това да е за сметка на околната среда [49].

Какви могат да са вредните последици за околната среда:

- ❖ Генерират големи количества отпадъци годишно.
- ❖ Не са биоразградими.
- ❖ Трудно се гаси в случай на пожар.
- ❖ Заемат големи пространства в сметищата.
- ❖ Натрупват вредни газове и инфилтрат.

Гумите са комбинация от различни компоненти и материали, всеки един от тях е избран поради специфичния характер и с конкретна цел. NR се използва заради уникалните си свойства с нея се изгражда основната част на гумата, която трябва да издържа на висока издръжливост, а за сцепление на гумата се използва синтетичния каучук. Отделно има вложени сажди като пълнител и оцветител, метална корд за укрепване и структуриране и още други компоненти. Всички материали са избрани поради техните механични и физически характеристики, подобен не хомогенен състав прави управлението на отпадъците от ИУГ изключително трудно [49].

#### 4.1. Екологични проблеми в производството и преработка на каучук

Като основен и изключително важен компонент за изграждането на гумите, каучукът от естествен и синтетичен произход имат своите екологични проблеми.

Естественят каучук като природна суровина има и социални проблеми освен екологични. Каучуковото дърво се отглежда в големи плантации или в малки семейни ферми. Производството на естествен каучук се върти около жизнения цикъл на дървото, от което произхожда каучукът. Това означава, че процесът на производство изисква три основни етапа:

- ❖ засаждане и поддържане на дърветата
- ❖ събиране на каучука
- ❖ обработка на каучука за търговия

Във всеки един етап са включени няколко специфични задачи и всяка е свързана с жизнения цикъл на дървото. Каучуковото дърво е крехко, особено в периода непосредствено след засаждането и до достигане на зрялост на седем или осем години. През цялото това време за поддръжка на насажденията и за събиране на каучука от дървото е необходим огромен труд на много хора. Характерно в тази индустрия, за да се покрие необходимостта от работа и да отговаря на изкупната цена от фирмите за преработка да се използва детски труд в целия процес. А основните екологични проблеми идват от :

- ❖ **Обезлесяване** – Обезлесяването се счита за важен антропогенен процес, засягащ климата и хидрологията. Разрастването на каучуковите плантации води до преобразуване на естествени гори, което води до обезлесяване и загуба на местообитания [50].
- ❖ **Загуба на биологичност** – обезлесяването поради каучуковите насаждения води до загуба на местната флора и фауна, по този начин се нарушава екосистемата и съответно намаляване на биоразнообразието [50].
- ❖ **Замърсяване** – каучуковата промишленост генерира отпадъчни води, съдържащи химикали, опасни отпадъци и индустриални емисии, което допринася за замърсяване на въздуха, водата и почвата. Мащабна плантация от естествен каучук води до екологични проблеми като емисиите на диазотен оксид ( $N_2O$ ), които се получават от използването на синтетичен тор по време на процеса на култивиране [50].
- ❖ **Изменение на климата** – обезлесяването и промените в земеползването, свързани с каучуковите насаждения, допринасят за емисиите на парникови газове, налагайки изменението на климата. Обезлесяването на екваториалната растителност, която е известна като белите дробове на светът, ще повлияе на улавянето на въглерод и това ще засили скоростта на глобалното затопляне [50].

След събиране на латекса той бива подлаган на антикоагулация с амоняк или натриев сулфит. Видът на използвания антикоагулант зависи от производствения процес. Натриевият сулфит е за предпочитане, ако трябва да се направи креп(набръчкан лист) или листов каучук, но

амонякът е по-подходящ за латексов концентрат. В преработката също се крият екологични проблеми:

- ❖ **Висока концентрация на БПК, ХПК и SS** - Отпадъчните води, изхвърляни от обработката на латексов каучук, обикновено съдържат високо ниво на БПК, ХПК и SS. Тези съединения са лесно биоразградими и това ще доведе до висока консумация на кислород при заустване на отпадъчни води в приемни повърхностни води [51].
- ❖ **Киселинни отпадъчни води** - Поради използването на киселина при коагулацията на латекса, отпадъчните води, изпускани от фабриките за латексов каучук, са кисели и разтварят повторно каучуковия протеин. Отпадъчните води се състоят главно от въглеродни органични материали, азот и сулфат. Количеството киселина, използвано за коагулация на латекса, по-специално в обезмасления латекс след операция на центрофугиране, обикновено се установява, че е по-високо от действителното изискване[51].
- ❖ **Висока концентрация на амоняк и азотни съединения** - Отпадъчни води от производството, които съдържат високо ниво на азот и амоняк, изхвърлени в близки реки или канали води до основен проблем със замърсяването на водата. Ако високо ниво на амоняк се изхвърли, това може да доведе до смърт на някои водни организми, живеещи във водата. Производството на концентриран латекс се формира азотно замърсяване в отпадните води [51].
- ❖ **Високо ниво на сулфат** - Отпадъчните води от фабриките за латексов концентрат съдържат високо ниво на сулфат, който произхожда от сярна киселина, използвана при коагулацията на обезмаслен латекс. Високото ниво на сулфат в този процес може да причини проблем в системата за биологично анаеробно третиране, тъй като високи нива на  $H_2S$  ще бъдат освободени в околната среда и ще генерират неприятна миризма [51].
- ❖ **Високо ниво на миризма** - Съединението, причиняващо миризма, като сероводород, амоняк, амини, може да се получи от много процеси на пречистване на отпадъчни води. Повечето миризми от органична природа възникват от анаеробното разлагане на съединения, съдържащи азот и сяра [51].

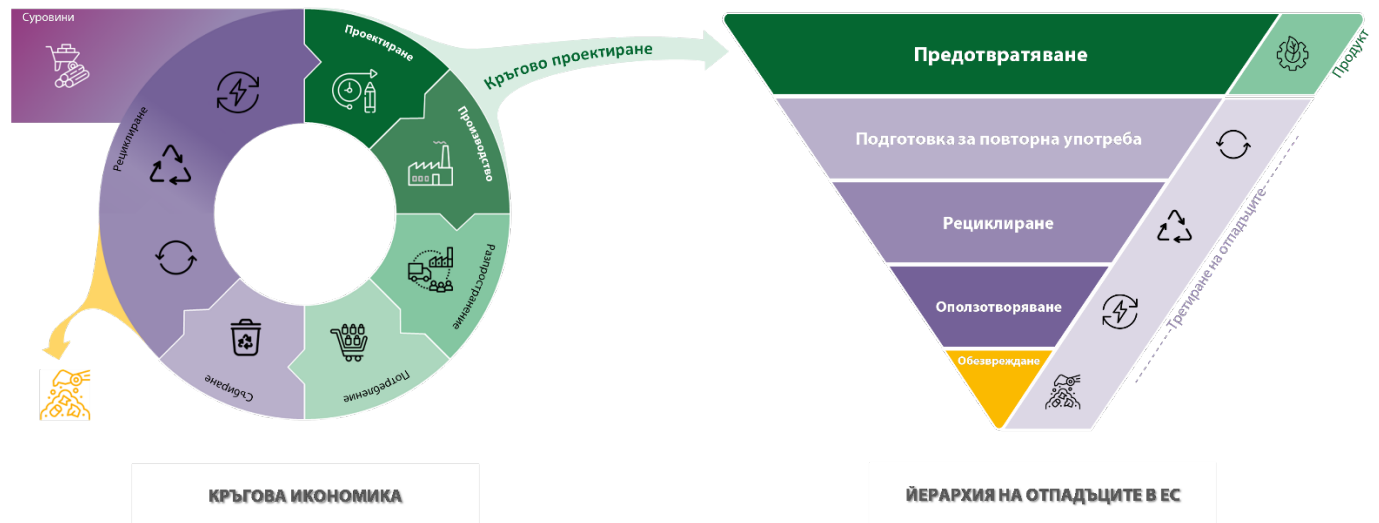
За една издръжлива гума на всякакви предизвикателства е необходимо да се комбинира със синтетичен каучук, който ще при донесе на гумата устойчивост на топлина, износване и химикали. Синтетичен каучук е изкуствен полимер и е създаде да имитира свойствата на естествения каучук, но е изкуствено произведен чрез химически процеси от нефт. Завишеното търсене на естествен каучук през 19 век довежда до създаването на синтетичната версия на каучука. Първия синтетичен каучук е произведен лабораторно от Фриц Хофман през 1909г., произвежда така наречения метилов каучук, за каучуков заместител от диметил бутадиен. Един от най-известните по онова време, но с незадоволително качество на материала, произвеждан в промишлени количества е натрийбутадиенов каучук с името Буна(Buna). Това е първия завод за производство на синтетичен каучук в гр. Леверкузен през 1916г, на фирмата Байер [51].

Емисиите от производството на синтетичен каучук са различни спрямо какъв вид от гамата синтетични каучуци се използва. В производството могат да бъдат отделени следните емисии: въглероден диоксид  $\text{CO}_2$ , въглероден оксид  $\text{CO}$ , сулфати, азотните оксиди  $\text{NO}_x$ , олово и други канцерогенни съединения, които са причина за здравословни проблеми. Всички каучукови синтетични материали се обединяват под едно име на еластомери, като най-произвеждани са бутадиеновият каучук (BR) и стирен бутадиен каучук (SBR), те са и основните суровини за производството на гуми.

Гумите са замърсител не само в производство си, а през целия си жизнен цикъл и след това когато са излезли от употреба. Най-добър икономически метод за премахването им като отпадък е депонирането, но той води до редица замърсявания.

- Пожари - гумите са запалими и пожарите от депонирани на депото гуми са много трудни за гасене. Пожара причинени от гуми са трудни за гасене и водят до замърсяване с серен диоксид ( $\text{SO}_2$ ), азотни оксиди ( $\text{NO}_x$ ), въглероден оксид ( $\text{CO}$ ), летливи органични съединения (ЛОС) и прахови частици (PM). По съдържание гумите имат в себе си нефтохимични продукти, като бутадиен и стирен, двата са канцерогени. Замърсяването е на атмосферния въздух, почвата и водите.
- Разлагане – ако една гума бъде заровена под земята тя може да се разгради за период от 100-150г., много зависи от подбора на компоненти от които е направена и отново ще има същият проблем с токсичност и канцерогенност за почвата и подземните води [21].
- Суровина за производство – след шредиране на ИУГ, се произвежда материал под формата на фракции, каучукови ганулант. Те могат да бъдат използвани в градското строителство, пътното строителство, като изкуствена трева или за основа на детска площадка. Опасността която може да има в резултат на преобразуване на гранулата в изкуствена трева за терени, е че при употреба се отчупват микропластмаса под 0,5мм. След дъждове частиците се отмиват и попадайки в околната среда, където е сред живата природа и попадайки неизбежно в живите организми. Въпреки опасенията относно използването на каучукови ганулант от ИУГ, свързани с увреждане на природната среда, все още не са разгледани достатъчно подробно и изследователските усилия са насочени предимно към разбирането на неблагоприятните последици за човешкото здраве [40].
- Изгаряне за енергия - директива 2000/76/ЕО относно изгарянето на отпадъци фиксира граници на емисиите за всички нови циментови пещи от края на 2002г. ИУГ са с висока калорична стойност, за това гумите намират добро приложение в различни пещи, най-често в пещи на циментови предприятия. Изгарянето на 1 тон излезли от употреба гуми освобождава 450 kg токсични газове и 270 kg сажди, което създава предизвикателства за околната среда, като суспендирани частици и замърсяване на въздуха и подземните води. Освен това при изгарянето на гуми се отделят въглероден оксид ( $\text{CO}$ ), серен диоксид ( $\text{SO}_2$ ), азотният диоксид ( $\text{NO}_2$ ), солната киселина ( $\text{HCl}$ ), бутадиен и ароматни вещества, които са опасни замърсители [41].

Проблемът с ИУГ е в световен мащаб, но решението идва с добите законови мерки за предотвратяване на замърсяване на околната среда, стринките спазвания са друга важна част и отговорността на всеки в мрежата от производител до крайния продукт след преработка.



Фиг.16 Моделът на кръговата икономика и йерархия на отпадъците в ЕС

Повторното употреба и рециклирането на отпадъци намалява нуждата от нови ресурси и намалява с това щетите за екосистемите, които застрашават биоразнообразието. С нарастващото населени, потреблението също расте и нуждата от суровини е все по – необходима, добивът на суровини се сблъсква с недостиг. Рециклирането на отпадъци намалява рисковете, свързани с тяхното набавяне, а ЕС става по-малко зависим от световни кризи, изменения в цените и геополитически натиск [20].

Отпадъците трябва да бъдат сведени до минимум, така те ще имат незначително въздействие върху околната среда, отпадъците и производствените процеси е необходимо да бъдат преработени в съответствие с принципите на кръговата икономика, съгласно приоритета на ЕС за предотвратяване на образуването на отпадъци, както може да се види от фиг.16 [20].

Европейските производители на гуми са предприели значителни стъпки, за да гарантират, че техните производствени процеси използват суровини, като устойчиво намаляват отпадъците и, когато е технически възможно, заменят материали, които могат да предизвикат рециклирането на излезлите от употреба гуми.

По време на употребата на гумите новата технология на превозните средства помага на шофьорите да осигурят оптимална поддръжка на гумите, като системата предупреждава за

дисфункции, като ниско налягане в гумите и неоптимално натоварване. Това има признат измерим положителен ефект при удължаване на живота на гумата като по този начин подобрява ефективността на ресурсите и позволява на потребителя да се наслади на пълната полза от подобрените технологии за гуми.

Освен това бяха предприети няколко стъпки за проектиране на гуми по начини, които улесняват ремонта и повторното производство, увеличавайки живота на гумата и намалявайки въздействието върху околната среда. Гумите за камиони, например, са проектирани да бъдат регенерирани до три пъти.

Регенерирането е процесът на подмяна на износения протектор на гумата с нов, като по този начин се намаляват отпадъците и се ограничава използването на ресурси и се намаляват емисиите на CO<sub>2</sub>. Това е безопасно, евтино и екологично решение. Този метод може да се води като първи признак в йерархията на отпадъци, а именно предотвратяване на отпадъци. Практиката на регенериране е перфектен пример за кръговата икономика и ефективността на ресурсите на практика [14].

## **5. ОРГАНИЗАЦИИ ЗА ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ИУГ**

### **5.1. „ЕКОМЕДИАНА-2010” АД**

„ЕКОМЕДИАНА-2010” АД е организация за оползотворяване на ИУГ, създадена с цел съблюдаване на принципа „отговорност на производителя”, въведен със ЗУО и Наредбата за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми [25]

„ЕКОМЕДИАНА-2010” АД е акционерно дружество, с акционери – фирмите ДИАНА ООД и МЕДИНА МЕД ООД. Дружеството има строго определен от същия закон предмет на дейност: управление на дейностите по събиране, съхраняване, транспортиране, предварително третиране, оползотворяване и/или обезвреждането на отпадъци от ИУГ [25].

„ЕКОМЕДИАНА-2010” АД представлява колективна система по смисъла на чл. 81 и т. 16 от § 1 на ДР на Закона за управление на отпадъците и притежава разрешително с № ООп-ИУГ-2-00/25.01.2013 г., изменено с Решение № ООп-ИУГ-2-01/13.11.2017 г. в сила от 01.01.2018 г. до 31.12.2022 г., издадено от МОСВ, за организация по оползотворяване на ИУГ [26].

Разрешението дава възможност за изпълнение на задълженията на производителите и вносителите на гуми по смисъла на чл. 11 от ЗУО и на Наредбата чрез колективна система, представлявана от Организацията по оползотворяване [26].

Крайната цел, към която се стреми “ЕКОМЕДИАНА-2010” АД е изграждане и устойчиво функциониране на реално действаща система за разделно събиране на ИУГ и тяхното екологосъобразно оползотворяване [26].

Колективната система на „ЕКОМЕДИАНА” за оползотворяване на ИУГ работи по следната схема: [21]

- Въз основа на сключените договори с „ЕКОМЕДИАНА” по установения ред в Организацията периодично постъпва информация за количеството на пуснатите от членовете гуми на пазара в Р.България;
- На база на горните количества и в съответствие с условията на договора, членовете правят месечни парични вноски в Организацията;
- Членовете на Организацията уведомяват своите дистрибутори и крайни клиенти за начина по който изпълняват задълженията си и създават условия за приемане на ИУГ в местата за продажба и смяна на гуми (Пунктове за събиране);
- Членовете на Организацията не изискват плащане от крайните клиенти за приемане на ИУГ;
- Членовете на Организацията периодично информират за количествата събрани ИУГ и правят заявки по установения ред за тяхното предаване;
- Организацията сключва договори с подизпълнители (лица, притежаващи разрешение за извършване на дейности с ИУГ) и организира поставяне на контейнери в местата за събиране на ИУГ, а където такива не могат да се поставят – гумите се транспортират със специализиран транспорт;
- Приемането и предаването на ИУГ става с приемо-предавателен протокол;
- Събраните ИУГ се транспортират и съхраняват на площадки за временно съхраняване до тяхното последващо третиране – оползотворяване;
- Оползотворяването на ИУГ в колективната система на „ЕКОМЕДИАНА” се извършва по два начина - чрез регенериране и чрез рециклиране.
- „ЕКОМЕДИАНА” не използва изгаряне или комбинирано изгаряне на гуми;
- Организацията постига целите за оползотворяване, заложен в Наредбата като използва само най-добрите налични практики, утвърдени в Европейския съюз, за управление на отпадъците с възможно най-малкото въздействие върху околната среда – за чиста природа, съхранена за идните поколения.

Производственият процес включва следните етапи: [24]

**Първоначален оглед** на износената гума, при който се проверява годността на каркаса за регенериране. Негодните за регенериране гуми се насочват към системата за събиране и оползотворяване на ИУГ.

**Престъргване** се нарича премахването на остатъчния слой от протектора. Процесът осигурява необходимия профил и структура на повърхността за полагане на новия протектор.

**Втори преглед** установява необходимостта от извършване на ремонти преди процесът да продължи.

**Изграждане** се нарича поставянето на нов протектор. Щом операторът прецени, че са изпълнени всички изисквания по изграждането, гумата се насочва към следващия етап – вулканизация.

**Вулканизацията** може да се извърши по два начина – в индивидуална матрица(форма) или в автоклав – съд под налягане, който събира няколко гуми и най-често се използва при товарните гуми. По време на вулканизацията под въздействие на температура, налягане и време се променят физическите свойства на протектора и новият материал образува химическа връзка с каркаса.

След вулканизацията следва **окончателна инспекция** за изключване на всякакъв дефект, който би намалил пробега или застрашил безопасността на гумата. Негодните гуми се насочват към системата за събиране и оползотворяване на отпадъци.

## 5.2. „Гумирек” ЕАД

„Гумирек” ЕАД е организация за събиране, оползотворяване и обезвреждане на ИУГ [28].

Компанията „Гумирек” ЕАД разбира важността на проблема, свързан с ИУГ и затова предлага цял спектър от услуги в тази област. Услугите на фирма „Гумирек” ЕАД решават въпроса с ИУГ от събирането до екологосъобразното им оползотворяване [28].

Излезлите от употреба гуми се събират с подходящи транспортни средства. Гумите се докарват до определени площадки, където се разделят според големината и после се определя каква е най-голямата полза от тях. После се закарват до площадка, където се оползотворяват по най-подходящия начин [28].

„Гумирек” ЕАД притежава разрешително с № ООп-ИУГ-1-00/21.01.2013 г., изменено с Решение № ООп-ИУГ-1-02/29.09.2017г., в сила от 29.09.2017 г. до 29.09.2022 г., на основание чл. 87, ал. 1 във връзка с член 81, ал.2 от ЗУО [29].

Целта на „Гумирек” ЕАД е освобождаване на фирмите, обхванати от нея, от задължението да заплащат продуктови такси за пуснатите от тях гуми на пазара по смисъла на чл.11, ал. 1 от ЗУО [29].

Дейността на „Гумирек” ЕАД е част от пътя на страната ни за интегриране към общия пазар на ЕС. Не на последно място дружеството е в услуга на гражданите за чиста градска среда и природа [29].

### **5.3. „ТРАНСИНС АВТОРЕЦИКЛИРАЩ КОНСОРЦИУМ” АД**

„ТРАНСИНС АВТОРЕЦИКЛИРАЩ КОНСОРЦИУМ” АД притежава разрешение № ООп-ИУГ-3-00/11.02.2013 г., изменено с разрешение № ООп-ИУГ-3-01/06.11.2017 г., в сила от 01.01.2018 г. до 31.12.2022 г., за извършване на дейност като организация по оползотворяване и може да изпълнява задълженията на лица, пускащи на пазара гуми срещу процент от размера на продуктовата такса за гуми по Приложение №1 към чл. 3, ал. 1, т. 1 от *Наредба за определяне на реда и размера за заплащане на продуктова такса* (Приета с ПМС № 76 от 12.04.2016 г., обн., ДВ, бр. 30 от 15.04.2016 г., в сила от 16.06.2016 г.) [30].

При осъществяване на предмета си на дейност, дружеството не разпределя печалба, като използва всички средства, привлечени в резултат от дейността си, за реализиране на цели като:

- Изграждане на устойчива система за събиране и транспортиране на излезли от употреба гуми, което да доведе до отделянето им от общия поток отпадъци и предаването им за последващо оползотворяване;
- Предоставяне възможност на лицата, пускащи на пазара гуми да изпълнят своите нормативни задължения чрез участието си в организацията, спазвайки принципа на равнопоставеност;
- Изразходване на средствата, събрани от членовете на организацията за осигуряване на разделно събиране, в т.ч. на възможност за приемане на ИУГ от крайните потребители в местата на продажбата и на смяната им, транспортиране, съхраняване и оползотворяване;
- Информирание и привличане на потребителите към предаване на ИУГ на определените места за разделно събиране.

За изпълнение на целите на своите членове „ТРАНСИНС АВТОРЕЦИКЛИРАЩ КОНСОРЦИУМ“ АД е избрал за подизпълнители дружества, притежаващи площадки за извършване на дейности с отпадъци от излезли от употреба гуми на територията на цялата страна в повече от 40 населени места, като 9 от площадките са в областни градове – София, Пловдив, Русе, Бургас, Варна, Добрич, Горна Оряховица, Девня [30].

Организацията е в договорни отношения с дружества, извършващи дейности по оползотворяване на излезли от употреба гуми, с което гарантира изпълнение на задълженията на своите членове [30].

#### **5.4. „НОРД ГУМИ” ЕАД**

„НОРД ГУМИ“ ЕАД е търговско дружество, учредено като Организация по оползотворяване [31].

Основната цел, която Организацията си поставя, е постигането устойчиво и екологосъобразно управление на излезлите от употреба гуми- [31].

Това се постига чрез създаването на ефективна и леснодостъпна система от площадки за събиране на тези гуми и чрез изграждането на мрежа от съоръжения за предварително третиране и последващото оползотворяване, включително и рециклиране на отпадъците, като последен приоритет е обезвреждането на отпадъците без оползотворяване на енергията или тяхното депониране [31].

Създаваме и система за сътрудничество с общините в България. Освен това се организират информационни кампании, целящи стимулиране на участието на потребителите в системи за събиране на излезлите от употреба гуми [31].

#### **5.5. „ГУМИ РИСАЙКЛИНГ” ЕООД**

„ГУМИ РИСАЙКЛИНГ” ЕООД е Организация по оползотворяване на ИУГ по смисъла на § 1, т. 16 от Допълнителните разпоредби на Закона за управление на отпадъците. Организацията не разпределя печалба и акумулираните средства инвестира в изграждане на устойчиви системи за разделно събиране и оползотворяване на излезли от употреба гуми, чиято цел е изпълнение на целите за рециклиране и оползотворяване в Наредбата за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми [32].

Крайната цел на организацията е да организира устойчива и екологосъобразна система за разделно събиране на излезли от употреба гуми по чл. 15 от ЗУО, която да осигури изпълнението на съответните задължения на лицата, пускащи на пазара гуми, в това число и гумени вериги, свързани с постигане на определени нормативно заложен цели за рециклиране и оползотворяване на определени количества ИУГ [32].

Устойчивото и екологосъобразно управление на излезлите от употреба гуми, организацията постига чрез организиране на инфраструктура за разделно събиране, транспортиране и рециклиране и чрез оползотворяване на ИУГ от контрагенти, които са професионалисти в сферата на управлението на отпадъци [32].

„Гуми Рисайклинг“ ЕООД включва в системата си и общини в България, представени от кметове, които търсят решение на въпроса с нерегламентираното изхвърляне на ИУГ. За потребителите и гражданите „Гуми Рисайклинг“ ЕООД организира информационни и образователни кампании, които повишават общественото самосъзнание за правилното третиране на този вид отпадък, и за активно включване на гражданите в разделното събиране на старите гуми [32].

## **6. Инсталация за пиролиза на ИУГ**

### **6.1. “ЕНЕРКЕМИКАЛ” ООД**

„Енеркемикал” ООД е водещо машиностроително и металообработващо предприятие в област Плевен. Специализирано предприятие в изработването на метални конструкции, нестандартно оборудване и производство и рециклиране на машини. В първоначален, преработен или обработен вид, продажба на стоки от собствено производство и други. водещо металообработващо предприятие [33].

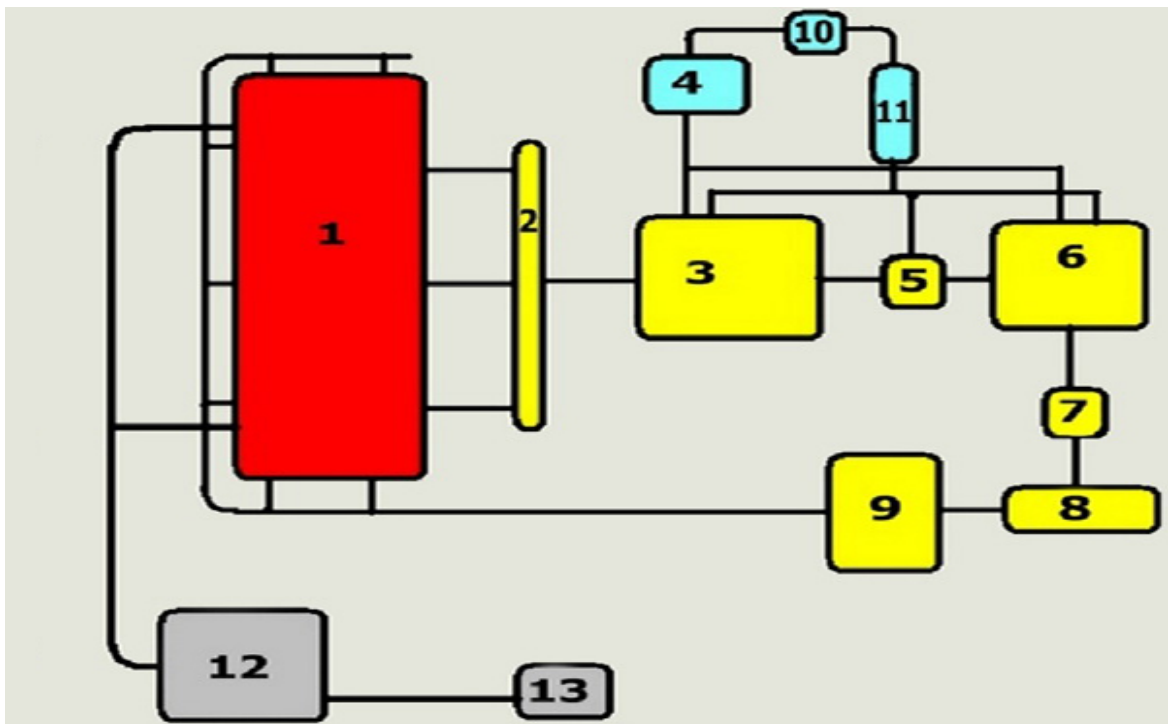
Предприятието разполага с инсталация за преработка и утилизация на износени автомобилни гуми.

#### **Описание на технологичния процес [34]**

В основата на преработката на износени автомобилни гуми се използва процеса на топлинно разлагане – нискотемпературна пиролиза.

*Инсталацията се състои от следните апарати:*

- 1.Пещ пиролизна – с три камери
- 2.Колектор – газов
- 3.Скрубер за мокро пречистване
- 4.Предварителното събиране на пиролизното гориво
- 5.Тръба на Вентури
- 6.Адсорбер за мокро пречистване
- 7.Сепаратор – центробежен капков
- 8.Вентилатор за пиролизни газове
- 9.Ресивер – газов
- 10.Циркулационна помпа
- 11.Охладител
- 12.Отсек за предварително подгряване
13. Димоходи с димни вентилатори.



Фигура 17. Схема на технологичния процес [34]



Фигура 18. Инсталацията в действие [34]

Критерий за оптималната работа на инсталацията е максималния добив на течно гориво и високовъглероден остатък с най-висока относителна повърхност. Оптималната температура е  $436^{\circ}\text{C}$ , която съответства на максимална производителност на течна фракция 30–35%, пиролизни газове 10-25%, остатъчен въглерод 20-30% и металокорд –10%. При производствената дейност

по оползотворяването /преработката/ на отпадъците (до 5t на денонощие) ще се получават следните видове и количества крайни продукти, както следва:

1.Течна фракция пиролизно гориво – използва се за предварително подгряване на инсталацията и като гориво за котли на течно гориво.



*Фигура 19. Течна фракция пиролизно гориво-2,80 t/24h [34]*

2. Високо въглероден остатък – използва се като твърдо гориво (7000-7500 kcal/kg),като суровина в химическата промишленост във вид на активен въглен, който се използва в пречиствателните станции, а така също и за различни видове филтри и изсушители.



*Фигура 20. Високовъглероден остатък - 1,50 t/24h [34]*

3. Металкорд – съдържа стомана като суровина за последващо претопяване.



*Фигура 21. Металкорд – 0,40 t/24h [34]*

4. Пиролизен газ – използва се 100% за поддържане на технологичния процес чрез изгаряне в газова горелка.



*Фигура 22. Пиролизен газ – 0,30 t/24h [34]*

## ИЗВОДИ ОТ ЛИТЕРАТУРНИЯ ОБЗОР

Проблемите с ИУГ са със световен мащаб, около 31Mt годишно твърдите отпадъци от този вид, а замърсяването повлиява на атмосферния въздух, водата и почвата. Отпадъци е трудно биоразградим по естествен път и точно това е една причината да се търси правилен метод за управление. За съжаление, неправилното управление на ИУГ все още е често срещано явление в много страни по света, за разлика в ЕС всичко върви бавно, но с постоянен увеличаващ се темп. В светът все още 41% от ИУГ отпадъци се изхвърлят на депа без никаква обработка. Освен това депонирането може да е икономически най-добрият вариант за управление, но той се води и за основен замърсител на околната среда, поради възникнали пожари или задържане на води.

Жизненоважно важно е доброто управление на ИУГ за кръговата икономика, като за икономиката на ЕС допринася с нарастващ процент от общите ИУГ. С растящия интерес за обработка на отпадъка от ИУГ се наблюдава по-взискателно законодателство относно екологичната ефективност от наличните методите и проучването на нови по – щадящи процеси. Не малко инвестиции има в различни разработки с цел нови суровини от ИУГ или алтернативни източници на естествен каучук за обезпечаване на икономиката и за намаляване на замърсяванията от нови производства. Регенерация също е нов процес за възстановяване на грайфера, която предотвратява направата на нова гума и спестява един отпадък, преждевременно. Тази процедура може да се два до три пъти при здрава основа.

Пиролизата е фокусът да дипломната работа като от научната литература е направено проучване спрямо другите методи за обработка на ИУГ. Пиролизата е важна за кръговата икономика, тъй като може да осигури материали за производството на нови гуми, а пиролизното масло е високо калорично и може да бъде използвано като гориво за промишлени горелки или след преработка да е алтернативно гориво, и по този начин да е ефективен за развитието на други отрасли. Саждите играят важна роля като пълнител за нови гуми, за това може да се каже че пиролизния метод е и възстановителен, няма да се влагат средства за индустриални сажди в производството на нови гуми. В зависимост от температурата и катализатора може да се контролира и насърчи даден пиролизен продукт, същото така състава на гумите има значение за качеството на крайните продукти. Пиролизата е най-екологичният и най-чест в ЕС вариант за управление на отпадъка от ИУГ. Това се дължи на йерархията на отпадъците, която набляга на повторната употреба и удължаването на жизнения цикъл на гумата.

Днес в страната ни все още се крие проблем на ниво законодателство относно нерешени въпроси за продуктите произлизащи като крайни от пиролизния процес, те се водят отпадък до установяване на критерия за „край на отпадъка“. Пиролизата е устойчив от екологична и икономическа метод, при който от излезлите от употреба гуми се отделя всичко, което може да се оползотвори и рециклира.

## 9. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

Технологията на преработка на отпадъчни гуми се базира на процеса за термичното разлагане при висока температура, в условията на вакуум. При тези условия се извършва термична деструкция на каучука, пълнежа и останалите материали, при което се отделят газова, течна и твърда пиролизна фракция. Доставка на горива и тяхното качество се считат за основна тема за предстоящите иновации и индустриално устойчиво развитие. Има редица изследвания как да се направи използването на горива по-ефективно. Основната цел на тази работа е да се изследва съдържанието на някои ИУГ и пиролизно масло и да се оцени техният топлинен капацитет при различни условия, за да се препоръча по-добро използване в практиката.

### **Кратко описание на технологичния процес за производство на тежко гориво от материали по стандарт – СД CEN/TS 14243**

Съществува площадка за съхранение на суровината от излезли от употреба автомобилни гуми, като за целта е издаден Регистрационен документ от РИОСВ-Русе за събиране и транспортиране на ИУГ на площадка, намираща се в землище с. Пиргово, община Иваново, област Русе.

За строежа има издадена положителна преценка от РИОСВ, гр. Русе от 2014г. относно необходимостта от изготвянето на оценка на въздействието върху околната среда.

Суровината с размер 1-5cm от склада за шредирани чипс на автомобилни гуми, посредством фадрома се подава в бункер с честотно регулиране на задвижването. Честотното управление на шнека на захранващия бункер гарантира непрекъснато подаване на материал. От там чрез транспортна лента суровината се подава в двустепенна дозираваща клапа с двойно предназначение. Освен дозирането на материал, клапата не позволява попадането на въздух в инсталацията. От клапата материалът попада в нагнетяващ шнек, образувайки „тапа“, и допълнително не позволява проникването на въздух в реактора. След това материалът попада в шнек за предварително подгряване.

Посредством пещ за горещ въздух (подгрявана от горелка, работеща с тежко гориво или от газова горелка) реакторът за деструкция се загрява до необходимата за процеса температура 420-470°C. По време на процеса в реактора материалът няма контакт с въздуха и няма процес на горене, а вследствие на високата температура материалът деструктира и се изпарява.

В реактора по време на технологичния процес има около 48-52kg шредирани чипс от автомобилни гуми.

Посредством шнек с честотно управление на задвижването, монтиран на реактора за деструкция, материалът се придвижва от началото до края му за времето, необходимо напълно да деструктира. Горещите димни газове от калорифера за горещ въздух преминават през двоен мантел на реактора, без да имат контакт с материала. Излизайки от реактора, горещите димни газове преминават през двоен мантел на шнека за предварително подгряване. Там горещите газове отделят голяма част от температурата си и след това попадат в кожухотръбен топлообменник за допълнително използване на топлинната енергия. След преминаването през кожухотръбния топлообменник горещите газове са с температура около 80-90°C и се извеждат

от цеха посредством центробежен вентилатор. На центробежния вентилатор е монтиран шумозаглушител.

Захранващият бункер, шнекът за предварително подгряване и реакторът са така синхронизирани, че да се гарантира оптималното количество shredиран чипс за протичане на правилен и безопасен процес. Попаднал в реактора, материалът под въздействието на високата температура се разделя на комплекс от въгледороди, въглерод и стоманена тел. Чрез вакуум помпа отделените въгледородни газове се засмукват и преминават през абсорберите. По-голямата част от въгледородните газове кондензират в абсорберите. Останалата част от газовете кондензират в тръбните топлообменници, превръщайки се в течно гориво за отопление, и попадат в междинен резервоар. Чрез помпа част от течното гориво се подава в абсорберите за охлаждане и почистване. Охлаждащото гориво от абсорберите преминава през процесен, самоочистващ се груб филтър и се връща в междинния резервоар. Газовете, които не могат да кондензират (syngas около 5-7 %) преминават през съдове за газова очистка, след което се подават като енергоносител в пещта за горещ въздух.

Горивото от междинния резервоар чрез циркуляционна помпа се отвежда до центробежен сепаратор за фино двустепенно почистване от вода и твърди частици за да се постигне нужното качество за изгаряне в нафтови горелки или в двигатели с вътрешно горене, работещи с течно гориво. Шламът от съда на центробежния сепаратор чрез помпа се подава в основен съд за шлам, от където чрез помпа периодично се подава в реактора.

След протичане на процеса остатъкът от материала, състоящ се от въглерод около 43-48 % и тел около 15-18 %, попада в първичен шнек за охлаждане, след което преминава през втори шнек за охлаждане за последващо сепариране в магнитна сепарация. От магнитната сепарация, вече разделен на тел и въглерод, се отвежда съответно с шнек за телта и шнек за въглерода. Обезпрашаването на процеса се извършва посредством вентилационни тръби, ръкавен филтър и центробежен вентилатор. За почистването на ръкавния филтър се използва сгъстен въздух от компресор.

Процесът се управлява от централно оперативно табло. В електрическо силово табло е изведена автоматиката за водене на метода.

Охлаждането на възлите на инсталацията се извършва посредством оборотна вода, циркулираща във водоохладителна кула.

Максималният капацитет като готова продукция на инсталацията е 3,96t пиролизно масло на 24h от преработката на около 12t shredиран чипс от автомобилни гуми. В проекта се предвижда непрекъсваем режим на работа.

Чрез оборудването за термо-гравиметричен диференциал (TG-DTA) и сканиращ калориметричен анализ (DSC) на LINSEIS в ЦНИЛ - ХТМУ беше използвано по пътя за оценка на техния топлинен капацитет за устойчиво използване УИГ в различни газови среди. Промените в масата и полученият остатък също бяха определени. Съдържанието на въглерод, водород, сяра и азот се определя с помощта на автоматизиран анализатор Euro EA 3000. По време на изследванията са използвани две проби NV-RQ-1 и NV-RQ-2 от ИУГ, както и анализ на масло чрез пиролизна преработка на отпадъчни автомобилни гуми.

Всички химични и физични показатели на ИУГ и пиролизното масло щ, получени чрез процеса пиролиза в инсталация за оползотворяване на излезли от употреба автомобилни гуми определят тяхната характеристика. Поради тази причина чрез анализирането на резултатите от лабораторни изследвания на пиролизно масло може да се определи неговото по-нататъшно оползотворяване за подгриване на инсталация за пиролиза или като котелно гориво

## 9.1. Елементарен анализ

### 9.1.1. Метод

Анализирането на състава за присъствието на дадени елементи, както и тяхното количествено съотношение, е важно условие при избора на правилен метод за тяхното ефективно третиране. Основните елементи, които най-често се установяват експериментално, са въглерод (С), водород (Н), азот (N), сяра (S) и кислород (O). За определяне на пригодността на ИУГ да бъдат ефективно термично оползотворени, от голямо значение е съдържанието на въглерод (представляващ горимата компонента) и азот (даващ отражение върху емисиите).

### 9.1.2. Апаратура

Извършен е количествен елементарен анализ на проби от ИУГ за съдържанието на въглерод (С), азот (N) и водород (Н) с автоматичен анализатор EA 3000 на италианската фирма EuroVector. Методът за анализ е изгаряне на пробата при висока температура (980-1100°C) и определяне на компонента посредством газова хроматография. Точността на анализа е  $\pm 0, 01\%$  абсолютна грешка.

Таблица 15. Параметри на апаратурата

Carrier (kPa)	Purge (ml/min)	Oxygen (ml)	Delta P O <sub>2</sub> (kPa)	Sampling Delay (s)	Run Time (s)	Front (°C)	Rear (°C)	Oven (°C)
105	80	15	35	6	200	980	Off	100

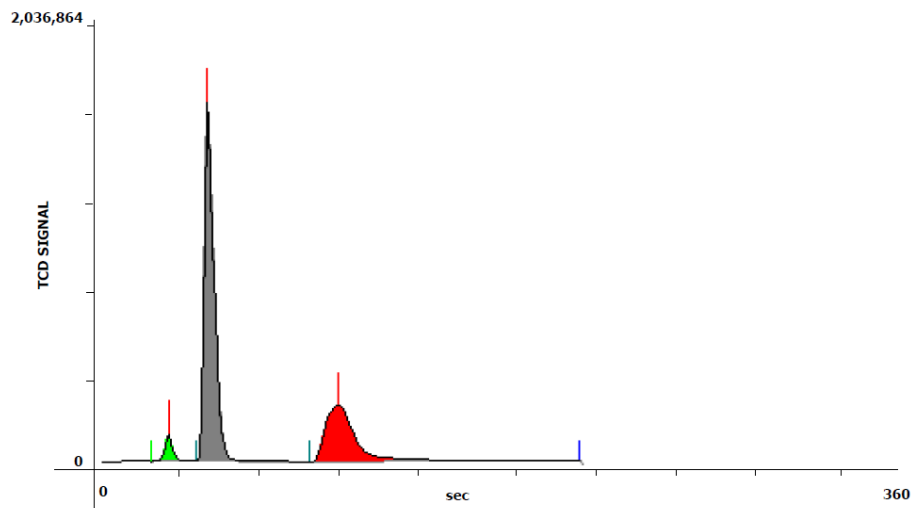
### 9.1.3. Резултати

По време на изследванията са използвани две проби NV-RQ-1 и NV-RQ-2. Съдържанието на основните компоненти в използваните проби е дадено в таблица 16.

Таблица 16. Резултатпроби NV-RQ-1 и NV-RQ-2

№	Проба	Процентно съдържание (%)			
		Въглерод	Водород	Азот	Сяра
1	NV-RQ-1	82.94	10.07	0.85	< 0.10
2	NV-RQ-2	88.24	10.15	1.07	< 0.10
3	Пиролизен газ	52.20	13.2	23.6	-
4	Пиролизно масло	78.94	12.37	0.75	0.5

5	Твърда фракция - технически въглерод (Сажди)	76.46	10.54	8.35	2.76
---	--	-------	-------	------	------



Фигура 23. Хроматограма от елементен анализ на проба

## 9.2. Термичен анализ

### 9.2.1. Метод

Термохимичните методи за изследване на веществата се характеризират с извънредно голямо разнообразие и включват всички възможности за непрекъснат или поетапен контрол на състава и свойствата на изследваната проба в условията на термично третиране. Широко приложение са получили различните методи на динамичния термичен анализ, като най-много се използват диференциално термичния анализ (DTA), състоящ се в полуколичествено определяне на топлинните ефекти на протичащите химически процеси и физически превръщания, и термогравиметричен анализ (TG), състоящ се в количествено определяне изменението на масата на изследваната проба при квазистационарен режим на нагряване. От друга страна за извършване на прецизни калориметрични измервания широко се използва диференциално-сканираща калориметрия (DSC), която най-общо може да се разглежда като аналогичен метод на DTA, позволяваща количествено определяне измененията на енталпията на измервания пробен образец.

## 9.2.2. Видове анализ

### Диференциално-термичен анализ (TG-DTA-DTG)

Методът на термичния анализ включва симултантно регистриране на измененията в масата на образеца (TG) и диференциалната температура (DTA), съпроводено с изменения скоростта на термичните реакции (DTG) за съответните температурни интервали (T) с времето.

*Определяне:*

а) Термично поведение на изследвания образец и серия от образци в програмиран режим на работа, включващо получаване на данни за:

- температурните интервали на превръщане на различните фази от изследвания образец;
- отчитане на междинните масови загуби в отделните етапи и общите масови загуби в края на процеса на термично разлагане на изследвания образец;
- изчисляване на зависимостта  $dm/dT = f(t)$  (DTG) и определяне на инфлексните точки на протеклите реакции;

б) Температури на фазови преходи;

в) Механизма на термичното поведение на изследвания образец: реакции на дехидратация, разлагане, фазови преходи, редукция и окисление и др. в зависимост от природата на веществата и подбора на конкретните експериментални условия.

### Диференциално-сканираща калориметрия (DSC)

Посредством този метод се регистрират разликите в топлинния поток като функция от времето  $\Delta H = f(t)$ .

*Определяне:*

- количество топлина, отделена (погълната) при протичане на даден процес;
- топлина на реакцията;
- специфичен топлинен капацитет на изследвания образец;
- топлина на фазовите и химически превръщания;



В

Фигура 24. DTA система за



DSC Measuring System

Фигура 25. DSC система за

### 9.2.3. Апаратура

Използван е апарат STA PT 1600 TG-DTA/DSC (STA Simultaneous Thermal Analysis), произведен от LINSEIS Messgeräte GmbH, Germany. Термичният анализ е проведен в динамичен режим на нагряване в температурен интервал 20-1000 °C със скорост на нагряване е 10°C/ min. Видът на образеца е прахов, с едрина на частиците 0.5 mm. Газова среда е статична въздушна газова среда. Определят се TG, DTG, DTA и DSC. Видът на тигела е стабилизирани корундови тигли.

### 9.2.4. Резултати

#### *TG-DTG-DTA анализ*

#### Термичен анализ

Термохимичните методи за изследване на веществата се характеризират с извънредно голямо разнообразие и включват всички възможности за непрекъснат или поетапен контрол на състава и свойствата на изследваната проба в условията на термично третиране. Широко приложение са получили различните методи на динамичния термоанализ, като най-много се използват диференциално термичния анализ (DTA), състоящ се в полуколичествено определяне на топлинните ефекти на протичащите химически процеси и физически превръщания, и термогравиметричен анализ (TG), състоящ се в количествено определяне изменението на масата на изследваната проба при квазистационарен режим на нагряване. За целите на изследването е приложен TG-DTG-DTA анализ, комбиниран метод за изследване на термичната стабилност, полуколичествено определяне на топлинните ефекти и определяне на протичащите химични и физични процеси в образеца, в процеса на нагряване. Методът на термичния анализ включва симултантно регистриране на измененията в масата на образеца (TG) и диференциалната температура (DTA), съпроводено с изменения в скоростта на термичните реакции (DTG) за съответните температурни интервали (T) с времето. Анализът е проведен до 1000°C през 10°C/min в статична газова среда.

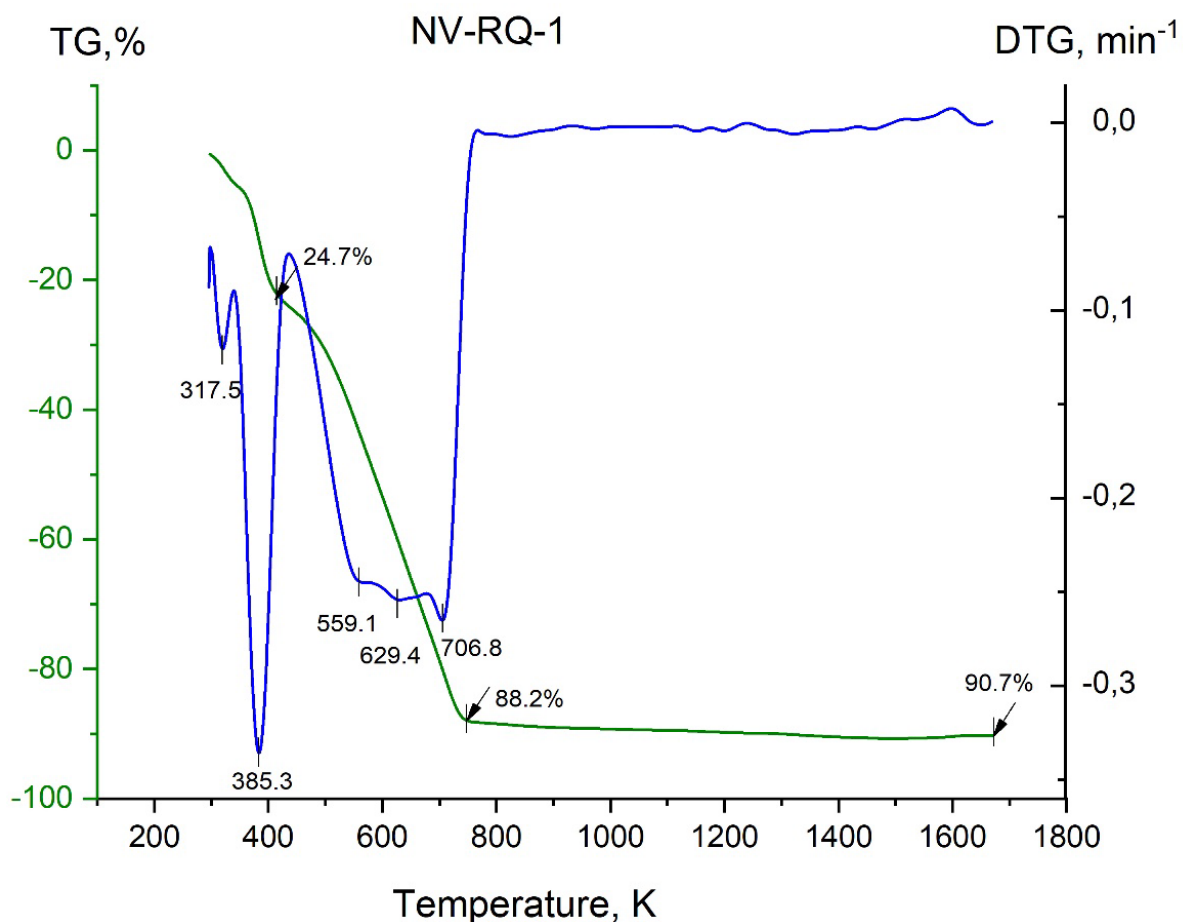
Термичният анализ много често се използва за характеризиране на горива, отпадъци и оценка на техните свойства, важни за практическото прилагане на процесите на термична обработка. Така термичните изследвания имат важно място за разработване на нови методи и технологии, свързани с прилагането на принципите за устойчиво развитие и кръгова икономика. Отпадъците имат различен произход и имат различни топлинни характеристики. В същото време термичната стабилност определя температурите на процеса и кинетиката на разлагане при различни условия. Така че изследванията на термичния анализ помагат да се открият оптималните фактори на



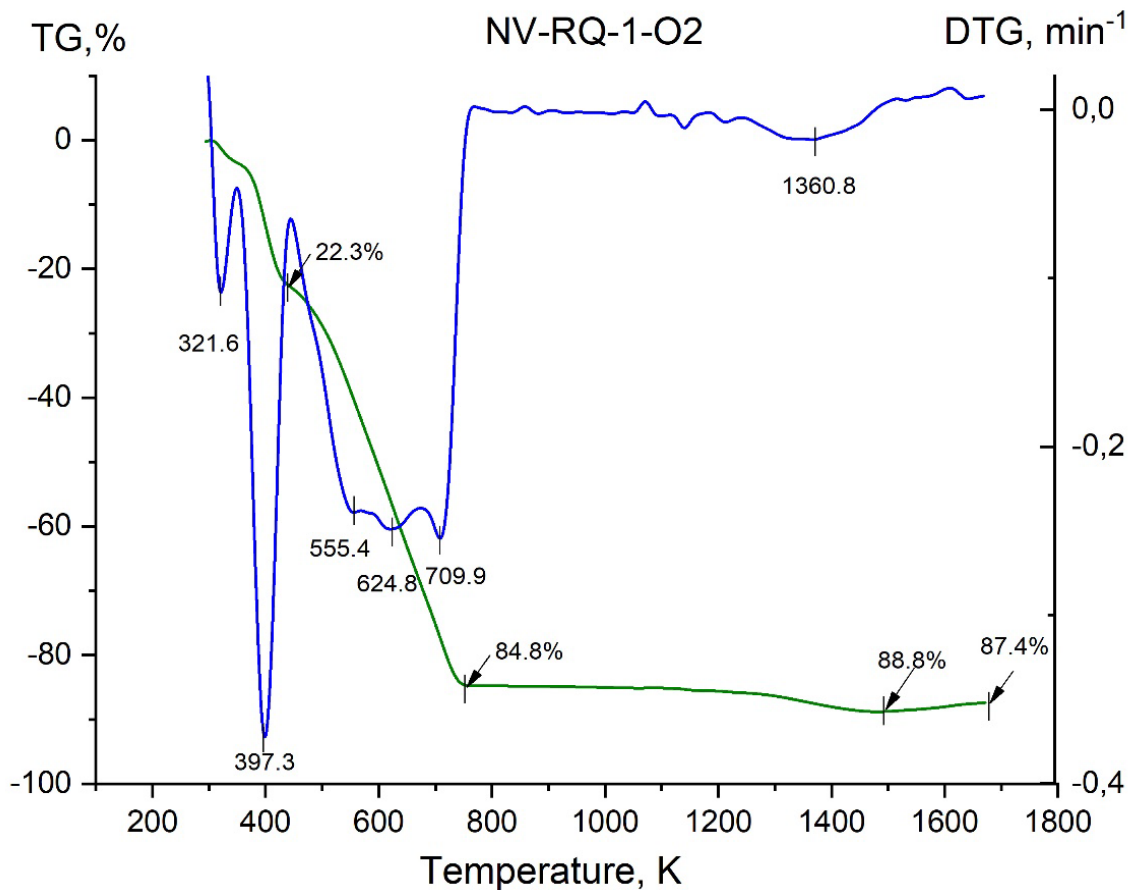
*Фигура 26. Апарат STA PT1600 TG-DTA/DSC*

процеса, важни за ефективното третиране и оползотворяване на отпадъците. От тази гледна точка може да се очаква по-широко използване на топлинни изследвания за разработване и контрол на експлоатацията на методи и технологии, свързани с предварително третиране и третиране на отпадъци, превръщайки ги в ценни възобновяеми горива или други продукти. Термогравиметрични, едновременни TG-DTG и DSC термични методи вече са законно признати за характеризирани, контрол и мониторинг на отпадъци.

Фигури 27-29 и таблица 2 представят резултатите, получени с помощта на термични методи TG-DTA и DSC.



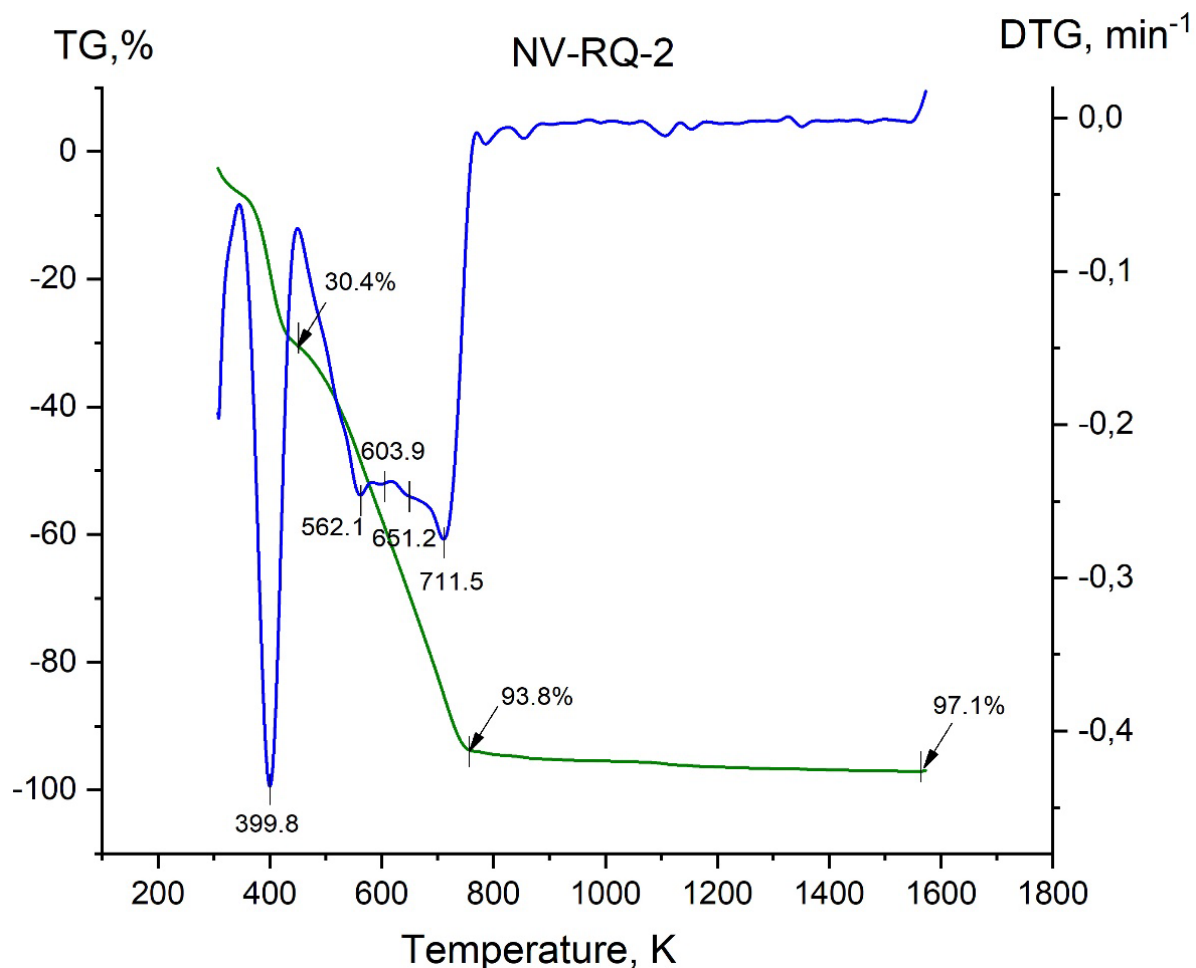
Фигура 27. TG-DTG криви за проба NV-RQ-1 в среда от инертен газ



Фигура 28. TG-DTG криви за проба NV-RQ-1-O2 в среда въздух

Получените резултати дават много важна информация за термичната стабилност на пепелния остатък в инертна и въздушна среда. Във въздушна среда пепелта е по-стабилна и остава твърда до 1673K, когато в среда на инертен газ и за двете проби пепелта се топи при много по-ниска температура и изискванията към оборудването, използвано на практика, трябва да бъдат напълно различни. По същото време количеството на пепелта се увеличава във въздушната среда с повече от 3% тегл. и това също трябва да се вземе предвид. Съдържанието на влага влияе най-вече на стойността на енталпията. Стойността на енталпията е почти 20 пъти по-висока при промяна на влажността от 1,3 до 22-24% тегл. Термогравиметричните криви потвърдиха, че промените в масата са много активни до 693-708K, а след това промените в масата са резултат от вторични реакции в твърдата фаза – окисление във въздушна среда или редукция на метални оксиди в инертна атмосфера.

Получените резултати могат да се използват, когато се провеждат проучвания за осъществимост за избор на метод за газификация или пиролиза.



Фигура 29 TG-DTG криви за проба NV-RQ-2 в инертна атмосфера

Таблица 17. Топлинни характеристики, определени с помощта на оборудване TG-DTG-DSC в температурен диапазон 293-1673К

Таблица 17. Топлинни характеристики с помощта на оборудване TG-DTG-DSC

№	Проба	Влага (%)	Пепел (%)	Енталпия (MJ.kg <sup>-1</sup> )	Газова среда
1	NV-RQ-1	24.3	9.3 – течна фаза	32.5±3	Инертна
2	NV-RQ-1-O2	22.3	12.6 – твърда фаза	9.5±3	Въздух
3	NV-RQ-2	1.3	8.4 – течна фаза	12.5±3	Инертна
4	Пиролизен газ	няма	няма	39.1±3	Газ
5	Пиролизно масло	0.1	8.7 – течна фаза	41.2 ±3	Инертна

<b>6</b>	Твърда фракция - технически въглерод (Сажди)	1.82	15.6 – твърда фаза	6.7±3	Въздух
----------	--	------	--------------------	-------	--------

По-долу в таблица 18 е показан SWOT-анализът за пиролизата на отпадъчните гуми

<b>Таблица 18. SWOT анализ на оползотворяване на шредирани чипс чрез пиролиза</b>	
<b>Силни страни</b>	<b>Слаби страни</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- намаляване на емисиите, чиста технология</li> <li>- Продукти с висока стойност, самостоятелен процес</li> <li>- Възстановяване на енергия, ефективност на ресурсите</li> <li>- Намаляване на депонирането, кръгова икономика</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Необходимост от правила и стандарти за продуктите</li> <li>- Изисквания за капацитета на суровините</li> <li>- Липсата на интерес</li> <li>- Малко търговски приложения</li> </ul>
<b>Възможности</b>	<b>Опасности</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Доказана на концепцията</li> <li>- Възможности за финансиране</li> <li>- ниво на експертиза и научни изследвания</li> <li>- Влияние за подобряване на управлението на отпадъците</li> <li>- Нови пазари за отпадъци от рециклиране</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Липса на заинтересованите страни</li> <li>- Несигурни пазари за продукти на базата на отпадъци</li> <li>- Липсата на норми за допустими емисии</li> <li>- Несигурна икономическа среда</li> </ul>

След реализацията на такъв тип инсталация и получаването на четири типа продукти за оползотворяване им в табличен вид са дадени техните приложения (таблица 19)

*Таблица 19. Продукти от пиролизата и предложение за тяхното приложение*

<b>Продукти</b>	<b>Приложение</b>
Пиролизно масло (37-50%)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Използва се като отоплителен материал или се подава във фабрики за цимент, стъкло, керамика, електрическа енергия, производство на стомана и др.</li> <li>2. Използва се в генератор на тежки масла за производство на електроенергия.</li> <li>3. Дълбокото му преработване го прави конкурентен на дизеловото гориво.</li> </ol>
Метал (15-18%)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Директна продажба за стомана и желязо</li> <li>2. Преработка или продаване като вторична суровина</li> </ol>
Въглероден остатък (43-48%)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Може да се използва под формата на пелети или брикети като нагриващ материал.</li> <li>2. За направата на N220, N330, N550 или N660, които се използват широко в производството на гуми.</li> <li>3. За продажба в пластмасовата индустрия.</li> </ol>
Газ (5-7 %)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рециклиран в пещ за загряване на реактора вместо въглища / дърво / масло / природен газ.</li> </ol>

#### 5.4. Изводи

- Събирането, оползотворяването и намирането на ефективен начин за повторно използване и рециклиране на употребявани гуми ще има положително въздействие върху околната среда, тъй като това ще предотврати използването на нови изкопаеми горива като въглища или нефт.
- Оползотворяването на шредирани чипс от автомобилни гуми чрез пиролиза е екологосъобразен и икономически изгоден процес, тъй като пиролизното масло може да се ползва като добавка към гориво или като гориво, подходящо за автомобили, което ще намали добива на полезни изкопаеми. За получаването му ще са необходими по-малко разходи в сравнение с добива например на нефт, от което следва и че цената на пиролизното масло ще е по-ниска от нефта.
- За момента в България този процес не е много използван, тъй като част от получаваните продукти се разглеждат като отпадък от действащия в момента ЗУО, а не като материал, който може да се продава. Това спира фирми като „Пиролиза БГ” ООД да продължат своята дейност.
- На база на проведените лабораторни изследвания на химичните и физичните показатели на пиролизното масло от инсталацията за оползотворяване на ИУГ – гр. Русе могат да се направи извод, че пиролизното масло е с енергиен еквивалент 41,25 MJ/kg при сярно съдържание 0,98%, следователно може да се гори направо или да се прибавя към други петролни деривати. По отношение на резултатите за процеса и характеристиките на крайния продукт, процесът и параметрите трябва да бъдат внимателно определени преди работа.
- Пиролизното масло може да конкурира дизеловото гориво по характеристики. Може да се препоръча възможно подобряване на ефективността на метода с катализатори като зеолити и калциев оксид по данни от световната практика, които могат да бъдат внедрени в българските инсталации.
- Това ще доведе до повишаване на качеството на крайните продукти, но намаляване на оперативни разходи и наличие на икономически конкурентна цена.
- Въглеродният остатък е от изключително значение за кръговата икономика.
- Отпадъчни продукти, които намаляват необходимостта от използване на изкопаеми горива ще доведат до ефективност на управлението и ще имат ценово предимство в бъдеще в сравнение с други продукти, произведени от природни ресурси.
- В следствие на недостигът на нефт пиролизните крайни продукти са широкообхватни и се очаква да подобрят възможността за рециклиране на такъв тип отпадъци, като задоволят нуждите на потребителите.
- Изводите, направени в тази дипломна работа, подкрепят по-нататъшното изследване на отпадъците от гуми. Имайки предвид потенциала на крайните продукти и простотата и оперативността на проучвания пиролизен процес, осъществимостта на пиролизната инсталация изглежда обещаващо, което се потвърждава и от опита на други страни, интегрирали този тип процеси.

## ИЗПОЛЗВАНИ ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ

- [1]. Димитър Господинов; ПРОБЛЕМЪТ С ИЗЛЕЗЛИТЕ ОТ УПОТРЕБА АВТОМОБИЛНИ ГУМИ И ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА НЕГОВОТО РЕШАВАНЕ; Научно сп.15, бр.3, 2017г.
- [2]. <https://www.gumi-act.com/article/osnovna-informaciya-za-gumite>
- [3]. <https://www.ecomediana.bg/>
- [4] Revised technical guidelines for the environmentally sound management of used and waste pneumatic tyres (2011)  
<[https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/filebase/Waste/Nasoki\\_rakovodstva/TG\\_waste\\_tyres.pdf](https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/filebase/Waste/Nasoki_rakovodstva/TG_waste_tyres.pdf)>
- [5] <<http://www.ecomediana.bg/> системата/любопитно/употребените-гуми-като-отпадък>
- [6] <http://vianor.bg/informatsiia-za-gumite/fakti-za-gumite/kakvo-se-sluchva-s-vashite-gumi-sled-upotrebata-im/>
- [7] Димитър Господинов (2017) “Проблемът с излезлите от употреба автомобилни гуми и възможностите за неговото решаване”, научно списание „Механика, транспорт, комуникации”, том 15, брой 3, стр. VI-66 – VI-70, <<https://mtc-aj.com/library/1493.pdf>>
- [8]. Reference Document on the Best Available Techniques (BAT) for Waste Incineration, 2006г
- [9]. Revised technical guidelines for the environmentally sound management of used and waste pneumatic tyres (2011).
- [10]. In Europe 95% of all End of Life Tyres were collected and treated in 2019
- [11]. Наредба за изискванията за третиране на излезли от употреба гуми, Допълнителни разпоредби, §1,т.2 (изм. бр. 30 от 15.04.2016г., в сила от 16.06.2016 г.)
- [12]. Екатерина Серафимова, Вилма Петкова; ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА ШРЕДИРАН ЧИПС ОТ АВТОМОБИЛНИ ГУМИ Научни статии за SES 2018 Fourteenth International
- [13]. Bockstal, L., Berchem, T., Schmetz, Q., and Richel, A. (2019). Devulcanisation and reclaiming of tires and rubber by physical and chemical processes: a review. *J. Clean. Prod.* 236
- [14]. European Tyre & Rubber Manufacturers’ Association [https://www.etrma.org/wp-content/uploads/2021/05/20210520\\_ETRMA\\_PRESS-RELEASE\\_ELT-2019.pdf](https://www.etrma.org/wp-content/uploads/2021/05/20210520_ETRMA_PRESS-RELEASE_ELT-2019.pdf)
- [15]. Технологии за преработка на автомобилни гуми, <<https://www.ecology-and-infrastructure.bg/bg/statia/2/70/>>
- [16] Джихан Менсеидов, Маргарита Филипова, Иванка Желева (2015), “Пиролизата като съвременен метод за третиране на излезли от употреба автомобилни гуми”, Научни трудове на Русенския университет, том 54, серия 1.2, стр. 344-345 <<http://conf.uniruse.bg/bg/docs/cp15/1.2/1.2-62.pdf>>

- [17] <http://www.tkomplex.ru/bg/products/pirotex>
- [18] <http://www.tkomplex.ru/bg/products/pirotex/technology>
- [19] <https://piroliza.alle.bg/описание-на-процеса/>
- [20] <https://piroliza.alle.bg/продукти/>
- [21] <http://www.polysan.bg/>
- [22] <http://www.rubbernews.com/article/20180618/NEWS/180619935/cabot-increases-carbon-black-prices>
- [23] <http://www.ecomediana.bg/> партньори/рециклиране-на-употребени-гуми
- [24] <http://www.ecomediana.bg/> партньори/регенериране-на-гуми
- [25] <http://www.ecomediana.bg/за-нас/представяне>
- [26] <http://www.ecomediana.bg/за-нас/разрешение-от-мосв>
- [27] [http://www.ecomediana.bg/системата /как-работи-системата](http://www.ecomediana.bg/системата/)
- [28] <http://gumirec.com/>
- [29] <http://gumirec.com/За-Нас>
- [30] <http://www.transincars.com/index.php/bg/>
- [31] <http://www.nordrecycling.com/retsiklirane-na-gumi/>
- [32] <http://gumirecycling.bg/>
- [33] <http://enerkemikal-bg.com/>
- [34] <http://enerkemikal-bg.com/index.php/produkcija/piroliza/>
- [35] X. Хараланов (2014), проект „Промяна предназначението на производствената сграда в инсталация за газификация и втечняване на тежко гориво от материали по стандарт СД СЕНТ/ТС 14243"
- [36] International Organization of Motor Vehicle Manufacturers Motorization rate worldwide <https://www.oica.net/category/vehicles-in-use/> (2015)
- [37] International Organization of Motor Vehicle Manufacturers Motorization rate worldwide <https://www.wbcds.org/Sector-Projects/Tire-Industry-Project/End-of-Life-Tires-ELTs> (2015)
- [38] Nevena Ivanova LEGAL REGULATION OF THE END-OF-LIFE TIRES TREATMENT END-OF-WASTE CRITERIA IN BULGARIA, UNITED KINGDOM AND AUSTRALIA сп.брой 58 2019
- [39] Е. парламент Кръговата икономика: какво представлява тя и защо е важна 2023г.

- [40] Проф.д-р М.Божинава, Проф.д-рТ. Хубенова-Делисивкова КРЪГОВАТА ИКОНОМИКА В КОНТЕКСТА НА РЕЛАЦИЯТА ИНДУСТРИЯ 4.0 – ОБЩЕСТВО 5.0; Сборник с доклади Академично издателство „Ценов“ Свищов 2022г.
- [41] Доц.д-р Л.Тодоров,Доц.д-р М.Шопова; ТЪРГОВИЯ С РЕЦИКЛИРУЕМИ СУРОВИНИ КОНЦЕПТУАЛНИ ПРОБЛЕМИ И ЕМПИРИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ Академично издателство „Ценов“ Свищов 2022г.
- [42] Доклад за изпълнение изискванията за третиране на ИУГ 2011
- [43]. Восса, В., Forte, G., Petrucci, F., Costantini, S. & Izzo, P. Метали, съдържащи се и излужени от каучукови гранулати, използвани в области със синтетична трева. *Sci. Total Environ.* **407** (7), 2183–2190.
- [44]. W. Ferdous, et al. Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities *Resources, Conservation and Recycling*, 173 (2021)
- [45]. ITF. 2019. Транспортна перспектива на ITF за 2019 г. Париж
- [46]. IRSG meeting conclusions 20 October 2021 - The International Regulatory Strategy Group
- [47]. Komarov, V. L. 1964: Flora SSSR 29 [Bobrov, E. G. & Cvelev, N. N.]. – Leningrad
- [48]. Whaley GW, Bowen JS. Russian Dandelion (Kok-Saghyz). An Emergency Source of Natural Rubber; Government Printing Office; 1947.
- [49]. Wang, Y., Hollingsworth, P. M., Zhai, D., West, C. D., Green, J. M., Chen, H., ... Ahrends, A. (2023). High-resolution maps show that rubber causes substantial deforestation. *Nature*, 623(7986), 340-346. doi:[10.1038/s41586-023-06642-z](https://doi.org/10.1038/s41586-023-06642-z)
- [50]. Warren-Thomas, E., Ahrends, A., Wang, Y., Wang, M. M., & Jones, J. P. (2023). Rubber's inclusion in zero-deforestation legislation is necessary but not sufficient to reduce impacts on biodiversity. *Conservation Letters*, 16(5).
- [51]. Vishnu .V, Priyadarshini.C.S, Hainy Hilbert, Environmental Issues Caused By Rubber Industry, 2011, <https://businessimpactenvironment.wordpress.com/2011/10/03/environmental-issues-caused-by-rubber-industry/>

