

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -  
БРОЈ: 240/2  
ДАТУМ: 12.02.2016.

На основу захтева доц. др Јована Танасковића, бр. 240/1 од 02.02.2016. године и чл. 63. Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 11.02.2016. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Да се за рецензенте Техничког решења под насловом: „Апсорпција кинетичке енергије судара коришћењем комбинованог поступка сужавања-гужвања цеви“ чији су аутори: доц. др Јован Танасковић, проф. др Војкан Лучанин, проф. др Ненад Радовић, ван.проф. Технолошко-металуршког факултета и доц. др Драган Милковић, именују:

- проф. др Бојан Бабић, Машински факултет у Београду
- доц. др Драгомир Глишић, Технолошко-металуршки факултет у Београду

Одлуку доставити: Министарству просвете, науке и технолошког развоја РС, рецензентима и архиви Факултета ради евиденције.



ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

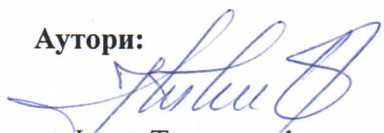
  
Проф. др Радивоје Митровић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

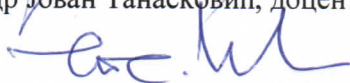
Техничко решење: Нови технолошки потупак (М83)

АПСОРПЦИЈА КИНЕТИЧКЕ ЕНЕРГИЈЕ СУДАРА КОРИШЋЕЊЕМ  
КОМБИНОВАНОГ ПОСТУПКА СУЖАВАЊА-ГУЖВАЊА ЦЕВИ

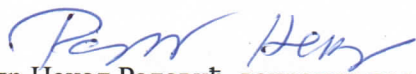
Аутори:



др Јован Танасковић, доцент



др Војкан Лучанин, редовни професор



др Ненад Радовић, ванредни професор



др Драган Милковић, доцент

Београд, 2016.

<b>Врста техничког решења</b>	М83 – Нови технолошки поступак
<b>Аутори техничког решења</b>	др Јован Танасковић, доцент др Војкан Лучанин, редовни професор др Ненад Радовић, ванредни професор др Драган Милковић, доцент
<b>Назив техничког решења</b>	Апсорпција кинетичке енергије судара коришћењем комбинованог поступка сужавања-гужвања цеви
<b>За кога је рађено техничко решење</b>	Нови технолошки поступак, комбиновани поступак апсорпције кинетичке енергије судара, развијен је за потребе уградње на путничким и теретним вагонима у ГОША Фабрици шинских возила.
<b>Ко користи техничко решење</b>	ГОША Фабрика шинских возила доо, Смедеревска Паланка
<b>Година израде техничког решења</b>	2016.
<b>Верификација резултата</b>	Резултати верификовани и публиковани у националној монографији „Пасивна безбедност шинских возила“, на међународној конференцији „RAILCON XV“ и у часопису „FACTA UNIVERSITATIS, Series: Mechanical Engineering“. Рецензенти: 1. Проф. др Бојан Бабић 2. Доц. др Драгомир Глишић
<b>Ко је прихватио техничко решење</b>	Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду.
<b>Примена резултата</b>	Индустријски производ

### 1. Област на коју се техничко решење односи

Техничко решење је примењиво у индустрији шинских возила. Може се имплементирати у конструкцију током пројектовања-производње нових и модернизације постојећих путничких и теретних вагона. Варијацијом кључних параметара апсорпционих елемената, у циљу апсорбовања захтеване количине кинетичке енергије судара, комбиновани апсорбер се може уградити на локомотивама, трамвајима и електро-моторним возовима. Комбиновани апсорбер се може користити и у осталим гранама саобраћајне индустрије и индустрије грађевинских машина. Апсорбер има задатак да апсорбује дефинисани-пројектовани део кинетичке енергије судара и да на тај начин у што већој мери редукује оптерећења која се преноси на средишњи део носеће структуре вагона. Коришћењем елемената овог типа директно се утиче на повећање безбедности путника, робе и возила. Модуларна конструкција комбинованог апсорбера омогућава брзу и једноставну уградњу нових и замену истрошених елемената, што знатно скраћује време искључења возила из саобраћаја, у поређењу са временом потребним за санацију насталих штета током судара на железничким возилима која нису опремљена елементима пасивне безбедности. Комбиновани процес апсорпције енергије је развијен у циљу потпуног искоришћења материјала цеви, повећања апсорпционе моћи и добијања компактних димензија апсорбера.

Овај тип апсорбера спада у стандардну опрему шинских возила – вучно одбојна спрема – пасивна безбедност шинских возила.

## 2 . Технички проблем

Тренд повећања брзина у железничком саобраћају допринео је већој конкурентности у односу на друге видове саобраћаја, али и чешћој појави судара који са собом носе велики број људских жртава, уз значајне материјалне штете. Поред судара на отвореној прузи, веома често долази до прекорачења ранжирних брзина (>10 km/h), што доводи до озбиљних оштећења путничких и теретних вагона. Ради санације настале штете неопходан извештај временски период, па се хаварисано возило искључује из саобраћаја, што директно утиче на повећање трошкова у железничком транспорту.

Комбиновани апсорбер је првенствено намењен за сударе при већим брзинама саобраћања возова. Вишегодишња истраживања су указала да машиновођа, након што уочи да ће доћи до судара, успева путем активних система заштите (кочења композиције), да успори воз до брзине од  $\approx 60$  km/h, па се сва динамичка испитивања апсорпционих елемената (Crash Test) изводе при овим брзинама.

У циљу смањења последица судара, водећи Европски и светски произвођачи железничких возила интензивно раде на развоју елемената пасивне безбедности и инкорпорирању истих у носећу структуру возила, тако да данас у многим земљама представљају обавезну-стандардну опрему шинских возила. Вишегодишња истраживања у области пасивне заштите, праћена низом реализованих експеримената (лабораторијска: квази-статичка и динамичка испитивања и динамичка: путем судара путничких вагона - Crash Test), карактеришу активности истраживача у овој области у нашој земљи. Истраживачи Катедре за шинска возила Машинског факултета Универзитета у Београду у сарадњи са ГОША Фабриком шинских возила и ГОША Фабриком опреме и машина, интензивно се баве развојем елемената пасивне безбедности. Имајући у виду стање возног парка Железница Србије, извесно је да ћемо бити у обавези (било производњом или куповином нових или пак модернизацијом постојећих вагона), да у стандардни део опреме укључимо елементе пасивне безбедности, како би задовољили стандарде који важе унутар и ван граница наше земље.

Примена комбинованог апсорбера кинетичке енергије судара, који ради на принципу сужавања-гужвања цеви, омогућава значајно повећање апсорпционе моћи уз задржавање компактних димензија апсорбера што је основни предуслов с обзиром на ограничен простор за уградњу у чеоном делу носеће структуре вагона. Са друге стране, комбиновањем два процеса деформације цеви могуће је задовољити захтеве који се односе на количину апсорбоване енергије [1-3].

## 3. Стање технике

Деведестих година прошлог века, у оквиру ERRI-a<sup>1</sup>, реализована су истраживања карактеристика више типова елемената пасивне безбедности шинских возила. Квази-статичка и динамичка испитивања реализована су на цевним елементима кружног попречног пресека произведених од композитних материјала и челика.

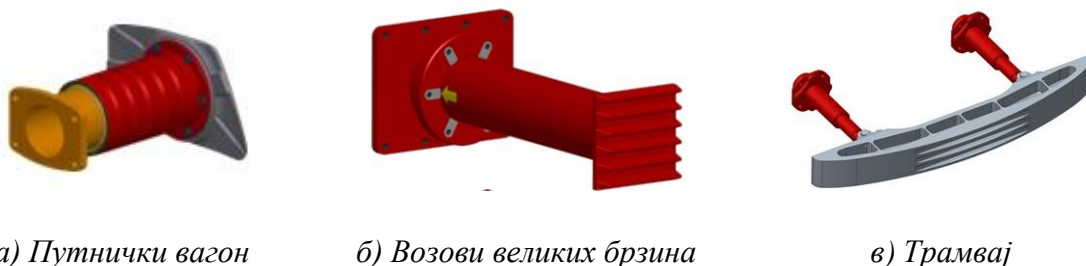
---

<sup>1</sup> ERRI скраћеница од European Railway Research Institute (Истраживачки Институт европских железница).

Резултати испитивања су указали на то да цеви од композитних материјала имају предност над челичним цевима по питању густине енергије по јединици масе. Такође, димензије узорака имају битан утицај на ход, брзину деформисања и деформационе отпоре, те је закључено да однос дужине и пречника цеви већи од један не даје повољне резултате.

Резултати бројних истраживања, базирани на законским регулативама о употреби елемената пасивне безбедности, усмерили су водеће светске произвођаче на употребу апсорбера енергије судара, па данас они представљају саставни део носеће структуре шинских возила. У зависности од апсорпционе моћи, расположивог простора за уградњу и начина функционисања имамо више типова апсорбера. Имајући у виду да се уграђују у чеони део возила, овај део носеће структуре вагона/локомотиве конструише се са иницијалним зонама попуштања у току судара, па се контролисаном еласто-пластичном деформацијом елемената апсорбује кинетичка енергија и на тај начин спречава деформисање путничке/теретне зоне возила. Уградња апсорпционих елемената могућа је током новоградње, као и током модернизације (великих оправки) шинских возила. Апсорпциони елементи, у највећем броју реализованих решења, су саставни део вучно-одбојних уређаја. Неки од произвођача апсорпционих елемената су: AXTONE, EST, OLEO International, ALSTOM и други.

Произвођач AXTONE, нуди више типова апсорпционих елемената, који су намењени употреби на путничким вагонима, возовима великих брзина и трамвајима, слика 1. Ови апсорпциони елементи раде на принципу стругања (резања) спољашње површине цеви, након исцрпљивања апсорпционе моћи стандардних одбојних елемената, који се налазе испред апсорбера. Функционисање приказаних елемената и њихова апсорпциона моћ пројектовани су у складу са европским стандардом [1].



а) Путнички вагон

б) Возови великих брзина

в) Трамвај

Слика 1. Апсорпциони елементи – AXTONE<sup>2</sup>

Немачки произвођач апсорпционих елемената, EST crash buffer, усмерен је на вучна возила (локомотиве). За апсорпцију енергије користи принцип распертлавања цеви и принцип гужвања кутијастих профила, слика 2.



а) Распертлавање цеви



б) Гужвање челичних кутија



Слика 2. Апсорпциони елементи – EST<sup>3</sup>

<sup>2</sup> <http://www.axtone.eu/en>

<sup>3</sup> <http://www.crashbuffer.com>

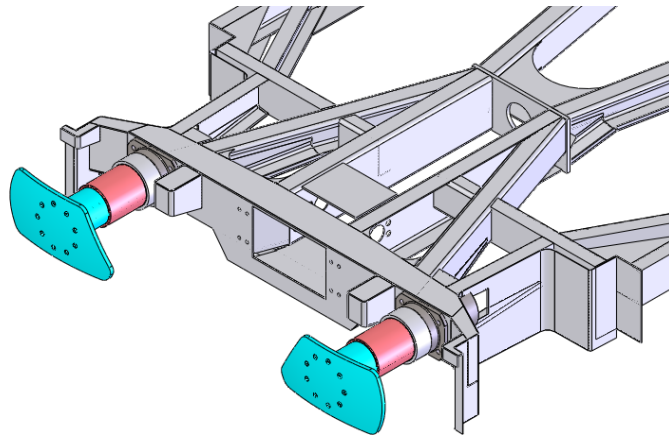
Приказана конструкциона решења указују на могућност примене различитих видова деформисања цевних елемената и кутијастих профила у зависности од типа возила и захтеване количине апсорпционе моћи. Заједничко за све приказане типове елемената је да се уграђују на ред са стандардним одбојницима. Принцип гужвања цеви, кружног или квадратног попречног пресека, може довести до веома високих вредности деформационих отпора (пикова) на почетку процеса деформисања, што представља основни недостатак овог типа апсорбера. Међутим, правилним пројектовањем геометрије цеви са иницијалним местима деформације, пред-деформисањем цеви или комбинацијом наведеног, могуће је у потпуности контролисати вредности деформационог отпора. Комбиновањем процеса гужвања са процесом сужавања цеви постиже се постепен пораст деформационог отпора, што је јако важно са аспекта уношења оптерећења у носећу структуру вагона.

Истраживачи Катедре за шинска возила Машинског факултета Универзитета у Београду у сарадњи са произвођачем железничких возила ГОША Фабриком шинских возила и ГОША Фабриком опреме и машина, обавили су низ испитивања челичних цевних апсорбера квадратног и кружног попречног пресека, који раде на принципу гужвања, проширивања, сужавања цеви [4-5] и комбинованог процеса деформисања цеви [6-7]. Испитивања су вршена методом квази-статичког аксијалног притиска на преси, динамичког ударног оптерећења на пнеуматском чекићу и путем судара два путничка вагона. Конструкције ових апсорпционих елемената су изведене тако да се апсорбер може уградити на ред са стандардним одбојником или самостално у чеони део носеће структуре шинских возила. Резултати ових истраживања указали су на предности процеса сужавања, са аспекта постепеног пораста деформационог отпора током судара. Ради потпуног искоришћења материјала цеви вршена су експериментална истраживања комбинованог процеса деформисања, и то: сужавање-распертлавање и сужавање-гужвање цеви без шава.

Конструкција комбинованог апсорбера је прилагођена инкорпорацији на ред са стандардним одбојником, у зони између одбојника и носеће структуре возила, уз могућност индивидуалне уградње на различитим типовима шинских возила. Овај тип апсорбера користи принцип контролисаног сужавања и гужвања цеви без шава у паралелном моду, као основ за апсорпцију енергије судара. Модуларна градња омогућава једноставну инсталацију. Након истрошења елемената, веома лако се врши замена новим, уз минимално време искључења возила из саобраћаја.

#### **4. Суштина техничког решења**

Комбиновани апсорбер кинетичке енергије судара користи процес сужавања и гужвања цеви без шава у паралелном моду. Током судара, апсорпција енергије почиње процесом сужавања цеви, провлачењем цеви кроз специјалну конусну чауру, на тачно дефинисном ходу. Затим се у процес апсорпције енергије укључује цев која се деформише гужвањем, па се до краја процеса деформисања ова два вида деформације одвијају у паралелном моду. На слици 3., приказан је 3D модел уградње апсорбера у носећу структуру вагона.

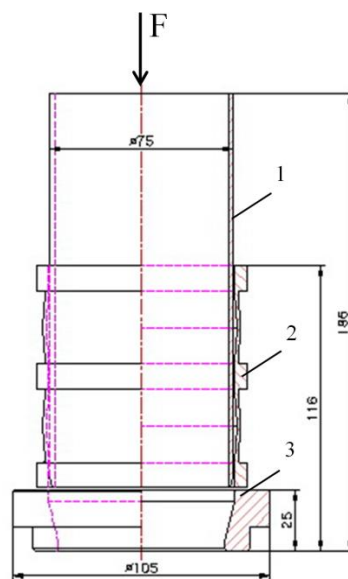


Слика 3. Уградња комбинованог апсорбера

## 5. Детаљан опис техничког решења

Комбиновани апсорбер развијен је на бази цевног апсорбера који ради на принципу сужавања цеви, [4], [5] и [8]. Принцип сужавања цеви карактерише постепени пораст деформационог отпора. Један од недостатака овог типа апсорбера је недовољно искоришћење дела цеви који је прошао кроз конусну чауру, па захтева релативно велики простор за уградњу у чеоном делу носеће структуре. Комбиновањем два процеса деформисања, постиже се повећање апсорпционе моћи и смањење димензија апсорбера у поређењу са апсорбером који ради само на принципу сужавања цеви [6].

На слици 4., приказан је принцип рада комбинованог апсорбера. Током судара, апсорпција енергије почиње сужавањем унутрашње цеви (Поз. 1), провлачењем кроз специјалну конусну чауру (Поз. 3). Након тачно дефинисаног хода у процес апсорпције енергије укључује се спољашња цев (Поз. 2), па до исцрпљивања преосталог хода апсорбера деформишу се обе цеви паралелно. Коришћењем овог типа апсорбера, енергија се апсорбује по основу: еласто-пластичних деформација цеви и путем трења између цеви и конусне чауре.



Слика 4. Принцип рада комбинованог апсорбера

Експериментална истраживања карактеристика комбинованог апсорбера спроведена су на узорцима приказаним на слици 5: а) бешавне цеви (поз. 1, 2, 3 и 4) произведене од челика у квалитету S355J2G3 и б) конусна чаура (поз. 5) произведена од челика за побољшање у квалитету C45E.

Узорци на слици 4 подељени су у пет група: а) бешавна цев са два гужвајућа сегмента са конусним зидом (Поз. 1), б) бешавна цев са два гужвајућа сегмента са равним зидом (Поз. 2), в) бешавна цев дужине 160mm (Поз. 3), г) бешавна цев дужине 71 mm (Поз. 4) и д) конусна чаура (Поз. 5). Различите геометрије гужвајућих цеви формиране су како би се показао утицај геометрије зида на почетне вредности деформационог отпора. Сва истраживања су реализована на умањеним моделима, што у великој мери редукује трошкове развоја производа.



Слика 5. Узорци

На слици 6, приказан је склоп комбинованог апсорбера спреман за испитивање. Квази-статичка испитивања су реализована у две фазе на серво-хидрауличној машини ZWICK ROELL HB250, при брзини кретања клипа од 0,17 mm/s.



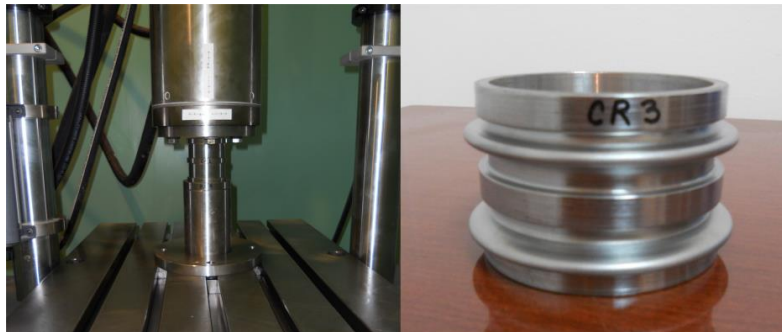
Слика 6. Експериментална истраживања

У првој фази снимљена су карактеристике силе у функцији од хода,  $F(h)$ , за процес чистог гужвања сегментних цеви са равним и конусним зидом. Током друге фазе експерименталних истраживања снимане су карактеристике силе у функцији од хода за комбиновани процес сужавања-гужвања цеви.



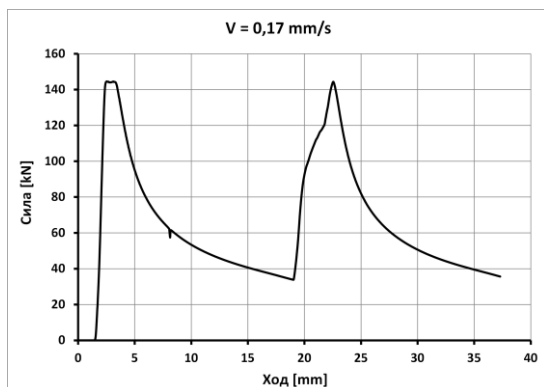
## Прва фаза експерименталних истраживања

У првој фази експерименталних истраживања снимљене су карактеристике силе “F” у функцији од хода “h”, гужвањем бешваних цеви са равним и конусним зидом. Током испитивања брзина кретања моста машине била је 0,17 mm/s. На слици 7 приказан је изглед узорка пре (лево) и после (десно) процеса деформисања.

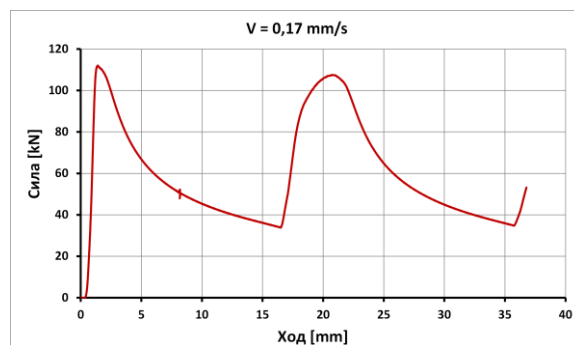


Слика 7. Квази-статичка испитивања – Прва фаза

Према очекивањима, цев са сегментима који имају конусну геометрију зида (Поз. 1, Слика 5) даје прихватљивију карактеристику  $F(h)$  у односу на цев са равном геометријом зида. Разлика се огледа у почетним вредностима деформационих отпора, слика 8. Максимална вредност деформационог отпора, добијена гужвањем цеви са равним сегментима, износи 144 kN. Цев са конусним сегментима има нижу почетну вредност деформационог отпора, која достиже 111 kN. С обзиром да цеви имају по два сегмента, дијаграме карактерише тестерасти ток силе са два пика која се односе на два сегмента деформисања. Може се уочити да након достизања максималне вредности силе, она постепено опада до момента почетка деформисања наредног сегмента цеви, када сила поново почиње да расте.



а) раван зид цеви



б) конусни зид цеви

Слика 8. Дијаграме  $F(h)$  – прва фаза експеримента

Имајући у виду да су ниже вредности деформационих отпора на почетку процеса деформисања прихватљивије са аспекта увођења оптерећења у носећу структуру вагона, за даља истраживања карактеристика комбинованог апсорбера коришћена је цев са конусном геометријом зида.

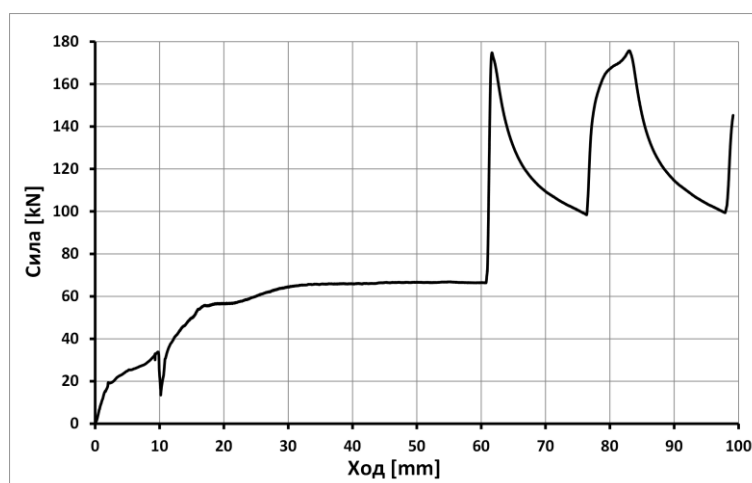
## Друга фаза експерименталних истраживања

Другу фазу експерименталних истраживања карактерише снимање карактеристике  $F(h)$  комбинованог апсорбера. Склоп комбинованог апсорбера формиран је од унутрашње равне бешавне цеви и спољашње сегментне цеви са конусним зидом. Брзина кретања моста машине, током ове фазе испитивања, износила је  $0,17 \text{ m/s}$ . На слици 9 приказан је изглед апсорбера пре (лево) и након (десно) процеса деформисања.



Слика 9. Квази статичка испитивања – друга фаза

На слици 10, приказан је дијаграм  $F(h)$  који карактерише ток деформационог отпора током деформисања комбинованог апсорбера, који ради на принципу сужавања-гужвања цеви.



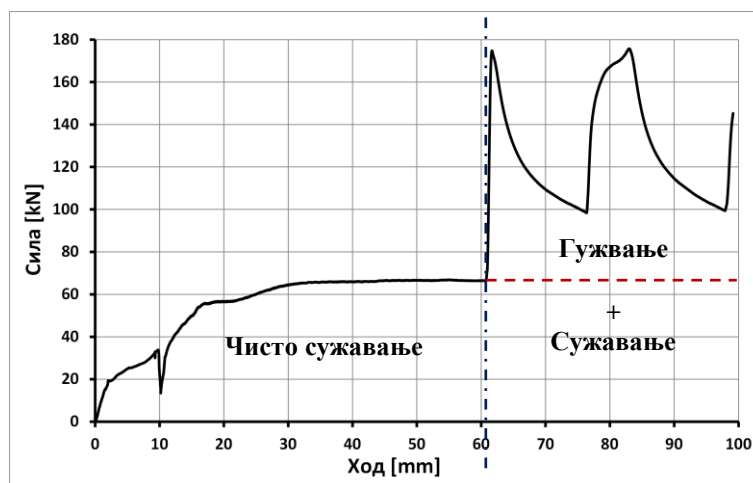
Слика 10. Дијаграми  $F(h)$  – друга фаза експеримента

Може се уочити да сила постепено расте до хода од  $\approx 35 \text{ mm}$ , када достиже максималну вредност од  $65 \text{ kN}$ . У том тренутку се део цеви који је прошао кроз конусну чауру пластично деформисао па више нема повећања вредности силе, тј. она остаје на вредности од  $\approx 65 \text{ kN}$  до достизања хода од  $\approx 60 \text{ mm}$ , када се у процес апсорпције енергије укључује сегмента спољашња цев.

На дијаграму се могу уочити две јасно одвојене фазе деформисања. Прву фазу деформисања, до хода од  $\approx 60 \text{ mm}$ , карактерише ток силе током процеса чистог сужавања цеви. Након ове, почиње друга фаза гужвања спољашње цеви, па од овог тренутка до максималне деформације комбинованог апсорбера (хода од  $\approx 100 \text{ mm}$ ), апсорпција енергије се оставрује путем паралелног рада процеса сужавања и гужвања.

У моменту када почиње процес гужвања цеви, прелаз из прве у другу фазу деформисања карактерише пораст сила са  $\approx 65 \text{ kN}$  на  $\approx 175 \text{ kN}$ . У том тренутку цев губи стабилност, почиње савијање-гужвање зида цеви на првом сегменту, па сила постепено опада до вредности од  $\approx 98 \text{ kN}$  на ходу  $\approx 76 \text{ mm}$ . По завршетку гужвања првог сегмента, почиње процес гужвања другог, па вредност силе поново расте до  $\approx 175 \text{ kN}$ , да би по губитку стабилности зида цеви опала на  $\approx 98 \text{ kN}$ , на ходу од  $\approx 100 \text{ mm}$ .

Разлика у апсорпционој моћи, коришћењем процеса чистог сужавања и комбинованог процеса сужавања-гужвања цеви, јасно се може уочити на дијаграму силе у функцији од хода приказаном на слици 11.



Слика 11. Дијаграми  $F(h)$  – друга фаза експеримента

Током фазе чистог сужавања цеви нема знатних одступања крива за оба процеса деформисања. Минимална одступања могу бити последица трења између елемената, евентуалних одступања осе цеви и конусне чауре (правилном конструкцијом алата ова појава се може у великој мери елиминисати) и квалитета обраде конусне чауре и цеви. У другој фази, фази комбинованог процеса деформисања, зона испод испрекидане линије представља апсорбовану енергију током чистог сужавања цеви. С обзиром да је укупна апсорбована енергија у овој фази једнака површини испод тестерасте криве, која одговара комбинованом процесу, јасно је уочљиво повећање апсорпционе моћи коришћењем процеса сужавања-гужвања у поређењу са чистим сужавањем цеви.

У табели 1., приказани су кључни параметри добијени током експерименталних истраживања комбинованог апсорбера. Вредности које се односе на чисто сужавање цеви (затамњене вредности у табели 1.) представљају основу за оцену апсорпционе моћи комбинованог апсорбера. Апсорбована енергија у првој и другој фази је израчуната као рад силе на дефинисаном ходу (количина апсорбоване енергије је идентична површини испод криве):

$$W = F_{sr} * h$$

где су:

$F_{sr}$  – средња вредност силе на дефинисаном ходу и

$h$  – ход деформисања.

Табела 1. Кључни параметри

Брзина клипа [mm/s]	Узорци [комбинације]	$F_{I\max}$ [kN]	$F_{I\text{sr}}$ [kN]	$F_{II\max}$ [kN]	$F_{II\text{sr}}$ [kN]	$h_I$ [mm]	$W_I$ [kJ]	$h_{II}$ [mm]	$W_{II}$ [kJ]	$W=W_I+W_{II}$ [kJ]
0,17 mm/s Комбиновани процес	DC1-C2	65	55	175	125	60	3,3	40	5	8,3
0,17 mm/s Процес сужавања	<b>КС3-С1</b>	65	<b>55</b>	65	<b>65</b>	50	<b>3,3</b>	40	<b>2,6</b>	<b>5,9</b>

где су:

$F_{I\max}$  – максимална вредност силе добијена током прве фазе – чисто сужавање цеви,

$F_{I\text{sr}}$  – средња вредност силе добијена током прве фазе - чисто сужавање цеви,

$F_{II\max}$  – максимална вредност силе добијена током комбиноване фазе деформисања,

$F_{II\text{sr}}$  – средња вредност силе добијена током комбиноване фазе деформисања,

$h_I$  – ход чистог сужавања цеви,

$W_I$  – апсорбована енергија током чистог сужавања цеви,

$h_{II}$  – ход комбинованог процеса,

$W_{II}$  – апсорбована енергија током комбинованог процеса и

$W$  – укупна апсорбована енергија.

Имајући у виду да су количине апсорбоване енергије, у првој фази (на ходу до  $\approx 60$  mm), идентичне за чисто сужавање и сужавање-гужвање цеви, очигледна предност комбинованог апсорбера може се уочити у другој фази, на ходу од 60 до 100 mm. Укупна средња вредност апсорбоване енергије за комбиновани процес (сужавање+сужавање/гужвање) износи 8,3 kJ, односно 5,9 kJ за процес чистог сужавања цеви. Може се закључити да је апсорбована енергија комбинованог апсорбера већа за  $\approx 41\%$ . Треба напоменути да је за исте димензије комбинованог апсорбера у поређењу са апсорбером који користи чисто сужавање цеви, повећана апсорпциона моћ, што је био примарни циљ развијања овог типа комбинованог апсорбера.

## 6. Закључак

Представљени резултати експерименталних истраживања карактеристика комбинованог апсорбера кинетичке енергије судара наводе на закључак да су компактна конструкција и повећана апсорпциона моћ апсолутно прихватљиви за употребу на шинским возилима. Једноставна прилагодљивост кључних параметара који утичу на апсорпциону моћ чине их употребљивим на путничким и теретним вагонима, локомотивама, електро-моторним возовима и трамвајима. Могућност потпуне контроле тока деформисања, а самим тим и апсорпционе моћи, уз постпен пораст деформационог отпора представљају неке од кључних карактеристика овог типа апсорбера, што је од посебног значаја за заштиту носеће структуре вагона, примарно путничке/товарне зоне возила.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] EN 15227, Railway applications - Crashworthiness requirements for railway vehicle body, January 2008.
- [2] EN 12663-1, Railway applications - Structural requirements of railway vehicle bodies - Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons), March 2010.
- [3] EN12663-2, Railway applications - Structural requirements of railway vehicle bodies - Part 2: Freight wagons, March 2010.
- [4] Tanasković J., Optimizacija i verifikacija apsorbera kinetičke energije sudara putničkih vagona, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2011.
- [5] Tanaskovic J., Lučanin V., Milković D., Simić G., Miloš M., Experimental Research of Characteristics of Modified Tube Absorbers of Kinetic Collision Energy of Passenger Coaches, Journal of Experimental Techniques, Volume 38, Issue 3, page 37-44, 2014.
- [6] Tanasković J., Lučanin V., Pasivna bezbednost šinskih vozila, Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet, Beograd, 2014. – монографија
- [7] Tanaskovic J., Milkovic D., Lucanin V., Miloradovic N., Experimental and numerical analysis of the characteristics of combined collision energy absorbers, Journal FACTA UNIVERSITATIS - Series Mechanical Engineering, Vol.10, No 2, pp. 125 – 136, Nis, 2012.
- [8] Tanasković J., Misković Z., Lučanin V., Mitrović R., Experimental Investigation of Characteristics of Passive Safety Elements, Advanced Materials Research Vol. 633, pp 290-300, Trans Tech Publications, Switzerland, 2013. ISSN 1022-6680

Датум: 03.03.2016. год.

**Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења**

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС“, бр. 38/2008), рецензент проф. др Бојан Бабић оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

**Назив: Апсорпција кинетичке енергије судара коришћењем комбинованог поступка сужавања-гужвања цеви**

**Аутори: Доц. др Јован Танасковић, Проф. др Војкан Лучанин, Проф. др Ненад Радовић, Доц. др Драган Милковић**

**Врста техничког решења: М83 – Нови технолошки поступак**

### **Образложење**

**Предложено решење урађено је за:**

ГОША Фабрику шинских возила д.о.о., партиципанта на пројектима ТР 35006 и ТР35045, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Комбиновани апсорбер је произведен у ГОША ФШВ и ГОША ФОМ, док су експериментална испитивања карактеристика реализована од стране Катедре за шинска возила, Машинског факултета у Београду.

**Субјект који користи техничко решење:** ГОША Фабрика шинских возила, д.о.о., Смедеревска Паланка

**Предложено решење је урађено:** 2016. године

**Субјект који је прихватио техничко решење:** Машински факултет - Београд

**Примена предложеног решења:** У производњи шинских возила

**Област на коју се техничко решење односи:** Машинство, Железничко машинство

**Проблем који се техничким решењем решава:**

- Комбиновани апсорбер се може користити на путничким и теретним вагонима. Могуће је прилагођавање кључних параматара у циљу употребе на различитим типовима шинских возила: путничким и теретним вагонима, локомотивама, електро-моторним возовима и трамвајима.
- Развој и испитивања карактеристика комбинованог апсорбера урађени су у складу са важећим европским нормама.

**Стање решености проблема у свету:**

Тренд повећања брзина саобраћања возова изискују потребу интензивног рада да повећању безбедности у саобраћају. Једна од мера је и уградња апсорпционих елемената у носећу структуру возила, уз поштовање важећих стандарда и захтева купаца. Комбиновани апсорбер спада у елементе пасивне безбедности шинских возила. Техничка решења европских и светских произвођача су врло слична, конструкцијски и функционално, али одређени недостаци захтевају развој побољшаног типа апсорбера, попут комбинованог.

**Суштина техничког решења:**

Комбиновани апсорбер има једноставну компактну конструкцију, прилагођену за уградњу на ред са стандардним одбојником или засебно у конструкцији шинског возила. Коришћењем процеса сужавања-гужвања цеви без шавова повећава се апсорпциона моћ уз добијање компактних димензија склопа апсорбера.

**Карактеристике предложеног техничког решења:**

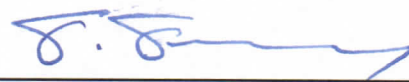
Комбиновани апсорбер се уграђује на ред са стандардним одбојником. Могуће га је уградити као посебан склоп у чеони део носеће структуре шинских возила (електро-моторни возови и трамваји). Базиран је на принципу чистог сужавања цеви. Ограничен простор за уградњу условио је компактну димензију апсорбера, а важећи стандарди вредности деформационог отпора, тј. количину апсорбоване енергије. Током судара, најпре долази до сужавања цеви провлачењем кроз специјалну конусну чауру, а затим и гужвања цеви у паралелном моду са сужавањем. Овај вид деформисања цеви без шавова даје постепен пораст деформационог отпора, па нема бојазни да може доћи до пластичног деформисања средишњег дела носеће структуре пре потпуног искоришћења апсорбера.

**Могућност примене предложеног техничког решења:**

Комбиновани апсорбер првенствено је развијен за употребу на путничким и теретним вагонима. Једноставна конструкција и модулarna градња, уз минималне модификације кључних параметара, омогућавају да се примени на локомотивама, трамвајима и електро-моторним возовима, па чак и на неким грађевинским машинама.

**На основу свега наведеног сматрам да резултат научноистраживачког рада под називом „Апсорпција кинетичке енергије судара коришћењем комбинованог поступка сужавања-гужвања цеви“ представља оригинално техничко и развојно решење које се по важећим критеријумима може сврстати у категорију М83, као нови технолошки поступак.**

Рецензент



**Проф. др Бојан Бабић**  
Универзитет у Београду  
Машински факултет

Датум: 03.03.2016. год.

**Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења**

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС“, бр. 38/2008), достављам

*Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења*

**Назив: Апсорпција кинетичке енергије судара коришћењем комбинованог поступка сужавања-гужвања цеви**

**Аутори: Доц. др Јован Танасковић, Проф. др Војкан Лучанин, Проф. др Ненад Радовић, Доц. др Драган Милковић**

**Врста техничког решења: М83 – Нови технолошки поступак**

### Образложење

**Предложено решење урађено је за:**

ГОША Фабрику шинских возила д.о.о., произвођача путничких и теретних вагона, партиципанта на пројектима ТР 35006 и ТР35045, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Елементи комбинованог апсорбера произведен су у ГОША ФШВ и ГОША ФОМ. Експериментална истраживања карактеристика комбинованог апсорбера реализована су од стране истраживача Катедре за шинска возила, Машинског факултета у Београду.

**Субјект који користи техничко решење:** ГОША Фабрика шинских возила, д.о.о., Смедеревска Паланка

**Предложено решење је урађено:** 2016. године

**Субјект који је прихватио техничко решење:** Машински факултет - Београд

**Примена предложеног решења:** У производњи шинских возила

**Област на коју се техничко решење односи:** Машинство, Железничко машинство

**Проблем који се техничким решењем решава:**

- Комбиновани поступак сужавања-гужвања цеви може се првенствено применити на путничким и теретним вагонима, а уз одређене модификације прилагодити за употребу на различитим типовима шинских возила: локомотивама, електро-моторним возовима и трамвајима.
- Развој комбинованог апсорбера урађен је у складу са важећим европским нормама.



### **Стање решености проблема у свету:**

Неминовност појава судара у железничком саобраћају, поред чињенице да спада у један од најбезбеднијих врста саобраћаја, захтева велику пажњу усмерену на развој елемената пасивне безбедности. Развој комбинованог апсорбера представља једно од могућих решења усмерених на смањење последица судара. Примењена техничка решења и она у фази развоја у Европи, а и шире, врло су слична овом техничком решењу, али су усмерена на коришћење само једног облика деформисања. Комбиновани процес апсорпције енергије елиминише неке од недостатка постојећих типова апсорбера.

### **Суштина техничког решења:**

Комбиновани апсорбер има компактну конструкцију, која се може уградити на ред са стандардним одбојником или независно у чеоном делу конструкције шинских возила. Процес сужавања-гужвања цеви без шави омогућава повећање апсорпционе моћи уз компактне димензије склопа апсорбера.

### **Карактеристике предложеног техничког решења:**

Једноставно конструкционо решење комбинованог апсорбера омогућава уградњу на ред са стандардним одбојником или независно у носећу структуру електро-моторног воза, трамваја, па чак и неких грађевинских машина. Као основу користи процес сужавања цеви. Током судара, процес апсорпције енергије започиње сужавањем унутрашње цеви провлачењем кроз специјалну конусну чауру, а затим и гужвања спољашње цеви у паралелном моду са сужавањем. Комбиновањем ова два процеса деформисања добија се постепени пораст деформационог отпора, што омогућава равномерно оптерећење носеће структуре возила.

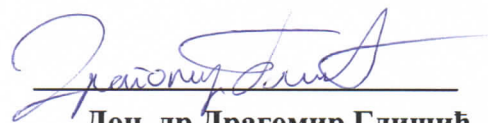
### **Могућност примене предложеног техничког решења:**

Комбиновани апсорбер је развијен за употребу на путничким и теретним вагонима. Модуларна конструкција омогућава примену на локомотивама, трамвајима, електро-моторним возовима и грађевинским машинама.

## **ЗАКЉУЧАК**

На основу свега наведеног сматрам да резултат научноистраживачког рада под називом „Апсорпција кинетичке енергије судара коришћењем комбинованог поступка сужавања-гужвања цеви“ представља оригинално техничко и развојно решење које се по важећим критеријумима може сврстати у категорију М83, као нови технолошки поступак.

Рецензент



Доц. др Драгомир Глишић  
Универзитет у Београду

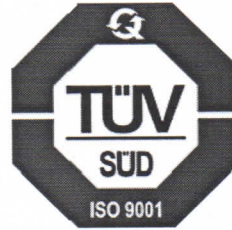
Технолошко металуршки факултет

Vaš znak:

Naš znak :

Broj: 01/03/2016/MS

Mesto i datum: S.Palanka, 01.03.2016 godine



Goša - Fabrika šinskih vozila d.o.o.  
Upisano u registar Privrednih subjekata  
Agencije za privredne registre br.  
BD. 1430/2007

Matični broj: 07198698  
PIB: 101929736

Tekući računi:  
160-7278-67 Banca Intesa  
240-0022592101500-98 Findomestic banka

11420 Smederevska Palanka  
Industrijska 70, Srbija  
Telefon: 026/310-946  
Fax: 026/310-759  
Web: www.gosa-fsv.rs  
E-mail: fsv@gosa-fsv.rs

**Doc. dr Jovan Tanasković**  
**Univerzitet u Beogradu**  
**Mašinski fakultet**  
**Kraljice Marije 16**  
**11120 Beograd**

**PREDMET: Apsorpcija kinetičke energije sudara korišćenjem kombinovanog postupka sužavanja-gužvanja cevi**

GOŠA Fabrika šinskih vozila (GOŠA FŠV – ŽOS Trnava), proizvođač putničkih i teretnih vagona, veliku pažnju posvećuje oblasti pasivne bezbednosti šinskih vozila.

Veoma uspešna saradnja sa Mašinskim fakultetom Univerziteta u Beogradu (Katedrom za šinska vozila) u oblasti pasivne bezbednosti šinskih vozila, rezultirala je nizom eksperimentalnih istraživanja više vrsta apsorpcionih elemenata. Rezultati ovih istraživanja ukazali su na prednosti i nedostatke pojedinih vrsta apsorbera kinetičke energije sudara, kao i na mogućnosti primene na različitim tipovima šinskih vozila.

Kombinovani apsorber koji radi na principu sužavanja-gužvanja cevi omogućava da se uz kompaktne dimenzije sklopa apsorbuje zahtevana količina kinetičke energije sudara, što je jako važno s obzirom na veoma ograničen prostor za ugradnju u čeonom delu noseće strukture vagona. Konstrukciono rešenje omogućava laku ugradnju i veoma jednostavnu zamenu istrošenih elemenata u slučaju aktiviranja apsorbera tokom sudara.

Rukovodstvo GOŠA FŠV će, u skladu sa sopstvenim potrebama i potrebama tržišta, doneti odluku o pokretanju serijske proizvodnje kombinovanog apsorbera, što će ga svrstati u sastavni deo proizvodnog programa GOŠA FŠV.

S poštovanjem,



**GOŠA Fabrika šinskih vozila**  
**Direktora sektora razvoja i tehnike**



**Milovan Slavković, dipl.el.ing.**

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -  
БРОЈ: 240/3  
ДАТУМ: 18.03.2016.

На основу захтева доц. др Јована Танасковића бр. 240/1 од 02.02.2016. године и чл. 63. Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 17.03.2016. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Прихвата се Техничко решење (М83) под насловом: „**Апсорпција кинетичке енергије судара коришћењем комбинованог поступка сужавања-гужвања цеви**“ чији су аутори: доц. др Јован Танасковић, проф. др Војкан Лучанин, проф. др Ненад Радовић, ван.проф. Технолошко-металуршког факултета и доц. др Драган Милковић.

Одлуку доставити: Министарству просвете, науке и технолошког развоја РС, рецензентима и архиви Факултета ради евиденције.



ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Радивоје Митровић