

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Нина Ј. Живановић

**СИСТЕМ ЕЛАСТИЧНОГ ОСЛАЊАЊА
ОКЛОПНИХ ТРАНСПОРТЕРА СА
ТОЧКОВИМА**

завршни рад

Крагујевац, 2017.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Моторна возила и мотори

Предмет: Конструкција и прорачун моторних возила

Број индекса: 702/2015

Нина Ј. Живановић

**СИСТЕМ ЕЛАСТИЧНОГ ОСЛАЊАЊА
ОКЛОПНИХ ТРАНСПОРТЕРА СА
ТОЧКОВИМА**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

- | | |
|--|----------------|
| 1. Ванр. проф. др Јасна Глишовић дипл. инж. - ментор | Датум |
| 2. _____ - председник | одбране: _____ |
| 3. _____ - члан | Оцена: _____ |

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- наведе критеријуме поделе и објасни основне елементи система ослањања возила,
- прикаже основне карактеристике и структуру борбених возила са различитим кретањима: гусенице/точак,
- детаљно објасни систем еластичног ослањања оклопних транспортера точкаша на примеру једног изведеног модела,
- изврши прорачун еластичних елемената система еластичног ослањања оклопног транспортера.

Препоручена литература:

[1] Глишовић Ј., Конструкција возила – Методичка збирка задатака са изводима из теорије, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.

[2] Јанићијевић Н., Јанковић Д., Тодоровић Ј., Конструкција моторних возила, друго издање, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 1987.

[3] Муждека С., Ракић С., Конструкција борбених возила, Војна академија, Београд 2008.

Крагујевац, 01.06.2017. год.

Ментор:

Др Јасна Глишовић, ванр. проф.

САДРЖАЈ

РЕЗИМЕ	1
1. УВОД.....	2
2. СИСТЕМ ЕЛАСТИЧНОГ ОСЛАЊАЊА ВОЗИЛА.....	3
2.1. Критеријуми поделе и основни елементи система ослањања	4
3. БОРБЕНА ВОЗИЛА – ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И СТРУКТУРА .	8
3.1. Борбена возила са гусеницама	11
3.2. Борбена возила са точковима	12
4. СИСТЕМ ЕЛАСТИЧНОГ ОСЛАЊАЊА ОКЛОПНИХ ТРАНСПОРТЕРА ТОЧКАША	19
4.1. Механизам вођења точкова оклопног транспортера БТР-80.....	21
4.2. Еластични елементи оклопног транспортера БТР-80	23
4.3. Елементи пригушивања оклопног транспортера БТР-80.....	25
5. ПРОРАЧУН ЕЛАСТИЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА СИСТЕМА ЕЛАСТИЧНОГ ОСЛАЊАЊА ОКЛОПНОГ ТРАНСПОРТЕРА БТР-80	29
5.1. Прорачун торзионог штапа оклопног транспортера БТР-80	30
ЗАКЉУЧАК	34
ЛИТЕРАТУРА	35

ABSTRACT

This paper introduced main roles a suspension system and its components have in any vehicle functioning, and requirements which it has to fulfil. Description of differences between dependent and independent suspension systems was given, and so are divisions of independent suspension systems based on a few different criteria. It was also given a categorization of military vehicles and their department structure, differences between tracked and wheeled vehicles. Some of the world's best armored personnel carriers today were presented, including our representative of the group, Lazar 3. Model BTR-80 of soviet series of armored personnel carriers BTR was chosen for presenting all suspension system components and mechanisms. Wheel guiding mechanism with A-arms, elastic elements and damping elements were depicted and their working principles were described in detail. At the end, calculation of BTR-80's torsion bar dimensions was performed.

Key words: *car suspension system, armored personnel carrier, torsion bar.*

РЕЗИМЕ

У овом раду представљена је улога и значај еластичног система ослањања возила и његових компоненти, као и захтеви које један такав система треба да задовољи. Описане су разлике између крутих и еластичних система ослањања, зависних и независних и поделе независних СЕО по различитим критеријумима. Представљена је подела војних возила и структура њихове конструкције, разлике између возила са гусеницама и точковима. Дато је и описано неколико најбољих оклопних транспортера данас у свету, као и наш представник ове групе возила, Лазар 3. Модел БТР-80 из серије совјетских оклопних транспортера БТР је одабрана за приказ свих елемената система еластичног ослањања. Механизам вођења точкова, еластични елементи и елементи пригушивања су детаљно приказани и описан је њихов начин функционисања. На крају је извршен прорачун основних димензија еластичног елемента оклопног транспортера БТР-80, торзионог штапа.

Кључне речи: *систем еластичног ослањања, оклопни транспортер, торзиони штап.*

1. УВОД

Основне разлике између класичног моторног возила и војног, борбеног, возила јесу заштитна функција каросерије, која представља оклоп, и интегрисано наоружање са пратећом опремом која се налази на возилу. Поред тога, војно возило, као и обично путничко возило, мора поседовати све одговарајуће системе и елементе који су неопходни за извршавање основног задатка овог система – кретања.

Војна возила представљају возила намењена извршавању одређених борбених задатака, из чега произилазе захтеви за њихову конструкцију, степен оклопне заштите, врсту и количину наоружања. Оклопни транспортери са точковима служе за превоз војника и нису намењени за директну борбу, па је њихов оклоп заштита од оружја мањег калибра. Опремљени су стрелачким оружјем или мањих оруђем, а концепција им је донекле условљена системима који се везују за ходни систем у виду точкова.

Велику улогу у стабилности кретања возила и могућности избегавања непријатељске ватре игра систем еластичног ослањања. Овај систем усклађује све осцилације борбеног система возило-наоружање које се јављају у току његовог кретања и рада, донекле диктира брзину кретања и могућност савладавања препрека. Много је контрадикторних захтева које систем еластичног ослањања треба да задовољи, што је само по себи сложен задатак, поред тога, борбено возило са интегрисаним наоружањем, осим класичних оптерећења која делују на возило, оно мора да издржи оптерећења и осцилације које су последица дејства оружја. Конструкција возила са својим еластичним системом ослањања и монтирано наоружање треба да буду интегрисани тако да међусобно не ремете рад другог система.

Генерално сваки систем еластичног ослањања борбених возила садржи све подсистеме које садржи и систем еластичног ослањања комерцијалних возила. Елементи вођења точка, еластични елементи, елементи пригушивања и елементи стабилизације, сви имају исте улоге и код борбених возила, с тим да могу бити већих димензија услед већих оптерећења, могу се комбиновати елементи исте врсте подсистема ради постизања веће ефектности и евентуално могу бити коришћени другачији материјали од уобичајених.

Прорачун елемената једног оваквог система спроводи се на идентичан начин као и за било коју другу машинску конструкцију и неопходан је како би се извршило правилно димензионисање или провера њене радне способности. У овом раду је представљен систем еластичног ослањања одабраног оклопног транспортера и приказан је основни прорачун једноставног еластичног елемента, торзионог штапа.

2. СИСТЕМ ЕЛАСТИЧНОГ ОСЛАЊАЊА ВОЗИЛА

При кретању возила по путу све неравнине коловоза, процеси кочења, убрзавања, ветар и други утицаји изазивају осцилације целог возила и појединих његових делова, као и маса које се налазе у или на возилу. Те осцилације се преносе на возача и путнике доводећи до брзог замора и непријатног осећаја. Поједини делови возила и пут су изложени додатном оптерећењу, а стабилност управљања може бити угрожена услед смањења динамичких реакција тла, односно вучних и кочних сила, или потпуно изгубљена ако дође до привременог губитка контакта између точка и тла. Системи еластичног ослањања служе да редукују негативне последице осциловања. Основни задаци система еластичног ослањања су преношење свих реактивних сила и момената који се јављају између точка и тла на возило и обрнуто, што веће ублажавање ударних оптерећења, одржавање контакта између точка и тла у свим условима експлоатације односно стабилности управљања при великим брзинама, кочењу и скретању у кривинама, спречавање заносења возила, обезбеђење осцилаторног комфора возача, путника и терета, спречавање појаве резонанце целог система и на тај начин продужетка радног века елемената возила.

Систем еластичног ослањања моторног возила представља еластичну везу између целе конструкције возила и точкава чији су основни подсистеми елементи вођења точка, еластични елементи, елементи пригушивања и елементи стабилизације. Сви делови конструкције изнад еластичне везе представљају „ослоњену“ или „овешану“ масу, а сви делови испод чине „неослоњену“ односно „неовешану“ масу. Елементи или механизми вођења имају улогу да обезбеде што повољније релативно померање ослоњене масе у односу на токове и подлогу и преношење хоризонталних (уздужних и бочних) реактивних сила и момената од подлоге на ослоњену масу возила. Еластични елементи преносе на рам или каросерију вертикалне реактивне силе при чему имају задатак да их што више ублаже, да би ударна оптерећења била што мања. Елементи пригушивања или амортизери имају функцију пригушивања насталих осцилација еластичних ослонаца, то јест целог возила и смањења ударних оптерећења. Стабилизатори, односно елементи стабилизације, обезбеђују бочну крутост и имају улогу да при криволинијском кретању возила смање угаоно померање услед дејства центрифугалне силе и клаћење ослоњене масе.

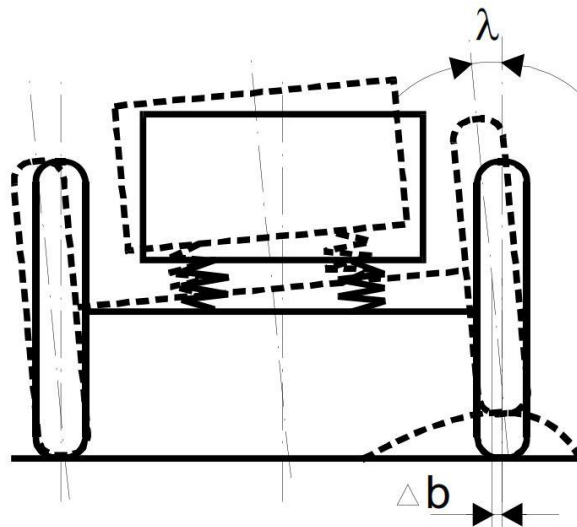
Захтеви које треба да задовољи систем еластичног ослањања су оптимална величина сопствених фреквенција осциловања, одговарајући статички угиб, довољан динамички угиб без удара, адекватно пригушивање осцилација ослоњене и неослоњене масе, правилну кинематику и стабилизацију управљачких точка и све то у разним условима експлоатације. Сви ови захтеви усложњавају конструкцију система еластичног ослањања, али треба тежити да она буде што мање масе, једноставнија, јефтинија и погоднија за производњу и одржавање [1, 3].

На једном возилу разликујемо предње и задње ослањање или вешање. Предње ослањање чине предњи точкови возила, осовина, елементи вођења, пригушења и еластични елементи на тој осовини, као и све међусобне везе тих елемената и целог система за рам или каросерију. Аналогно томе, задње ослањање чине исти елементи задњег дела возила.

2.1. Критеријуми поделе и основни елементи система ослањања

Возила могу имати круте и еластичне системе ослањања зависно од везе точкова и надградње. Круте системе ослањања чини директна веза точкова за рам или каросерију, без еластичних елемената и елемената пригушивања. Ови системи су били заступљени код возила са веома малим максималним брзинама (мањим од 30 km/h), као што су радна возила и трактори, међутим данас се чак и на та возила уграђују еластични системи ослањања као мера заштите здравља људског организма и повећања комфора. Остала возила по правилу имају еластичне елементе тј. систем еластичног ослањања [5].

Према врсти везе између точкова и возила разликујемо зависни и независни систем еластичног ослањања, а могуће су и њихове комбинације. Зависни системи су везани за појам крутог моста односно греде која повезује леви и десни точак, при чему померање једног од точкова на истој осовини директно утиче на померање другог (слика 2.1). Ова врста везе је примењива како за управљачки тако и за погонски мост, најједноставнија је, али не обезбеђује правилну кинематику управљања, јер долази до промене нагиба точкова (λ) и трага точкова (Δb), као и нагињања каросерије. Једна од предности је та што се оптерећења преносе на погонски мост, а не на рам возила, што је од великог значаја за тешка теретна возила, код којих је овај систем заступљен на управљачким мостовима. Такође, овај систем је може да прими велика вертикална оптерећења каква се јављају код комерцијалних возила и ударна оптерећења услед лоших путева. Данас се зависни системи ослањања код путничких возила срећу често на погонским мостовима који нису управљачки, а код осталих врста возила скоро увек.

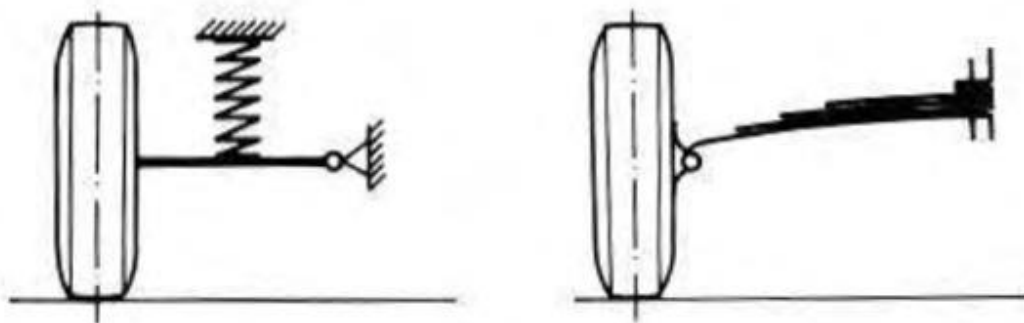


Слика 2.1: Шема зависног система еластичног ослањања возила [4]

Посебне верзије зависног система ослањања, или полузависно ослањање, представљају лебдећа (пливајућа) осовина која као еластични елемент има попречно постављен лиснатигибањ и Де Дионова осовина која за ослањање возила користи спиралне опруге ослоњене на лаку цевасту осовину и носећу траверзу причвршћену за каросерију.

Независни системи ослањања имају особину да при померању било ког точка по висини нема утицаја на померање другог точка исте осовине или уопште других точкова, тј. сваки точак се сам за себе прилагођава неравнинама пута (слика 2.2). Ове системе,

пored правилне кинематике управљачких точкова, карактерише и смањена тежина неослоњене масе, већа стабилност возила у кривинама, већа проходност на неравним теренима и бољи комфор. Независно ослањање је данас обавезно код управљачких точкова, а све чешће и код погонских точкова путничких возила, али и лакших теретних возила и аутобуса. Код независног ослањања предњих, управљачких точкова механизам за вођење у потпуности врши и функцију управљачког моста, а код задњих, погонских точкова и део функције погонског моста.



Слика 2.2: Шема независног еластичног ослањања возила [2]

Комбинације ових концепција подразумевају примену и зависног и независног система еластичног ослањања на једном возилу, при чему су точкови једне осовине (углавном предње - управљачке) независно ослоњени, а свих осталих зависно. Овакво ослањање се, поред независног, користи код неких савремених путничких и теретних возила. Избор конструкције зависи од намене возила и његове брзине кретања, али треба напоменути да теретна возила, иако углавном имају зависно ослањање, могу имати конструкцију са потпуно независним ослањањем, поготово када су у питању возила велике проходности као што су војна возила [2].

Постоји више критеријума поделе система ослањања поред поделе на зависне и независне [3]. Системи независног еластичног ослањања се разликују у зависности од равни у којој се помера (води) точак при одизању, па постоје системи са вођењем точка у:

- попречној равни (са једном попречном вођицом, са две попречне вођице исте дужине или са две попречне вођице различите дужине),
- уздужној равни (са једном или две уздужне вођице),
- попречној и уздужној равни (са косим вођицама),
- вертикалној равни (линијско вођење помоћу вертикалне вођице),
- комбиновано (вертикално и попречно вођење, Мекферсонова нога) и
- просторно (већи број вођица).

У зависности од примењених еластичних елемената разликују се системи ослањања са:

- челичним опругама (лиснатим, завојним, торзионим),
- гуменим ослонцима,
- пнеуматским ослонцима,
- хидрауличним ослонцима и
- комбинованим ослонцима (хидро-пнеуматским, гумо-металним...).

Неки од наведених еластичних ослонаца се могу поставити на возило на различите начине, па се у зависности од тога разликују системи ослањања са:

- уздужно,
- попречно,
- косо и
- вертикално постављеним ослонцима.

Према врсти елемената за пригушивање и начину њиховог дејства разликују се системи ослањања са:

- хидрауличним пригушивачима и
- механичким пригушивачима или
- пригушивачи једносмерног дејства и
- пригушивачи двосмерног дејства.

Системи еластичног ослањања углавном имају све подсистеме изведене одвојено, али постоје и концепције код којих један од елемената може да врши неколико функција, па се у тим случајевима не уграђују сви подсистеми.

Елементи вођења точка или елементи веза у ужем смислу су подсистем од ког у потпуности зависи кинематика точкова, док од осталих елемената уопште не зависи. Механизам вођења точкова се изводи различито за зависне и независне системе ослањања. Код зависног ослањања за вођење се најчешће користе гибњеви (лиснате опруге) постављене уздужно на сваком точку или њихова комбинација са полугама, док су изведбе независног система ослањања многобројне, а вођице (упорне полуге) могу бити постављене попречно, уздужно, косо, вертикално, просторно или комбиновано. Највећи недостаци механизма вођења точкова код зависног ослањања су промена нагиба и трага точкова при кретању и повећана тежина система ослањања. Код независног ослањања као најбољи се показао механизам вођења са две попречно постављене троугласте вођице различите дужине јер, иако постоје промене нагиба и трага точкова, оне су у дозвољеним границама, а прихватање бочних сила је веома добро. Код уздужних вођица нема промене нагиба и трага точкова, али се мења међуосовинско растојање и прихватање бочних сила је лоше. Косим вођицама се до неке границе обједињују и предности и недостаци попречног и уздужног вођења. Вертикално вођење се не примењује код савремених возила, али се комбинација ових вођица са попречним врло често примењује за вођење предњих и задњих точкова и позната је под називом Мекферсонова нога. Просторно вођење обухвата пет вођица које обезбеђују добру кинематику и прихватање великих бочних сила, али је механизам сложен и скуп па се примењује само код возила више класе.

Начин извођења еластичних елемената зависи од намене возила, али не зависи од начина извођења система ослањања, а могу бити израђене од метала и неметала. Метални еластични елементи могу бити лиснате, завојне и торзионе опруге, а у неметалне спадају гумени, пнеуматски и хидраулични ослонци. Лиснате опруге или гибњеви су најраспрострањенији, најдуже коришћени тип еластичних ослонаца и једини тип који, поред основне функције, може да врши и функције елемената за вођење точка и елемената за пригушивање осцилација. Гибњеви се највише користе код теретних возила, док се код савремених путничких возила углавном користе завојне опруге, а код привредних возила пнеуматски ослонци. Завојне или спиралне опруге могу да примају само силе у аксијалном правцу, док се за примање бочних и уздужних оптерећења морају користити посебни механизми за вођење, а немају ни способност амортизовања

осцилација, па су потребни и посебни елементи пригушивања. Њихова предност је мања маса, погодност уградње и могућност да се лако произведу са линеарном и прогресивном крутошћу. Торзиони штапови су полуге које се напрежу на увијање, постављају се у хоризонталној равни и уградња им је специфична. Немају могућност вођења точка и амортизовања осцилација, па представљају елементе у сложенијим системима ослањања. Примењују се код путничких, али и код лаких и тешких теретних возила и тенкова. Гумени елементи се у систему ослањања примењују у комбинацији са другим еластичним елементима, а на више десетина места као граничници, као ослонци различитих агрегата (мотор, мењач, разводник погона...), за спајање металних елемената уз пригушивање буке и вибрација. Користе се гуме високе еластичности, природног и вештачког порекла, које омогућавају изванредне карактеристике пригушивања осцилација и вибрација уз нелинеарну карактеристику сабијања, али су осетљиве на промену температуре и не могу служити за вођење точкава. Пнеуматски ослонци су затворени елементи од гуме ојачане челичним влакнима, испуњени стишљивим гасом, чија се крутост регулише променом притиска гаса и који се могу користити као помоћни или самостални ослони елементи. Карактерише их прогресивна крутост, добра способност пригушивања осцилација и буке и немогућност преношења хоризонталних оптерећења. Хидраулични еластични елементи свој рад заснивају на нестишљивости течности, али се не користе као самостални због различитих проблема у пракси и линеарне карактеристике сабијања. Комбинацијом нестишљиве течности и стишљивог гаса добијају се хидро-пнеуматски еластични елементи који могу да врше и функцију елемента за пригушивање. У оквиру једног система ослањања често се користе комбинације различитих еластичних ослонаца.

Елементи пригушивања, односно амортизери, служе да за најкраће време ефикасно пригуше осцилације маса возила настале приликом његовог кретања по путу, услед постојања еластичних елемената у систему ослањања. Осим тога, амортизују и вертикалне ударне силе, спречавају појаву резонанце, утичу на удобност и стабилност кретања, па представљају и компоненту активне сигурности возила. Пригушивање се остварује под утицајем отпорних сила у целом систему ослањања, као што су трења у еластичним елементима и механизму за вођење точкава, али највише силом отпора коју ствара амортизер, тако што се разлика енергија кретања точка и каросерије претвара у топлотну енергију која се затим предаје околини. Разликују се механички, хидраулички и пнеуматски амортизери, али се данас механички практично не користе, пнеуматски ретко, док су хидраулички нашли веома широку примену. Хидраулички амортизери могу бити телескопски – користе се код савремених возила, и полужни – примењени код тешких гусеничних возила, возила која развијају мале брзине кретања и онда када је простор за уградњу ограничен. Амортизери који пригушивање остварују само у једном смеру називају се једносмерним, а они који делују у оба смера двосмерним.

Елементи стабилизације су стабилизатори или стабилизаторске опруге које имају улогу да торзијом смање бочно нагињање возила при кретању у кривинама када се један од точкава исте осовине угиба или се цела каросерија нагиње око своје уздужне осе. Стабилизатори се најчешће изводе као специјални торзиони штапови, у облику латиничног слова У („U“) или двокраке полуге, а за возило се причвршћује везним елементима и стегама са гумом. Једноставни су и јефтини, могу се поставити попречно и уздужно у односу на уздужну осу возила и користе се код свих врста возила.

3. БОРБЕНА ВОЗИЛА – ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И СТРУКТУРА

Према стандарду СРПС М.Н0.001 под општим појмом возила се подразумевају копнена мобилна средства, која могу да се крећу по:

- друмовима (друмска возила),
- шинама (шинска возила),
- терену (грађевинске самоходне машине, машине унутрашњег транспорта),
- пољопривредна возила и машине (трактори, комбајни...),
- борбена возила (самоходни топови, тенкови, оклопни транспортери...).

Претходна подела дефинише и техничке и експлоатационе карактеристике возила. Једна од даљих подела по овом стандарду је подела друмских возила према намени на:

- возила за превоз лица и/или робе,
- радна возила,
- возила унутрашњег транспорта,
- специјална возила,
- војна возила.

Борбена возила су по својој специјалној конструкцији и опреми намењена посебним наменама, односно у ратне сврхе и могу се кретати по путевима и терену, због чега ову групу возила не обухвата „Закон о безбедности у саобраћају“, а ни стандард СРПС М.Н0.010, који врши даљу поделу возила [6].

Војно возило је свако борбено и неборбено возило регистровано по посебним прописима Министарства надлежног за послове одбране, као и свако друго прописно обележено возило док се, по основу извршавања материјалне обавезе, налази на коришћењу у јединицама и установама Министарства надлежног за послове одбране и Војске Србије [7]. Иако стандардом није дефинисана, постоји основна подела борбених возила извршена према типу кретања у три групе:

- гусеничари:
 - тенкови,
 - тенкови носачи моста,
 - самоходна оруђа,
 - лансирна оруђа,
 - оклопни транспортери,
 - борбена возила пешадије,
 - борбена возила за подршку тенкова,
 - оклопна возила за извлачење, итд...
- полугусеничари,
- точкаши:
 - оклопни аутомобили,
 - оклопни транспортери,
 - извиђачки аутомобили и
 - лансирни аутомобили.

Сам назив борбена возила, као што је већ речено, дефинише основну намену – извршавање различитих борбених задатака и непосредно учешће у борбеним дејствима. Основни захтеви које ова возила треба да испуне су што већа ватрена моћ, покретљивост

возила и заштита. Ватрена моћ обухвата дејство пројектила на циљ, вероватноћа погађања, маневар ватром, брзина ватре и удобност посаде, а фактори који највише утичу на ватрену моћ су наоружање, муниција, посада и карактеристике возила. На покретљивост возила, оперативну и тактичку, највише утичу климатски и територијални услови, посада и карактеристике возила. Заштита је компонента безбедности посаде и возила и може бити посредна – избегавање дејства противника, и непосредна – отпорност на дејство противника. Карактеристика возила, која је једна од најважнијих за сва три захтева, јесте систем еластичног ослањања, који треба да обезбеди адекватну стабилизацију возила при дејствовању по непријатељским циљевима, што боље кретање у свим условима, а кроз ова два захтева и најбољу заштиту борбеног возила, са аспекта избегавања непријатељске ватре. Дефинисани захтеви су међусобно контрадикторни, зато је важно остварити компромисно решење између ових захтева.

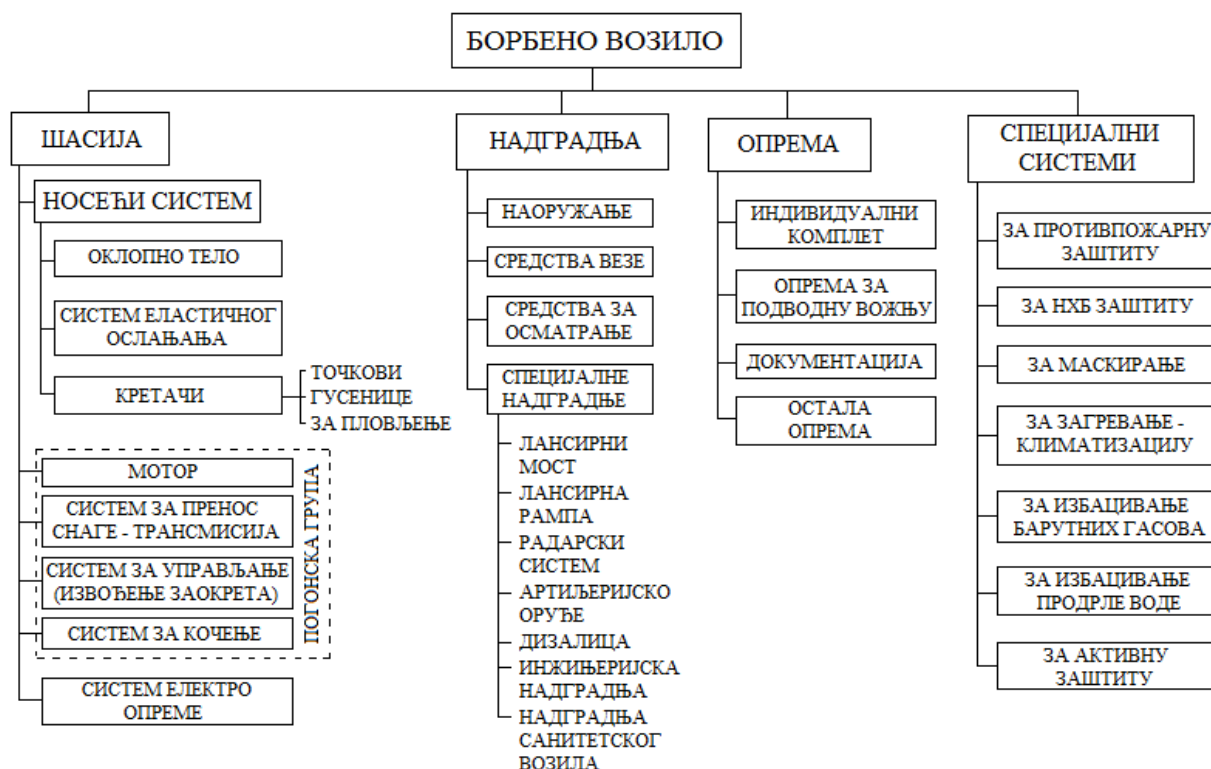
Борбена возила су моторна возила заштићена оклопом и наоружана, намењена за извршавање борбених задатака, као што су уништавање непријатељске живе силе и борбених средстава на земљи и у ваздушном простору, превоз пешадијских јединица, извиђање, осматрање, командовање и комуникацију. У зависности од намене конкретног возила разликује се њихова конструкција, степен оклопне заштите, врста и количина наоружања. Такође, у зависности од врсте терена по коме је предвиђено кретање возила, разликује се извођење њихових ходних система и врста кретача – точкови, гусенице или њихова комбинација, а могу бити оспособљени и за кретање по води, такозване амфибије.

Структура борбених возила и неборбених возила точкаша се разликује првенствено због каросерије која није класична и оклопног тела које носи и обједињује све компоненте возила. Поред тога, борбена возила поседују специјалне системе, опрему и конструктивна решења везана за намену возила, погонски агрегат, кретање и друге системе који постоје како би возило адекватно вршило своју функцију. На слици 2.1 је приказана структура основних елемената борбеног моторног возила [8].

Шасија или борбена платформа, обухвата носећи систем, мотор, трансмисију, систем за управљање, систем за кочење и систем електро-опреме и представља склоп система који су неопходни за вршење основне функције возила – транспорта. Носећи систем чине оклопно тело, систем еластичног ослањања и кретачи. Код борбених возила подсистеми су углавном заштићени оклопним телом које има улогу рама и, на неки начин, каросерије. Систем еластичног ослањања, као и код цивилних возила, има функцију да обезбеди еластичну везу између кретача и, у овом случају, оклопног тела, а затим и осцилаторну удобност возила. Врста кретача има значајан утицај на перформансе и конструкцијске карактеристике возила, поготово на систем за управљање и кочење. Возила са гусеницама имају погонски агрегат, трансмисију, систем за закретање и систем за кочење изведене као целину – погонску групу, док је код возила са точковима конструкција веома слична цивилним возилима. На укупне перформансе борбеног возила велики утицај има систем електро-опреме, с обзиром да једно овакво возило има велики број електричних потрошача.

Надградњу сваког борбеног возила чине средства везе, средства за осматрање и одговарајућа врста и количина наоружања у зависности од његове намене. На истој шасији могу бити смештене различите врсте специјалних надградњи, условљене наменом возила.

Опремену чине елементи који не утичу на функционалну исправност борбеног возила, али омогућавају адекватно коришћење и одржавање. Индивидуални комплет, опрема за подводну вожњу, документација и алат представљају опрему једног борбеног возила.



Слика 3.1: Структура борбеног возила [8]

Специјални системи су системи који доприносе побољшању перформанси борбеног возила као што су системи за маскирање, за избацивање барутних гасова и продрле воде, системи који имају функцију заштите посаде и возила од пожара, нуклеарно-хемијско-биолошких борбених дејстава и непријатељске ватре и други системи који олакшавају рад посаде.

Композиција борбеног возила представља релативан распоред основних подсистема возила и распоред и конструкцију компонената унутар подсистема. Различита борбена возила имају различите композиције, али заједничко за све је постојање три функционалне целине које се називају одељењима и то су борбено, погонско и управно одељење. Највећи део возила заузима борбено одељење намењено смештају наоружања, муниције и борбеног дела посаде, док погонско одељење треба да заузима најмањи део возила. Погонско или моторно трансмисионо одељење обухвата погонску групу и његове компоненте могу бити изведене као посебни агрегати или као интегрална група. У управном одељењу је смештен возач и команде за управљање возилом постављене тако да је обезбеђена добра прегледност, квалитетно управљање и испуњени основни ергономски захтеви [8].

3.1. Борбена возила са гусеницама

Возила са гусеницама спадају у возила повећане проходности, са становишта могућности кретања по теренима различите носивости и лошим путевима, за разлику од возила точкаша који су углавном намењени кретању по јавним путевима. Карактерише их добра стабилност, добро пријањање на подлогу, велике вучне силе, велике површине налегања (и мали површински притисак), али и релативно тешка конструкција, мали степен корисности преноса енергије, бука гусеница, оштећење саобраћајница, изразито хабање елемената и због тога њихов краatak век. Савремена борбена возила са гусеничним кретним механизмом су продукт дугогодишњег усавршавања, неки од наведених проблема су умањени, али и даље постоје.

Прво гусенично оклопно возило (тенк) је направљено у Британији 1914. године, а већ 1916. године су се користили у борбама у већем броју. У периоду после Другог светског рата тенкови су подељени на лаке, средње и тешке, а најмасовнији су били средњи тенкови. Они представљају најзначајнију групу гусеничних борбених возила, основна борбена возила, велике проходности, снажног наоружања, заштите и покретљивости који могу да дејствују из места и из покрета. Најсавременији основни борбени тенк пореклом из Србије је М-84АS или М-84АБ1 показан јавности 2004. године (слика 3.2). Модернизована је варијанта југословенског тенка М-84 који је престао да се производи 1992. након распада СФРЈ, а веома је сличан модерном руском борбеном тенку Т-90С [11].



Слика 3.2: Српски савремени тенк М-84АБ1 [11]

Остала борбена возила са гусеницама, односно возила специфичне намене, почела су да се развијају непосредно после Другог светског рата на бази тенкова, као подршка у извршавању различитих задатака. Борбена возила пешадије за превоз пешадије и самостално дејство, тенкови носачи мостова, самоходна артиљеријска и лансирана оруђа, борбена возила за подршку тенкова, за транспорт људства...

Код борбених возила гусеничара постоје три композиције, односно распореда функционалних целина. У првом случају погонска група и погон су смештени у задњем

делу возила, борбено одељење се налази у централном делу возила, а управно одељење је смештено у предњем делу. Ова композиција представља карактеристично решење намењено тенковима због могућности повољног постављања куполе, али није практична за примену код борбених возила пешадије јер код ових возила посада улази и излази из возила преко задњег дела (иако постоје и такве изведбе, нпр. руски БМП-3). Други случај, погонска група и погон смештени у предњем делу возила, примењује се првенствено код борбених возила пешадије, али и код других возила која имају изражене захтеве за улазак и излазак посаде преко задњег дела – самоходна оруђа, командна, санитарска и логистичка возила. Код овакве композиције управно одељење је углавном смештено одмах иза погонског, а централни и задњи део возила чини борбено одељење. Трећи случај представља погонска група у задњем делу возила, а погон напред, која је веома слична првом случају. У овом раду неће бити опширније објашњена гусенична возила, јер је тема дефинисана за возила са точковима [8].

3.2. Борбена возила са точковима

Борбена возила точкаши се још називају и оклопним аутомобилима различитих намена и користе се за извршавање борбених задатака ван непосредног додира и специјалних задатака у насељеним местима. У току Другог светског рата ова возила почињу да се користе као оклопни транспортери, извиђачка возила, платформе за различите надградње и за сличне потребе. Њихов главни недостатак био је лак пробој пнеуматика приликом кретања по беспућу, с обзиром да су коришћени точкови комерцијалних возила. На почетку су борбена возила са точковима била јефтинија од возила са гусеницама, али се током времена та разлика смањивала са развојем већег броја специјалних агрегата и све строжим захтевима. Борбена возила са точковима се данас развијају упоредо са гусеничним борбеним возилима, како би се омогућило шире подручје примене борбених возила.

Композиција борбених возила точкаша је веома слична композицији борбених возила пешадије, с обзиром да им је намена слична. Такође, код возила точкаша, распоред одељења и концепцијске карактеристике су донекле условљене извођењем ходног механизма у виду точкова и специфичном конструкцијом система за управљање, система за пренос снаге и система еластичног ослањања. Борбена, оклопна, возила точкаши се данас производе и примењују обавезно са погоном на свим точковима и то са погоном типа 4x4, 6x6, 8x8 и 10x10.

Борбено возило са точковима које има највећу примену ван путева је оклопни транспортер, настао због потребе да се велики број војника безбедно превезе до бојног поља. Оклоп транспортера штити пешадију од личног пешадијског наоружања, шрапнела и заседа, али га може уништити већина противтенковских оруђа јер возило није намењено да учествује у директној борби. Из наведених разлога је и наоружање ових возила слабије од наоружања борбених возила пешадије која су конструисана за директну борбу. Углавном се као наоружање оклопних транспортера користи митраљез, аутоматски топ мањег калибра (највише 20 mm), минобацач, а неки модели имају лансер противтенковских ракета. Наше возило овог типа је Лазар 3, које представља већ трећу генерацију првобитног концепта и техничког решења Лазар БТР-СР. Међу најбољим оклопним транспортерима точкашима и свету су Patria AMV, БТР-4, Бумеранг, Piranha, Pandur, али треба поменути и Tatrpan и OT-64 SKOT.

Лазар 3 је српско вишенаменско оклопно возило које, између осталог, може служити и као оклопни транспортер (слика 3.3). Ослањање је независно, формула погона је 8x8, а прве две осовине су управљачке. Погонска група је смештена у предњем десном делу возила, управно одељење је у предњем левом делу, док је централни и задњи део намењен борбеном одељењу и војницима. Приступ борбеног одељења је могућ кроз задњу рампу или велике отворе на крову возила. Посада је сачињена од три члана, а може се превозити 9 војника када се као наоружање користи даљински управљана борбена станица (ДУБС) са митраљезом 12,7 mm. Маса возила је око 24 тоне и може развити брзину кретања до 110 km/h [12].



Слика 3.3: Српско оклопно возило Лазар 3 [12]

Patria AMV је фински оклопни транспортер са точковима који је ушао у серијску производњу 2003. године (слика 3.4). Модуларни дизајн омогућава интеграцију различитих надградњи и система. На основној платформи са погоном типа 8x8 (постоји и верзија 6x6), независним хидро-пнеуматским ослањањем, амфибијским способностима, посадом коју чине три војника и могућношћу превоза између 8 и 12 пешадинаца под пуном опремом, ово возило спада међу најбоље оклопне транспортере данас. По копну се може кретати брзином већом од 100 km/h, а по води до 10 km/h; управно и погонско одељење су смештени у предњем делу возила, док централни и задњи део заузима борбено одељење са пешадинцима. Оклопни транспортер има интегрисан митраљез 12,7 mm или бацач граната 40 mm и масе је око 24 тоне [13].



Слика 3.4: Фински оклопни транспортер Patria AMV [13]

БТР-4 је украјински оклопни транспортер који је развијен од совјетског БТР-80 и уведен је у употребу 2009. године (слика 3.5). За разлику од совјетског решења, БТР-4 је конструисан без недостатака које је његов претходник поседовао, па су мотор и трансмисија смештени у средини, а борбено одељење у задњем делу возила. Погонски тип је 8x8, возило је потпуно амфибијско, по копну се може кретати брзином око 110 km/h, а по води до 10 km/h, посаду чине три војника, а између 7 и 9 пешадинаца под пуном ратном опремом могу бити смештени у борбено одељење. Наоружање може бити различито – топ 23 mm или 30 mm и митраљез 7,62 mm, а може имати и четири противтенковске вођене ракете. Маса возила је између 18 и 26 тона у зависности од врсте надградње и наоружања [14].

Треба напоменути да је серија совјетских оклопних транспортера БТР једна од најпознатијих, као и да се њене верзије БТР-60 и БТР-80 још увек користе у армијама многих земаља и поред недостатака своје композиције са борбеним одељењем у средини и погонским одељењем позади. Посаду чине три војника код свих верзија док БТР-60 може да превезе 14 пешадинаца, а остале верзије, БТР-70, БТР-80 и БТР-90, 7 пешадинаца. Брзина кретања им је напредовала од 80 km/h код БТР-60 до 100 km/h код верзије БТР-90. Погонски тип је 8x8, а од наоружања БТР-60 и БТР-70 поседују тешки митраљез 14,5 mm, верзији БТР-80 је додат и аутоматски топ 30 mm, док БТР-90 поседује само аутоматски топ 30 mm. Иако је БТР-90 побољшана верзија својих претходника по свим критеријумима, због веома високе цене и дизајна који није модуларан, руска војска је одлучила да га не уведе у употребу у великом броју, већ је одобрен нови пројекат – оклопни транспортер са точковима Бумеранг.



Слика 3.5: Украјински оклопни транспортер БТР-4 [14]

Бумеранг је руски оклопни транспортер нове генерације, први пут приказан на паради поводом Дана победе у Москви 2015. године (слика 3.6). Произведен је да замени борбена возила серије БТР која се налазе у служби руске војске и постоје његове две верзије: оклопни транспортер К-16 наоружан митраљезом 12,7 mm и борбено возило пешадије К-17 наоружано аутоматским топом 30 mm и противтенковским ракетама. Конструкција Бумеранга је потпуно различита од осталих руских оклопних транспортера (БТР) са управним одељењем, три члана посаде и погонским агрегатом смештеним напред, док је улаз и излаз до 9 пешадицаца омогућен са задње стране возила. Доњи део оклопног тела је „V“ облика и отпоран је на минске експлозије. Погонски тип је 8x8, достиже брзину од 100 km/h, возило је потпуно амфибијско и масе око 25 тоне [15].



Слика 3.6: Руски оклопни транспортер Бумеранг [15]

Piranha је фамилија борбених возила, произведена од стране швајцарске фирме „MOWAG“, коју чини велики број варијанти борбених возила са точковима различите намене. Постоји пет генерација ових возила, а свака је имала бољу заштиту и покретљивост од претходне и извођене су са типовима погона 4x4, 6x6, 8x8 и 10x10. *Piranha IV* није имала поруџбине за производњу, зато је послужила само као основа за следећу верзију. *Piranha V* је последња верзија приказана 2010. године са наоружањем које је више не сврстава у оклопне транспортере већ у борбена возила пешадије. Оклоп овог возила може да издржи хитац пројектила 25 mm што је више него слична возила. Постоји и њена конфигурација која је слабије наоружана, има интегрисани митраљез 12,7 mm или аутоматски бацач граната 40 mm и представља оклопни транспортер (слика 3.7). Управно одељење са три члана посаде је смештено у предњем левом делу возила, погонско у предњем десном, а борбено одељење са највише 8 пешадинаца под пуном опремом заузима централни и задњи део возила. На бази возила из фамилије *Piranha* су изведена различита возила међу којима су канадски *Kodiak* и амерички *Stryker* који такође спадају међу најбоље данас [16].



Слика 3.7: Швајцарска *Piranha V* - оклопни транспортер [16]

Pandur је аустријски оклопни транспортер чија првобитна верзија *Pandur I* више није у употреби, већ је замењена унапређеном верзијом *Pandur II* 2007. године (слика 3.8). Обе верзије су модуларног дизајна и наоружане тешким митраљезом 12,7 mm, а могу имати и аутоматски топ 20 mm. Композиција возила је класична као код возила која превозе пешадију, управно одељење је напред лево, погонско одељење је напред десно, а централни и задњи део возила су намењени за смештај пешадинаца. *Pandur I* је изведен само са погонским типом 6x6 и може да превезе 8 опремљених пешадинаца, док *Pandur II* има погонске форме 6x6 и 8x8, а може да превезе до 12 пешадинаца уколико је верзија без куполе (са уграђеном куполом могуће је превести само шест пешадинаца). Оклопни транспортер *Pandur II* 8x8 по копну може да се креће 100 km/h, има амфибијска својства и масе је 22 тоне [17].



Слика 3.8: Аустријски оклопни транспортер Pandur II [17]

Tatrapan је пример једног од специјалних војних возила погонске форме 6x6, словачке производње, изведено на војној верзији Tatra T815 Kolos шасије тешког камиона (слика 3.9). Возило је модуларне грађе, па се различите надградње могу поставити на исту платформу. Основна верзија возила T1 је оклопни транспортер, који може да превезе 10 пешадинаца под пуном ратном опремом, а у изузетним случајевима и дванаест. *Tatrapan* од наоружања поседује митраљезе 7,62 mm и 12,7 mm или аутоматски бацач граната 40 mm. Транспортер се по копну може кретати брзином до 80 km/h, нема амфибијска својства и масе је око 18 тона [18].



Слика 3.9: Словачки оклопни транспортер Tatrapan [18]

OT-64 / SKOT је чешко-пољски оклопни транспортер са точковима развијен 1959. године као одговор на совјетски БТР-60 уз неколико побољшања (слика 2.10). Године 1964. је серијски произвођен за војске великог броја земаља, као један од најбољих међу својом категоријом. Упркос томе што је конструисан према возилу БТР-60 погонска група је код чешког транспортера смештена у средњи део возила, управно одељење са два члана посаде је напред, а задњи део представља борбено одељење које може да прими чак 18 пешадинаца. Овим је омогућен улаз и излаз пешадинаца кроз врата са задње стране, чиме су много више заштићени од непријатељске ватре него код возила серије БТР где војници излазе кроз отворе на крову и морају мердевинама да се спусте на земљу. OT-64 / SKOT има погонски тип 8x8, може се кретати брзином до 95 km/h, има амфибијска својства и по води се може кретати брзином до 9 km/h. Наоружање овог возила чине митраљези 7,62 mm и 14,5 mm, а унутрашњост возила је потпуно оклопљена [19].



Слика 3.10: Чешки оклопни транспортер OT-64 / SKOT [19]

Постоји још много борбених возила – оклопних транспортера, француски VAB, турски AV8, немачки Вохег, сингапурски Тертех и други, који такође спадају међу одлична возила или су по нечему специфични. Представљена возила су једна од најбољих када се узме у обзир комбинација ватрене моћи, покретљивости и заштите, али нису сви подаци доступни, нити су сва ова возила опробана у војним операцијама. Тренутни тренд је да се оклопни транспортери конструишу са точковима, јер су гусенице мало отпорне на експлозије мина, као и да им погонска форма буде 8x8 што доприноси бољој укупној покретљивости и већем броју пешадинаца који се може превести.

4. СИСТЕМ ЕЛАСТИЧНОГ ОСЛАЊАЊА ОКЛОПНИХ ТРАНСПОРТЕРА ТОЧКАША

Скоро свака држава која деценијама пројектује и производи наоружање и борбена возила има своју концепцију коју усавршава кроз дужи временски период. Систем еластичног ослањања је само један од система који се током година мењао, а међу возилима различитих држава постоје његова различита конструкцијска решења. Због разноликости решења овог система немогуће је детаљно се посветити сваком, па је за представљање изабрана серија совјетских оклопних транспортера БТР као једна од најпознатијих и широко распрострањених.

Све верзије оклопног транспортера БТР имају погонски тип 8x8, потпуно су амфибијске и имају сличан распоред одељења – управно је у предњем делу возила, борбено је у средини, а погонско у задњем делу. Верзија БТР-60 има масу 10300 kg, има посаду од три члана, прима 14 пешадицаца, два бензинска мотора снаге 67 kW, од којих сваки погони по две осовине, развија брзину до 80 km/h и наоружан је тешким митраљезом 14,5 mm. Два мотора су требала да буду осигурање да ће се возило кретати и ако један од њих откаже, међутим проблеми су се јавили приликом одржавања које је за два мотора одузимало много више времена. Такође, пошто су мотори били намењени за употребу на тракторима и камионима, примена на оклопним транспортерима је захтевала њихов рад у екстремним условима, што је доводило до честих отказа. Верзија БТР-70 има масу 11500 kg, прима 7 пешадицаца, а задржала је исти број чланова посаде, врсту наоружања и концепцију са два бензинска мотора. Тек је код верзије БТР-80 уведена поставка са једним дизел мотором снаге 190 kW, као и могуће теже наоружање у виду аутоматског топа 30 mm. Маса је повећана на 13600 kg, као и брзина кретања на 90 km/h, а број чланова посаде и пешадицаца је остао исти. Верзија БТР-90 има масу 20900 kg, развија брзину до 100 km/h и може имати интегрисан само аутоматски топ 30 mm. Свака верзија је у суштини била побољшање у односу на претходну, али је ипак БТР-80 био последњи који је заменио своје претходнике, док БТР-90, због високе цене и дизајна који није модуларан, није уведен у употребу у великом броју.

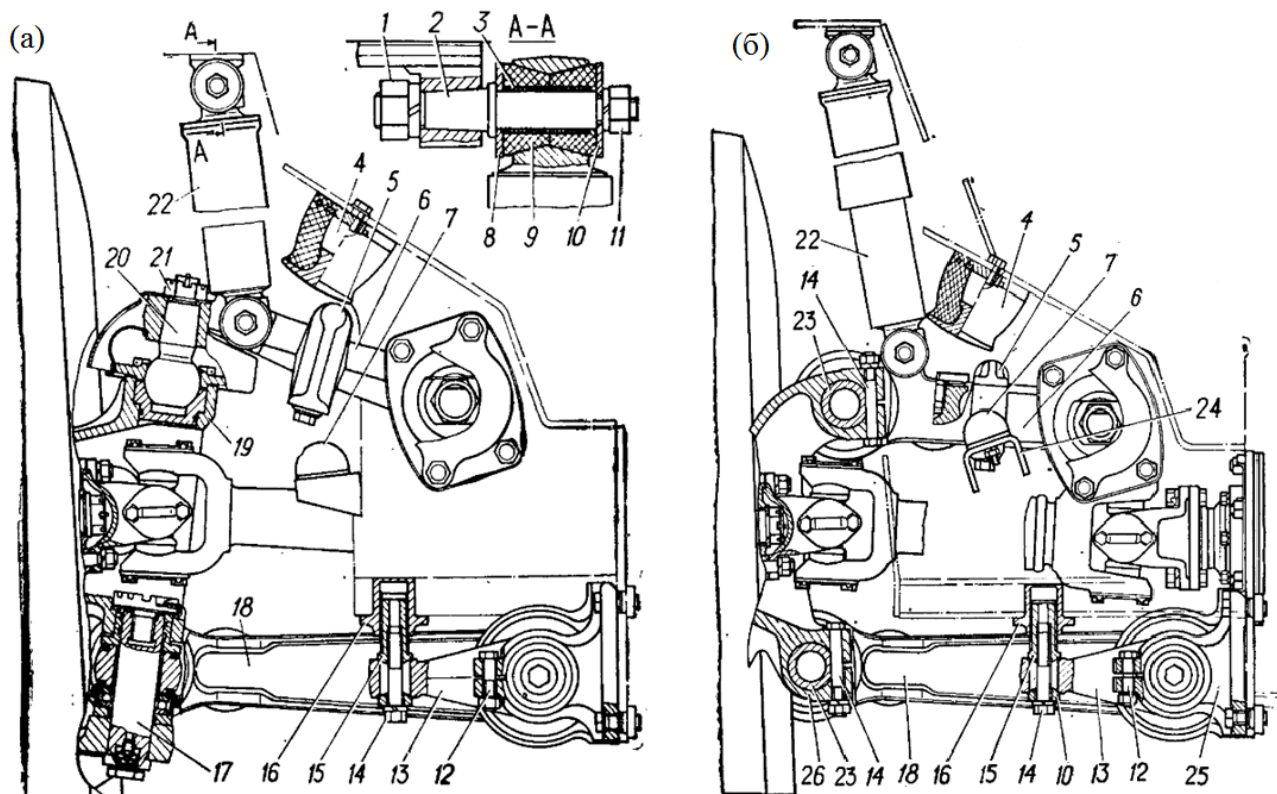
Табела 4.1: Основни подаци верзија оклопног транспортера БТР

Податак	БТР-60	БТР-70	БТР-80	БТР-90
Маса транспортера [kg]	10300	11500	13600	20900
Макс. брзина кретања [m/s]	80	80	90	100
Укупна снага мотора [kW]	134	170	190	380
Број војника који може да превезе	14	7	7	7
Основно наоружање	Митраљез 14,7 mm	Митраљез 14,7 mm	Митраљез 14,7 mm или аутоматски топ 30 mm	Аутоматски топ 30 mm

Систем еластичног ослањања код свих верзија оклопног транспортера БТР се састоји од попречних вођица као елемената вођења точка, торзионих штапова као еластичних елемената у комбинацији са гуменим граничницима и амортизера као елемената

пригушивања. Пошто се верзија БТР-80 показала као оптимална и данас је највише у употреби, на њеном примеру биће приказани сви подсистеми система еластичног ослањања.

Прва и друга осовина свих верзија БТР су управљачке, док трећа и четврта нису, због тога се њихова конструкција разликује. На слици 4.1 (а) је приказана конструкција система ослањања точкова прве и друге осовине, а на другом делу (б) исте слике је конструкција система ослањања точкова треће и четврте осовине.



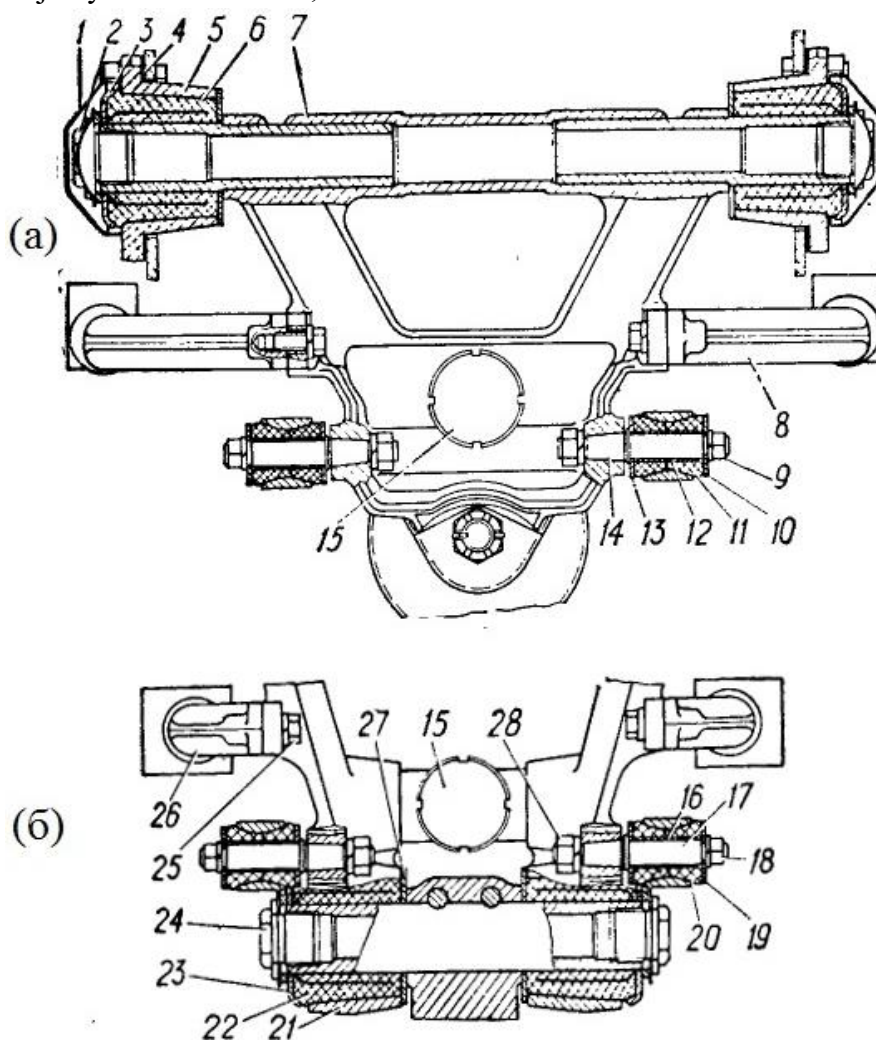
Слика 4.1: Систем еластичног ослањања оклопног транспортера БТР-80, (а) – систем ослањања точкова прве и друге осовине, (б) – систем ослањања точкова треће и четврте осовине; 1, 11, 21 – навртке, 2 – клин, 3, 15 – чауре, 4 – гумени граничник примарног хода, 5 – одбојник, 6 – горња вођица, 7 – гумени граничник повратног хода, 8, 10 – подлошке, 9 – гумена чаура, 12, 14 – вијци, 13 – регулациона спојница, 16 – стопица, 17 – доњи зглоб осовинице рукавца, 18 – доња вођица, 19 – носач рукавца точка, 20 – горњи зглоб осовинице рукавца, 22 – амортизер, 23 – везна осовина, 24 – носач, 25 – носач регулационе спојнице, 26 – редуктор на точку [20]

Кроз године и смену верзија транспортера, његов систем еластичног ослањања се није драстично мењао, али су направљена одређена побољшања. У наставку ће главни елементи свих подсистема оклопног транспортера БТР-80 бити појединачно описани и приказани.

4.1. Механизам вођења точкова оклопног транспортера БТР-80

Вођење точкова у попречној равни се одликује добрим прихватањем бочних сила, а као најбољи тип код независног ослањања се показао систем са две попречно постављене вођице различите дужине. Две вођице, где је горња краћа од доње, чине такозвани облик трапеза и знатно редукују недостатке ове конфигурације тако што приликом издизања точкова при наиласку на неравнину долази до веома малих промена угла нагиба и трага точкова. Најповољнија кинематика точкова се постиже када је однос дужина горње и доње вођице $0,55 \div 0,65$ и тада не долази до појаве жirosкопског ефекта и великог трошења пнеуматика [5]. Саме вођице се најчешће конструишу у облику троугла како би се обезбедила њихова довољна крутост услед дејства уздужних сила [2].

На слици 4.2 су приказани склопови горњих вођица система еластичног ослањања за управљачке точкове прве и друге осовине (а), као и за погонске точкове треће и четврте осовине (б). Разлике потичу од примене на погонским управљачким точковима и точковима који су само погонски, а тиме и начином везе са точком.

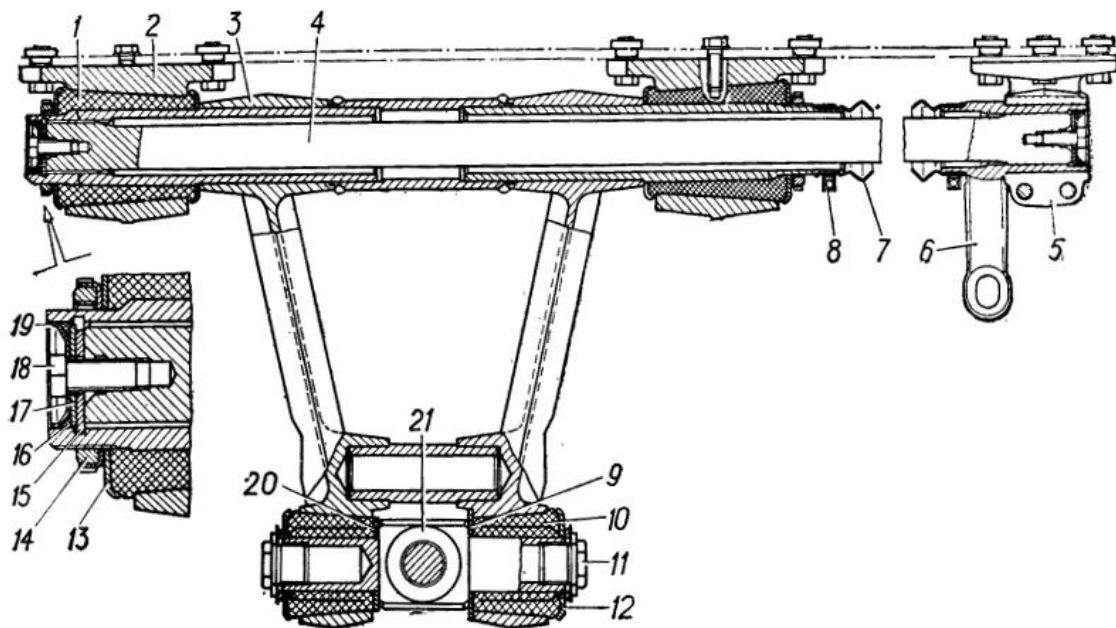


Слика 4.2: Склоп горњих вођица система еластичног ослањања; (а) – горње вођице првих и других точкова, (б) – горње вођице трећих и четвртих точкова, 1 – кућиште, 2, 24 – чеп, 3, 23 – превлаке, 4 – заптивка, 5 – носач, 6, 11, 20, 22 – гумене чауре, 7, 21 – вођице, 8, 26 – одбојници, 9, 18, 28 – навртке, 10, 13, 19, 27 – подлошке, 12, 16 – пластичне чауре, 14, 17 – клинови амортизера, 15 – одбојник граничника примарног хода, 25 – вијак [20]

Горње вођице управљачких точкова (4.2 – а) су једним крајем зглобно везане за оклопно тело транспортера, а другим крајем за горњи део осовинице рукавца точка. Зато на свакој горњој вођици точкова прве и друге осовине постоје конусни отвори за смештање дршке горњег зглоба осовинице рукавца (сл. 4.1 – 20). Зглоб је својом конусном дршком помоћу навртке (сл. 4.1 – 21) спојен са горњом вођицом, а сферним делом за носач рукавца (сл. 4.1 – 19). Горње вођице погонских точкова (4.2 – б) такође су једним крајем зглобно везане за оклопно тело транспортера, али њихов други крај се везном осовином (сл. 4.1 – 23) везује за редуктор на точку (сл. 4.1 – 26). Зглобна веза омогућава осциловање вођица око зглобова.

Причвршћивање крајева вођица (7, 21) за тело оклопног транспортера се врши помоћу носача (5) и гумених елемената, у овом случају чаура (6) које су фиксирани чеповима (2). Амортизери се својим доњим крајем постављају на горње вођице помоћу клинова (14, 17) и конусних отвора који се израђују у горњим вођицама. Између клинова и конусних отвора смештене су гумене чауре (11, 20) фиксирани наврткама (9, 18). На слици 3.2 се виде по два одбојника (8, 26) граничника повратног хода (сл. 4.1 – 7) и по један одбојник (15) граничника примарног хода (сл. 4.1 – 4) постављени на свакој од горњих вођица.

На слици 4.3 је приказан склоп доњих вођица система еластичног ослањања, исти за све точкове. Осовине у делу доњих вођица (3) окренутом ка телу возила су шупље и на предњем крају постоје унутрашњи жљебови који обезбеђују везу са торзионим штапом (4). Преко носача (2) са гуменом чауром (1) шупље осовине доње вођице са торзионим штапом су везане за тело оклопног транспортера.



Слика 4.3: Склоп доњих вођица система еластичног ослањања; 1, 10 – гумене чауре, 2 – носач, 3 – доња вођица, 4 – торзиони штап, 5 – носач регулационе спојнице, 6 – регулациона спојница, 7 – заштитна манжетна (кућиште), 8 – обујмица, 9, 17, 20 – подлошке, 11 – чеп, 12, 13 – превлаке, 14 – навртка, 15 – плочица за учвршћивање, 16 – заптивни прстен, 18 – вијак, 19 – заптивка, 21 – везна осовина [20]

Доње вођице точкова прве и друге осовине су причвршћене за доњи зглоб носача рукавца точка везном осовином (21) смештену у гумене чауре (10), а затим у конусне

отворе доњих вођица. Доње вођице точкова треће и четврте осовине, који нису управљачки, су причвршћене за редукторе на точковима истом везом.

По својој конструкцији све доње вођице су међусобно заменљиве. Горње вођице точкова прве и друге осовине су међусобно заменљиве, а исто важи и за вођице на вратилу треће и четврте осовине.

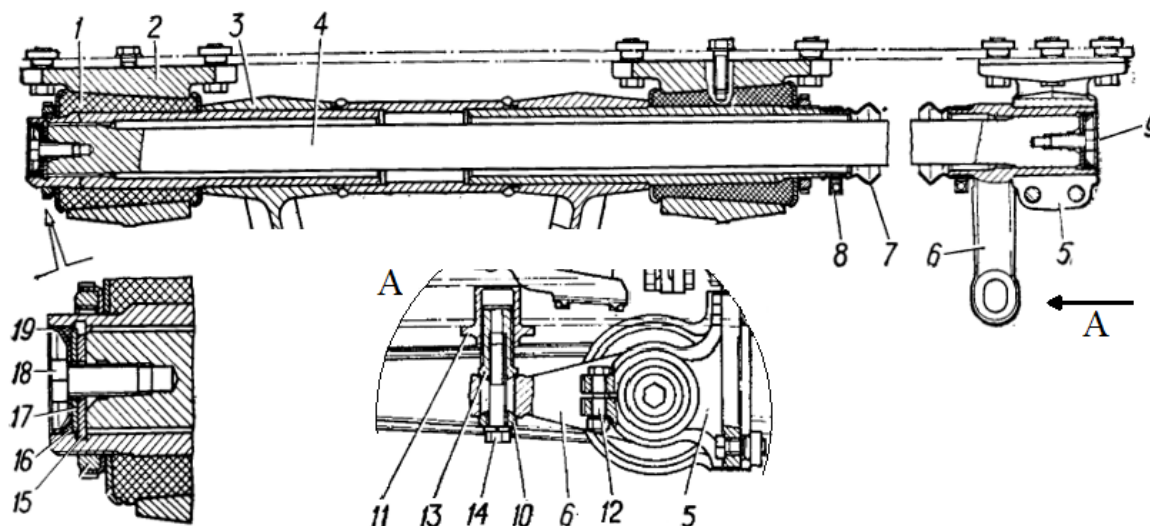
4.2. Еластични елементи оклопног транспортера БТР-80

Еластични елементи система ослањања представљају еластичну везу точкова и рама, односно каросерије возила. Еластична својства ових елемената директно утичу на интензитет динамичког оптерећења које се преноси са точкова на возило и обрнуто, и од њих највише зависи укупна еластична карактеристика система ослањања [5]. Еластични елементи примају на себе вертикалне ударе и разликују се по својој крутости чија промена може бити линеарна или прогресивна услед промене силе која делује. Код теренских возила се обично уграђују опруге прогресивне крутости, јер се очекују велика релативна померања точкова. Новије конструкције возила често обухватају две или више врста еластичних елемената, а код оклопних транспортера БТР је комбиновано дејство торзионих штапова и гумених елемената као додатних везних елемената и граничника.

Торзиони штапови су полуге израђене од опружног челика које се напрежу на увијање и постављају се у хоризонталној равни, уздужно или попречно. Не могу служити за вођење точкова, нити за пригушивање осцилација, радни век им је краћи него спиралним опругама, а дужи од оног код лиснатих. Начин израде и уградње им је сложенији, али предности су што им је потребан мали простор за уградњу, имају оптималан начин преноса оптерећења на рам возила и није им потребно никакво посебно одржавање. Најчешће се поставља само један торзиони штап по точку, али постоје решења и са две. Могу се применити код путничких, лаких и тешких теретних возила и тенкова, који имају погон на више осовина. Крутост штапа је дефинисана димензијама попречног пресека и дужине торзионог штапа, а велика еластичност и носивост система ослањања се остварује повећањем њене функционалне дужине [5].

Торзиони штапови се као еластични елементи углавном примењују код независног система еластичног ослањања [4]. Код возила БТР-80 (слика 4.4) челични торзиони штап (4), пуног кружног профила са ожљебљеним главчинама на својим крајевима, је уздужно постављена у шупљу осовину доње вођице (3). Једна главчина јој је фиксирана у ожљебљеном лежишту предњег краја осовине, а друга је у ожљебљеној регулационој спојници (6) која је за торзиони штап причвршћена преко носача (5). Пет вијака спаја носач торзионог штапа (5) са телом оклопног транспортера [20].

Уздужно померање торзионог штапа је спречено плочицом за учвршћивање (15) која се поставља на крајеве шупљих ожљебљених осовина у којима је смештен штап. Крајеви су затворени заптивком (19), заптивним гуменим прстеном (16) и подлошком (17), учвршћени вијком (18). Део штапа који се налази изван осовине је прекривен заштитном гуменом манжетном (кућиштем, опном) стегнутом обујмицама (8) како би био заштићен од прљавштине и воде. Преко регулационе спојнице (6), која је вијком (14) причвршћена у стопицу (16) и фиксирана за оклопно тело транспортера, и торзиони штап је фиксиран у односу на њега.



Слика 4.4: Торзиони штап монтиран на доњу вођицу; 1 – гумена чаура, 2 – носач, 3 – доња вођица, 4 – торзиони штап, 5 – носач регулационе спојнице, 6 – регулациона спојница, 7 – заштитна манжетна (кућиште), 8 – обухмица, 9, 12, 14, 18 – вијци, 10, 17 – подлошка, 11 – стопица, 13 – чаура, 15 – плочица за учвршћивање, 16 – заптивни гумени прстен, 19 – заптивка [20]

Услед наилаaska на препреку точак се подиже, доња вођица се закреће, а торзиони штап се увија. Након преласка преко препреке, штап делује као еластична опруга која тежи да се врати у почетни положај и на тај начин спушта точак доле.

Сви торзиони штапови су исти по величини и имају исти број жљебова на обе главчине, али имају различите почетне углове увијања. У процесу производње су „тренирани“ на увијање, чиме им је продужен радни век и повећана поузданост. Процес „тренирања“ представља излагање делова циклично променљивим напонима мањим од динамичке издржљивости са циљем ојачања материјала и повећањем његове динамичке издржљивости у експлоатацији. Торзиони штапови увијени у смеру супротном од казаљке на сату имају ознаку „ЛЕ“, док они увијени у смеру казаљке на сату имају ознаку „ПР“. На леве точкове се постављају торзиони штапови означени „ЛЕ“, а на десне они означени „ПР“. Није дозвољена замена места „левих“ и „десних“ торзионих штапова [20].

Гумени елементи се у систему еластичног ослањања представљају додатне елементе за међусобно еластично спајање металних делова уз истовремено пригушивање осцилација, вибрација и удара. У систему еластичног ослањања се користе на већини контактних места металних делова – између вођица и носача, осовина и њихових лежишта, ушица амортизера и клинова... Овакве спојеве није потребно подмазивати. Њихов задатак је да продуже радни век основних еластичних елемената и да смање њихове масе. Такође, могу се користити и као граничници кретања у оба смера, при чему стварају нагло повећање крутости у зони свог дејства. На тај начин мењају облик еластичне карактеристике система ослањања. Гумени елементи система вођења точкова и граничници кретања вођица су оптерећени на истезање, притисак, смицање и комбинована оптерећења [5].

Предности коришћења гумених елемената се огледају у мањој маси еластичних елемената који се користе за велика оптерећења, делимичном пригушивању осцилација, једноставној конструкцији и начину израде, као и остваривању нелинеарне

карактеристике система. Недостатке представљају карактеристике материјала, тј. промена еластичних својстава гуме са променом температуре околине, на ниским температурама систем постаје изразито крут, услед дуготрајног оптерећења настају трајне деформације гумених елемената и поузданост материјала је мала [5].

Код свих верзија оклопног транспортера БТР постоји један граничник примарног хода (сл. 4.1 – 4) и два граничника повратног хода (сл. 4.1 – 7) за сваки точак. Граничник примарног хода ограничава ход сваког точка на горе при његовом подизању наиласком на препреку, док граничници повратног хода ограничавају ход сваког точка на доле при његовом спуштању након савладавања препреке. При максималном подизању точка врх граничника (4) удара у одбојник (сл. 4.2 - 15) на средини горње вођице, док при максималном спуштању точка граничници (7) ударају у одбојнике (сл. 4.2 – 8, 26) постављене на својим носачима на горњој вођици. На овај начин спречава се ударац у оклопно тело транспортера при максималном ходу, наглном подизању или пропадању точкова.

За разлику од прве верзије БТР-60, када је граничник примарног хода био у виду више гумених јастучића наслаганих унутар алуминијумског тела, код верзије БТР-70 и БТР-80 овај граничник је цео од гуме са челичном базом која служи за причвршћивање за носач на телу транспортера (слика 4.1).

Граничник повратног хода се није видно променио у току развијања нових верзија, па је и код возила БТР-80 у виду полусферног гуменог јастука причвршћеног својим држаčem на оклопно тело транспортера (слика 4.1).

4.3. Елементи пригушивања оклопног транспортера БТР-80

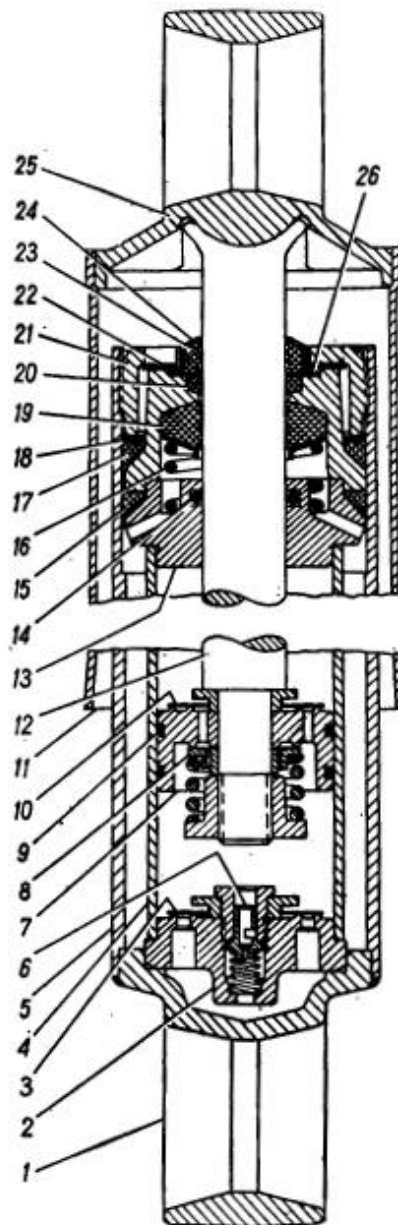
Иако све компоненте еластичног система ослањања имају својства пригушивања у виду унутрашњег трења услед деформације, она нису довољна, па се за адекватно пригушивање осцилација маса возила и ублажавање вертикалних ударних сила које возило прима током кретања користе амортизери. Постављају се између носећих елемената точкова и каросерије возила, чије су фреквенције осциловања различите, како би обезбедили пригушивање свих осцилација [2]. Данас су најзаступљенији хидраулични амортизери, обавезни код возила која развијају веће брзине кретања.

Сви типови возила БТР користе двосмерне хидрауличне телескопске амортизере. Укупно је постављено 12 амортизера на транспортеру – по два амортизера на точкове прве и четврте осовине и по један на точкове друге и треће осовине. Горњи крај амортизера се причвршћује за оклопно тело помоћу клина који се поставља кроз ушице амортизера заједно са гуменим и пластичним чаурама (пресек А-А на слици 4.1 – а). Доњи крај амортизера се на исти начин причвршћује за горње вођице система еластичног ослањања, под малим углом у односу на вертикалу. Као радну течност возило БТР-80 користи минерално уље АМГ-10 (АЖ-12Т МГЕ 10-А), а капацитет амортизера је $355 \div 365 \text{ cm}^3$ [20].

Принцип рада ових амортизера се заснива на брзој појави хидрауличког отпора радне течности (уља) при њеном протицању великом брзином кроз мале отворе у клипу амортизера и претварању кинетичке енергије осциловања у топлотну унутрашњим трењем течности. Амортизери двосмерног дејства овакву трансформацију енергије врше и при извлачењу и при увлачењу клипњаче са клипом, тј. у оба смера.

Клип потискује течност кроз отворе при релативном померању тела транспортера и точкова. Пун циклус се састоји од два периода – примарни компресиони ход, када се точкови подижу и приближавају телу возила, и повратни ход, када се точкови спуштају. Хидраулички отпор који се јавља у току примарног хода је два до три пута мањи него при повратном ходу [20].

Амортизер оклопног транспортера БТР-80 (слика 4.5) се састоји од унутрашњег - радног цилиндра (4) који представља радни простор, и смештен је у спољном цилиндру – резервоару (5). Простор између њих се назива компензациона комора и служи за изједначавање нивоа течности [4].



Слика 4.5: Амортизер оклопног транспортера БТР-80; 1 – доња ушица, 2 – тело компресорског вентила (доњег вентила), 3 – усисни вентил, 4 – радни цилиндар, 5 – резервоар, 6 – компресорски вентил (клипни вентил), 7 – клип, 8 – експанзиони вентил, 9 – клипни прстенови, 10 – преливни вентил, 11 – заштитно кућиште, 12 – клипњача, 13 – вођица клипњаче, 14 – гумени прстен, 15, 17 – гумени прстенови за заптивање резервоара, 16 – опруга заптивке, 18, 26 – подлошка, 19, 20, 22, 23 – заптивке амортизера, 21 – навртка, 24 – обујмица заптивке, 25 – горња ушица [20]

Преко ова два цилиндра је постављено челично цилиндрично кућиште (11) које практично штити радне делове амортизера од деформација које могу настати услед удара камена у току експлоатације. Кућиште је спојено са горњом ушицом (25) амортизера преко које се врши његово причвршћивање, а челични резервоар са доњом (1). Овакви амортизери се називају двоцевним и мана им је што се топлота теже одводи јер се загрејани радни цилиндар налази унутар кућишта, а може доћи и до преоптерећења при чему се губи способност пригушивања [3].

Унутар радног цилиндра се налази клипњача (12) која је својим горњим крајем везана за кућиште амортизера, а за њен доњи крај је навртком причвршћен клип (7) са експанзионим (8) и преливним вентилом (10). Правилно кретање клипњаче у цилиндру је обезбеђено вођицом (13) која обухвата њен горњи део и уједно служи за смештај заптивки. Заптивка (19) спречава продирање радног уља до горњег краја клипњаче где је склоп за заптивање (20, 23, 24) који спречава продирање прљавштине и воде из околине у радни цилиндар и резервоар амортизера. Херметичност између зидова клипа и радног цилиндра је обезбеђена применом два клипна прстена (9) од ливеног гвожђа која су постављена у жљебове на клипу [20].

При наиласку точка на препреку горња вођица се закреће на горе, резервоар амортизера заједно са радним цилиндром који је везан за њу се подиже и остварује се примарни ход. Пошто је горњи крај амортизера заједно са клипњачом и клипом фиксиран за оклопно тело возила, услед кретања радног цилиндра на горе, клип клизи по његовој унутрашњој површини потискујући радну течност која се налази између њега и компресорског (подножног) вентила (6). Течност испод клипа слободно протиче кроз отворени преливни вентил (10) у простор изнад клипа. Пошто течност која се налази испод клипа не може сва да пређе у горњу комору, када се оствари одговарајући притисак на опругу компресионог вентила (6), он се отвара и један део течности кроз њега протиче из радног цилиндра у резервоар (5). У току овог хода усисни вентил (3) је затворен услед притиска течности.

Након савладавања препреке, точкови се под дејством енергије акумулиране увијањем торзионог штапа спуштају, спуштају се и вођице, а горња за собом повлачи резервоар амортизера са радним цилиндром. У оствареном повратном ходу, сабија се течност изнад клипа и усмерава се на протицање у доњу комору кроз експанциони вентил (8), док је преливни вентил (10) затворен. Количина течности која се из горње коморе прелива у доњу је мања од слободног простора испод клипа, па се део течности из резервоара пропушта у радни цилиндар кроз усисни вентил (3).

Услед оваквог рада амортизера, ниво течности у резервоару се стално мења – у току примарног хода, када се клип креће на доле, ниво је највиши, а у току повратног хода, када се клип креће на горе, ниво је најнижи. При загревању радне течности запремина јој се повећава што такође доводи до смањивања слободног простора у резервоару (компензационој комори). У овој комори увек има течности која је вишак за случај рада при екстремно ниским температурама када долази до смањивања запремине течности. Недостатак радне течности доводи до празног хода амортизера и недовољног пригушивања осцилација, док неподвижени вишак радне течности може изазвати лом неког дела амортизера и хаварију система еластичног ослањања [20].

При наглом подизању или спуштању точкова, клип се у цилиндру креће великом брзином, притисак радне течности се нагло повећава што доводи до наглог отварања компресорског или експанзионог вентила, у зависности од смера кретања клипа. Течност при томе протиче из једне коморе у другу кроз компресорски вентил, ако се точкови

подижу, или кроз експанциони вентил, ако се точкови спуштају. Када се точкови подижу или спуштају малом брзином и кретање клипа унутар цилиндра је споро, а притисак течности у цилиндру се незнатно повећава. Компресорски и експанциони вентил су највећи период времена затворени, па радна течност углавном протиче из коморе у комору кроз усисни или преливни вентил и зазоре у главним вентилима.

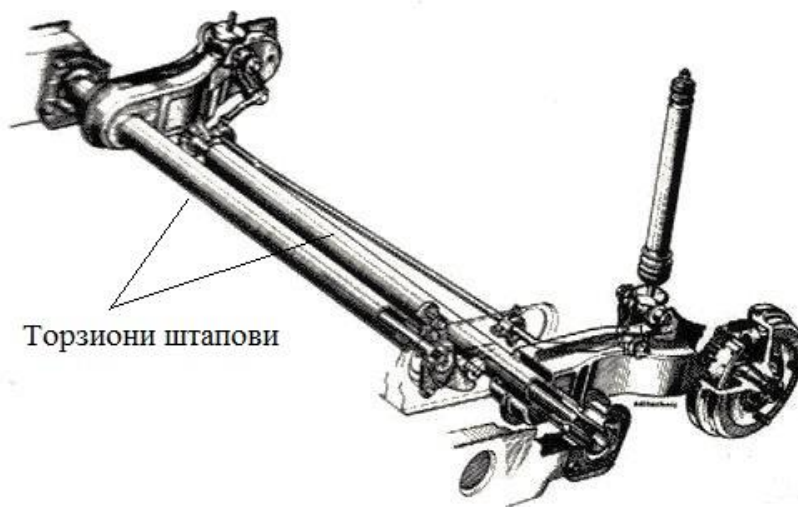
Од брзине подизања и спуштања точкова при наиласку на препреку зависи брзина кретања клипа у цилиндру, а од тога количина течности која протекне кроз одговарајући вентил. Велики отпор протицању течности из једне коморе у другу због малих димензија проточних отвора спречава брзо кретање клипа и клипњаче, а тиме и самог оклопног транспортера БТР-80. Расипањем енергије осциловања се остварује пригушивање осцилација и смањују вредности њихових амплитуда [20].

5. ПРОРАЧУН ЕЛАСТИЧНИХ ЕЛЕМЕНАТА СИСТЕМА ЕЛАСТИЧНОГ ОСЛАЊАЊА ОКЛОПНОГ ТРАНСПОРТЕРА БТР-80

Приликом пројектовања система еластичног ослањања возила прорачунавају се сви елементи конструкције и проверава се њихова чврстоћа, крутост и стабилност. Такође се треба одредити оптимална величина сопствених фреквенција осциловања, оптимална величина пригушивања, одговарајући статички угиб, довољан динамички угиб, радни век и димензије еластичних и елемената пригушивања, погодност одржавања, економичност... Прорачун појединих компоненти система еластичног ослањања се врши на основу развијених метода за прорачуне како еластичних, тако и елемената за пригушивање [3].

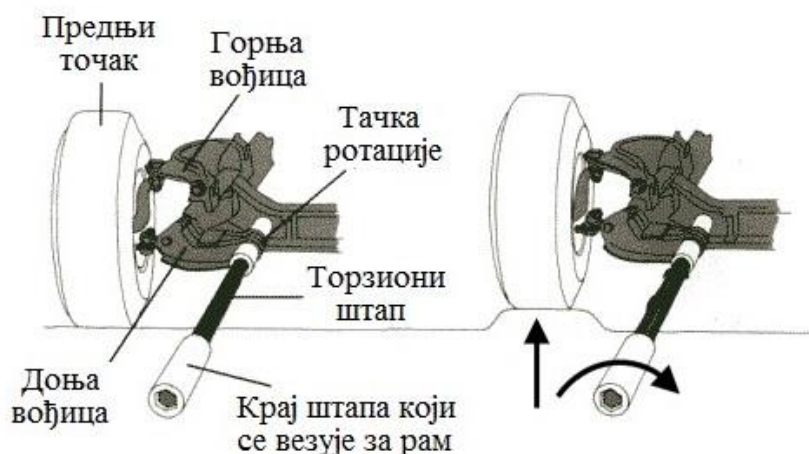
Торзиони штапови се најчешће користе код система независног ослањања и налазе примену код путничких и теретних возила. Чак и тешка теретна возила, као што су камиони „Татра“ и најтежа борбена возила – тенкови, српски Т-55 и Т-85 имају торзионе штапове као еластичне елементе система ослањања.

Торзиони штапови се постављају у хоризонталној равни, најчешће уздужно или попречно, али могу бити постављени и косо у односу на симетралу возила. На слици 5.1 је приказан систем задњег ослањања возила марке „Рено“, са попречно постављеним торзионим штаповима, чији је један крај везан за рам возила, а други за уздужну вођицу.



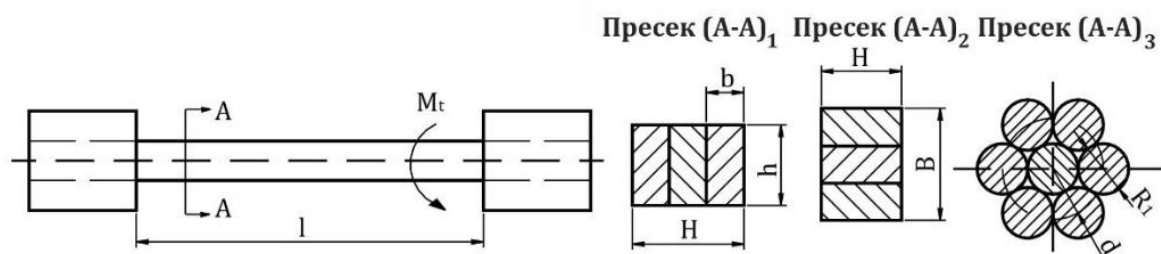
Слика 5.1: Шема попречно постављених торзионих штапова, возило „Рено“ [4]

На слици 5.2 је приказан део предњег система еластичног ослањања код возила марке „Крајслер“, са уздужно постављеним торзионим штапом. Један ожлебљени крај штапа је фиксиран за оклопно тело транспортера, а други је преко држача везан за доњу вођицу. При наиласку на неравнину точак се издиже, доња вођица се закреће око тачке у којој је монтиран штап и уврће крај торзионог штапа који је за њу причвршћен. Пошто је други крај штапа фиксиран, он се одупире торзији и понаша као опруга која се еластично деформише, тежећи да се врати у свој почетни положај. Спољни пречник попречног пресека штапа се при томе највише деформише, док су слојеви ближе уздужној оси штапа све мање изложени напрезању.



Слика 5.2: Шема уздужно постављеног торзионог штапа, возило „Крајслер“ [21]

Попречни пресек торзионих штапова може бити различитог облика. Са тог аспекта, постоје прости и сложени штапови. Прости торзиони штапови имају пуне кружне, правоугаоне или квадратне профиле и најчешће су из једног дела. Сложени штапови могу бити у виду цеви са разрезаним зидовима, затим четвороугаоног облика сачињени од пласннатих ламела или имати кружни попречни пресек сачињен од челичних цевчица. Ради смањења концентрације напона и искоришћења материјала прелаз између активног радног дела штапа и његових крајева често се израђује са заобљењем [9]. На слици 5.3 су приказани неки примери попречних пресека торзионих штапова.

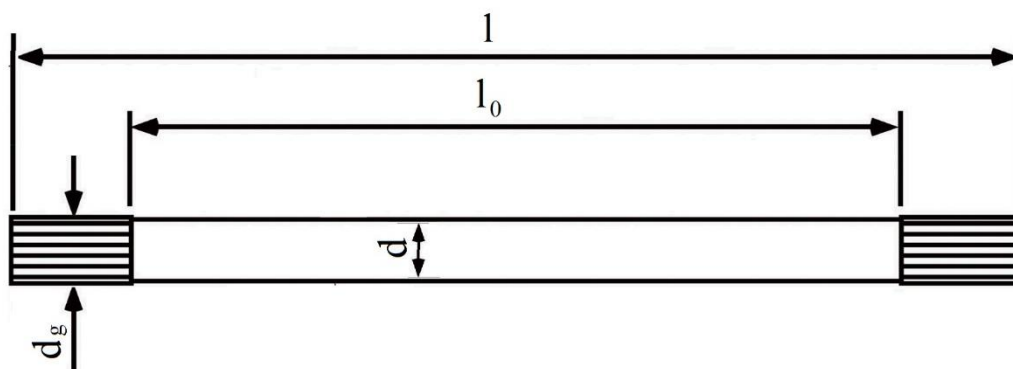


Слика 5.3: Сложени облици попречног пресека торзионог штапа; пресеке 1 и 2 чине правоугаоне ламеле, пресек 3 чине цевчице [9]

За потребе овог рада приказан је начин прорачуна торзионог штапа оклопног транспортера БТР-80 у виду његовог димензионисања, провере величине угла увијања и израчунавања његове крутости.

5.1. Прорачун торзионог штапа оклопног транспортера БТР-80

На сваком тачку возила БТР-80 је уздужно постављена по један торзиони штап, пуног кружног профила са ожљебљеним главчинама на својим крајевима. Када је точак под оптерећењем, тј. када на крај торзионог штапа пречника d [m] који је постављен у доњу вођицу делује момент увијања M_t [Nm], он се еластично деформише на активној дужини l_0 [m], а по престанку дејства силе на точак штап га враћа у равнотежни положај помоћу акумулиране енергије (слика 5.4).



Слика 5.4: Шема торзионог штапа са основним димензијама

Увијање је дефинисано као напрезање при коме се у сваком попречном пресеку штапа јавља само момент који обрће око осе штапа – момент увијања или торзије M_t , док остале унутрашње силе не постоје [10]. Овај унутрашњи момент увијања настаје деловањем спољашњег обртног момента на штап, у равнинама управним на његову осу. У попречним пресецима се јављају искључиво тангенцијални, односно смицајни напони τ , а нормални напони су једнаки нули.

Да би елемент – торзиони штап могао да поуздано врши своју функцију треба да испуњава услове чврстоће и крутости (деформабилности). Прорачун чврстоће подразумева одређивање димензија штапа, с обзиром на материјал од кога је направљен, тако да је искључена могућност лома услед датог оптерећења или да се за познате димензије провери да ли је максимални напон у дозвољеним границама [10]. Према томе, највећи смицајни напон при увијању штапа не сме бити већи од дозвољеног [9]:

$$\tau = \frac{M_t}{W_p} \leq \tau_d \quad (5.1.1)$$

Где је τ_d [Pa, N/m²] дозвољени напон – нормирана величина која се одређује искуствено, и за преднапрегнуте торзионе штапове има веће вредности него за оне које нису преднапрегнуте. W_p [m³] је поларни отпорни момент пресека који за штап кружног попречног пресека износи [9]:

$$W_p = \frac{d^3 \cdot \pi}{16} \quad (5.1.2)$$

Из релација (5.1.1) и (5.1.2) се пречник штапа може израчунати као:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot \tau_d}} \quad (5.1.3)$$

Ово важи за статички оптерећене торзионе штапове, код којих је момент увијања константна вредност, док се код динамички оптерећених штапова торзиони момент мења, па је за прорачун меродаван напон τ_h који мора бити мањи од динамичке издржљивости материјала τ_H :

$$\tau_h = \frac{16 \cdot \Delta M_t}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_H \quad (5.1.4)$$

Где је $\Delta M_t = M_{t2} - M_{t1}$ разлика између максималног (M_{t2}) и минималног (M_{t1}) момента увијања који се јављају у току рада.

Прорачун крутости, аналогно претходном прорачуну, подразумева одређивање димензија елемента тако да деформације које настају при радном оптерећењу буду у дозвољеним границама или проверу деформација елемента под оптерећењем. По овом услову, угао увијања по јединици дужине штапа φ [rad/m] не сме да прекорачи дозвољену вредност φ_d [10].

$$\varphi = \frac{M_t}{I_p \cdot G} \leq \varphi_d \quad (5.1.5)$$

Где је G [N/m²] модул клизања материјала, $I_p \cdot G$ [N·m²] је крутост штапа при увијању, а I_p [m⁴] поларни момент инерције који је за кружни попречни пресек једнак:

$$I_p = \frac{d^4 \cdot \pi}{32} \quad (5.1.6)$$

Из релација (5.1.5) и (5.1.6) следи да је пречник штапа једнак:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot M_t}{\pi \cdot G \cdot \varphi_d}} \quad (5.1.7)$$

Као меродавна вредност пречника, која се усваја за даљи прорачун, бира се већа вредност од прорачунатих по критеријуму чврстоће (5.1.3) и крутости (5.1.7). За познате вредности динамичке издржљивости τ_H (или дозвољеног напона τ_d), дозвољеног угла увијања φ_d и карактеристике материјала G , из истих релација се могу одредити максимална дозвољена оптерећења M_{tmax} , од којих се као меродавна усваја мања вредност.

Углови увијања у једначини (5.1.5) су изражени у [rad/m], а за кружни попречни пресек штапа могу бити представљени и у [rad] на неколико начина, по потреби [9]:

$$\varphi = \frac{M_t \cdot l_0}{I_p \cdot G} = \frac{l_0}{I_p \cdot G} \cdot W_p \cdot \tau = \frac{2 \cdot l_0 \cdot \tau}{d \cdot G} = \frac{32 \cdot M_t \cdot l_0}{d^4 \cdot \pi \cdot G} \quad (5.1.8)$$

Где је l_0 [m] функционална дужина штапа која се може израчунати на основу потребног угла увијања, ако није позната. Статички дозвољени угао увијања штапа износи $\varphi_{st} = 0,25$ rad/m према литератури [9], а за примену код моторних возила потребно је добити материјал чија је карактеристика на увијање око 0,5 rad/m тј. 30°/m [4].

Крутост торзионог штапа се дефинише коефицијентом [9]:

$$c = \frac{M_t}{\varphi} = \frac{G \cdot \pi \cdot d^4}{32 \cdot l_0} \quad (5.1.9)$$

Енергија која се акумулира у торзионом штапу кружног попречног пресека приликом оптерећења моментом увијања је [9]:

$$E_p = \frac{M_t \cdot \varphi}{2} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l_0}{16 \cdot G} \cdot \tau^2 = \frac{V}{4 \cdot G} \cdot \tau^2 \quad (5.1.10)$$

Где је V [m³] запремина радног дела штапа, пречника d и дужине l_0 .

Материјали који се користе за најоптерећеније опруге код возила, у које спадају торзиони штапови, су углавном челици легирани са хромом, ванадијумом и молибденом. Без правих података, изабран је материјал који се најчешће користи, челик 50CrV4 (Č4830), а његове карактеристике су $\tau_d = 700 \frac{N}{mm^2}$ и $G = 78500 \frac{N}{mm^2}$. При статичким напонима узео се у обзир сила тежине оклопног транспортера БТР-80 која делује на један точак:

$$F_t = \frac{m_v \cdot g}{8} = \frac{13600 \cdot 9,81}{8} = 16677 \text{ N}$$

Где је m_v [kg] маса транспортера, а сила тежине целог возила је подељена бројем точкова (8). За овакво оптерећење, пречник торзионог штапа се може израчунати као:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot \tau_d}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F_t \cdot l_v}{\pi \cdot \tau_d}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 16677 \cdot 0,4}{3,14 \cdot 700 \cdot 10^6}} = 0,036 \text{ m}$$

Где је l_v [m] дужина попречне вођице од места везе са точком до држача торзионог штапа. На основу прорачунатог пречника и момента увијања се проверава величина угла увијања у односу на дозвољену вредност, а на основу њега се усваја потребна дужина торзионог штапа:

$$\varphi = \frac{32 \cdot M_t}{d^4 \cdot \pi \cdot G} = \frac{32 \cdot 5003,1}{0,036^4 \cdot 3,14 \cdot 78500} = 0,386 \text{ rad} \leq \varphi_d = 0,5 \text{ rad}$$

$$l_0 = \frac{d^4 \cdot \pi \cdot G \cdot \varphi}{32 \cdot M_t} = \frac{0,036^4 \cdot 3,14 \cdot 78500 \cdot 10^6 \cdot 0,386}{32 \cdot 5003,1} = 0,998 \text{ m}$$

Добијене вредности пречника и дужине торзионог штапа су веће од величина штапова за путничка возила, што се могло очекивати када се узме у обзир маса једног оклопног транспортера. Коефицијент крутост штапа се може израчунати следећим обрасцем:

$$c = \frac{M_t}{\varphi} = \frac{5003,1}{0,386} = 12961,4 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{rad}}$$

Тиме је основни прорачун, тј. димензионисање торзионог штапа завршено, а у зависности од величине одступања добијених и жељених резултата могу се усвојити веће или мање вредности појединих параметара и поновити прорачун.

ЗАКЉУЧАК

Војна возила, као и сва остала возила, поседују све одговарајуће системе и елементе који су неопходни за извршавање основног задатка овог система – кретања. Ипак, њихова намена је да извршавају борбене задатке у различитим и специфичним условима, уз прихватање класичних оптерећења којима је возило изложено и оних изазваних дејством оружја.

Систем еластичног ослањања борбених возила садржи све подсистеме које садржи и систем еластичног ослањања комерцијалних возила. Улога СЕО је да, као еластична веза конструкције возила и точкова, редукује негативне последице осциловања. Конструкција система еластичног ослањања оклопних транспортера се изводи са циљем остваривања што веће покретљивости возила и активне заштите у виду избегавања непријатељске ватре.

У раду је приказана подела војних возила и укратко су описане карактеристике гусеничних борбених возила, а детаљније су приказани и описани неки од данас најбољих оклопних транспортера са точковима. Оклопни транспортер је борбено возило са точковима које има највећу примену ван путева је и служи за превоз већег броја војника. Наше возило овог типа је Лазар 3, трећа генерација првог решења Лазар БТР-СР.

За представљање елемената система еластичног ослањања једног оклопног транспортера је изабран совјетски оклопни транспортер БТР-80, као последњи модел серије БТР који је заменио своје претходнике и имао задовољавајући однос цене и квалитета концепције и који спада међу најраспрострањеније транспортере у свету. Приказана је конструкција механизма вођења точкова у виду две попречне вођице различитих дужина, уздужно постављеног торзионог штапа као еластичног елемента система, описани су додатни еластични гумени елементи у улози граничника хода точкова у оба смера и рад телескопског хидрауличног амортизера као елемента пригушивања насталих осцилација.

Приликом пројектовања система еластичног ослањања возила прорачунавају се сви елементи конструкције и проверава се њихова чврстоћа, крутост и стабилност. Прорачун елемената једног оваквог система спроводи се као и за друге сличне машинске елементе. У последњем поглављу рада приказан је једноставан прорачун еластичног елемента СЕО оклопног транспортера БТР-80, торзионог штапа пуног кружног профила. Извршено је његово димензионисање, провера величине угла увијања и израчунат је његов коефицијент крутости. Добијене вредности су нешто веће од димензија торзионих штапова за мања возила, што се и очекивало с обзиром на масу изабраног транспортера.

Скоро увек се мора пронаћи оптимално решење при конструисању система, јер потпуно испуњење постављених захтева није могуће. Код војних возила приоритет су одређени захтеви за ватреном моћи, покретљивошћу и заштитом у зависности од намене возила, па је извођење и конструкција осталих система на возилу често подређена томе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јанићијевић Н., Јанковић Д., Тодоровић Ј., *Конструкција моторних возила*, друго издање, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 1987.
- [2] Стефановић А., *Друмска возила – основи конструкције*, Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу и Центар за безбедност Машинског факултета у Крагујевцу, Ниш, 2010.
- [3] Кнор Р., *Projektovanje i konstrukcija motornih vozila*, Mašinski fakultet Sarajevo, Sarajevo, 2005/2006.
- [4] Филиповић И., *Мотори и моторна возила*, Машински факултет Универзитета у Тузли, Тузла, 2006.
- [5] Данев Д., *Конструкција на моторните возила*, Машински факултет Универзитета „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 2000.
- [6] Предавања из предмета *Погонски мобилни системи*, школска 2013/2014, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.
- [7] Ђорђевић М., *Друмска моторна возила*, Радна верзија, Крагујевац, 2011.
- [8] Муждека С., Ракић С., *Конструкција борбених возила*, Војна академија, Београд 2008.
- [9] Глишовић Ј., *Конструкција возила – Методичка збирка задатака са изводима из теорије*, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.
- [10] Ђоровић М., *Отпорност материјала I*, Универзитет у Крагујевцу, Машински факултет у Крагујевцу, Крагујевац, 2008.
- [11] M-84AS, интернет адреса: <https://sr.wikipedia.org/wiki/M-84AS>, приступљено 20.11.2016.
- [12] Yugoimport SDPR J.P., интернет адреса: <http://www.yugoimport.com/lat/proizvodi/lazar-3>, приступљено 31.10.2017.
- [13] Patria AMV, интернет адреса: http://www.military-today.com/apc/patria_amv.htm, приступљено 23.11.2016.
- [14] БТР-4, интернет адреса: http://www.military-today.com/apc/btr_4.htm, приступљено 23.11.2016.
- [15] Бумеранг, интернет адреса: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bumerang>, приступљено 23.11.2016.
- [16] MOWAG Piranha V, интернет адреса: http://www.military-today.com/apc/mowag_piranha_v.htm, приступљено 23.11.2016.
- [17] Pandur II, интернет адреса: http://www.military-today.com/apc/pandur_2.htm, приступљено 23.11.2016.
- [18] Tatrapan, интернет адреса: <http://www.military-today.com/apc/tatrapan.htm>, приступљено 23.11.2016.
- [19] OT-64 / SKOT, интернет адреса: http://www.military-today.com/apc/ot_64_skot.htm, приступљено 23.11.2016.
- [20] Техническое описание и инструкция по эксплуатации, часть 2, *Бронетранспортер БТР-80*, Министерство Обороны СССР, Военное издательство, Москва, 1990.
- [21] Chrysler Torsion bar Car Suspension, интернет адреса: <https://www.allpar.com/mopar/torsionaire.html>, приступљено 31.10.2017.