

-

.

**ПИРОТЕХНИЧКЕ СМЕШЕ ЗА ИЗРАДУ  
ПУЊЕЊА ГАСОГЕНЕРАТОРА *BASE*  
*BLEED* ПРОЈЕКТИЛА 37 и 57 mm**

, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF TECHNOLOGY AND METALLURGY

Siniza D. Pazagi

**PYROTECHNIC MIXTURES FOR  
PRODUCTION OF GASGENERATOR  
CHARGES FOR BASE BLEED  
PROJECTILES 37 AND 57 mm**  
Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016.

:

---

**Душан Антоновић,** ,  
 , б

:

---

**Гордана Ушћумлић,** ,  
 , б

---

**Душан Мијин,** ,  
 , б

---

**Зијах Бурзић,**  
 ,

: \_\_\_\_\_

Ова докторска дисертација урађена је у лабораторијама Сектора за материјале и заштиту Војнотехничког института. Посебну захвалност дугујем члановима комисије који су испратили рад на изради докторске дисертације од почетних испитивања па све до саме израде докторске дисертације. Такође, овом приликом желео бих да се захвалим и својим колегама из Сектора за материјале и заштиту Војнотехничког института, а посебно колеги Брзић Саши који је радећи на свом докторату несебично крчио пут и за мене. Колега Брзићу, да није било тебе сигуран сам да не бих био у прилици да пишем ову посвету, и зато, једно велико „ХВАЛА“ за тебе и твоју несебичност и пријатељство.

Докторску дисертацију посвећујем најсветлијим тачката свог живота, ћеркама Нини и Хелени.

# ПИРОТЕХНИЧКЕ СМЕШЕ ЗА ИЗРАДУ ПУЊЕЊА ГАСОГЕНЕРАТОРА *BASE BLEED* *BLEED* ПРОЈЕКТИЛА 37 и 57 mm

## Резиме

Base Bleed

IV

42 %

0,02 g 50 g

15 %.

46,9 %

43,4 %

50 %

, 4,77

mm/s, , 2,89 mm/s.

e š ã

( )

š ã

50%

( )

š

õ

š

õ

14 18%.

40

**Кључне речи:** base bleed

**Научна област:**

**Ужа научна област:**

**УДК број:** 662.1



# **PYROTECHNIC MIXTURES FOR PRODUCTION OF GASGENERATOR CHARGES FOR *BASE BLEED* PROJECTILES 37 AND 57 mm**

## **Summary**

Throughout the research of deployment of pyrotechnic compositions for production of gas-generator charge of Base Bleed projectiles various metallic powders and organic substances, were used as fuel components. In this dissertation lactose, glucose, sorbitol and ascorbic acid as organic fuel components and magnesium, as representative of metallic powders, were used in production of gas generator charges for carrying out experiments.

The research was organized in IV phases, and purpose of every phase was to, throughout the process of results analysis, obtain valid information and guidelines for planning and execution of next investigation phase.

The purpose of the first phase of investigation was to, through analysis and comparison process of investigation results of various types of fuel, oxidant, binder and additive components, provide relevant data on the most important functional characteristics of pyrotechnic compositions (combustion velocity, energy potential, temperature of self-ignition and maximal pressure of combustion products. It was observed that the compositions which had phenol-formaldehyde resin (Iditol), as binder component, in comparison to Viton A based pyrotechnic compositions, had up to 42 % higher values of combustion velocity. Lactose based pyrotechnic compositions with potassium-perchlorate and/or with potassium-nitrate, as oxidation agent burnt stable throughout wide combustion velocity spectra, generating waste quantities of gases, without, or with insignificant amounts of solid and liquid combustion products. Even small quantities of elemental iron, low as 0,02 g within the 50 g of pyrotechnic composition, had significant rise in combustion velocity, up to 15 %. Lactose based pyrotechnic compositions in comparison to magnesium based, had 43,4 % lower value of energy potential and 46,9 % lower self-ignition temperature. Furthermore, lactose based compositions with the same charge density as magnesium based ones, had up to 50 % higher values of combustion products pressure measured in manometer bomb.

According to first investigation phase result analysis, the focus of second investigation phase was on investigation of functional characteristics of pyrotechnic compositions with specific organic fuel components. Data obtained throughout this investigation phase should point out advantages and disadvantages of usage of specific organic fuel component. In this investigation phase, no additives were applied in order to make influence of used fuel components on functional characteristics more obvious. Magnesium based composition was also prepared, just for characterization and comparison purposes. Ascorbic acid based pyrotechnic compositions had the highest combustion velocities, 4,77 mm/s, and lactose based ones had the lowest values of combustion velocities, 2,89 mm/s. Combustion velocity of organic based compositions has proven itself more resistive to changes of charge density than magnesium based pyrotechnic compositions. For purposes of combustion stability investigation of pyrotechnic charges for gas generators of base bleed projectiles, one lactose and one magnesium based pyrotechnic gas generator charge were prepared and investigated throughout field tests, on firing range "Miokovci" near Čak, firing form test canon and recording the projectiles flight with high speed camera. Results of this investigation have shown that, although, lactose based pyrotechnic compositions had some 50 % lower values of energy potential they were better solution for production of gas generator pyrotechnic charges because their combustion process was more stable than for magnesium based pyrotechnic composition. Through investigation of high speed camera records, serious unmasking effect of magnesium based pyrotechnic charges combustion process was observed, unlike with lactose based pyrotechnic compositions.

Focus of the third investigation phases was based on investigation of influence of various production technological parameters on values of pyrotechnic mixture functional characteristics. It was observed that rise in binder portion was followed with decrease in combustion velocity and variation coefficient, and better homogeneity of pyrotechnic charges. Oxygen balance didn't show significant influence on combustion velocity and its influence was closely related to rise in portion of oxidant component, as component with better thermal conductivity characteristics. Presence of component with low melting temperature, in lactose based pyrotechnic charges, favors conduction of heat from combustion zone towards charge layers yet to undergo combustion process yielding maximal values of combustion velocity for neutral oxygen balance. On the

other hand, ascorbic based composition for neutral oxygen balance had minimal rise in combustion velocity. Rise in charge density has shown uniformity in decreasing values of combustion velocity for all investigated pyrotechnic compositions. Moreover, observing pyrotechnic compositions with ascorbic acid as fuel component, rise in charge density assimilates rise in combustion velocity, among all of pyrotechnic compositions, due to dominant role of potassium-perchlorate in heat transfer from combustion zone throughout charge volume. Influence of gas generator chamber wall thickness on combustion velocity is based on rise of the surface from which heat from combustion zone radiates to surroundings, thus reducing combustion velocity. Multi-parameter data analysis has shown that presence of low temperature melting component in lactose based compositions has positive effect on combustion velocity, compensating dissipation of heat due to rise in thickness of chamber walls. While, in case of ascorbic based composition, compensation of heat dissipation through chamber walls is done by oxidant component as the most conductive. Thickness of chamber walls has negative influence on combustion velocity of organic based pyrotechnic compositions, having poor conductive characteristics, and for certain chamber wall thickness can be observed as constant value, which is mostly based on heat conduction coefficient of chamber wall material.

The last, fourth, investigation phase was based on investigation of alternative methods for fine tuning the combustion velocity of organic based pyrotechnic compositions. Necessity for carrying out this phase of investigation is based on negative effects observed with classical methods for enhancement of combustion velocity, such as adding the metallic powders to organic based pyrotechnic compositions. Implementation of copper wires to gas generator pyrotechnic charges, as passive heaters, has proven itself as method with great potential which offers possibility to significantly enhance combustion velocity without making any changes to pyrotechnic charge composition. Investigations of influence of copper wire heat guides on combustion velocity, has been done with pyrotechnic compositions based on lactose and ascorbic acid. Investigation results are pointing out consistency of influence of copper wire heat guides on combustion velocity for all of investigated pyrotechnic mixtures. Values of combustion velocity for all of the investigated pyrotechnic compositions were 14 to 18 % higher to those gained with the same pyrotechnic compositions without

–copper wire heat guidesø installed. Positive effect of –copper wire heat guidesø was confirmed by thermo-vision camera recordings, on which formation of inner zone in gas generator pyrotechnic charges, with up to 40°C higher temperatures than in the rest of the charge, is observed. That, higher temperature, zone hasn't been observed in pyrotechnic charges without –copper wire heat guidesø installed. With installment of –copper wire heat guidesø into gas generator pyrotechnic charges significant enhancement of combustion velocity was obtained without any changes in pyrotechnic charge or their combustion products compositions.

**Key words:** base bleed projectile, gas generator unit, organic fuels, functional characteristics, combustion velocity, copper wire heat guides.

**Scientific area:** Chemistry

**Scientific sub-area:** Organic chemistry

**UDK number:** 662.1

## СПИСАК СКРАЋЕНИЦА И СИМБОЛА

## СПИСАК СЛИКА

## СПИСАК ТАБЕЛА

<b>1. УВОД</b> .....	<b>19</b>
<b>2. ТЕОРЕТСКИ ДЕО</b> .....	<b>22</b>
<b>2.1 Развој Base Bleed пројектила</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2 Улога генератора гаса ВВ пројектила</b> .....	<b>29</b>
2.2.1 Потребна за увођењем јединице ГГ .....	29
2.2.2 Пиротехничке смеше за израду пуњења јединице ГГ .....	30
<b>2.3 Пиротехничке смеше</b> .....	<b>32</b>
2.3.1 Компоненте пиротехничких смеша .....	34
2.3.1.1 Горива .....	34
2.3.1.2 Оксидациона средства.....	40
2.3.1.3 Везива .....	45
2.3.1.4 Адитиви .....	47
2.3.2 Подела (класификација) пиротехничких смеша.....	48
2.3.3 Принципи избора и прорачуна састава пиротехничких смеша.....	50
2.3.3.1 Биланс кисеоника .....	53
2.3.3.2 Удео везивне компоненте .....	55
2.3.4 Технологија израде пиротехничких смеша .....	56
2.3.5 Израда пиротехничких смеша .....	57
2.3.5.1 Припрема сировина. ....	57
2.3.5.2 Сува хомогенизација .....	58
2.3.5.3 Растварање везива .....	58
2.3.5.4 Мешање суво хомогенизоване смеше са раствором везива.....	58
2.3.5.5 Зрчање смеше .....	59
2.3.5.6 Сушење смеше .....	60
2.3.5.7 Пресовање .....	60
2.3.5.8 Паковање .....	60
2.3.5.9 Лаборација .....	60
2.3.6 Функционалне карактеристике пиротехничких смеша за ГГ ВВ пројектила .....	60
2.3.6.1 Максимални притисак продуката сагоревања у манометарској бомби.....	61
2.3.6.2 Брзина сагоревања .....	62
2.3.6.3 Енергетски потенцијал.....	64
2.3.6.4 Температура самозапаљења .....	65
2.3.6.5 Топлотна проводљивост.....	67
2.3.7 Стабилност пиротехничких смеша .....	68
<b>3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО</b> .....	<b>71</b>
<b>3.1 Досадашња истраживања пиротехничких смеша за лабораторију ГГ ВВ пројектила у нашој одбрамбеној индустрији</b> .....	<b>72</b>
<b>3.2 Реализација истраживања</b> .....	<b>74</b>
3.2.1 I фаза истраживања .....	75
3.2.1.1 Избор састава .....	75
3.2.1.2 Испитивање брзине сагоревања.....	77
3.2.1.3 Испитивање енергетског потенцијала.....	78

3.2.1.4	Испитивање температуре самозапаљења .....	78
3.2.1.5	Испитивање максималног притиска продукта сагоревања .....	78
3.2.2	II фаза истраживања .....	78
3.2.2.1	Избор састава пиротехничких смеша .....	79
3.2.2.2	Испитивање брзине сагоревања .....	80
3.2.2.3	Испитивање енергетског потенцијала .....	80
3.2.2.4	Испитивање температуре самозапаљења .....	80
3.2.2.5	Испитивање максималног притиска продукта сагоревања .....	80
3.2.2.6	Полигонска испитивања .....	80
3.2.3	III фаза истраживања .....	82
3.2.3.1	Оптимизација састава пиротехничких смеша .....	83
3.2.3.2	Удео везивне компоненте .....	85
3.2.3.3	Утицај биланса кисеоника на брзину сагоревања .....	85
3.2.3.4	Утицај густине пуњења на брзину сагоревања .....	85
3.2.3.5	Утицај дебљине зида облоге пуњења на брзину сагоревања .....	86
3.2.4	IV фаза истраживања .....	86
3.2.4.1	Дефинисање састава за извршење испитивања .....	87
3.2.4.2	Припрема пуњења ГГ за испитивање утицаја БГ на брзину сагоревања .....	87
3.2.4.3	Утицај БГ на брзину сагоревања .....	89
3.2.4.4	Утицај БГ на ефективну топлотну проводност пиротехничких пуњења .....	90
<b>4.</b>	<b>ПРИКАЗ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ИСПИТИВАЊА .....</b>	<b>91</b>
<b>4.1</b>	<b>Прва фаза истраживања .....</b>	<b>91</b>
4.1.1	Брзина сагоревања .....	91
4.1.2	Енергетски потенцијал .....	93
4.1.3	Температура самозапаљења .....	94
4.1.4	Одређивање максималног притиска сагоревања у манометарској бомби .....	96
<b>4.2</b>	<b>Друга фаза истраживања .....</b>	<b>97</b>
4.2.1	Полигонска испитивања .....	97
<b>4.3</b>	<b>Трећа фаза истраживања .....</b>	<b>103</b>
4.3.1	Утицај удела везивне компоненте на брзину сагоревања .....	103
4.3.2	Утицај биланса кисеоника на брзину сагоревања .....	104
4.3.3	Утицај густине пуњења на брзину сагоревања .....	106
4.3.4	Утицај дебљине зида облоге на брзину сагоревања .....	109
4.3.5	Вишепараметарска анализа процеса сагоревања .....	114
4.3.6	Утицај грејача од бакарне жице на брзину сагоревања .....	122
4.3.7	Утицај БГ на ефективну топлотну проводљивост пиротехничких пуњења .....	124
<b>5</b>	<b>ЗАКЉУЧАК .....</b>	<b>130</b>
<b>6</b>	<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>134</b>
<b>7</b>	<b>ПРИЛОЗИ .....</b>	<b>138</b>
	<b>БИОГРАФИЈА АУТОРА .....</b>	<b>139</b>
	<b>ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ .....</b>	<b>140</b>
	<b>ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ</b>	
	<b>ДОКТОРСКОГ РАДА .....</b>	<b>141</b>
	<b>ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ .....</b>	<b>142</b>

**СПИСАК СКРАЋЕНИЦА И СИМБОЛА**

Base Bleed

CD ( ),

pB ,

p $\hat{O}$

M $\hat{O}$

I ,

Tg ,

M ,

dj/dB

szp

tsr

t

P

## СПИСАК СЛИКА

<i>Слика 1. Шведски артиљеријски топ 120 mm, M70.....</i>	23
<i>Слика 2. Топ-хаубица НОРА Б-52 .....</i>	23
<i>Слика 3. Попречни пресеци пуњења ГГ неких артиљеријских система системе .....</i>	23
<i>Слика 4. Употреба јединице ГГ код ракетних система .....</i>	24
<i>Слика 5. Најједноставније техничко решење јединице ГГ за класичну артиљеријску муницију.....</i>	24
<i>Слика 6. Решење јединице ГГ са млазницама.....</i>	25
<i>Слика 7. Конструкција јединице ГГ класичног артиљеријског пројектила са млазницом променљивог попречног пресека.....</i>	26
<i>Слика 8. Побољшање аеродинамичности пројектила променом његовог попречног пресека током лета пројектила .....</i>	28
<i>Слика 9. Молекул глукозе.....</i>	37
<i>Слика 10. Добијање D-сорбитола из D-глукозе.....</i>	38
<i>Слика 11. Витамин Ц.....</i>	39
<i>Слика 12. Молекул лактозе .....</i>	40
<i>Слика 13. Вертикална преса „DUNKESö .....</i>	63
<i>Слика 14. VOD 811 – уређај за мерење брзине детонације-сагоревања.....</i>	63
<i>Слика 15. Пиротехничке смеше упресоване у челично кућиште јединице ГГ.....</i>	64
<i>Слика 16. Адијабатски калориметар ИКА-Ц400.....</i>	65
<i>Слика 17. Уређај за испитивање температуре самозапаљења .....</i>	66
<i>Слика 18. Муниција 57 mm са уграђеном јединицом ГГ.....</i>	81
<i>Слика 19. Алат за двофазно пресовање .....</i>	88
<i>Слика 20. Основа алата са 3 пина .....</i>	89
<i>Слика 21. Дистанцер.....</i>	89
<i>Слика 22. Алуминијумска цевчица.....</i>	90
<i>Слика 23. Графички приказ зависности времена индукције од температуре .....</i>	95
<i>Слика 24. Изглед пројектила са и без навијене јединице ГГ.....</i>	99
<i>Слика 25а,б,в Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази лактозе без лабораторисане припалне смеше .....</i>	100
<i>Слика 26а,б,в,г Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази магнезијума без лабораторисане припалне смеше.....</i>	100
<i>Слика 27а,б Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази лактозе и 4 g M4 припалне смеше .....</i>	101
<i>Слика 28а,б Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази лактозе и 2 g M4 припалне смеше .....</i>	101



<b>Слика 29а,б</b> Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази магнезијума и 2,6 g M4 припалне смеше .....	102
<b>Слика 30а,б</b> Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази магнезијума и 2,6 g M4 припалне смеше .....	102
<b>Слика 31.</b> Зависност брзине сагоревања од удела везива .....	104
<b>Слика 32.</b> Зависност брзине сагоревања од биланса кисеоника .....	106
<b>Слика 33.</b> Утицај густине пуњења на вредност брзине сагоревања пир.смеша на бази лактозе.....	109
<b>Слика 34.</b> Утицај густине пуњења на вредност брзине сагоревања пир.смеша на бази витамина Ц.....	109
<b>Слика 35.</b> Утицај облоге на вредност брзине сагоревања пир.смеша на бази лактозе (густи Слика 36. на пуњења 1,73 g/cm <sup>3</sup> ).....	113
Утицај облоге на вредност брзине сагоревања пир.смеша на бази витамина Ц (густина пуњења 1,73 g/cm <sup>3</sup> ).....	113
<b>Слика 37.</b> Прираст брзине сагоревања пир.смеша на бази лактозе и витамина Ц у зависности од биланса кисеоника .....	115
<b>Слика 38.</b> Зависност брзине сагоревања пир.смеша на бази лактозе, у стандардној и модификованој облози, од биланса кисеоника .....	115
<b>Слика 39.</b> Брзина сагоревања пир.смеша на бази витамина Ц, у стандардној и модификованој облози, у зависности од биланса кисеоника.....	116
<b>Слика 40.</b> Утицај удела лактозе на прираст брзине сагоревања (густина пуњења 1,73 g/cm <sup>3</sup> ) .....	119
<b>Слика 41.</b> Утицај дебљине облоге на прираст брзине сагоревања (густина пуњења 1,73 g/cm <sup>3</sup> ) .....	120
<b>Слика 42.</b> Утицај дебљине облоге на прираст брзине сагоревања (густина пуњења 1,87 g/cm <sup>3</sup> ) .....	121
<b>Слика 43.</b> Утицај дебљине облоге на прираст брзине сагоревања (густина пуњења 2,00 g/cm <sup>3</sup> ) .....	121
<b>Слика 45.</b> Термалне слике узорка смеше 007/12П1 након 0, 10, 60 и 180 s мерења (први ред-узорци без бакарних грејача, други ред-узорци са бакарним грејачима).....	125
<b>Слика 46.</b> Прираст температуре узорка смеше 001/12П1 у функцији времена, са (црвена линија) и без бакарних грејача (плава линија) .....	127
<b>Слика 47.</b> Прираст температуре узорка смеше 007/12П1 у функцији времена, са (црвена линија) и без бакарних грејача (плава линија) .....	127
<b>Слика 48.</b> Прираст температуре узорка смеше 002/12П1 у функцији времена, са (црвена линија) и без бакарних грејача (плава линија) .....	128
<b>Слика 49.</b> Прираст температуре узорка смеше 008/12П1 у функцији времена, са (црвена линија) и без бакарних грејача (плава линија) .....	128

## СПИСАК ТАБЕЛА

<i>Табела 1. Састав пиротехничке смеше на бази магнезијума .....</i>	73
<i>Табела 2. Испитани састави пиротехничких смеша у I фази истраживања .....</i>	76
<i>Табела 3. Пиротехнички састави испитани у II фази истраживања .....</i>	79
<i>Табела 4. Испитани састави пиротехничких смеша у III фази истраживања .....</i>	84
<i>Табела 5. Резултати испитивања брзине сагоревања пиротехничких смеша из I фазе истраживања .....</i>	91
<i>Табела 6. Резултати испитивања брзине сагоревања пиротехничких смеша на бази различитих органских горива .....</i>	93
<i>Табела 7. Резултати испитивања енергетског потенцијала одабраних пиротехничких смеша из I фазе истраживања .....</i>	93
<i>Табела 8. Зависност времена индукције од температуре за пир. смешу 027/09П1 .....</i>	94
<i>Табела 9. Зависност времена индукције од температуре за пир. смешу 029/09П1 .....</i>	94
<i>Табела 10. Зависност времена индукције од температуре за пир. смешу 028/09П1 .....</i>	95
<i>Табела 11. Резултати испитивања максималног притиска продукта сагоревања у манометарској бомби за одабране пир.смеше из I фазе истраживања .....</i>	96
<i>Табела 12. Резултати испитивања максималног притиска продукта сагоревања у манометарској бомби одабраних пир.смеша .....</i>	97
<i>Табела 13. Резултати полигонских испитивања рада ГГ Base Bleed пројектила 57 mm .....</i>	98
<i>Табела 14. Утицај удела везива, Витон А, на брзину сагоревања .....</i>	103
<i>Табела 15. Утицај биланса кисеоника на брзину сагоревања .....</i>	105
<i>Табела 16. Утицај густине пуњења на брзину сагоревања .....</i>	106
<i>Табела 17. Утицај дебљине зида јединице ГГ на брзину сагоревања .....</i>	110
<i>Табела 18. Утицај уградње бакарних грејача на брзину сагоревања пиротехничких пуњења јединице ГГ .....</i>	123

## 1. УВОД

,

,

,

,

,

,

,

,

,

.

:

[1].

,

,

,

,

,

,

,

,

.

2 Mach,

50%

[2].

,

( - )

( )

( )

57 mm, 100 g

Base Bleed

(  
).

,

.

( , , )

( ).

.

( )

.

,

.

.

.

.

.

**2. ТЕОРЕТСКИ ДЕО**

**2.1 Развој Base Bleed пројектила**

30 %

5 10 km,

GC-45

30 %

'60-

Base Bleed ( )

š

õ (Försvarets

forskningsanstalt)

FMV (Försvarets MaterielVerk).

, 1969.

105 mm.

1971.

Base Bleed

120 mm 70

š

õ



Слика 1. Шведски артиљеријски топ 120 mm, M70



Слика 2. Топ-хаубица НОРА Б-52



Слика 3. Попречни пресеци пуњења ГГ неких артиљеријских система

75 155 mm, ,  
105, 122 155 mm.

( , ,  
, .),  
( , ,  
,  
, .).

[2, 3, 4, 5, 6].

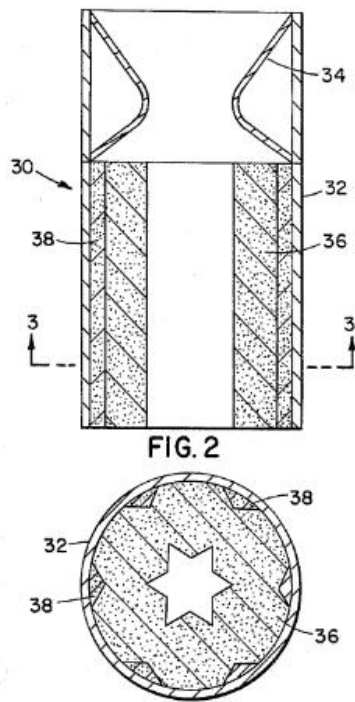
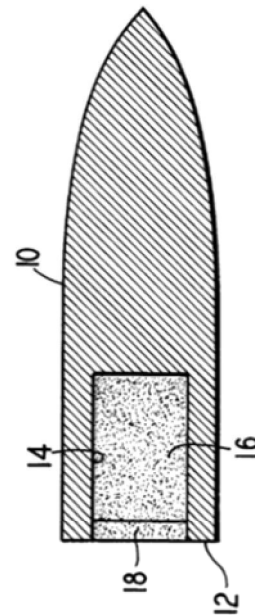


FIG. 2

Слика 4. Употреба јединице ГГ код ракетних система

Где је:  
32-комора РМ; 34-млазница; 36-ракетно гориво; 38-пуњење ГГ



Слика 5. Најједноставније техничко решење јединице ГГ за класичну артиљеријску муницију

Где је:  
10-ББ пројектил; 12-база ББ пројектила; 14-јединица ГГ; 16-пуњење ГГ; 18-припала пуњења ГГ

4 5

( 5)

( 4).

4

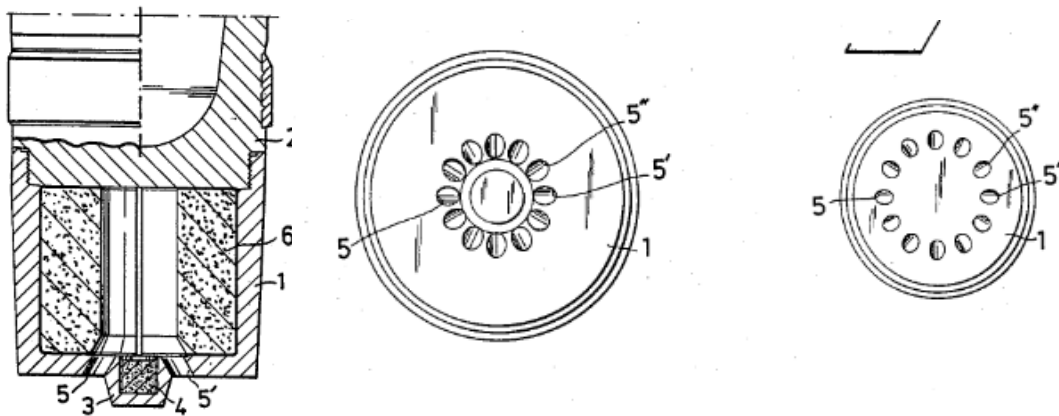
[3]. 4

(36)

(38)



5  
 [2]. 5  
 (12), (14),  
 (18) (16).  
 (18)



Слика 6. Решење јединице ГГ са млазницама

Где је:

1-јединица ГГ; 2-база ББ пројектила; 3-лежиште припале; 4-припала пуњења ГГ; 5 (5' и 5'')-млазнице на дну јединице ГГ; 6-пуњење ГГ.

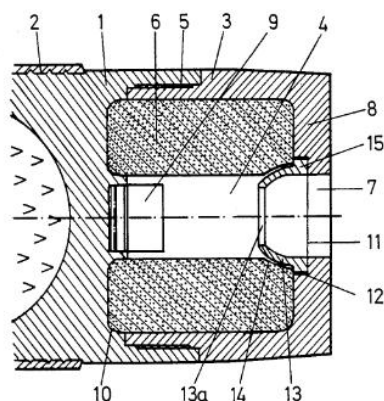
6

6

5,



[4].



**Слика 7.** Конструкција јединице ГГ класичног артиљеријског пројектила са млазницом променљивог попречног пресека

Где је:

1-ББ пројектил; 2-водећи прстен; 3-јединица ГГ; 4-централна шупљина; 5 навојни спој јединице ГГ и дна пројектила; 6-пуњеће ГГ; 7-излазни отвор на јединици ГГ; 8-дно јединице ГГ; 9-припала пуњећа ГГ; 10-место ослањања пуњећа ГГ на дном ББ пројектила; 11-заптивка јединице ГГ; 12-навојни спој млазнице и јединице ГГ; 13- млазница ГГ; 13а-променљиви отвор млазнице ГГ; 14- место ослањања пуњећа ГГ на млазницу ГГ

:

- (13 )

(7)δ

,

.

- ,

,

,

.

,

,

.

-

2s

,

,

.

-

( )

.

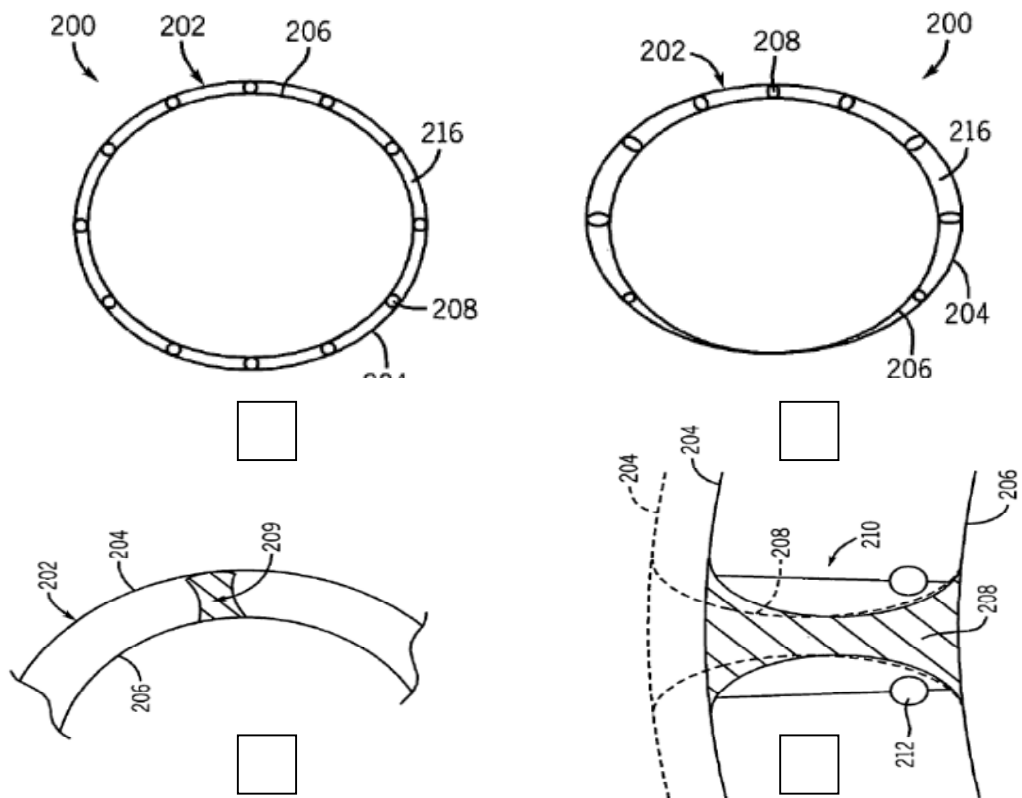
-

(13 14)

,

,

.



**Слика 8.** *Побољшање аеродинамичности пројектила променом његовог попречног пресека током лета*

Где је:

202-кошуљица пројектила; 204-унутрашњи слој кошуљице; 206-спољашњи слој кошуљице; 208- „паметни“ раздвајајући елемент; 209-елемент са непроменљивим обликом; 210- елемент са особином „меморије-памћења облика“; 212-ослобађајуће пуњење; 216-размак између слојева кошуљице.

8 [6].

š õ

8,

š õ,

(202)

(204-

206-

).

(202)

(208) (š ð  
)  
(208)  
(209), š ð.  
, ,  
, ,  
, ,  
(208)  
š ð . (208) (210)-  
š - ð (  
)  
(212),  
š ð,  
(210) -  
(208)

**2.2 Улога генератора гаса ВВ пројектила**

**2.2.1 Потреба за увођењем јединице ГГ**

,  
,  
š ð  
(1),  
РВ

$$C_D = \frac{2[1 - (p_B / p_\infty)]}{kM_\infty^2} \quad (1)$$

:

$C_D$  ó ( ),

$p_B$  ó ,

$p_0$  ó ,

$M_0$  ó .

, , ,

, , š ð

.

.

.

40-50%.

2.2.2 Пиротехничке смеше за израду пуњења јединице ГГ

(9). [7]

$$C_D = f(M, I, T_g, \beta, \dot{M}, d_j / d_B, p_B / p_\infty) \quad (2)$$

:

I ó ,

$T_g$  ó ,

ó ,

$\dot{M}$  ó ,

$d_j/d_B$  ó

.

,  $d_j/d_B$  ,

, ,

, g,

, I,

,  $p_B/p_0$ .

.

-

,

.

,

,

.

,

, :

•

,

•

,

•

,

•

-

,

•

•

§ Õ,

[2].

### **2.3 Пиротехничке смеше**

"PYRO"

"TEHNE"



- 
- 
- 
- 

гориво,

оксиданс.

- 
- 
- 
-

:

- - ,
- - ,
- ,
- ,
- ,

**2.3.1 Компоненте пиротехничких смеша**

**2.3.1.1 Горива**

.  
, , ,  
.  
, .  
,  
. .  
:  
, , ,  
:  
, , , , ,  
:  
, , ,  
( , ),  
(II)- ,  
-

Магнезијум (Mg),

[8].

(Mg/Mg<sup>2+</sup>=+2,37V).

pH

(3).



KClO<sub>4</sub>, Ba (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, ...).

( 90%)



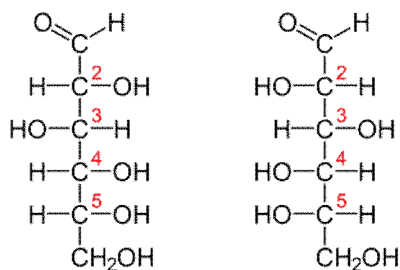
,  
,  
649 ,  
, 1107 ,  
(  
)  
.  
.  
**Угљени хидрати ( )**  
( - )  
( - ) - ( - )  
) . o ,  
, 80% .  
.  
.  
, , , , ,  
- , - , , , ,  
.  
.  
š õ .  
.  
, ,  
.  
- , .  
- [9].

$C_6H_{12}O_6$        $C_5H_{10}O_5$        $C_nH_{2n}O_n$   
 -      )      ,      (      -      )      (      -  
 ).      (      )  
 (      ).      ,      . [10]

Глукоза ( $C_6H_{12}O_6$ , 180.18 g/mol)

HCN

n-



D-Glucose

L-Glucose

Слика 9. Молекул глукозе

§

õ,

(-OH)

CH<sub>2</sub>OH

2

2

2

(5).

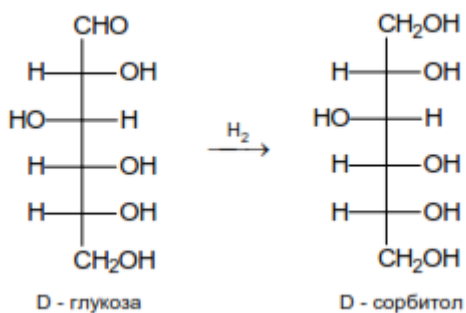


, D- , 146 L- 150

,

(  
 , )

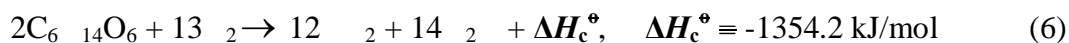
**Сорбитол** (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>, 182.17 g/mol)



Слика 10. Добијање D-сорбитола из D-глукозе

2 2

(5).



95 296 .

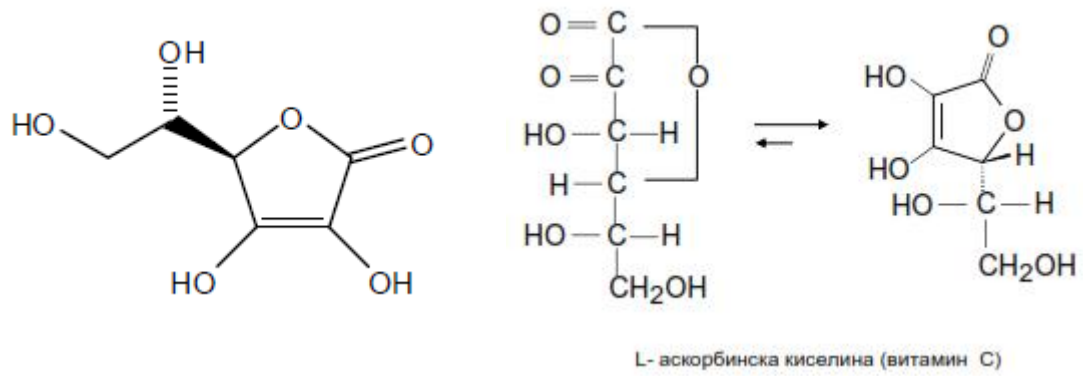
**Витамин Ц** (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, 176 g/mol, 192 )

L- . L- . L-

, L- .

IUPAC ,  
 (R)-3,4- -5-((S)-1,2- ) -2(5N)-

11. [11]



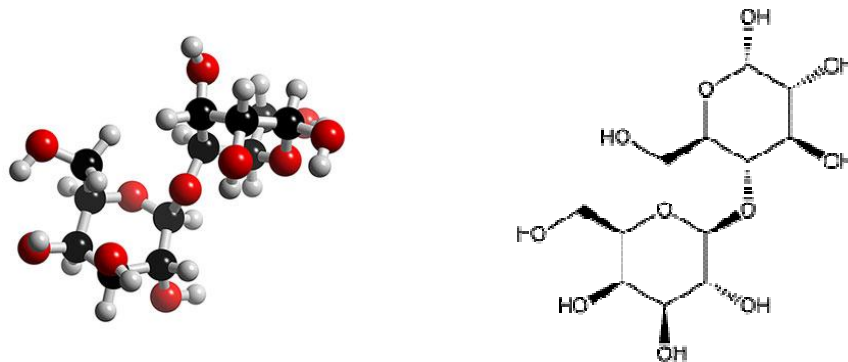
Слика 11. Витамин Ц

Дó Reichsteinov , 1930- , 1960- , 60 % . L- . ( ). 100°C.

**Олигосахариди**

**Лактоза** (  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , 342,30 g/mol) ,

( - ).



Слика 12. Молекул лактозе

. [10]

-D-                      -D6

(                      )

CxHyOz.

2 +

(

,

).

-                      /2

**2.3.1.2 Оксидациона средства**



( , ) .  
( )  
- .  
( ) .

, , .

, .

, :

- ó ,
- ,
- ,
- - ,
- .

·

·

,



+ 1,66V

+ 2,38V.

( , , , ).

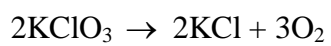
Калијум-хлорат,  $KClO_3$ ,

39,2 %

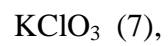
$KClO_3$

, 356 ,

500 :



(7)



Калијум-перхлорат,  $\text{KClO}_4$ ,

540



400



300

Калијум-нитрат,  $\text{KNO}_3$ ,

334 ,



$\text{KNO}_3$



### 2.3.1.3 Везива



PTFE

PTFE Al/PTFE, B/PTFE, Ti/PTFE, Si/PTFE and Zr/PTFE [16,23,24,27-30].

**Витон А**,  $[(CH_2CF_2)_m(CF_2OC(CF_3)F)_p]_n$ ,

370

Mg/PTFE

20 %

PTFE

**2.3.1.4 Адитиви**







- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

### ***2.3.3 Принципи избора и прорачуна састава пиротехничких смеша***

( )

**Пример 1:**

g Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.



121,5 g g 261 g Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

% :

$$\frac{121.5 \cdot 100}{382.5} \approx 32\% \text{Mg} \quad \frac{261 \cdot 100}{382.5} \approx 68\% \text{Ba}(\text{NO}_3)_2. \quad (12)$$



:

$$\frac{194.4 \cdot 100}{455.4} \approx 43\% Mg \quad \frac{261 \cdot 100}{455.4} \approx 57\% Ba(NO_3)_2. \quad (14)$$

,

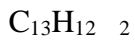
(

- ).

**Пример 2:**

N<sub>3</sub>

( ).



:

$$12 N_3 + C_{13}H_{12} 2 = 6 2 + 6N_2 + 13C 2 + 6H_2 \quad (15)$$

$$34 N_3 + 5C_{13}H_{12} 2 = 17 2 + 17N_2 + 65C + 30H_2 \quad (16)$$

$$N_3 = 86\%, \quad = 14\%,$$

$$N_3 = 77\%, \quad = 23\%.$$

**Пример 3:**

g - B (N<sub>3</sub>)<sub>2</sub> -

(

C 2

H<sub>2</sub> ).

$$g \quad B (N_3)_2 \quad 1,$$

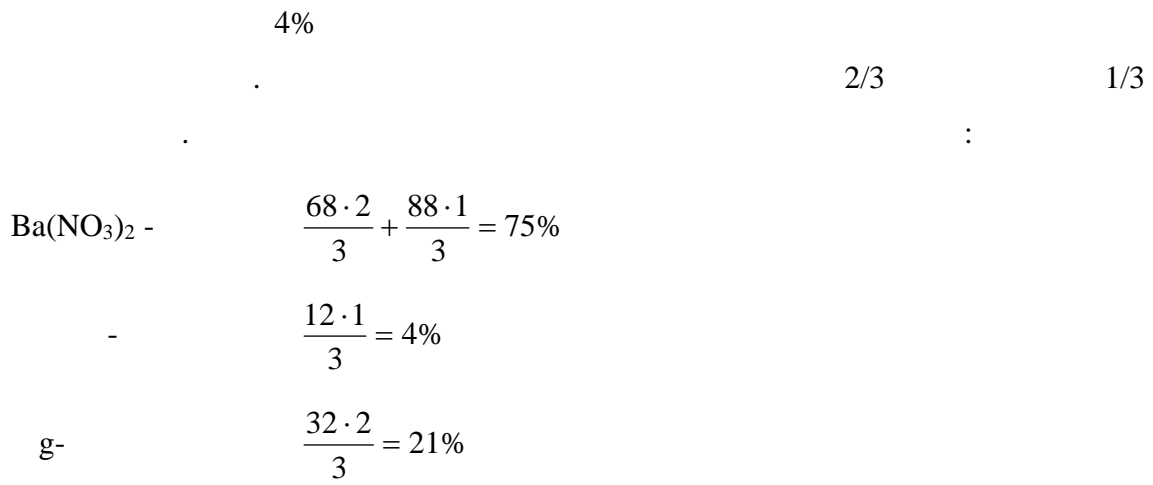
$$B (N_3)_2 \quad :$$

$$6B (N_3)_2 + C_{13}H_{12} 2 = 6B + 6N_2 + 13C 2 + 6H_2 \quad (17)$$

:

$$B (N_3)_2 - 68\% \quad B (N_3)_2 - 88\%$$

$$g- 32\% \quad - 12\%$$



**2.3.3.1 Биланс кисеоника**

(                      (                      ),                      (                      )  
 ,                      ,                      ,                      ),                      ,                      ,  
 ).

a

.

,

( , , , .).

,

,

,

.

.

- ( ).

MS Ex el.

,

,

0,

N<sub>2</sub>,

+4 -

2, .

,

( - )  
 . [8]

.4		$K^{+1}Cl^{-1}O_4^{-2} + Ti^{+4} \rightarrow KCl + TiO_2$	
, g		80	20
	, g/mol	138,6	47,9
	, mol	0,577	0,418
		-8	+4
		-4,62	+1,67
		-	-2,95

**2.3.3.2 Удео везивне компоненте**

,  
 ,  
 : ,  
 ( , ),  
 .  
 , ,  
 .  
 ( , )  
 )  
 -  
 .  
 , ,  
 15 % . [31]

10 %.

( )

( )

**2.3.4 Технологија израде пиротехничких смеша**



. [32]

**2.3.5 Израда пиротехничких смеша**

**2.3.5.1 Припрема сировина.**

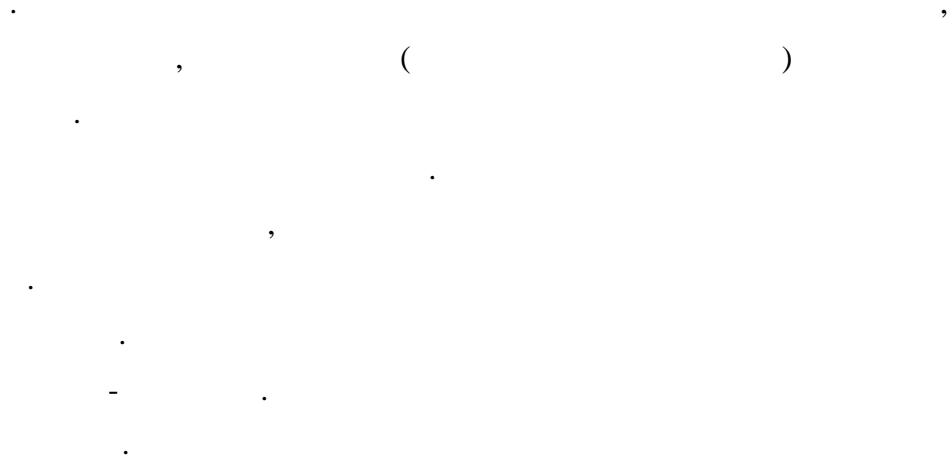
0,4 %,

( ) .

10 μ

( , )

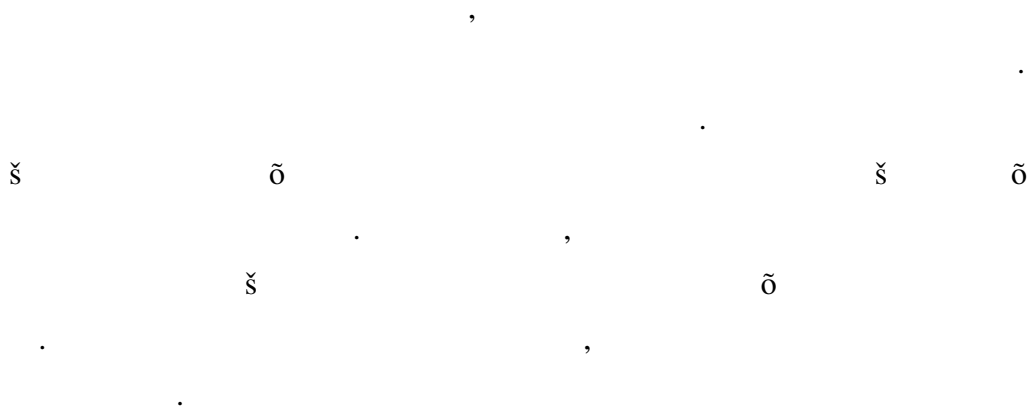
**2.3.5.2 Сува хомогенизација**



**2.3.5.3 Растварање везива**



**2.3.5.4 Мешање суво хомогенизоване смеше са раствором везива**



š õ

**2.3.5.5 Зрчање смеше**

š õ

š õ

**2.3.5.6 Сушење смеше**

65±5°C

0,4%.

**2.3.5.7 Пресовање**

**2.3.5.8 Паковање**

**2.3.5.9 Лаборација**

**2.3.6 *Функционалне карактеристике пиротехничких смеша за ГГ ВВ пројектила***

( )

), [33]

2.3.6.1 Максимални притисак продуката сагоревања у манометарској бомби

š ð

),

( )

( )

(

) ( , 9,999997 10<sup>-5</sup>s).

2.3.6.2 Брзина сагоревања

[34]

, . е [35, 36] ,

рв о

( ) . , , :

- - ,
- : , , ,
- : ;
- ;
- ;
- ;

"DUNKES" ( 13) 200 bar.



Слика 13. Вертикална преса „DUNKES“

VOD 811

OZM Research s.r.o.,

š      ð ( ) 10 ns      š      ð 1 ns,      VOD

811



Слика 14. VOD 811 – уређај за мерење брзине детонације-сагоревања

57 mm.

0,15 mm ( 15),

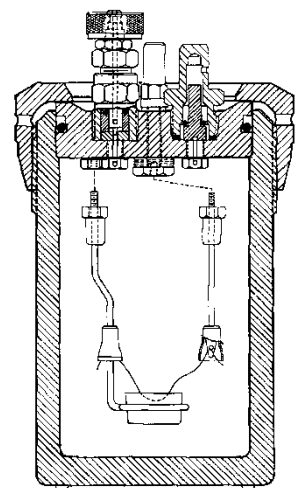


Слика 15. Пиротехничке смеше упресоване у челично кућиште јединице ГГ

2.3.6.3 Енергетски потенцијал

( ) 1 g

[37].



).

( ),

( ).



- 400, 16, [38].



***Слика 16. Адијабатски калориметар ИКА-Ц400***

**2.3.6.4 Температура самозапаљења**

[39].

( 0,05 g)



**Слика 17.** Уређај за испитивање температуре самозапаљења

( $2 < t < 10$  s),  
T- ,  
( -t),  
( ). [28]

**2.3.6.5 Топлотна проводљивост**

FLIR SC620,

šFLIR Systemsõ, Inc.

***2.3.7 Стабилност пиротехничких смеша***

[40].

,

.

( )

.

[39].

,

,

.

.

,

[39]:

- §  
100% 24 h  
2% .õ
- , §  
92,5% 24 h  
1,75% .õ

,

.

,

,

.

.

,

.

**3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО**

a ,

Base Bleed

57 mm.

( , , ).

ó ,

50%.

, , ,

,

**3.1 Досадашња истраживања пиротехничких смеша за лабораторију ГГ ВВ пројектила у нашој одбрамбеној индустрији**

57 mm

1.

57mm

7,

š

õ.

2008-

š

õ



20-25 %

Табела 1. Састав пиротехничке смеше на бази магнезијума

Основни хемијски састав	Одговарајући стандард	028/09П1 (Референтна смеша)
Магнезијум (Mg), масена конц., (%)	СОРС 1404 [41]	40
Стронцијум-нитрат (Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ), масена конц., (%)	СОРС 1397 [42]	40
Тефлон (C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> ) <sub>n</sub> , масена конц., (%)	СОРС 1740 [43]	15
Витон А (C <sub>5</sub> H <sub>3.5</sub> F <sub>6.5</sub> ), масена конц., (%)	СФСЦ-2175 [44]	5

( б б ) [45, 46].

Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>,

[47]: ( 6 14 6),  
( 6 10 4), ( 12 22 11 2 ), ( 6 12 6),  
( 6 8 6), .

2 .

**3.2 Реализација истраживања**

**3.2.1 I фаза истраживања**

**3.2.1.1 Избор састава**

028/09 1 (

)

2.

Табела 2. Испитани састави пиротехничких смеша у I фази истраживања

Назив смеше	Компонента смеше/удео [%]				Напомена
	Гориво	Оксиданс	Адитив	Везиво	
002/09 1	/25	ClO <sub>4</sub> /70	ó	/5	.
003/09 1	/25 Mg( )/5	NH <sub>4</sub> ClO <sub>4</sub> /65	ó	/5	.
004/09 1	/20 Mg( )/10	ClO <sub>4</sub> /65	ó	/5	002/09 1,
006/09 1	/20	CaSO <sub>4</sub> /50 ClO <sub>4</sub> /25	ó	/5	ClO <sub>4</sub> .
009/09 1	/17	KNO <sub>3</sub> /63 ClO <sub>4</sub> /15	ó	/5	ClO <sub>4</sub> KNO <sub>3</sub> ,
010/09 1	/23	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /9 ClO <sub>4</sub> /63	ó	/5	,
014/09 1	/15	ClO <sub>4</sub> /75	ó	/10	.
015/09 1	/15	ClO <sub>4</sub> /70	ó	/15	014/09 1
016/09 1	/15	ClO <sub>4</sub> /70	Fe	/15	015/09 1 0,02g 5%.
027/09 1	/15	ClO <sub>4</sub> /72,5	/2,5	/10	12,5%,
028/09 1	Mg( )/40	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> /40 PTFE/15	ó	/5	.
029/09 1	/10 Mg/15	KNO <sub>3</sub> /60 ClO <sub>4</sub> /10	ó	/5	009/09 1,
031/09 1	/21	ClO <sub>4</sub> /74	Fe(0,06g)	/5	.
032/09 1	/21	ClO <sub>4</sub> /74	ó	/5	031/09 1 18%.

ó (002, 004, 014, 031 032/09 1),  
ó (003 006/09 1),  
ó (009/09 1),  
ó (010/09 1).

**3.2.1.2 Испитивање брзине сагоревања**

( 8 mm 15 mm),  
šMetlerõ  
± 0,005 g.  
a  
( ) 2 mm, 2  
VOD 811  
10 mm  
VOD 811  
VOD  
811

**3.2.1.3 Испитивање енергетског потенцијала**

0,3 . ,  
,  
,  
,  
3 gr ( ) -  
š ð( ) .

**3.2.1.4 Испитивање температуре samozапалења**

027, 028 029/09 1.

( $\epsilon 0,05$  g).

té10 s.

té3 s.

**3.2.1.5 Испитивање максималног притиска продуката сагоревања**

( 3.1.2.3).

300 cm<sup>3</sup>,

-02 .

Teledyne Taber, Type 2210,

0-200 bar.

( )

300 s.

**3.2.2 II фаза истраживања**

3.2.2.1 Избор састава пиротехничких смеша

II

(023/10 1)

Табела 3. Пиротехнички састави испитани у II фази истраживања

Ознака смеше	Компонента смеше/удео [%]		
	Гориво	Оксиданс	Везиво
020/10 1	/15	KNO <sub>3</sub> /65 ClO <sub>4</sub> /10	/10
021/10 1	/15	KNO <sub>3</sub> /65 ClO <sub>4</sub> /10	/10
022/10 1	/15	KNO <sub>3</sub> /65 ClO <sub>4</sub> /10	/10
023/10 1	g( )/40	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> /40 PTFE/15	/5

3

3.2.1.2 3.2.1.5.

**3.2.2.2 Испитивање брзине сагоревања**

3,  
3.2.1.2 .

**3.2.2.3 Испитивање енергетског потенцијала**

3,  
3.2.1.3

**3.2.2.4 Испитивање температуре samozапљења**

3,  
3.2.1.4

**3.2.2.5 Испитивање максималног притиска продукта сагоревања**

3,  
3.2.1.5 .

**3.2.2.6 Полигонска испитивања**

3,  
, š õ .  
10  
57 mm ,

10 ,  
, (023/10 1)  
(020/10 1),





*Слика 18. Муниција 57 mm са уграђеном јединицом ГГ*

(4363,00 /g)



**3.2.3.1 Оптимизација састава пиротехничких смеша**

ó

ó

( .

4).

( )

4.

Табела 4. Испитани састави пиротехничких смеша у III фази истраживања

Назив пир.смеше	Компонента смеше/масени удео, [%]			Биланс кисеоника, [%]
	Гориво	Оксиданс	Везиво	
<b>Неутралан биланс кисеоника</b>				
010/12 1	/27,6	ClO <sub>4</sub> /69,4	/3	0,06
006/12 1	/26,8	ClO <sub>4</sub> /69,2	/4	-0,02
001/12 1	/26,1	ClO <sub>4</sub> /68,9	/5	-0,70
004/12 1	/25,2	ClO <sub>4</sub> /68,8	/6	0,06
005/12 1	/24,4	ClO <sub>4</sub> /68,6	/7	-0,02
013/12 1	/30,9	ClO <sub>4</sub> /66,1	/3	-0,26
012/12 1	/30,0	ClO <sub>4</sub> /66,0	/4	-0,33
007/12 1	/29,1	ClO <sub>4</sub> /65,9	/5	-0,46
011/12 1	/28,0	ClO <sub>4</sub> /66,0	/6	0,46
<b>Позитиван биланс кисеоника</b>				
002/12 1	/22,9	ClO <sub>4</sub> /71,8	/5,3	15,24
008/12 1	/25,9	ClO <sub>4</sub> /69,1	/5,0	15,52
<b>Негативан биланс кисеоника</b>				
003/12 1	/29,3	ClO <sub>4</sub> /65,7	/5,0	-14,39
009/12 1	/32,5	ClO <sub>4</sub> /62,5	/5,0	-14,26

4 ,

( , 3 7 %)

),

( )

(5 %).

7 %

, (

005/12 1). [48]

3.2.3.2 Удео везивне компоненте

:  
 ó 1,73 g/cm<sup>3</sup>,  
 ó ,  
 ó .  
 4.  
 14. [49]  
 3 7 % ,  
 3 6 % . 7 %  
 7 % .

3.2.3.3 Утицај биланса кисеоника на брзину сагоревања

,  
 :  
 ó 1,73 g/cm<sup>3</sup>,  
 ó ,  
 ó 5 % .

15. [48]

3.2.3.4 Утицај густине пуњења на брзину сагоревања

,  
 :  
 ó 1,73; 1,87 2,00 g/cm<sup>3</sup>,  
 ó  
 ( 1 mm),

ó

4.

16. [49]

**3.2.3.5 Утицај дебљине зида облоге пуњења на брзину сагоревања**

ó

1,73 g/cm<sup>3</sup>-

ó

1,73; 1,87 2,00 g/cm<sup>3</sup>-

ó

( 1 mm 10 mm) ( 2 mm 12 mm)

17. [49]

**3.2.4 IV фаза истраживања**

( , , , , .)

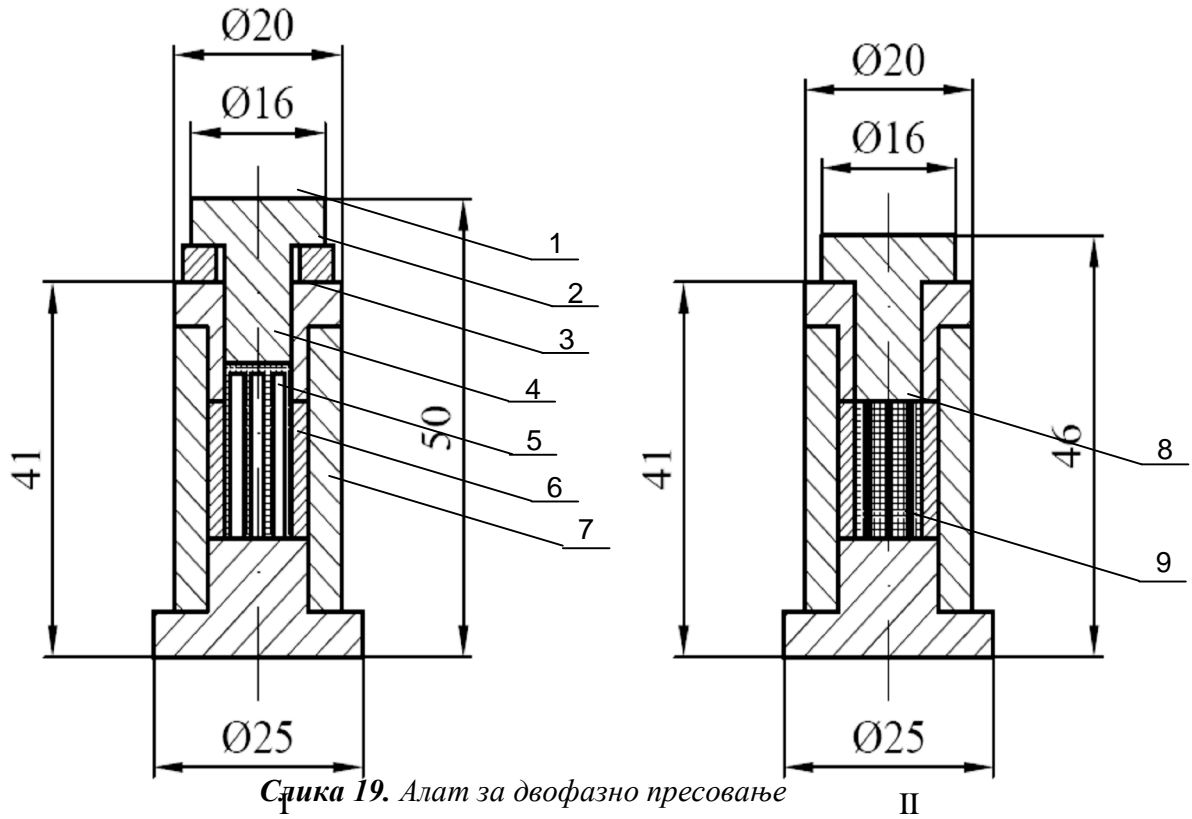
[1],

**3.2.4.1 Дефинисање састава за извршење испитивања**

4. [50]

**3.2.4.2 Припрема пуњења ГГ за испитивање утицаја БГ на брзину сагоревања**

2 mm,

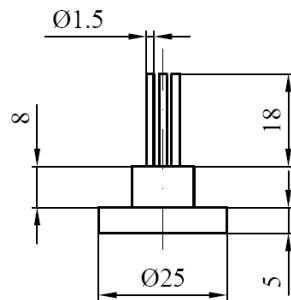


Слика 19. Алат за двофазно пресовање

1- , 2- , 3- , 4- , 5-  
 3 , 6- , 7- , 8- , 9-

)

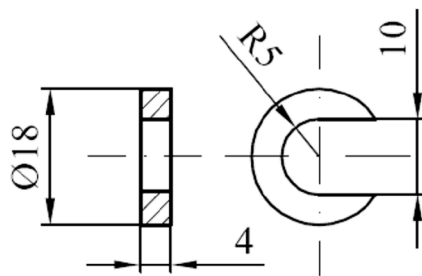
3 , 20.





Слика 20. Основа алата са 3 пина

5), ( 19, 3), ( 21) ( 19, 9).

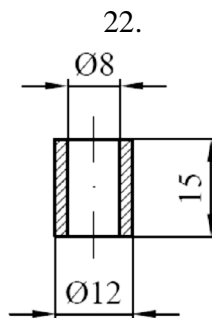


Слика 21. Дистанцер

3.2.4.3 Утицај БГ на брзину сагоревања

[50]:

ó 0,1  
mm, 3  
ó 1,73 g/cm<sup>3</sup> (1,3 ±  
0,01 g



*Слика 22. Алуминијумска цевчица*

,  
VOD 811.

**3.2.4.4 Утицај БГ на ефективну топлотну проводност пиротехничких пуњења**

ó

12

15 mm,

ó

200 .

ó

1,76 g/cm<sup>3</sup>.

ó

FLIR SC620

180 s. [50]

## 4. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ИСПИТИВАЊА

## 4.1 Прва фаза истраживања

## 4.1.1 Брзина сагоревања

5.

Табела 5. Резултати испитивања брзине сагоревања пиротехничких смеша из I фазе истраживања

Назив смеше	Време сагоревања, [s]	Брзина сагоревања, [mm/s]
002/09 1	22,54	0,66
004/09 1	22,9	0,65
010/09 1	13,6	1,1
014/09 1	8,45	1,77
015/09 1	8,25	1,82
016/09P1	7,03	2,13
027/09 1	7,54	1,99
028/09 1	10,03	1,5
029/09 1	4,65	3,22
031/09 1	13,52	1,11
032/09 1	15,89	0,94

42 %

2 mm/s,

0,65 mm/s (004/09 1) 3,22 mm/s (029/09 1).

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

(1,1 mm/s),

, 031 032/09 1.

15,3 %. [51]

009/09 1 029/09 1,

029/09 1 3,22 mm/s, 009/09 1

014/09 1

1,77 mm/s, a 015/09 1, 1,82 mm/s. [31]

, 022/10 1,

, 020/10 1, 6. [52]

Табела 6. Резултати испитивања брзине сагоревања пиротехничких смеша на бази различитих органских горива

Назив смеше	Време сагоревања, [s]	Брзина сагоревања, [mm/s]
020/10 1	5.19	2.89
021/10 1	4.42	3.39
022/10 1	3.15	4.77
023/10 1	7.46	2.01

#### 4.1.2 Енергетски потенцијал

7.

Табела 7. Резултати испитивања енергетског потенцијала одабраних пиротехничких смеша из I фазе истраживања

Ознака смеше	Енергетски потенцијал, [J/g]
027/09 1	4363,00
028/09 1	7698,95
029/09 1	5089,89

028/09 1.

76,5 %

, 027/09 1.

, 029/09 1,

,

- , 029/09 1,

, 027/09 1, 16,7 %. [53]

## 4.1.3 Температура samozапалења

8, 9 10.

Табела 8. Зависност времена индукције од температуре за пир. смешу 027/09П1

T[°C]	Гранулација 0,75-1,02mm			Средња вредност	$y = -5,7796x + 560,66$ $T_{SZP}(X=0)=560,66^{\circ}\text{C}$
	Време индукције[s]				
500	10,80	10,33	10,63	10,6	
510	8,44	8,72	8,70	8,6	
530	5,31	5,66	5,11	5,4	

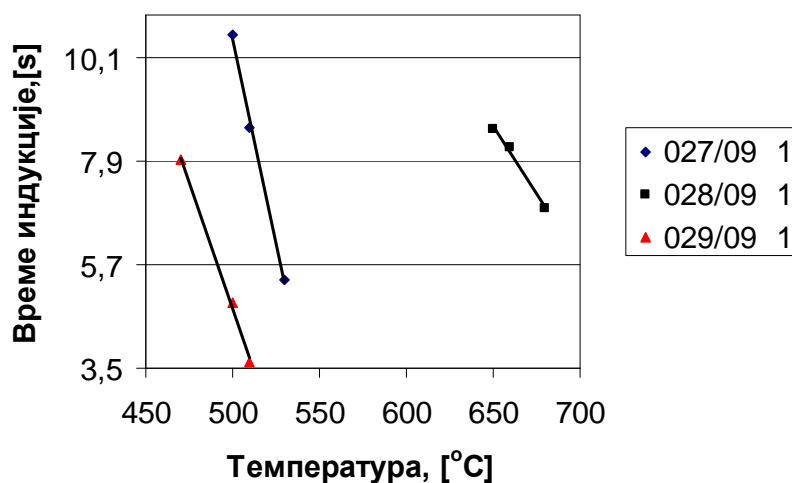
Табела 9. Зависност времена индукције од температуре за пир. смешу 029/09П1

T[°C]	Гранулација изнад 0,75mm			Средња вредност	$y = -9,4021x + 544,95$ $T_{SZP}(X=0)=544,95^{\circ}\text{C}$
	Време индукције[s]				
470	7,28	7,90	8,64	7,9	
500	4,87	4,84	4,96	4,9	
510	3,61	3,78	3,53	3,6	

Табела 10. Зависност времена индукције од температуре за пир. смешу 028/09П1

T[°C]	Гранулација изнад 1,02mm			Средња вредност	$y = -17,385x + 800,52$ $T_{szp}(X=0) = 800,52^{\circ}\text{C}$
	Време индукције, [s]				
650	8,4	8,4	9,0	8,6	
660	8,1	8,0	8,5	8,2	
680	8,8	6,0	5,9	6,9	

23.



Слика 23. Графички приказ зависности времена индукције од температуре

029/09 1,

028/09 1.

KClO<sub>4</sub>

029/09 1,  
027/09 1

. [53]

#### 4.1.4 Одређивање максималног притиска сагоревања у манометарској бомби

11

12.

*Табела 11. Резултати испитивања максималног притиска продуката сагоревања у манометарској бомби за одабране пир.смеше из I фазе истраживања*

Назив смеше	027/09П1			028/09П1			029/09П1		
	Тр [ms]	Тmax [ms]	Рmax [bar]	Тр [ms]	Тmax [ms]	Рmax [bar]	Тр [ms]	Тmax [ms]	Рmax [bar]
1	0,065	0,094	53,3	0,073	0,122	37,4	0,033	0,057	<b>44,9</b>
2	0,062	0,093	53,4	0,080	0,129	33,9	0,035	0,053	<b>45,2</b>
3	0,176	0,213	53,2	0,160	0,221	34,3	0,030	0,048	<b>46,2</b>
<b>Средња вредност</b>	0,101	0,133	<b>53,3</b>	0,104	0,157	<b>35,2</b>	0,033	0,053	<b>45,4</b>

11,

. [53]



Табела 12. Резултати испитивања максималног притиска продуката сагоревања у манометарској бомби одабраних тир.смеша

Назив смеше	020/10П1	021/10П1	022/10П1	007/11П1	008/11П1
Ознака пробе	Максимални притисак продуката сагоревања, [bar]				
1	33,8	34,2	37,6	35,0	37,1
2	35,2	33,8	36,9	33,4	36,4
3	34,9	34,6	35,7	ó	ó
Средња вредност	34,9	34,2	36,7	34,2	36,8

12

(020/10 П1=007/11 П1, 022/10 П1=008/11 П1).

## 4.2 Друга фаза истраживања

### 4.2.1 Полигонска испитивања

10 57 mm,

(023/10 П1)

(020/10 П1),

(4363,00 /g-027/09 П1). [31]

13.

Табела 13. Резултати полигонских испитивања рада ГГ Base Bleed пројектила 57 mm

		(g)		(g)					
I <sub>1</sub>	020/10 1	28	4	6					
I <sub>3</sub>		25,4		4	2	,			
I <sub>3'</sub>						22,8	4	,	
I <sub>4</sub>									023/10 1
II <sub>1</sub>	30	6							
II <sub>1ø</sub>	30	6	,						
II <sub>2</sub>	27	4	4	,					
II <sub>2ø</sub>				28,4	2,6	,			
II <sub>3</sub>						,			
II <sub>3ø</sub>				,					

6

?

ó  
?  
ó  
?  
23 57 mm -  
š õ, - š õ.



Слика 24. Изглед пројектила са и без навијене јединице ГГ

• ( 25 , 25 25 )



а



б



**В**

*Слика 25а,б,в Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази лактозе без лаборисане припалне смеше*

•

( 26 , 26 , 26 26 ),

. [53]



**а**



**б**



**в**



**г**

*Слика 26а,б,в,г Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази магнезијума без лаборисане припалне смеше*

2g 4 g 4 (I<sub>3</sub>- 28 28 ) 4 (I<sub>4</sub>- 27 27 ), . [53]



**Слика 27а,б** Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази лактозе и 4 g M4 припалне смеше



**Слика 28а,б** Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази лактозе и 2 g M4 припалне смеше

-2.6 g,

(П<sub>3</sub>-( 29 29 ) П<sub>3</sub>( 30 30 )). [53]

а



б

*Слика 29а,б Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази магнезијума и 2,6 g M4 припалне смеше*



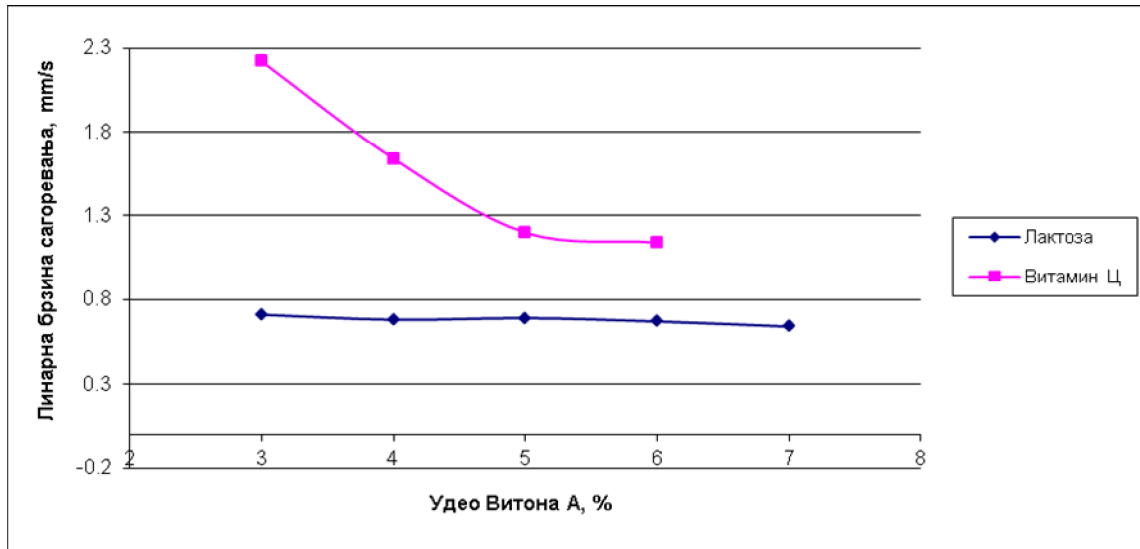
а



б

*Слика 30а,б Стабилност сагоревања пиротехничког пуњења јединице ГГ на бази магнезијума и 2,6 g M4 припалне смеше*





Слика 31. Зависност брзине сагоревања од удела везива

mm/s)

3-6 %      5,63 %,      5 %

48,65 %.

4 (0,68 mm/s)      6 %      (0,67

(0,69 mm/s)      5 %

<5 %.

5 %,

4.3.2 Утицај биланса кисеоника на брзину сагоревања



Табела 15. Утицај биланса кисеоника на брзину сагоревања

		, [mm/s]							
<b>Састави на бази лактозе</b>									
001/12	1	-0,69	0,70	0,66	0,70	0,71	<b>0,69</b>	0,02	<b>2,98</b>
002/12	1	+15,24	0,69	0,71	0,69	0,69	<b>0,70</b>	0,01	<b>1,56</b>
003/12	1	-14,39	0,55	0,55	0,54	0,55	<b>0,55</b>	0,00	<b>0,88</b>
<b>Састави на бази витамина Ц</b>									
007/12	1	-0,46	1,21	1,21	1,19	1,20	<b>1,20</b>	0,01	<b>1,01</b>
008/12	1	+15,52	1,24	1,23	1,20	1,26	<b>1,23</b>	0,03	<b>2,03</b>
009/12	1	-14,26	1,28	1,27	1,26	1,28	<b>1,27</b>	0,01	<b>0,93</b>

15,

+15 %.

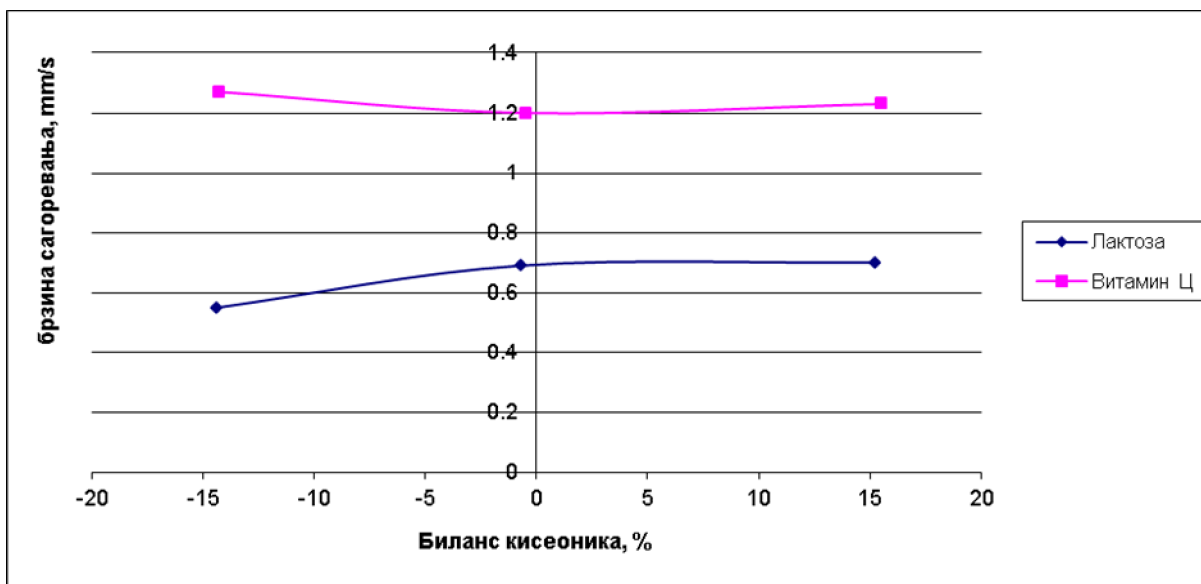
mm/s), (0,55 mm/s), 21,4 %.

(1,23 mm/s)

(1,20 mm/s).

5,83 %

32. [48]



Слика 32. Зависност брзине сагоревања од биланса кисеоника

## 4.3.3 Утицај густине пуњења на брзину сагоревања

16. [48]

A 16  
( )  
( ).

Табела 16. Утицај густине пуњења на брзину сагоревања

.	$t$ , [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho$ , [g/cm <sup>3</sup> ]	P, [%]	[mm/s]						
001/12 1	2,11	1,73	17,85	1,02	1,02	0,99	1,01	<b>1,01</b>	0,02	<b>1,65</b>
		1,87	11,53	0,7	0,86	0,91	0,87	<b>0,87</b>	0,02	<b>2,38</b>
		2,00	5,21	0,78	0,79	0,79	0,79	<b>0,79</b>	0,01	<b>0,68</b>
002/12 1	2,15	1,73	19,38	0,91	0,92	0,94	0,94	<b>0,92</b>	0,02	<b>1,68</b>
		1,87	13,18	0,87	0,86	0,87	0,89	<b>0,87</b>	0,01	<b>1,53</b>

		2,00	6,98	0,79	0,78	0,81	0,80	<b>0,80</b>	0,01	<b>1,73</b>
	$\rho$ , [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho$ , [g/cm <sup>3</sup> ]	P, [%]	[mm/s]						
003/12 1	2,08	1,73	16,67	0,77	0,79	0,81	0,79	<b>0,79</b>	0,02	<b>2,00</b>
		1,87	10,26	0,64	0,68	0,67	0,66	<b>0,66</b>	0,02	<b>2,78</b>
		2,00	3,85	0,64	0,65	0,65	0,64	<b>0,65</b>	0,01	<b>1,02</b>
004/12 1	2,12	1,73	18,24	0,89	0,90	0,89	0,91	<b>0,90</b>	0,01	<b>1,09</b>
		1,87	11,95	0,71	0,74	0,76	0,73	<b>0,74</b>	0,02	<b>2,58</b>
		2,00	5,66	0,76	0,80	0,80	0,78	<b>0,79</b>	0,02	<b>2,48</b>
005/12 1	2,12	1,73	18,24	0,81	0,88	0,83	0,84	<b>0,84</b>	0,03	<b>3,53</b>
		1,87	11,95	0,81	0,83	0,79	0,79	<b>0,80</b>	0,02	<b>2,02</b>
		2,00	5,66	0,68	0,68	0,66	0,68	<b>0,67</b>	0,01	<b>1,64</b>
006/12 1	2,11	1,73	17,85	0,95	0,96	0,99	0,94	<b>0,96</b>	0,02	<b>2,44</b>
		1,87	11,53	0,78	0,80	0,82	0,79	<b>0,80</b>	0,02	<b>1,95</b>
		2,00	5,21	0,71	0,74	0,75	0,77	<b>0,74</b>	0,02	<b>2,93</b>
007/12 1	2,15	1,73	19,38	1,74	1,75	1,75	1,72	<b>1,74</b>	0,02	<b>0,89</b>
		1,87	13,18	1,60	1,67	1,56	1,54	<b>1,59</b>	0,06	<b>3,51</b>
		2,00	6,98	1,39	1,44	1,48	1,44	<b>1,44</b>	0,04	<b>2,66</b>
008/12 1	2,18	1,73	20,49	1,67	1,58	1,70	1,62	<b>1,64</b>	0,06	<b>3,45</b>
		1,87	14,37	1,56	1,56	1,46	1,54	<b>1,53</b>	0,04	<b>2,87</b>
		2,00	8,26	1,42	1,40	1,45	1,37	<b>1,41</b>	0,03	<b>2,35</b>
009/12 1	2,04	1,73	15,03	1,55	1,58	1,60	1,52	<b>1,56</b>	0,03	<b>2,15</b>
		1,87	8,50	1,45	1,47	1,43	1,46	<b>1,45</b>	0,02	<b>1,15</b>
		2,00	1,96	1,31	1,37	1,31	1,37	<b>1,34</b>	0,04	<b>2,69</b>

.	$\rho$ , [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho$ , [g/cm <sup>3</sup> ]	P, [%]	[mm/s]						
010/12 1	2,11	1,73	17,85	0,98	1,00	1,00	0,99	<b>0,99</b>	0,01	<b>0,83</b>
		1,87	11,53	0,88	0,86	0,85	0,83	<b>0,85</b>	0,02	<b>2,14</b>
		2,00	5,21	0,81	0,84	0,81	0,79	<b>0,81</b>	0,02	<b>2,67</b>
011/12 1	2,15	1,73	19,38	1,49	1,58	1,56	1,51	<b>1,53</b>	0,04	<b>2,65</b>
		1,87	13,18	1,42	1,45	1,48	1,48	<b>1,46</b>	0,03	<b>2,09</b>
		2,00	6,98	1,38	1,38	1,33	1,34	<b>1,36</b>	0,03	<b>2,17</b>
012/12 1	2,15	1,73	19,38	2,25	2,12	2,14	2,17	<b>2,17</b>	0,05	<b>2,54</b>
		1,87	13,18	1,88	1,96	1,88	1,91	<b>1,91</b>	0,04	<b>1,95</b>
		2,00	6,98	1,86	1,75	1,79	1,80	<b>1,80</b>	0,04	<b>2,42</b>
013/12 1	2,14	1,73	19,00	2,37	2,37	2,40	2,37	<b>2,38</b>	0,02	<b>0,71</b>
		1,87	12,77	2,19	2,19	2,14	2,17	<b>2,17</b>	0,02	<b>1,10</b>
		2,00	6,54	2,08	2,03	2,06	2,05	<b>2,05</b>	0,02	<b>1,14</b>

:

tó

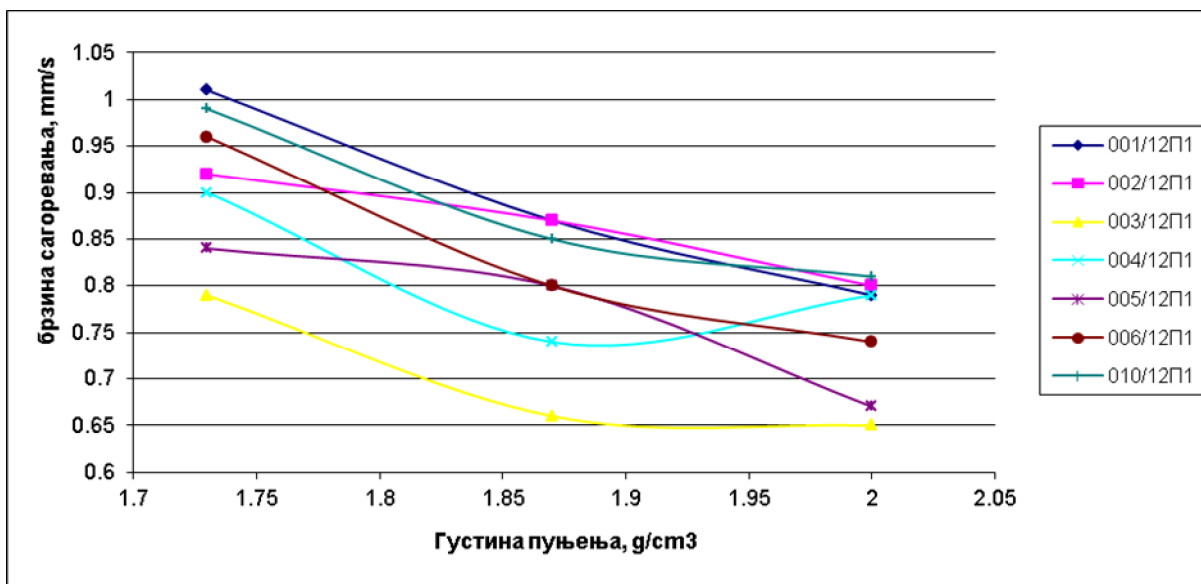
ó

Pó

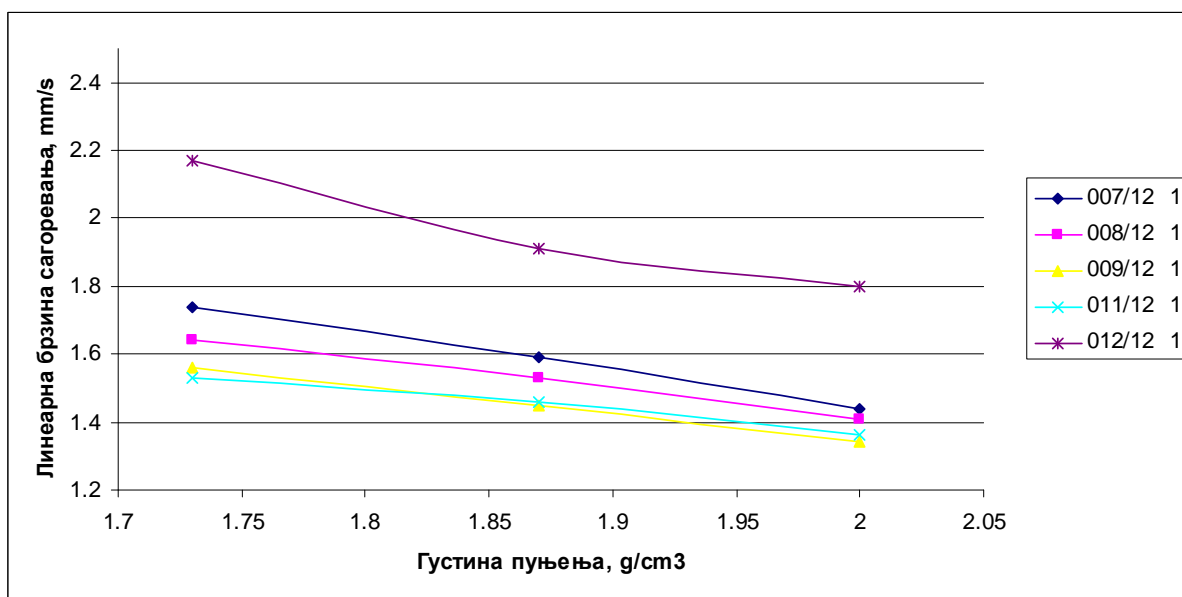
(

).

33 34.



Слика 33. Утицај густине пуњења на вредност брзине сагоревања пир.смеша на бази лактозе



Слика 34. Утицај густине пуњења на вредност брзине сагоревања пир.смеша на бази витамина Ц

#### 4.3.4 Утицај дебљине зида облоге на брзину сагоревања

Табела 17. Утицај дебљине зида јединице ГГ на брзину сагоревања

		, [g/cm <sup>3</sup> ]	, [mm/s]						
001/12 1	.	1,73	0,70	0,66	0,70	0,71	<b>0,69</b>	0,02	<b>2,98</b>
	.		1,02	1,02	0,99	1,01	<b>1,01</b>	0,02	<b>1,65</b>
002/12 1	.	1,73	0,69	0,71	0,69	0,69	<b>0,70</b>	0,01	<b>1,56</b>
	.		0,91	0,92	0,94	0,94	<b>0,92</b>	0,02	<b>1,68</b>
003/12 1	.	1,73	0,55	0,55	0,54	0,55	<b>0,55</b>	0,00	<b>0,88</b>
	.		0,77	0,79	0,81	0,79	<b>0,79</b>	0,02	<b>2,00</b>
004/12 1	.	1,73	0,68	0,67	0,64	0,67	<b>0,67</b>	0,02	<b>2,30</b>
	.		0,89	0,90	0,89	0,91	<b>0,90</b>	0,01	<b>1,09</b>
005/12 1	.	1,73	0,64	0,63	0,63	0,64	<b>0,64</b>	0,02	<b>0,71</b>
	.		0,81	0,88	0,83	0,84	<b>0,84</b>	0,03	<b>3,53</b>
006/12 1	.	1,73	0,69	0,67	0,66	0,70	<b>0,68</b>	0,02	<b>2,40</b>
	.		0,95	0,96	0,99	0,94	<b>0,96</b>	0,02	<b>2,44</b>
007/12 1	.	1,73	1,21	1,21	1,19	1,20	<b>1,20</b>	0,01	<b>1,01</b>
		1,87	1,10	1,04	1,05	1,07	<b>1,06</b>	0,03	<b>2,47</b>
		2,00	0,96	0,98	0,99	0,97	<b>0,98</b>	0,01	<b>1,05</b>
	.	1,73	1,74	1,75	1,75	1,72	<b>1,74</b>	0,02	<b>0,89</b>
		1,87	1,60	1,67	1,56	1,54	<b>1,59</b>	0,06	<b>3,51</b>
		2,00	1,39	1,44	1,48	1,44	<b>1,44</b>	0,04	<b>2,66</b>

		, [g/cm <sup>3</sup> ]	, [mm/s]						
008/12 1	.	1,73	1,24	1,23	1,20	1,26	<b>1,23</b>	0,03	<b>2,03</b>
		1,87	1,11	1,12	1,16	1,10	<b>1,13</b>	0,03	<b>2,41</b>
		2,00	1,00	1,01	1,07	1,03	<b>1,03</b>	0,03	<b>2,91</b>
	.	1,73	1,67	1,58	1,70	1,62	<b>1,64</b>	0,06	<b>3,45</b>
		1,87	1,56	1,56	1,46	1,54	<b>1,53</b>	0,04	<b>2,87</b>
		2,00	1,42	1,40	1,45	1,37	<b>1,41</b>	0,03	<b>2,35</b>
009/12 1	.	1,73	1,28	1,27	1,26	1,28	<b>1,27</b>	0,01	<b>0,93</b>
		1,87	1,12	1,08	1,13	1,11	<b>1,11</b>	0,02	<b>1,76</b>
		2,00	0,99	0,97	0,95	0,98	<b>0,97</b>	0,01	<b>1,45</b>
009/12 1	.	1,73	1,55	1,58	1,60	1,52	<b>1,56</b>	0,03	<b>2,15</b>
		1,87	1,45	1,47	1,43	1,46	<b>1,45</b>	0,02	<b>1,15</b>
		2,00	1,31	1,37	1,31	1,37	<b>1,34</b>	0,04	<b>2,69</b>
010/12 1	.	1,73	0,73	0,70	0,68	0,74	<b>0,71</b>	0,03	<b>3,94</b>
		1,73	0,98	1,00	1,00	0,99	<b>0,99</b>	0,01	<b>0,83</b>
	.	1,87	0,88	0,86	0,85	0,83	<b>0,85</b>	0,02	<b>2,14</b>
		2,00	0,81	0,84	0,81	0,79	<b>0,81</b>	0,02	<b>2,67</b>
011/12 1	.	1,73	1,14	1,13	1,14	1,13	<b>1,14</b>	0,01	<b>0,52</b>
		1,87	0,99	0,99	1,00	1,00	<b>0,99</b>	0,01	<b>0,70</b>
		2,00	0,97	0,96	0,95	0,96	<b>0,96</b>	0,01	<b>1,07</b>
	.	1,73	1,49	1,58	1,56	1,51	<b>1,53</b>	0,04	<b>2,65</b>
		1,87	1,42	1,45	1,48	1,48	<b>1,46</b>	0,03	<b>2,09</b>
		2,00	1,38	1,38	1,33	1,34	<b>1,36</b>	0,03	<b>2,17</b>

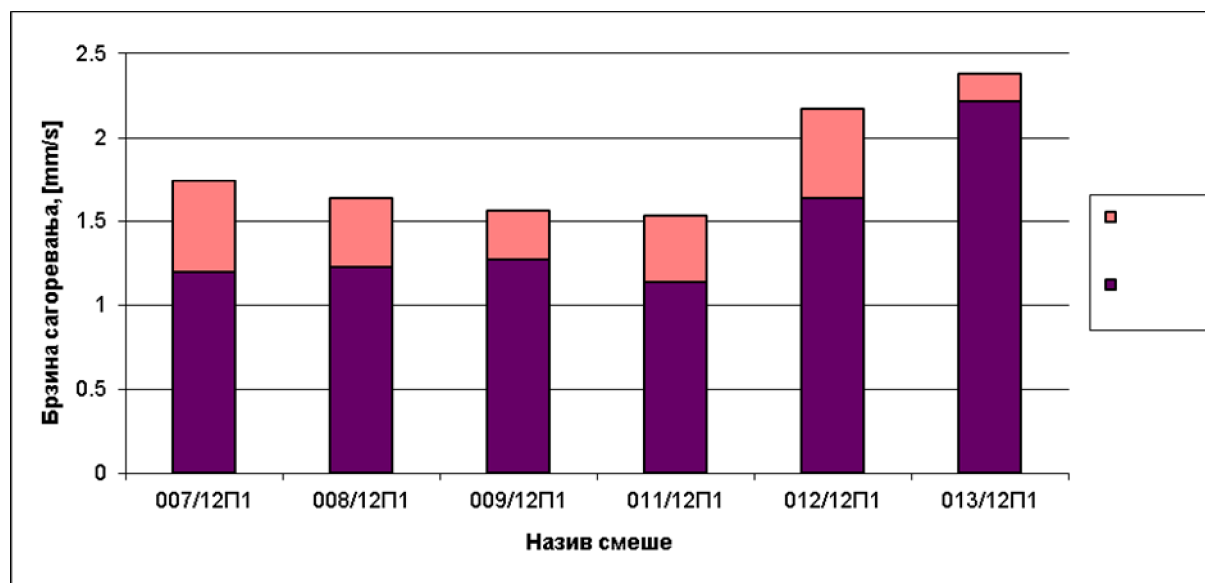
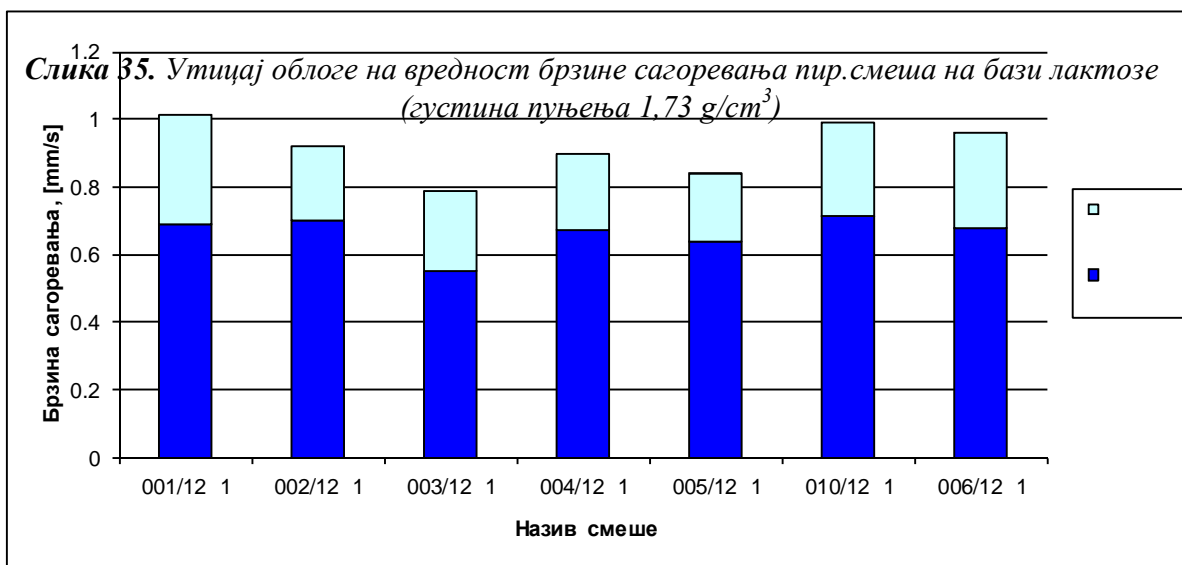
## 5.

		, [g/cm <sup>3</sup> ]	, [mm/s]							
012/12 1	.	1,73	1,60	1,66	1,64	1,64	<b>1,64</b>	0,02	<b>1,47</b>	
		1,87	1,50	1,45	1,54	1,49	<b>1,49</b>	0,03	<b>2,30</b>	
		2,00	1,34	1,40	1,35	1,37	<b>1,37</b>	0,03	<b>2,13</b>	
	.	1,73	2,25	2,12	2,14	2,17	<b>2,17</b>	0,05	<b>2,54</b>	
		1,87	1,88	1,96	1,88	1,91	<b>1,91</b>	0,04	<b>1,95</b>	
		2,00	1,86	1,75	1,79	1,80	<b>1,80</b>	0,04	<b>2,42</b>	
013/12 1	.	1,73	2,25	2,23	2,23	2,18	<b>2,22</b>	0,03	<b>1,30</b>	
		1,87	2,01	1,97	1,99	1,99	<b>1,99</b>	0,01	<b>0,67</b>	
		2,00	1,89	1,89	1,88	1,89	<b>1,89</b>	0,00	<b>0,25</b>	
	.	1,73	2,37	2,37	2,40	2,37	<b>2,38</b>	0,02	<b>0,71</b>	
		1,87	2,19	2,19	2,14	2,17	<b>2,17</b>	0,02	<b>1,10</b>	
		2,00	2,08	2,03	2,06	2,05	<b>2,05</b>	0,02	<b>1,14</b>	

17,

35 36.





**Слика 36.** Утицај облоге на вредност брзине сагоревања пир.смеша на бази витамина Ц (густина пуњења  $1,73 \text{ g/cm}^3$ )

)

(

4,71 cm<sup>3</sup>,

5,65 cm<sup>3</sup>).

,

.

35 36

. [48]

**4.3.5 Вишепараметарска анализа процеса сагоревања**

( , , ,...).

,

,

,

(

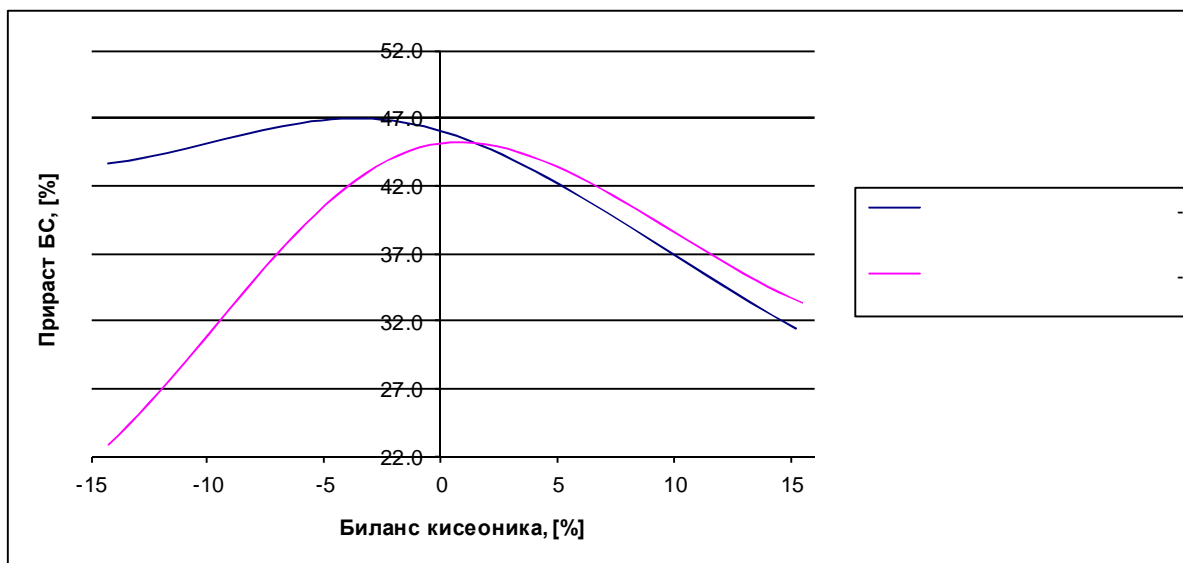
)

,

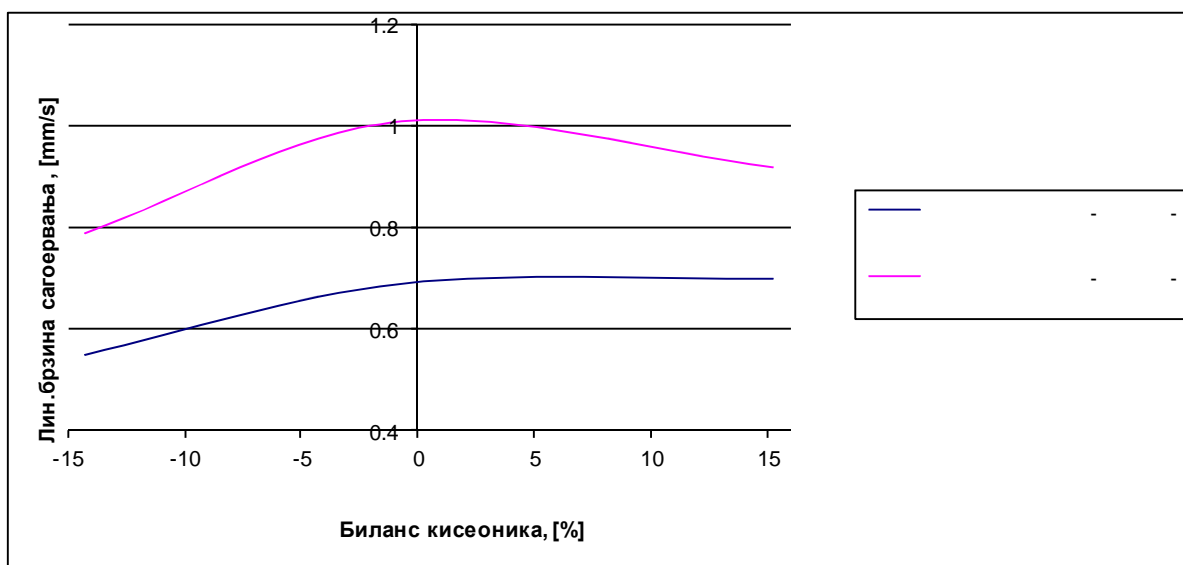
,

(

), 37 38.



Слика 37. Прираст брзине сагоревања пир.смеша на бази лактозе и витамина Цу зависности од биланса кисеоника



Слика 38. Зависност брзине сагоревања пир.смеша на бази лактозе, у стандардној и модификованој облози, од биланса кисеоника

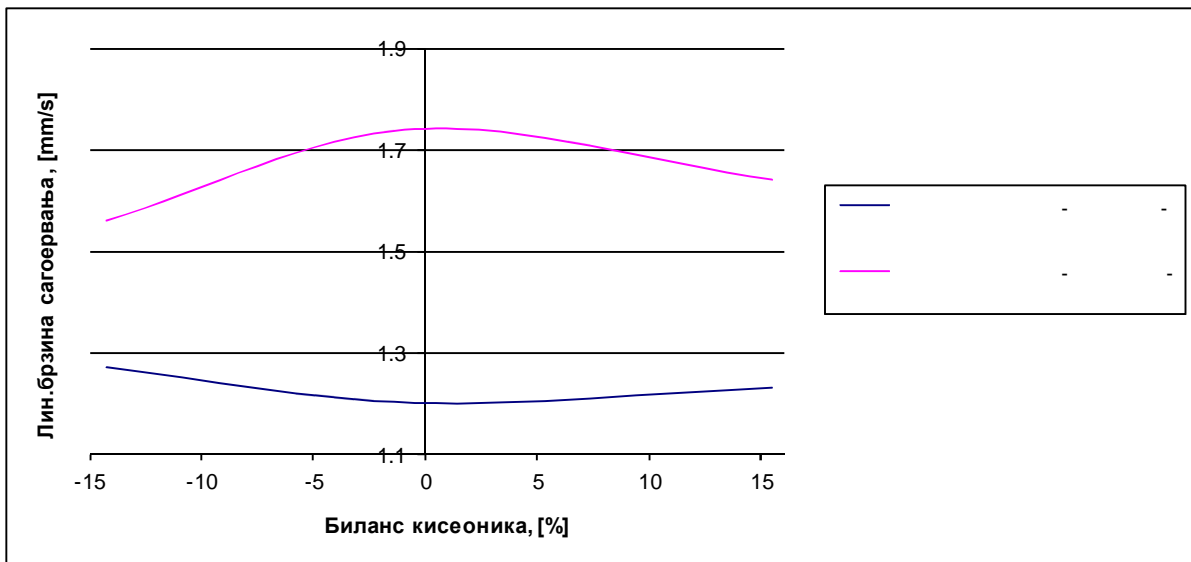
38

, -14,26 +15,24 %,

0,22 0,24 mm/s.

(

- ).



Слика 39. Брзина сагоревања пир.смеша на бази витамина Ц, у стандардној и модификованој облози, у зависности од биланса кисеоника

, 39,

( 38) ,

38 39,



( - )

39,

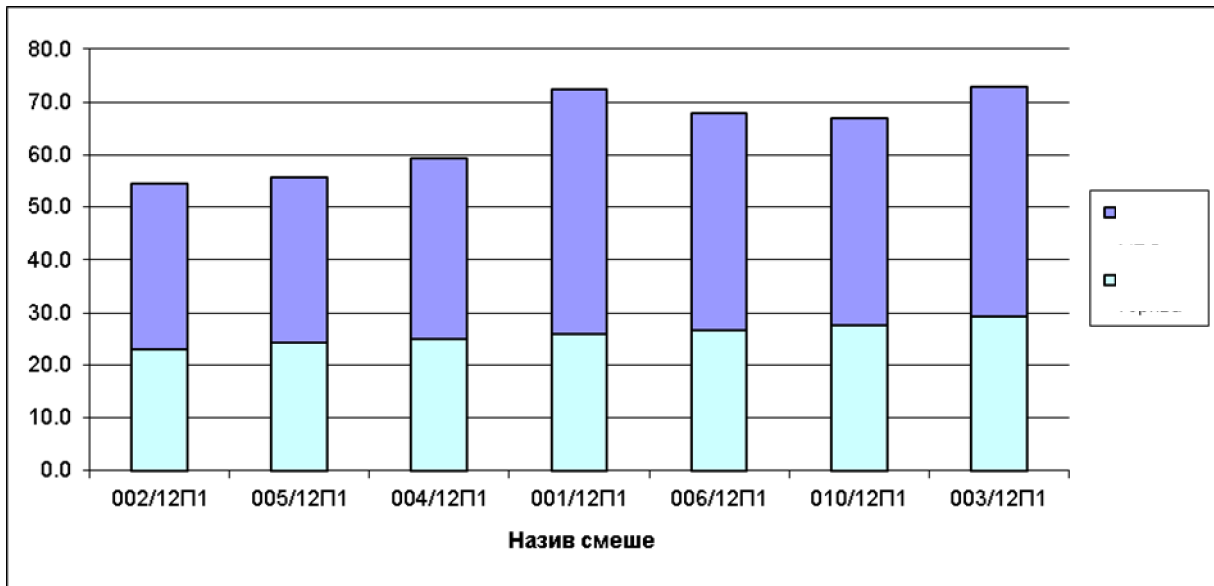
0,25±0,05 mm/s,

40 41.

(

214 ,

40.



Слика 40. Утицај удела лактозе на прираст брзине сагоревања (густина пуњења 1,73 g/cm<sup>3</sup>)

40

002/12 1

005/12 1

003/12 1

001/12 1.

4

(002/12 1-22,94 % 005/12 1-24,35

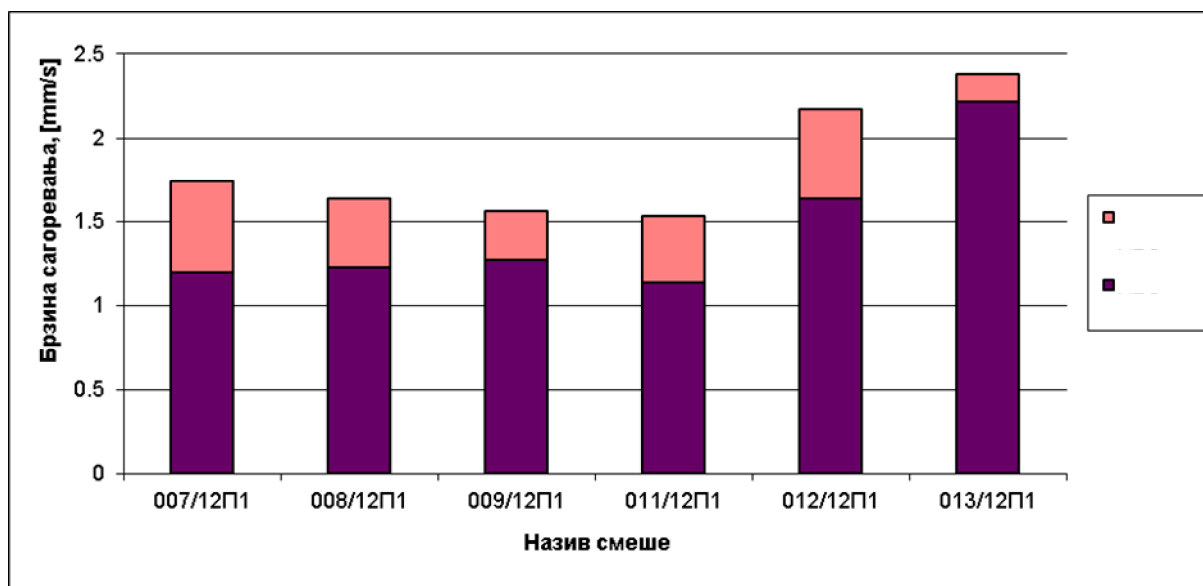
%)

(003/12 1-

29,3 % 006/12 1-26,12 %)

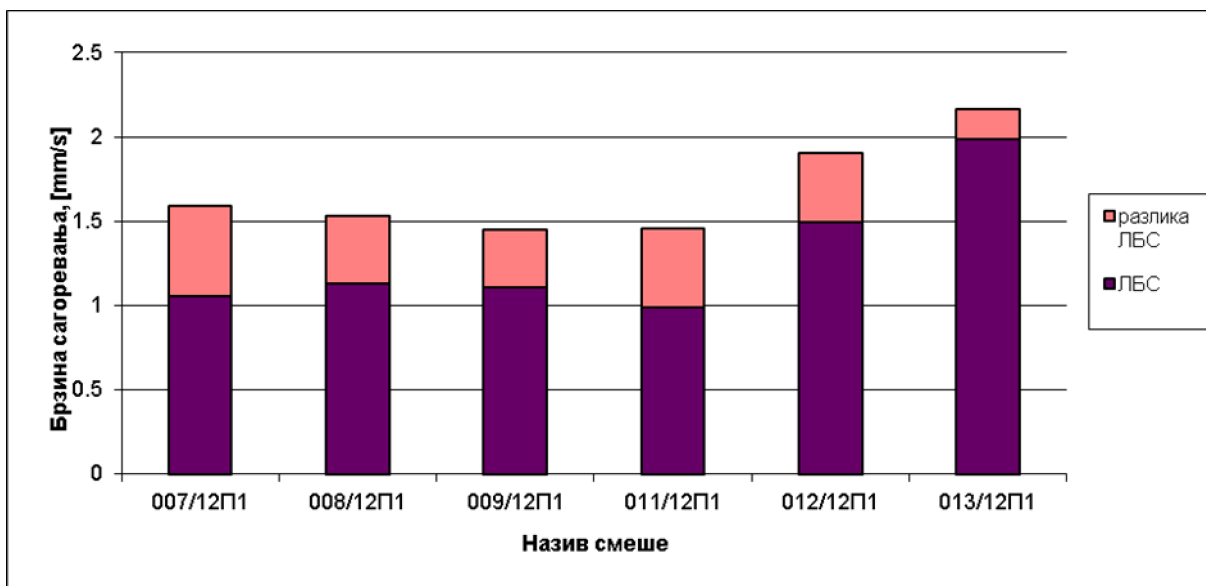
013/12 1,

41, 42 43,

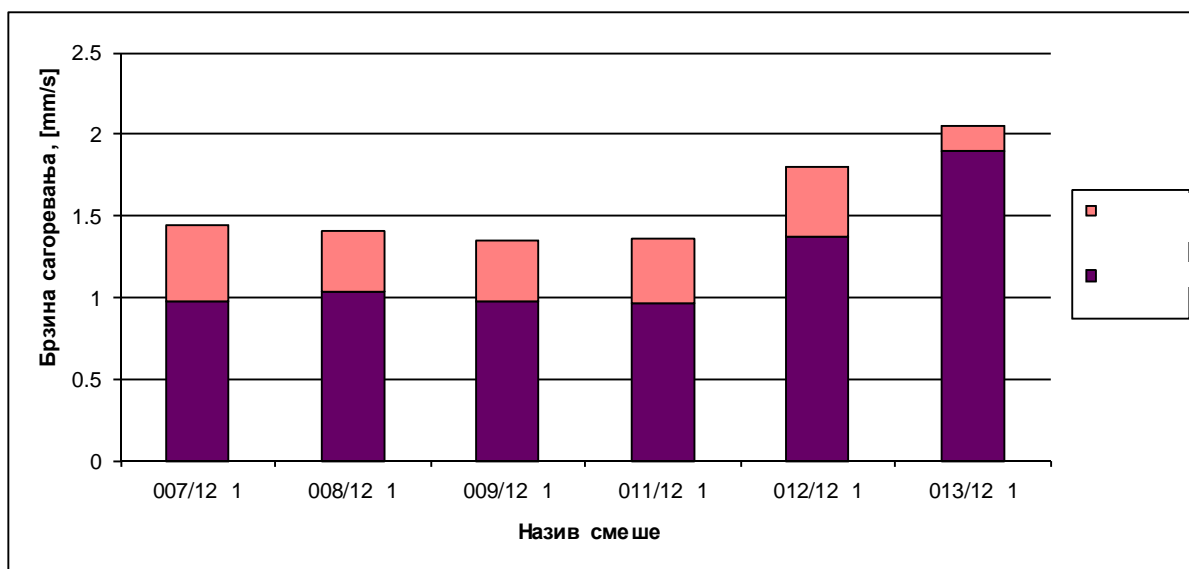


Слика 41. Утицај дебљине облоге на прираст брзине сагоревања (густина пуњења  $1,73 \text{ g/cm}^3$ )





Слика 42. Утицај дебљине облоге на прираст брзине сагоревања (густина пуњења  $1,87 \text{ g/cm}^3$ )



Слика 43. Утицај дебљине облоге на прираст брзине сагоревања (густина пуњења  $2,00 \text{ g/cm}^3$ )

41, 42 43,

41

(>60 %),

( 62,5 69,1 %).

**4.3.6 Утицај грејача од бакарне жице на брзину сагоревања**

ó 1,73 g/cm<sup>3</sup>,  
ó 2 mm,  
ó

18.

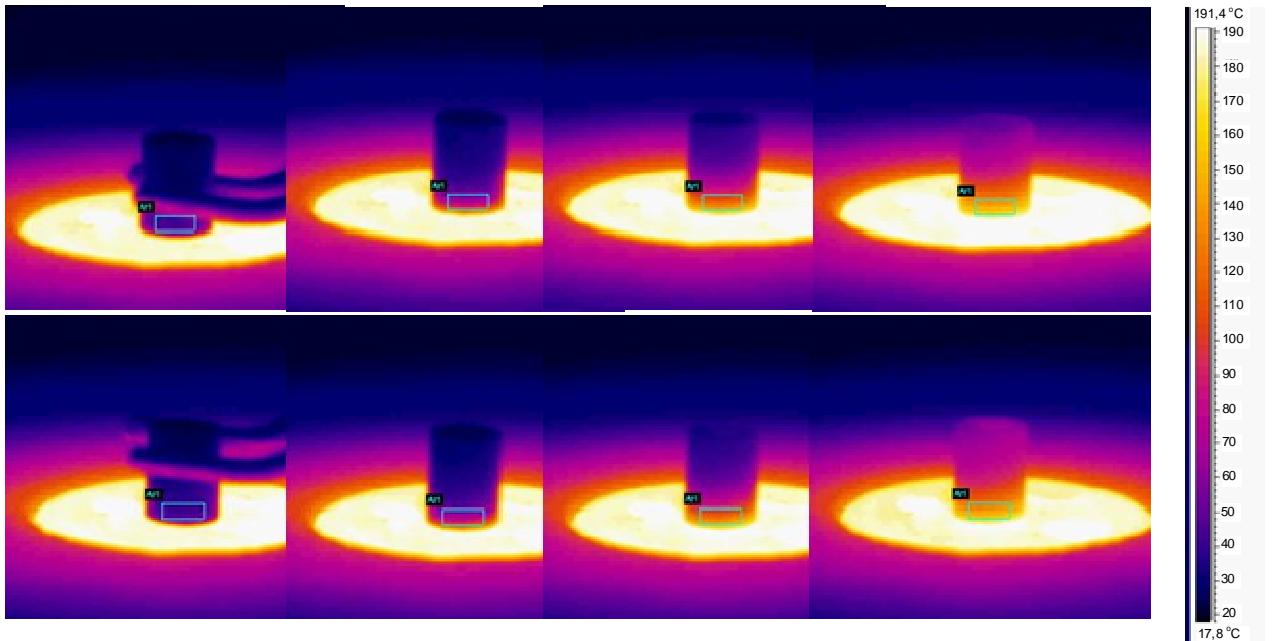
Табела 18. Утицај уградње бакарних грејача на брзину сагоревања пиротехничких пуњења јединице ГГ

	, [g/cm <sup>3</sup> ]	, [mm/s]					, [mm/s]	, [%]
001/12 1*	1,73	0,79	0,77	0,79	0,83	0,80	15,94	
001/12 1**		0,70	0,66	0,70	0,71	0,69		
004/12 1*		0,77	0,76	0,78	0,79	0,77	14,92	
004/12 1**		0,68	0,67	0,64	0,67	0,67		
005/12 1*		0,71	0,79	0,76	0,74	0,75	17,19	
005/12 1**		0,64	0,63	0,63	0,64	0,64		
006/12 1*		0,77	0,81	0,83	0,81	0,80	17,65	
006/12 1**		0,69	0,67	0,66	0,70	0,68		
010/12 1*		0,81	0,79	0,87	0,79	0,81	14,08	
010/12 1**		0,73	0,70	0,68	0,74	0,71		

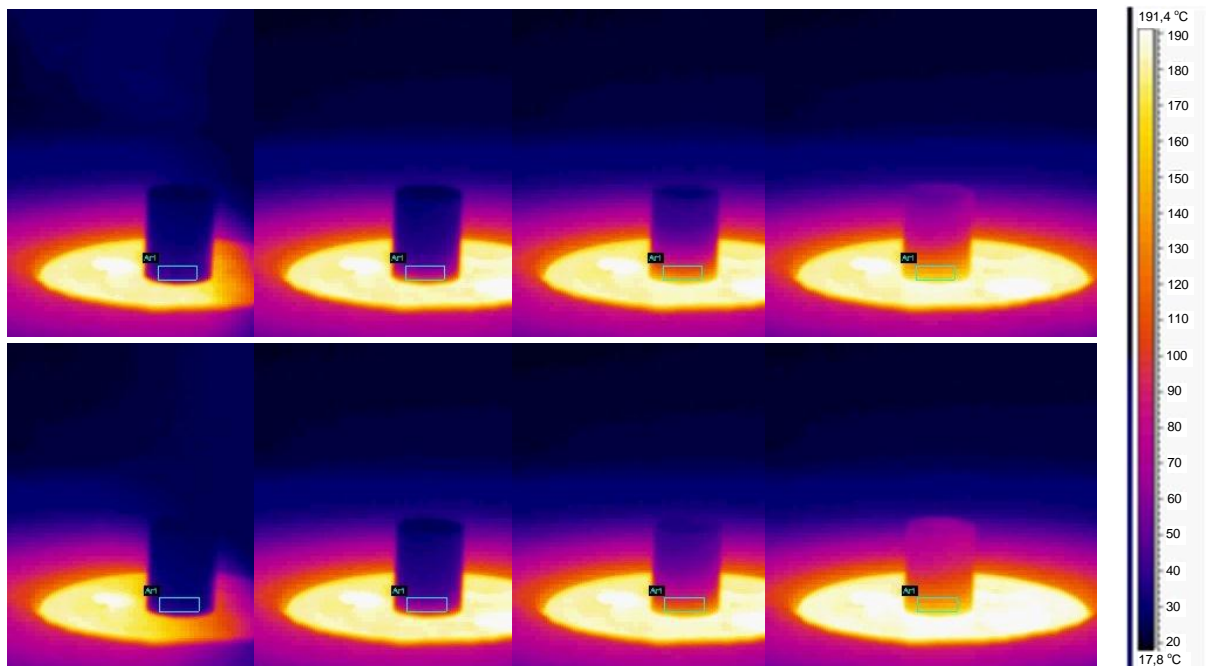
\* ; \*\* ; а ó

14,08 17,65%.





Слика 44. Термалне слике узорака смеше 001/12П1 након 0, 10, 60 и 180 s мерења (први ред-узорци без бакарних грејача, други ред-узорци са бакарним грејачима)



Слика 45. Термалне слике узорака смеше 007/12П1 након 0, 10, 60 и 180 s мерења (први ред-узорци без бакарних грејача, други ред-узорци са бакарним грејачима)

001/12 007/12,  
5 %.

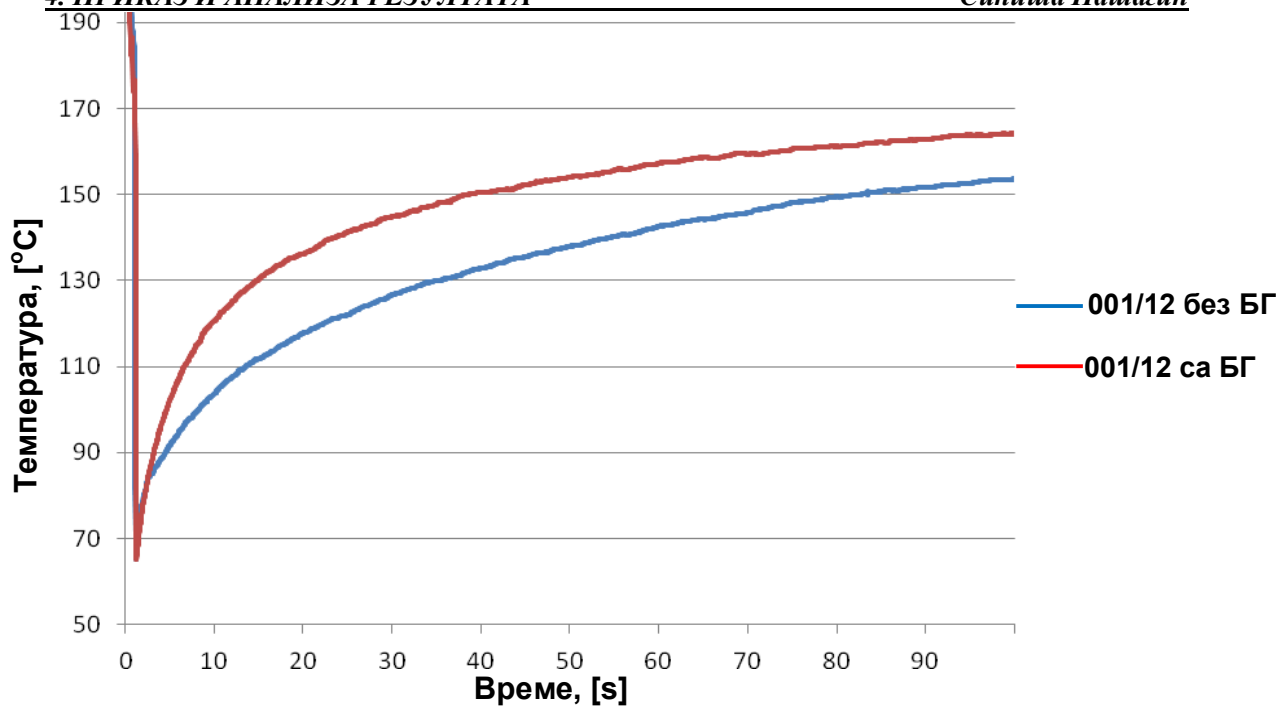
180 s      š      õ.

180 s.  
44,

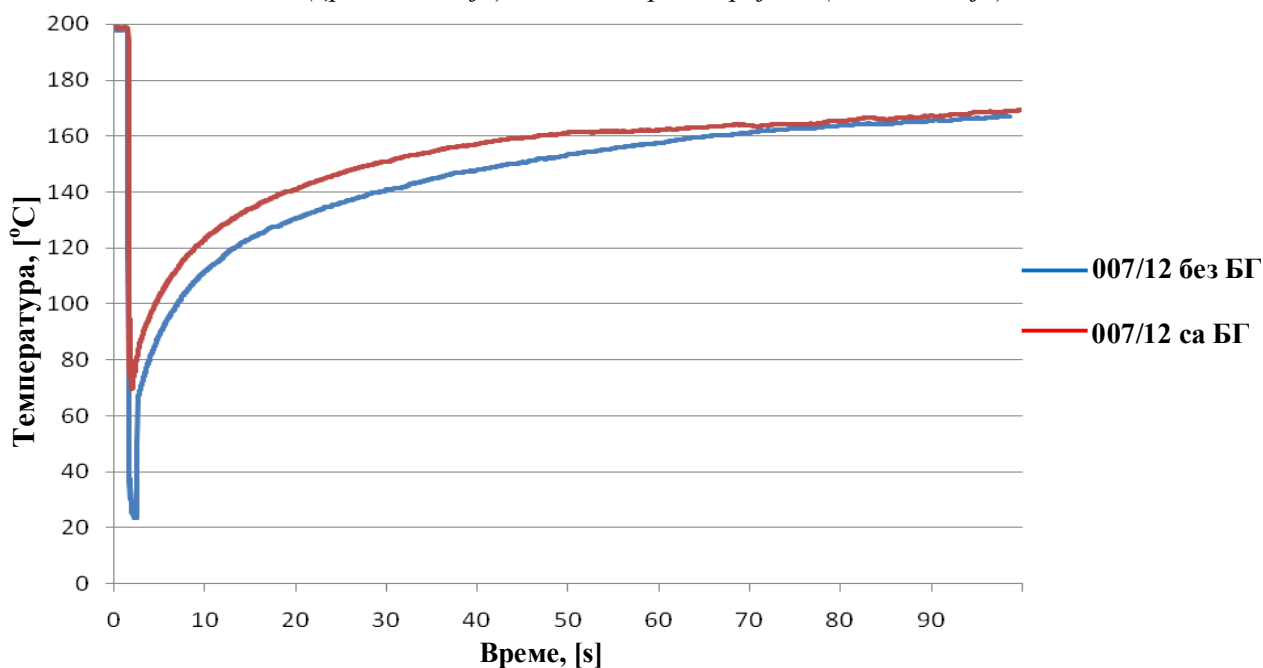
44 45.

š      õ,

180 s.



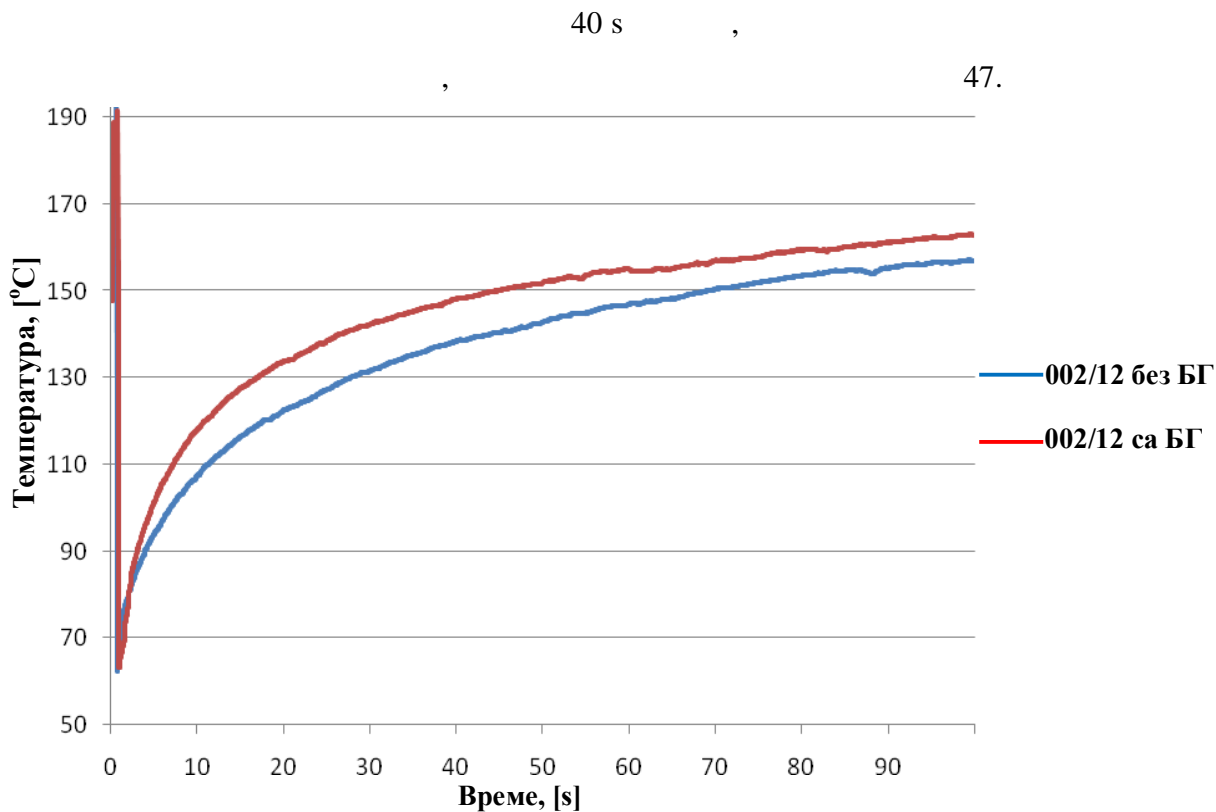
Слика 46. Прираст температуре узорка смеше 001/12П1 у функцији времена, са (црвена линија) и без бакарних грејача (плава линија)



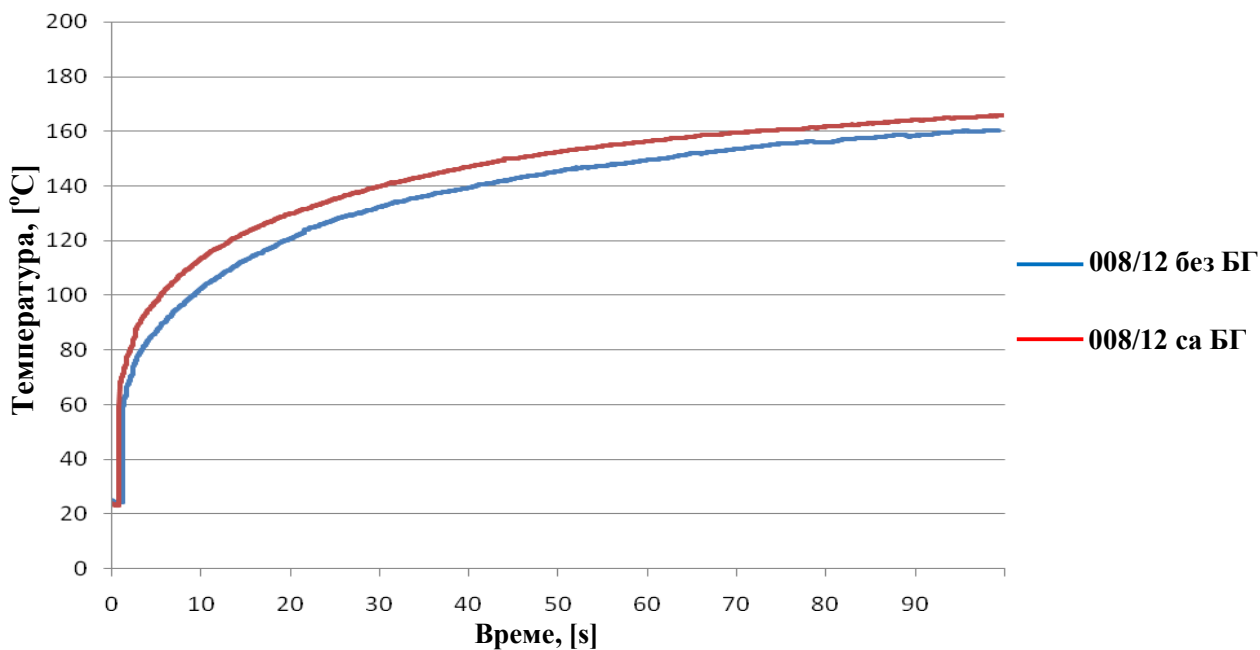
Слика 47. Прираст температуре узорка смеше 007/12П1 у функцији времена, са (црвена линија) и без бакарних грејача (плава линија)

46 47

60 s



Слика 48. Прираст температуре узорка смеше 002/12П1 у функцији времена, са (црвена линија) и без бакарних грејача (плава линија)



Слика 49. Прираст температуре узорка смеше 008/12П1 у функцији времена, са (црвена линија) и без бакарних грејача (плава линија)



48 49

,

,

.

46 47

.

5 ЗАКЉУЧАК

, ( ) ( , , ) . ( , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, . ) . , ( , , ) . 42% . 0,65 mm/s (004/09 1) 3,22 mm/s (029/09 1). Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, , 1,1 mm/s, , 15,3 % . - . , 76,5 % , 027/09 1. , 50 %



( )

§

õ

š ð

14 18 %.

40

10 s

60 s

37 57 mm,

(002/12 1)

(009/12 1).

1,73-1,87 g/cm<sup>3</sup> -

; 4 1,5 2,0 -

1,5-2,0 mm

15

).

## 6 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Z. Suboti , S. Jaramaz, *Projektovanje generatora gasa za povećanje dometa artiljerijskih projektila*, , , 1991.
- [2] B. Boggs, H. Zilcosky, W. Smith, *Gun Fired Projectile Having Reduced Drag*, United States Patent, No 4.130.061, 1978.
- [3] L. Nicasto, J. Munger, *Base Drag Reduction*, United States Patent, No 3.885.385, 1975.
- [4] K. Andersson, N. Gunners, Y. Nilsson, *Base Bleed Unit*, United States Patent, No 4.807.532, 1989.
- [5] A. Franzen, V. Johansson, *Base-Bleed Gas Generator For a Projectile, Shell or The Like*, United States Patent, No 4.846.071, 1989.
- [6] J. Raastegar, R. Pelz, *Methods and Apparatus for Increasing Aerodynamic Performance of Projectiles*, United States Patent 6.982.402 B1, 2006.
- [7] . Injac, *Spoljnobalističke mogućnosti povećanja dometa artiljerijskih projektila 130mm u 152mm primenom gasogeneratora*, TI-02-27-116, VTI, Beograd 1984.
- [8] J. Conkling, C. Mocella, *Chemistry of Pyrotechnics*, 2<sup>nd</sup> Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2010.
- [9] I. iri , *Hemija organskih jedinjenja*, Visoka tehnolo-ka -kola strukovnih studija, TĐbac, 2016.
- [10] Atta-ur- Rahman, *Studies in Natural Products Chemistry*, vol 31, (2005),
- [11] A. Hacisevki, *An Overview of ascorbic acid biochemistry*, Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara, vol. 38, 2009.
- [12]H. Padh, *Vitamin C: Newer insights into its biochemical functions*, Nutrition Review, vol. 49, 1991.
- [13] . . . . . , *Фторопласты*, , , 1978.
- [14] H. Ellern, *Military and Civilian Pyrotechnics*, Chemical Publishing Company INC, New York, 1968.
- [15] . . . . . , *Основы пиротехники*, , , 1964.

- [16] N. Kubota, C. Serizava, *Combustion Process of Mg/TF Pyrotechnics*, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 12(5), 145-148, 1987.
- [17] A. J. Peretz, *Investigation of Pyrotechnic MTV Composition for Rocket Motor Igniters*, J. Spacecraft, vol.21 (2), 1984.
- [18] A. A. Тьдловский, V. V. Gorbunov, *Fizika Gorenia i vzryva*, 14 (1), 1978.
- [19] R. Crosby, G. C. Mullenix, I. Swenson, *Design and Development of a Hot Particle Igniter*, AIAA Paper, 1972.
- [20] A. Peretz, *Investigations of Pyrotechnic MTV Compositions for Rocket Motor Igniters*, AIAA Paper, 1982.
- [21] V. V. Gorbunov, A. A. Тьдловский, *Fizika Gorenia i vzryva*, 22 (6), 1986.
- [22] A. J. Peretz, J. Cohen, *Israel Journal of Technology*, vol. 18, 1985.
- [23] J. F. Valenta, *MTV as a Pyrotechnic Compositions from Solid Propellant Ignition*, 13<sup>th</sup> Seminar, Grand Junction, Colorado, USA, 1988.
- [24] N. Kubota, *The Mechanism of Super-rate Burning of Catalized Double-Base Propellants*, AMS Report No.1087, Aerospace and Mechanical Sciences, Princeton University, Princeton, NJ. 1973.
- [25] L. F. Fetherlof, M. D. Chen, S. T. Snyder, A. T. Litzinger, K. K. Kuo, *Ignition and Combustion Behavior of MTV Igniter Materials for Base Bleed Applications*, 1st International Symposium on Special Topics in Chemical Propulsion Base Bleed, Athens, Greece, 1988.
- [26] D. M. Chen, W. H. Hsieh, T. S. Snyder, V. Yang, K. K. Kuo, *Study of the Thermophysical Properties Behavior of Metal Based Solid Fuels*, AIAA/ASME/SAE ASEE, 24th Joint Propulsion Conference, Paper No AIAA-88-3041, Boston, 1988.
- [27] Y. A. Dolgoborodov, N. M. Makhov, V. I. Kolbanev, E. V. Fortov, *Detonation in an aluminum-teflon mixture*, JETP letters, vol. 81(7), 2005.
- [28] A. A. Denisaev, S. A. Shteinberg, A. A. Berlin, *Initiation of a Reaction in Aluminum-Teflon Multilayer Thin-Film Samples by Drop-Hammer Impact Loading*, Russian Journal of Physical Chemistry, vol. 2 (3), 2008.
- [29] S. M. Elliot, J. F. Smith, M. A. Fraser, *Synthetic Procedures Yielding Targeted Nitro and Nitroso Derivatives of the Propellant Stabilisers Diphenylamine, N-Methyl-4-*

- nitroaniline, and N,N'-Diethyl-N,N'-diphenylurea*, Propellants Explosives Pyrotechnics, vol. 25 (1), 2000.
- [30] D. Negoici , V. fiivojinovi , *Pirotehničke pripalne smeše na bazi politetrafluoroetilena*, Nau notehni ki pregled, vol. L (4-5), 2000.
- [31] S. Pa-agi , *Pirotehničke smeše za izradu punjenja gasogeneratora Base Bleed projektila*, TI-004-01-0577, VTI, Beograd, 2009.
- [32] S. Kapor, *Opšti tehnološki postupak izrade pirotehničkih smeša*, TI-004-01-0428, VTI, Beograd, 2006.
- [33] Y. Frolov, *Some Phenomenological Aspects of Heterogeneous Combustion of Condensed Systems*, Propellants, Explosives, Pyrotechnics vol. 25, 2000.
- [34] M. Bo-njakovi , *Osvajanje postupka merenja brzine gorenja pirotehničkih sastava*, TI-004-01-0277, VTI, Beograd, 1973.
- [35] Ya. Zel'dovich, *Theory of Powder and Explosives Combustion*, Zurnal Electro-Techcheskoi Physiki, vol.11-12(4), 1941.
- [36] A. F. Belyaev, *About Explosives Combustion*, Zurnal Physicheskoi Khimii, vol. 12(1), 1939.
- [37] M. Stankovi , *Kalorimetrijsko ispitivanje eksplozivnih materija*, 6042104, VTI, Beograd, 1992.
- [38] M. Bo-njakovi , *Osvajanje postupka merenja temperature paljenja i vremena indukcije*, -0320, VTI, Beograd, 1974.
- [39] D. Negoici , Lj. Anti evi , N. Petronijevi , *Uticaj temperature i vlage na stabilnost pirotehničkih smeša*, VII Simpozijum o eksplozivnim materijama, Lu ani, 1988.
- [40] N. J. Blay, I. Dunstan, *Compatibility Testing of Primary Explosives and Pyrotechnics*, Technical Report N°115, Ministry of Defense, Explosives Research and Development Establishment, Waltham Abbey, England, 1973.
- [41] Magnezijum prah, Zahtevi za kvalitet i metode ispitivanja, SORS 1404/03, 2003.
- [42] Stroncijum-nitrat, Zahtevi za kvalitet i metode ispitivanja, SORS 1397/05, 2005.
- [43] Politetrafluoroetilen, Zahtevi za kvalitet i metode ispitivanja, SORS 1740/02, 2002.
- [44] Fluorel, Fluoroelastomer, Product information, FC-2175.



- [45] F. C. Christo, *Thermochemistry and Kinetics Models for Magnesium/Teflon/Viton Pyrotechnic Compositions*, DSTO-TR-0938, 1999.
- [46] L.V. de Yong, K. J. Smit, *A theoretical study of the combustion of Magnesium/Teflon/Viton pyrotechnic compositions*, MRL-TR-91-25, 1991.
- [47] R. Greene, *Solid pyrotechnic compositions for projectile base-bleed systems*, United States Patent, 1991.
- [48] S. Pa-agi , J. Petkovi , *Pirotehnička punjenja gasogeneratora Base Bleed projektila na bazi organskih komponenata*, TI-004-01-0658, VTI, Beograd, 2012.
- [49] S. Pa-agi , D. Antonovi , S. Brzi , *Influence of Technological Parameters on the Combustion Velocity of Pyrotechnic Compositions for Gas Generator of Base Bleed Projectiles*, Central European Journal of Energetic Materials, vol.12(2), 2015.
- [50] S. Pa-agi , D. Antonovi , R. Sirovatka, J. Petkovi , *Influence Copper Wire Heat Guides on the Combustion Velocity of Organic Based Charges for Gas Generators of Base Bleed Projectiles*, Central European Journal of Energetic Materials, vol. 12(3), 2015.
- [51] S. Pa-agi , J. Petkovi , *Usage of Organic Substances as Fuels in Production of Gase Generator Pyrotechnic Charges for Base-Bleed Projectiles*, 4th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2011, Belgrade, 2011.
- [52] S. Pa-agi , *Ispitivanje funkcionalnih karakteristika odabranih pirotehničkih smeša za izradu punjenja gasogeneratora Base Bleed projektila*, TI-004-01-0614, VTI, Beograd, 2010.
- [53] S. Pa-agi , *Investigation of Pyrotechnic Charges for Base Bleed Projectiles*, Scientific Technical Review, vol.61 (3-4), Belgrade, 2011.

**7 ПРИЛОЗИ**

**БИОГРАФИЈА АУТОРА**

26.08.1979.

" " , 1994.

ó ó

2003. 8.13.

2007.

2012.

2 , 1

2

Прилог 1.

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Потписани Синиша Д. Пашагић

Број индеса 4016/08

ИЗЈАВЉУЈЕМ

Да је докторска дисертација под насловом

**Пиротехничке смеше за израду пуњења гасогенератора *Base Bleed* пројектила 37  
и 57 mm**

- Резултат сопственог истраживачког рада,
- Да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- Да су резултати коректно наведени и
- Да нисам кршио ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Београду, 29. 08. 2016

Потпис докторанта

С. Пашагић

## Прилог 2.

ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ  
ДОКТОРСКОГ РАДАИме и презиме аутора Синиша ПашагићБрој индекса 4016-2008Студијски програм ХемијаНаслов рада Пиротехничке смеше за израду пуњења гасогенератора *Base Bleed*  
пројектила 37 и 57 mmМентор проф. др. Душан АнтоновићПотписани Синиша Пашагић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао на објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, 29. 08. 2016.

Потпис докторанта

С. Пашагић

## Прилог 3

## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку "Светозар Марковић" да у Дигиталном репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Пиротехничке смеше за израду пуњења гасогенератора *Base Bleed* пројектила 37 и 57 mm

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

Потпис докторанта

У Београду, 29.08.2010.

С. Пашаџић