

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука

Душан Р. Томић

**Анализа масених и геометријских
карактеристика возила категорије М1/АА**
завршни рад

Крагујевац, 2019.

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Моторна возила 1

Број индекса: 706/2016

Душан Р. Томић

**Анализа масених и геометријских
карактеристика возила категорије М1/АА**

Комисија за преглед и одбрану:

1. **др Јованка Лукић, проф. - ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Прикупи податке о геометријским и карактеристикама маса возила категорије M1/AA,
- Изврши анализу прикупљених података и прикаже добијене корелације између појединих параметара посматране категорије возила.

Препоручена литература:

[1] Демић М., Лукић Ј.: Теорија кретања моторних возила, Машински факултет у Крагујевцу, 2011.

[2] Сертификати о саобразности возила

[3] Демић et all.: Пројектовање путничких аутомобила, Машински факултет у Крагујевцу, 2004.

Крагујевац, 10.05.2017.

ментор:

др Јованка Лукић, проф.

ABSTRACT

The subject of the study of this undergraduate thesis are geometric and mass characteristics of M1/AA vehicle category. Based on the collected data that regard these characteristics of this vehicle category, an analysis of the same had been performed. The thesis is structured in four parts. The first section focuses on explaining the basic marks of the vehicles of category M1/AA, the so-called sedans, as well as their geometric characteristics. The second section is devoted to the consideration of the mass characteristics of sedans. The third section gives results of statistical analysis of geometric characteristics, and fourth of the analysis of mass characteristics of the given vehicle category.

Keywords: vehicle, sedan, geometric, dimension, mass, load

РЕЗИМЕ

Предмет истраживања овог мастер рада јесу геометријске и карактеристике маса возила категорије M1/AA. На основу прикупљених података о датим карактеристикама ове категорије возила, извршена је анализа истих. Рад је структуриран у четири дела. У првом делу је фокус на објашњењу основних обележја возила категорије M1/AA, тзв. лимузина, као и на њиховим геометријским карактеристикама. Други део је посвећен разматрању масених карактеристика лимузина. Трећи део даје резултате статистичке анализе геометријских карактеристика, а четврти анализе масених карактеристика дате категорије возила.

Кључне речи: возило, лимузина, геометријска, димензија, маса, оптерећење

САДРЖАЈ

1.	ЛИМУЗИНА И ЊЕНЕ ГЕОМЕТРИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ	1
1.1	Појам лимузине.....	1
1.2	Основне димензије каросерије	2
2.2	Параметри габарита лимузине.....	4
2.	МАСЕНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛИМУЗИНЕ	8
2.1	Маса лимузине	8
2.2	Одређивање координата тежишта.....	9
2.3	Основни тежински односи и тежински биланс.....	11
3.	АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИЈСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА	15
4.	АНАЛИЗА МАСЕНИХ КАРАКТЕРИСТИКА	21
5.	ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА	28

1. ЛИМУЗИНА И ЊЕНЕ ГЕОМЕТРИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

1.1 Појам лимузине

Путнички аутомобили су аутомобили за превоз путника са највише девет седишта, укључујући и седиште возача, и они су по конструкцији, уређајима и опреми намењени за превоз лица и њиховог пртљага. Путнички аутомобили било које класе карактеришу се одређеним параметрима, попут габарита, броја седишта, удобности, динамичких карактеристика и перформанси, економичности потрошње горива, поузданости, и тд.

Категорија М1 возила се односи на путничка моторна возила чија маса не прелази 3.500 kg, и које је намењено превозу путника.

Возила категорије М1/АА, односно лимузине (слика 1.1) представљају путничка возила са два или четири бочних врата, и са или без додатних врата, која садрже четири или више седишта у најмање два реда. Преклапање или уклањање задњих седишта користе се за ослобађање површине за смештај ствари. Према стандарду SRPS ISO 3833:2005[1], ова возила поседују четири или више бочних прозора и чврст кров, чији се један део опционо може отворати.



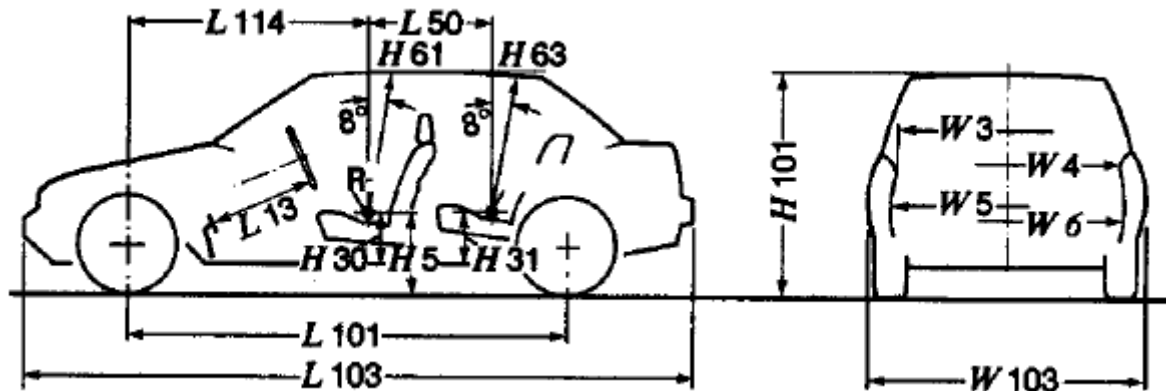
Слика 1.1 Лимузина [2]

Димензије возила, попут дужине, ширине, висине као и димензије возила које су од посебног значаја за безбедност саобраћаја на путевима, у нашој држави су одређени стандардом SRPS M.NO.012 („Службени лист СФРЈ“, број 49/83).

При мерењу појединих величина возила претпоставља се да је стајна површина хоризонтална, мерење дужине и ширине се обавља у хоризонталној, а висине у вертикалној равни, укупна маса возила је највећа дозвољена укупна маса, пумпање пнеуматика се врши до притиска који одговара укупној дозвољеној маси, возило се налази у стању мировања са затвореним вратима и прозорима, а управљачки точкови се налазе у неутралном положају.

1.2 Основне димензије каросерије

Димензије каросерије зависе од класе, усвојене концепције возила, стила, потребног простора за смештај путника и пртљага и сл. Међународни и национални стандарди регулишу дефинисање потребних димензија каросерије. Најзначајније димензије каросерије, према DIN 70020[3] приказане су на слици 1.2.



Слика 1.2 Основне димензије каросерије [3]

H5 – висина тачке R од тла, H30 – растојање предње R тачке од ножних команди, H31 – растојање задње тачке R од ножних команди, H61 – висина предњег дела каросерије, H63 – висина задњег дела каросерије, H101 – висина лимузине, L13 – растојање точка управљача од ножних команди, L50 – растојање тачака R, L101 – међуосовинско растојање, L103 – габаритна дужина лимузине, L114 – растојање предње тачке R од центра предњег точка, W3 – предња ширина путничког простора (рамена), W4 – задња ширина путничког простора (рамена), W5 – ширина предњег дела путничког простора (седални предео), W6 – ширина задњег дела путничког простора (седални предео), W103 – габаритна ширина лимузине

Дужина возила представља растојање између две вертикалне равни управне на средњу подужну раван које, свака за себе, додирује предњи, односно задњи крај возила. У питању је укупна дужина мерена преко свих делова возила, укључујући и бранике.

Ширина возила јесте растојање између две равни које су паралелне са средњом подужном равни возила, и које додирују возило са обе његове стране. Потребно је да се све чврсто везане компоненте возила, попут главчине точка, поклопаца точкава, квака, блатобрана и браника налазе између поменуте две равни. Притом ширина возила не укључује подесиве делове попут ретровизора, бочних сигналних светала, позиционих светала, проширених делова пнеуматика непосредно изнад ослоне површине.

Висина возила је растојање између стајне површине и хоризонталне равни која додирује највиши део неоптерећеног возила спремног за вожњу, укључујући све непокретне делове који су монтирани на крову.

Када су у питању карактеристичне тачке, постоји **Н тачка**, односно тачка ротације између торза и бутне кости, која углавном представља висину бутног зглоба.

Јавља се и референтна тачка седишта или **Р тачка** (према ISO 6549), која означава позицију дизајниране Н тачке у крајњем положају седишта код прилагодљивог седишта.

Код одређивања позиције дизајниране Н тачке многи произвођачи користе позицију за модел 95%-ог одраслог мушкарца или уколико се та позиција не може достићи, крајну позицију седишта.

Референтна тачка седишта се користи:

- за дефинисање позиције елипсе очију (SAE J941) и тачка ока V_1/V_2 (RREG 77/649) као основе за дефинисање видног поља возача,
- за дефинисање окружења које може бити досегнуто руком (енгл. *hand reach envelopes*), да би се одредила позиција управљачких уређаја у возилу,
- за одређивање АНР тачке – позиције пете (енгл. *accelerator heel point*) као референтне тачке за позиционирање педала.

Позиција задњег седишта (висина референтне тачке седишта, простор за седење, простор за главу) је одређена простором неопходним за постављање задње осовине возила као и обликом и потребним простором за резервоар горива. Тиме је одређен и изглед задњег дела крова возила.

Размак између референтне тачке седишта возача и задњег седишта су различити за различите моделе тела, и условљен је пројектованим основним димензијама возила и захтеваном величином простора за путнике.

Дужина унутрашњег простора возила највише је условљена висином седишта. Нижа седишта захтевају више испружену седећу позицију путника па према томе и већу унутрашњу дужину. Ширина унутрашњег простора возила зависи од пројектоване габаритне ширине возила и простора предвиђеног за различите уређаје.

Величина и изглед пртљажног простора зависе од изгледа задњег дела возила, као и позиције и величине резервоара за гориво, простора за резервни точак и локације и величине пригушивача звука. Величина пртљажног простора се одређује према ISO 3832[3].

Коефицијент искоришћења габарита лимузине

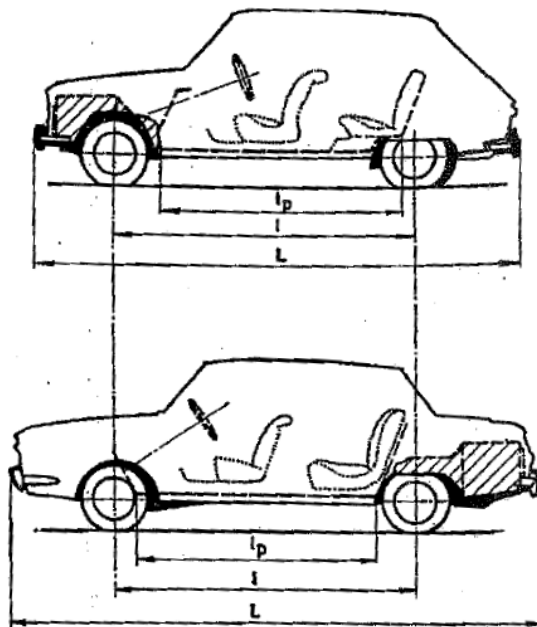
Однос дужине простора за путнике мерене по поду, према укупној дужини лимузине обично се назива коефицијентом искоришћења габарита, и према слици 1.3 се дефинише се изразом:

$$\eta_l = \frac{l_p}{L_{max}} \quad (1.1)$$

где су:

l_p – дужина путничког простора, а

L_{max} – габаритна дужина лимузине.

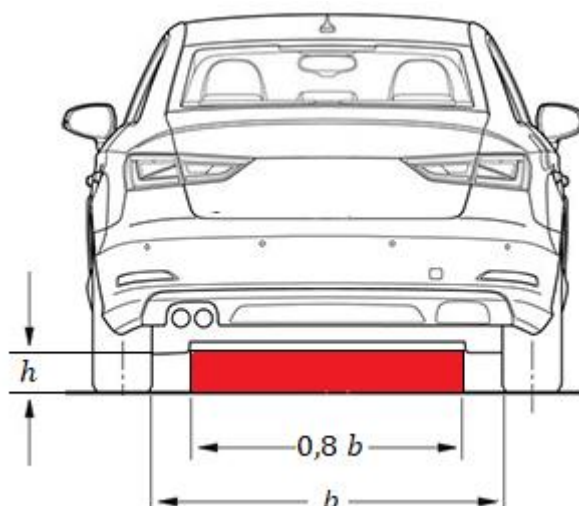


Слика 1.3 Дужинске карактеристике лимузине [4]

2.2 Параметри габарита лимузине

Под параметрима габарита подразумевају се дужински параметри и углови који имају директан утицај на проходност лимузине. Овде се убрајају:

1) **Најмања висина изнад стајне површине (клиренс)** – растојање између стајне површине и најниже тачке централног дела возила, а ова тачка представља део који се налази између две паралелне равни које су једнако удаљене од средње подужне равни (слика 1.4). Међусобно растојање ових равни износи 80% минималног растојања између тачака унутрашњих ивица тачкова (b), које се рачуна за сваки осовину понаособ.



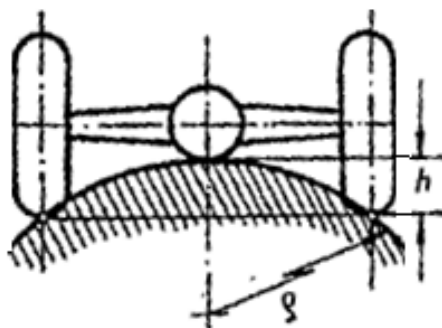
Слика 1.4 Најмања висина изнад стајне површине [5]

Такође се јавља и појам **најмања висина изнад стајне површине испред, између и иза осовина**, који означава минимално растојање између стајне површине и најнижих непокретних тачака возила.

Поред поменутог, постоји и параметар **назива најмања висина испод осовине**. Овај појам носи ознаку h , и представља висину одсечка круга који би теоретски пролазио кроз средишта површине налегања пнеуматика, који са доње стране додирује најистуренију, а уједно и најнижу тачку возила. Мерење истог се обавља на равном хоризонталном тлу при статички оптерећеном возилу.

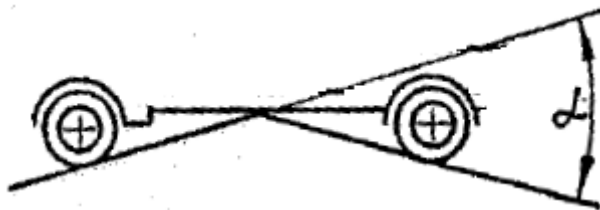
2) **Подужни полупречник проходности** представља полупречник омотача ваљка који тангира предњи и задњи точак, као и најнижу тачку у средњем делу возила. Подужна проходност је дефинисана као најмање одстојање најниже тачке потпуно оптерећеног возила од омотача замишљеног ваљка полупречника 8 m , који додирује тачкове и чија је оса управна на подужну осу возила. Притом се користи стандардни статички полупречник тачка.

3) **Попречни полупречник проходности**, ρ , слика 1.5, представља полупречник круга који би пролазио кроз средишта површине налегања пнеуматика и кроз најнижу тачку средњег дела возила.



Слика 1.5 Попречни полупречник проходности [4]

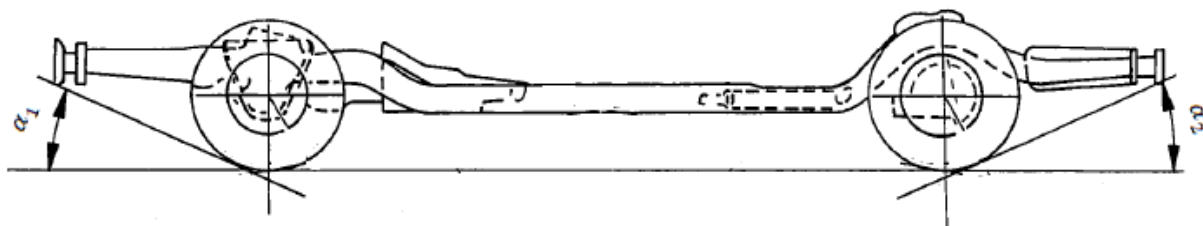
4) **Угао препреке** (слика 1.6) означава највећи угао препреке преко које возило може остваривати своје кретање, и изражава се преко комплементарног угла α , који се мери између две равни, које су управне на средњу подужну раван возила, и истовремено тангирају статички оптерећене пнеуматике и додирују најнижу тачку возила између предњих и задњих тачкова, која одређује највећи угао препреке. Угао α , поред тога што је комплементаран је истовремено и минимални оштар угао између поменуте две равни, и одређен је датом најнижом тачком возила.



Слика 1.6 Угао препреке [4]

5) **Предњи прилазни (предњи заштитни угао)** – α_1 , представља максимални угао између хоризонталне равни која тангира статички оптерећене пнеуматике предњих тачкова и додирује најистуренију и најнижу тачку чврсто везаних делова који се налазе испред предње осовине (слика 1.7).

6) **Задњи прилазни (задњи заштитни угао)** – α_2 , представља максимални угао између хоризонталне равни која тангира статички оптерећене пнеуматике задњих точкова и додирује најистуренију и најнижу тачку чврсто везаних делова који се налазе иза задње осовине (слика 1.7).



Слика 1.7 Прилазни углови [6]

7) **Издизање точка** – јесте висина од које је могуће издизање једног точка, а да се тиме не утиче на додир свих осталих точкова и хоризонталне подлоге. Ова величина индиректно говори о способности точкова да остану у контакту са тлом, тј. о могућности праћења истих и прилагођавања изгледу терена.

8) **Круг заокрета трагова точкова** је пречник круга који даје опис спољашњег управљеног точка на стајној површини при максималном заокретању управљачких точкова. Слика 1.8а и 1.8б даје приказ полупречника R_1 , који описује круг заокрета трага левог точка при заокретању удесно (слика 1.8а), односно круг заокрета трага десног точка при заокретању улево (слика 1.8б).

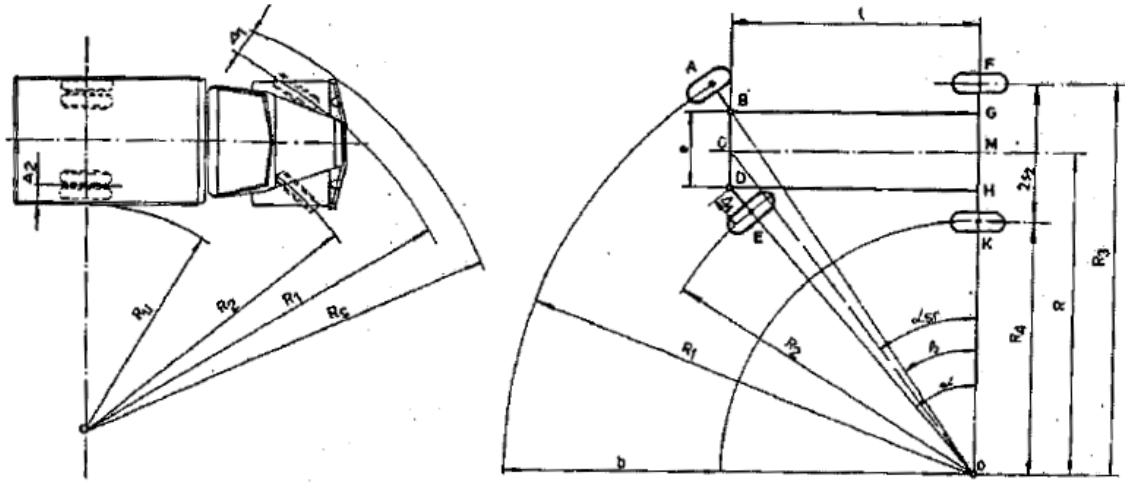
9) Постоје више **пречника кругова заокрета возила**:

- Пречник минималног круга заокрета који описује пројекције тачака возила које су најближе центру окретања на стајну површину, при максималном заокретању управљачких точкова.

- Пречник максималног круга заокрета који описује пројекције тачака возила које се налазе на највећој могућој удаљености од центра окретања на стајну површину, при максималном заокретању управљачких точкова.

Полупречници заокретања се називају и **полупречницима хоризонталне проходности**, и они дефинишу потребну ширину пута при заокретању и минимални полупречник кривине. Посматрајући слику 1.8, при максималној вредности угла заокретања управљачких точкова, може се говорити о следећим полупречницима:

- R_1 – полупречник трајекторије предњег спољашњег точка,
- R_2 – полупречник трајекторије предњег унутрашњег точка,
- R_s – полупречник трајекторије предње најудаљеније тачке од центра заокретања (s – спољашње)
- R_3 – полупречник трајекторије задњег спољашњег точка,
- R_4 – полупречник трајекторије задњег унутрашњег точка,
- R_u – полупречник трајекторије задње најближе тачке центру заокретања (u – унутрашње), и
- R – полупречник трајекторије средишта задње осовине, тачке M .



Слика 1.8 Полупречници заокретања лимузине [4]

Могуће је израчунати **полупречнике котрљања** појединих тачкова на основу геометријских односа са слике 1.8. На основу троугла DON следи:

$$R_2 = OE = \sqrt{1^2 + (R - 0,5e)^2} - \Delta = 1\sqrt{1 + ctg^2\alpha} + \Delta \quad (1.2)$$

Из троугла BOG следи:

$$R_1 = OA = \sqrt{1^2 + (R + 0,5e)^2} + \Delta = 1\sqrt{1 + ctg^2\beta} + \Delta \quad (1.3)$$

Полупречници котрљања задњих тачкова су:

$$R_3 = OF = R + s_2 \quad (1.4)$$

$$R_4 = OK = R - s_2 \quad (1.5)$$

Средњи полупречник заокретања је:

$$R = OH + 0,5e = 1 ctg\alpha + 0,5e \quad (1.6)$$

Средњи полупречник се може одредити и преко средњег угла заокретања, α_{sr} , према:

$$R = \frac{1}{tg \alpha_{sr}} \quad (1.7)$$

где је $\alpha_{sr} = \frac{\alpha + \beta}{2}$

Са слике даље следи:

$$R_s = R_1 + \Delta_1 \quad (1.8)$$

$$R_u = R_4 - \Delta_2 \quad (1.9)$$

Потребна ширина пута је:

$$b = R_s - R_u = R_1 + \Delta_1 + \Delta_2 - R_4 \quad (1.10)$$

2. МАСЕНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛИМУЗИНЕ

2.1 Маса лимузине

Под **масом** возила подразумева се маса којом возило делује на хоризонталну раван у стању мировања.

Маса возила спремног за вожњу јесте маса возила заједно са каросеријом и надоградњом, са целокупном електричном опремом, као и помоћном опремом неопходном за нормалан рад возила. Возило мора бити опремљено свим погонским средствима (средства за хлађење, гориво до минимално 90% садржаја декларисаног капацитета, и другим радним флуидима), као и стандардном опремом (резервни точак, сигурносни троугао, опрема за пружање прве помоћи, светлоодбојни прслук, уже или полуга за вучу).

Када је у питању **највећа укупна маса**, разликујемо два појма:

- **Највећа укупна маса по декларацији произвођача** је маса прорачуната од стране произвођача за одређене експлоатационе услове, узимајући у обзир отпорност материјала, носивост пнеуматика, и тд.
- **Највећа дозвољена укупна маса** представља масу која се утврђује за различите експлоатационе услове возила.

Маса неоптерећеног возила је маса возила спремног за нормалну употребу, са следећом опремом: додатна опрема потребна искључиво за нормалну употребу, комплетна електро опрема, укључујући светлосно и светлосно сигналне уређаје испоручених од стране произвођача, законом прописани инструменти и уређаји, одговарајуће количине течности како би се осигурало правилно функционисање свих компоненти возила. Погонско гориво и мешавина горива и уља нису укључени код мерења, али елементи као што су акумулатор, хидраулична течност, расхладно средство и уље за подмазивање мотора морају бити укључени[7].

Када је у питању **највећа носивост**, такође разликујемо два појма:

- **Највећу носивост према декларацији произвођача и**
- **Највећу дозвољену носивост.**

Дефинисање ове две масе врши се на основу разлике између одговарајуће највеће укупне масе и нето масе потпуно опремљеног возила са каросеријом спремног за вожњу. Терет мотора мора бити распоређен на тај начин да највеће масе по појединачним осовинама не смеју бити прекорачене.

Највећа носивост према декларацији произвођача најчешће носи назив **корисна носивост**, и она је по DIN-у дефинисана као терет распоређен равномерно или на начин који је условљен обликом каросерије, који возило може носити без прекорачења дозвољених оптерећења по осовинама и дозвољене укупне масе.

Код **лимузина корисну носивост** чине **путници** и њима припадајући **пртљаг**. Практично рачунање се обавља са просечним масама једног путника од 70 kg, односно масе детета од 35 kg. Возилу се приписује маса пртљага не мања од 10 kg за свако лице које се превози, уколико већа вредност није прописана од стране произвођача.

Највећа маса по једној осовини је највеће оптерећење које се преноси на тло точкова једне осовине. Одређивање ове масе се обавља или према декларацији произвођача, узимајући у обзир чврстоћу материјала, носивост пнеуматика, и сл., и тада се ради о **највећој маси по једној осовини према декларацији произвођача**, или је ова маса одређена у односу на носивост путева, и у овом случају се ради о **највећој дозвољеној маси по једној осовини**.

2.2 Одређивање координата тежишта

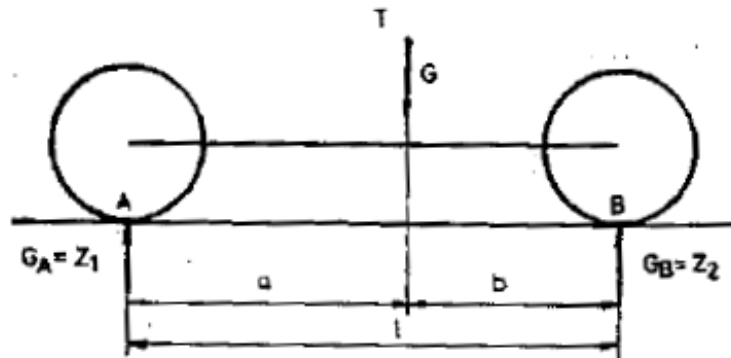
Положај тежишта је веома битна карактеристика возила, јер има велики утицај на вучне карактеристике и стабилност кретања возила. Циљ је постављањем појединих агрегата и склопова распоредити тежину тако да тежиште возила лежи у подужној равни симетрије возила.

За лимузину која се налази на хоризонталној подлози, према слици 2.1, једначине момената за тачке А и В дају:

$$Z_1 = \frac{G \cdot b}{l} = G_A \quad (2.1)$$

$$Z_2 = \frac{G \cdot a}{l} = G_B \quad (2.2)$$

где G_A и G_B означавају нормалне статичке реакције тла.



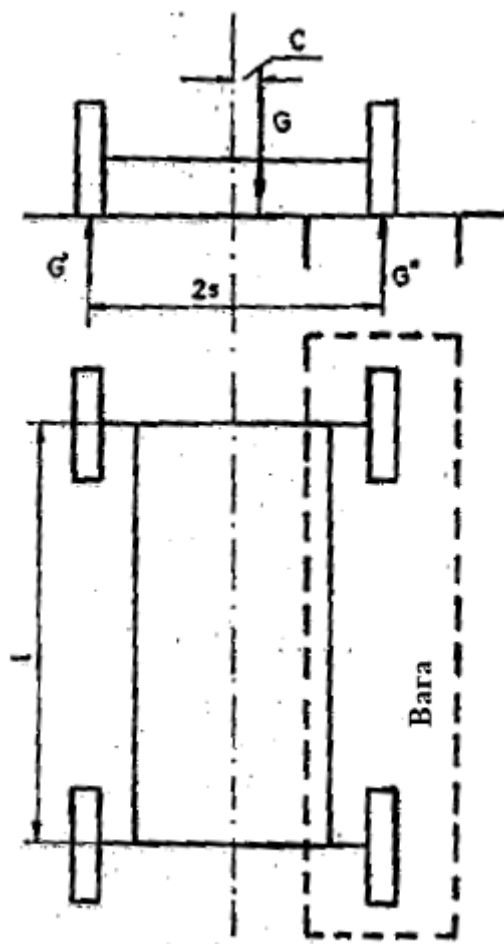
Слика 2.1 Расподела тежине лимузине [4]

На основу релација (2.1) и (2.2) следи:

$$\frac{a}{b} = \frac{G_B}{G_A} \quad (2.3)$$

$$a = \frac{G_B}{G} l \text{ и } b = \frac{G_A}{G} l \quad (2.4)$$

Величине a и b називају се **подужне координате тежишта**. Најједноставнији начин за одређивање ових координата јесте мерење тежина G_A , G_B и G возила постављеног на хоризонталној подлози. Притом се цело возило ослања на вагу која се налази у нивоу хоризонталне подлоге. Одређивање треће координате (c) се такође изводи мерењем тежина према слици 2.2.



Слика 2.2 Одређивање координата тежишта [4]

Возило се једним крајем ослања на хоризонталну подлогу, а друга страна се налази на ваги. На овај начин се врши одређивање статичких реакција тла које делују на леве (G') и десне (G'') тачкове возила. Моментна једначина према слици 2.3 гласи:

$$G''2s - G(s + c) = 0 \quad (2.5)$$

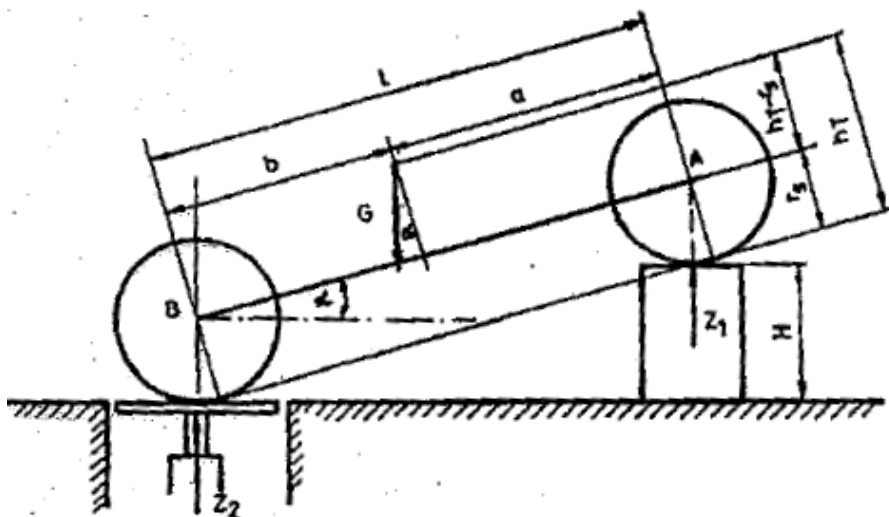
одавде је:

$$c = \left(2 \frac{G''}{G} - 1\right) s \quad (2.6)$$

Распоред склопова се врши тако да постоји поклапање тежишне равни са подужном равни симетрије возила ($c = 0$).

Висина тежишта изнад хоризонталне подлоге h_T се у највећем броју случајева изводи мерењем једног дела возила (предњег или задњег), при подизању другог.

Провера висине тежишта се врши тако што се возило једним крајем навезе на вагу која чини део хоризонталне подлоге, док се други део ослања на поменуту подлогу. Затим се врши „блокирање“ гибњева, и врши се подизање дела који се налази ван ваге на одређену висину H , која се са лакоћом може измерити. Слика 2.3 даје упрошћени приказ возила чији је предњи крај подигнут.



Слика 2.3 Провера висине тежишта [4]

Услов равнотеже у односу на предњу осовину (А) даје следеће:

$$G \cdot a \cos \alpha + G(h_T - r_s) \sin \alpha - Z_2 \cdot l \cos \alpha = 0 \quad (2.7)$$

овде су:

- α – угао нагиба возила према хоризонталној подлози,
- h_T – висина тежишта у случају да се возило налази на хоризонталној подлози,
- r_s – статички полупречник точка, и
- Z_2 – радијална реакција тла на задњим точковима, која се мери вагом.

Пошто је $a = (G_B/G) l$, једначина (2.7) постаје:

$$G_B \cdot l + G(h_T - r_s) \operatorname{tg} \alpha - Z_2 \cdot l \cos \alpha = 0 \quad (2.8)$$

Одавде је:

$$h_T = r_s + \frac{1}{G} \frac{Z_2 - G_B}{\operatorname{tg} \alpha}, \text{ или}$$

$$h_T = r_s + a \left(\frac{Z_2}{G_B} - 1 \right) \operatorname{ctg} \alpha \quad (2.9)$$

2.3 Основни тежински односи и тежински биланс

Анализирање учешћа појединих склопова и агрегата у сопственој тежини возила доводи до закључака да се појединачне тежине налазе у веома уским границама. Познавање ових односа у многоне олакшава процес пројектовања лимузина.

Код лимузина је најчешће у примени однос корисне носивости (G_k) и укупне тежине, и овај однос носи назив **коэффициент искористења тежине**:

$$G_G = \frac{G_k}{G} \quad (2.10)$$

Анализа сопствене тежине возила G_s доводи до закључака да она садржи две врсте тежина у себи:

- G_n – део сопствене тежине која се састоји из делова и склопова лимузине, чија се тежина карактерише тиме да се не смањује при смањењу укупне тежине возила. Овде се убрајају: руковат, наслони седишта, ветробран, прозори, блатобрани, плашт мотора, унутрашња оплата, заптивне гуме каросерије и тд. Ова тежина се назива и „мртвом“ тежином.
- G_p – део сопствене тежине која се састоји из компоненти, склопова и агрегата возила које имају тежине које су приближно пропорционалне укупној тежини возила. Овде се убрајају: елементи вешања, носећи елементи, мотор, резервоар за гориво, точкови и тд.

Из изложеног следи да се укупна тежина лимузине може изразити као збир три тежине, а то су:

$$G = G_s + G_k = G_p + G_n + G_k \quad (2.11)$$

Уколико се коефицијент пропорционалности обележи са k , пропорционална тежина се може изразити на следећи начин:

$$G_p \approx k \cdot G = k(G_p + G_n + G_k) = k[G_n + G_k + k(G_p + G_n + G_k)] = \dots \quad (2.12)$$

Уколико се замени $G_p = kG$, односно G према једначини (2.11) добија се:

$$G_p = k(G_n + G_k)(1 + k + k^2 + k^3 + k^4 + \dots) \quad (2.13)$$

Одавде следи:

$$G_p = \frac{k}{1-k} (G_n + G_k) \quad (2.14)$$

или посматрајући једначину (2.13):

$$G = \frac{1}{1-k} (G_n + G_k) \quad (2.15)$$

Редукција пропорционалне тежине доводи до редукције укупне тежине лимузине. Укупна тежина смањена на овај начин, у теорији, утиче на смањење пропорционалне тежине према једначини (2.14) и тд.

Следи пример израчунавања изнетих односа.

$$G_n = 420 \text{ kg}$$

$$G_p = 900 \text{ kg}$$

$$G_k = 480 \text{ kg}$$

$$G = 1800 \text{ kg}$$

$$k = \frac{G_p}{G} = \frac{900}{1800} = 0,5$$

Чињеница да постоји захтев да конструкција возила буде олакшана што је више могуће довела је до смањења коефицијента пропорционалности на $k = 0,45$, дакле за 10%. Према једначини (2.14) следи:

$$G_p = \frac{k}{1-k} (G_n + G_k) = \frac{0,45}{1-0,45} (420 + 480) = 0,818 \cdot 900 = 736,36 \text{ [kg]}$$

Дошло је до смањења тежине G_p за $163,64 \text{ kg}$, односно за 18,2%. Дошло је до смањење укупне тежине возила на:

$$G = \frac{1}{1-k} (G_n + G_k) = \frac{1}{1-0,45} 900 = 1636 \text{ [kg]}$$

тј., такође за 10%.

Уколико се претпостави да је *мртва* тежина G_n смањена за 10% ($\Delta G_n = 42 \text{ kg}$), то ће довести до смањења укупне тежине у знатно мањем односу, и у конкретном случају би износило око 4,7%, док би апсолутно смањење укупне тежине у овом случају било 90 kg.

Из изложеног следи да смањење *мртве* тежине пружа бољи ефекат од смањења пропорционалне тежине. Међутим, проблем лежи у томе што је процес смањења *мртве* тежине итекако сложен, пошто постоје потешкоће при покушају олакшавања многих делова који сачињавају каросерију, као и неопходне пратеће опреме.

Када се ради о савременим лимузинама, постоје захтеви који произилазе из прописа о безбедности у саобраћају, тражи се обезбеђење максималне удобности возача и путника, што повећава *мртву* тежину возила.

Такође важи да смањење тежине утиче на смањење цене производње возила само до одређене мере, а даље смањење исте доводи до повећања трошкова производње. На основу (2.15) следе следећи односи:

$$\frac{G_k}{G} + \frac{G_n}{G} = 1 - k$$

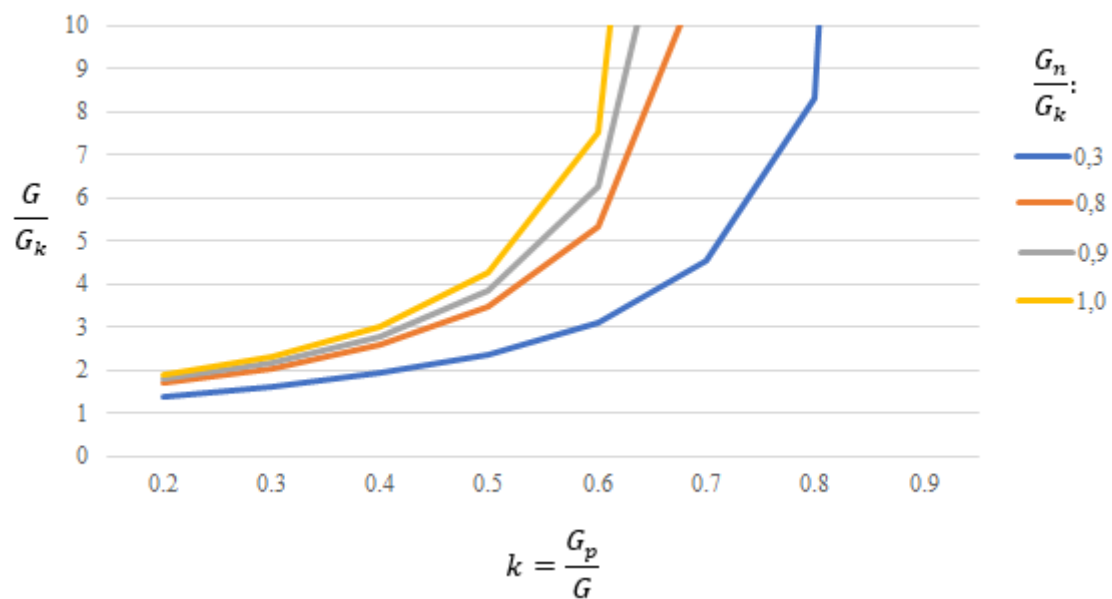
$$\frac{G_k}{G} \left(1 + \frac{G_n}{G_k} \right) = 1 - k$$

Одавде је:

$$\eta_G = \frac{G}{G_k} = \frac{1+G_n/G_k}{1-k} \quad (2.16)$$

Израз (2.16) пружа велику погодност при оцењивању оправданости примене лакше конструкције возила.

Слика 2.4 пружа илустрацију промене односа G/G_k за лимузину, у функцији величине коефицијента k за $\frac{G_n}{G_k} = 0,3; 0,8; 0,9$ и $1,0$.



Слика 2.4 Однос укупне тежине и корисне носивости у зависности од коефицијента k

3. АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИЈСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА

Ради анализе карактеристика возила категорије M1/AA, прикупљени су подаци из потврда о саобразности (енгл. *Certificate of Conformity*) 31-ог возила, различитих произвођача. Потврда о саобразности је писмени доказ издат од стране произвођача возила, за свако возило произведено у складу са шемом хомологације типа целог возила. Подаци наведени у Потврди о саобразности представљају декларацију произвођача [7].

Анализирани су подаци о геометријским карактеристикама возила марки Audi, BMW, Fiat, Volkswagen и Mercedes Benz.

При анализи су коришћени следећи статистички показатељи:

1) **Средња вредност**,

2) **Стандардна девијација** – показује колико у просеку елементи узорка одступају од аритметичке средине узорка. Стандардна девијација је осетљива на екстремне вредности, јер се базира на удаљености појединачних вредности од средње вредности величине.

3) **Модус** – вредност која се најчешће јавља у серији, односно има највећу фреквенцију.

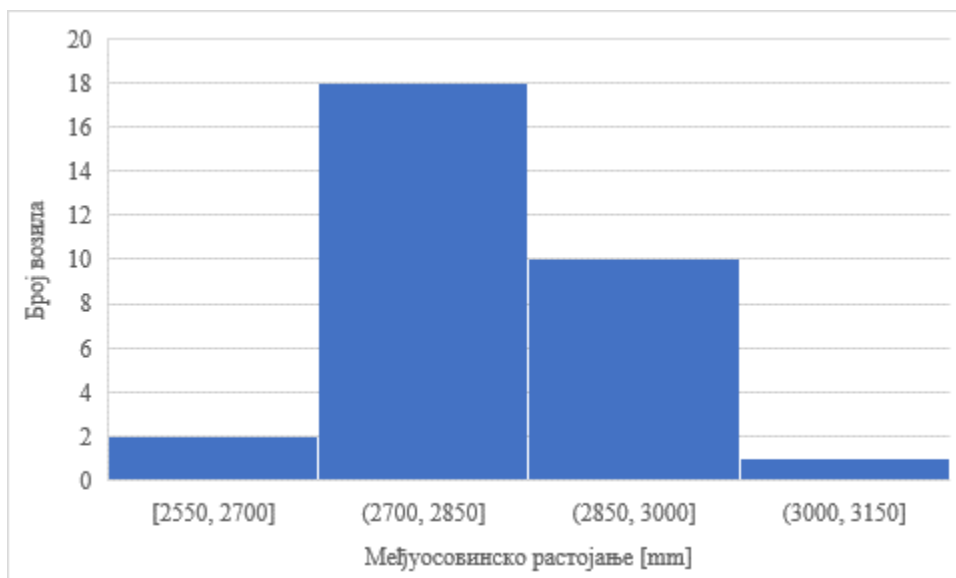
4) **Медијана** – број који раздваја горњу половину узорка од доње половине. Медијана низа непарног броја вредности се може наћи тако што се бројеви поређају по величини, и узме се средњи члан низа. Уколико постоји паран број чланова низа, медијана није јединствена, па се често узима средња вредност две вредности које су кандидати за медијану. Медијана није осетљива на екстремне вредности.

Табелама 3.1 – 3.8 дате су вредности статистичких показатеља када су у питању геометријске карактеристике возила категорије M1/AA.

Табела 3.1 Вредности статистичких показатеља међуосовинског растојања

Величина	Средња вредност [mm]	Стандардна девијација [mm]	Модус [mm]	Медијана [mm]
Међуосовинско растојање	2807	115,63	2817	2817

Слика 3.1 показује да се вредност међуосовинског растојања посматраних возила у највећем броју случајева креће од 2700 до 3000 mm, где већи удео имају возила са међуосовинским растојањем од 2700 до 2850 mm.

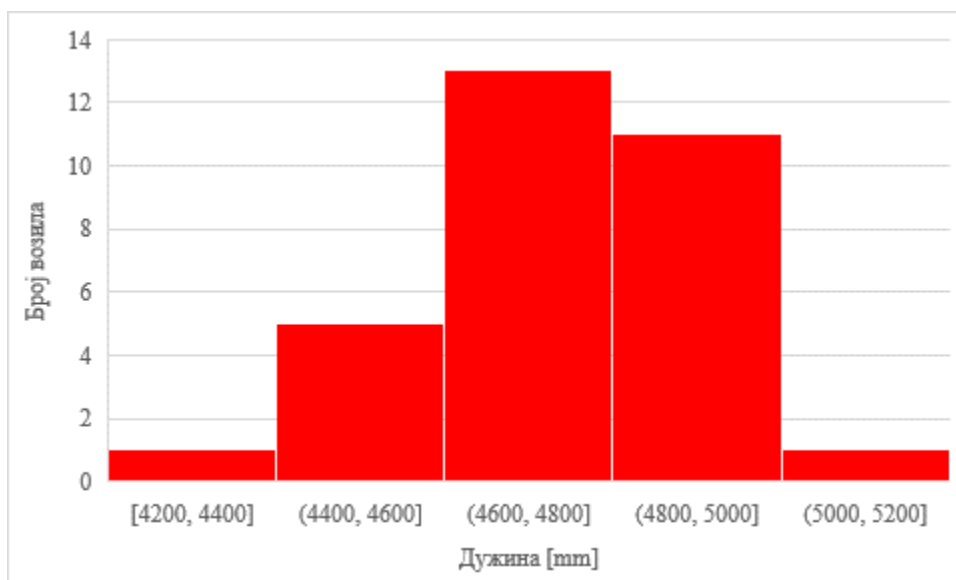


Слика 3.1 Вредности међуосовинских растојања различитих лимузина

Табела 3.2 Вредности статистичких показатеља дужине

Величина	Средња вредност [mm]	Стандардна девијација [mm]	Модус [mm]	Медијана [mm]
Дужина	4757	194,63	4899	4769

Сликом 3.2 показано је да се дужина лимузина најчешће креће у распону од 4600 до 5000 mm, а у оквиру овог распона више возила има дужину од 4600 до 4800 mm.

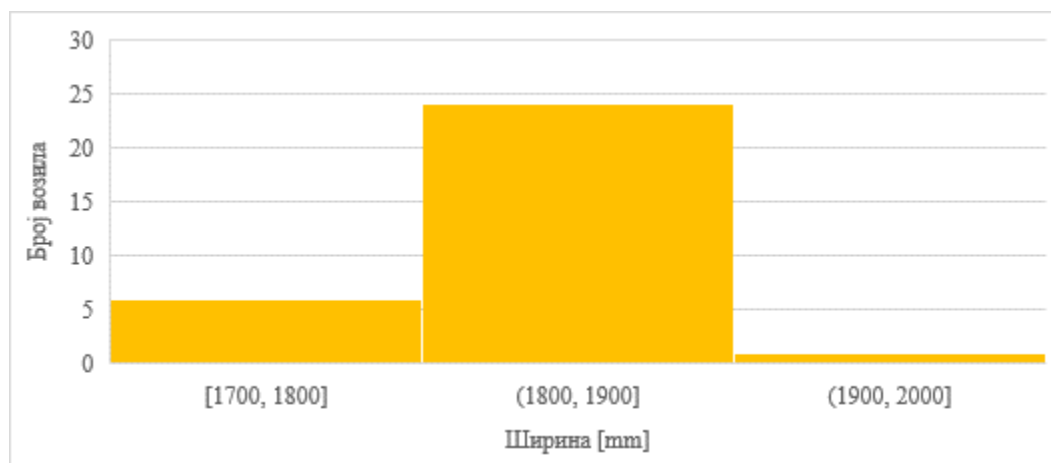


Слика 3.2 Вредности дужина различитих лимузина

Табела 3.3 *Вредности статистичких показатеља ширине*

Величина	Средња вредност [mm]	Стандардна девијација [mm]	Модус [mm]	Медијана [mm]
Ширина	1826	44,13	1826	1826

Слика 3.3 илуструје чињеницу да је ширина лимузине у највећем броју случајева од 1800 до 1900 mm.

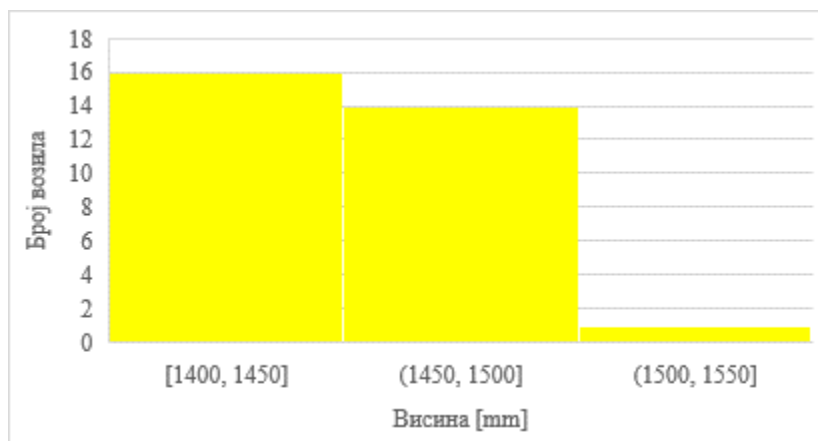


Слика 3.3 *Вредности ширине различитих лимузина*

Табела 3.4 *Вредности статистичких показатеља висине*

Величина	Средња вредност [mm]	Стандардна девијација [mm]	Модус [mm]	Медијана [mm]
Висина	1444	28,96	1475	1447

Слика 3.4 показује да је висина лимузине скоро увек између 1400 и 1450 mm, или између 1450 и 1500 mm.

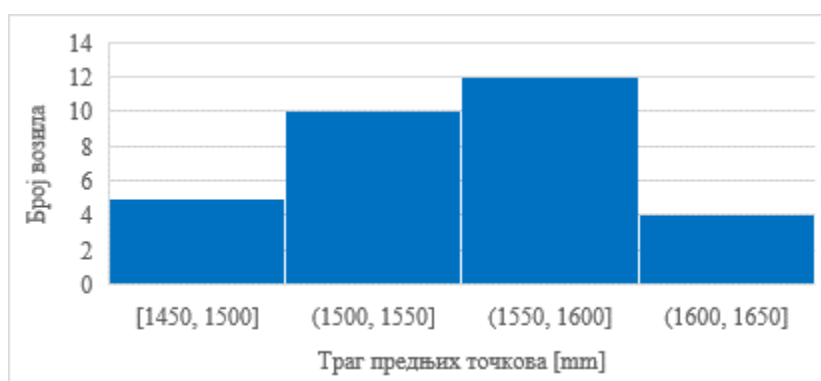


Слика 3.4 *Вредности висине различитих лимузина*

Табела 3.5 Вредности статистичких показатеља трага предњих точкова

Величина	Средња вредност [mm]	Стандардна девијација [mm]	Модус [mm]	Медијана [mm]
Траг предњих точкова	1553	44,98	1600	1552

Са слике 3.5 је јасно да највећу учестаност имају трагови предњих точкова од 1550 до 1600 mm, а одмах после њих и трагови од 1500 до 1550 mm.

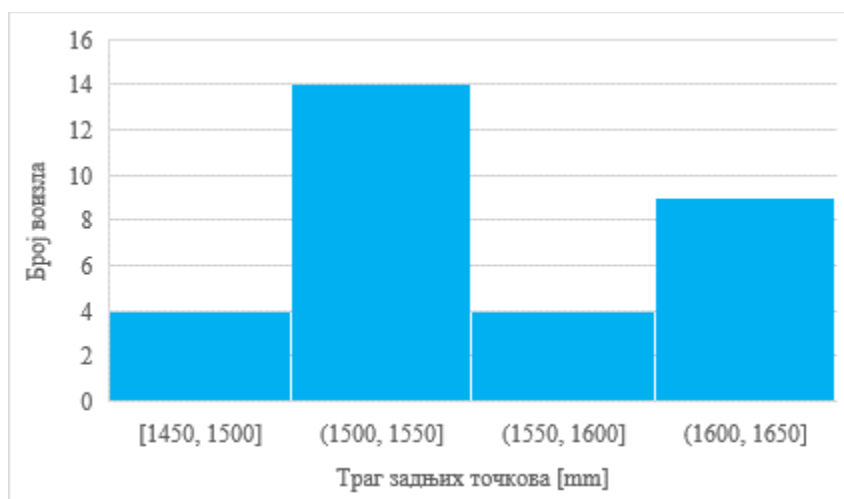


Слика 3.5 Вредности трагова предњих точкова различитих лимузина

Табела 3.6 Вредности статистичких показатеља трага задњих точкова

Величина	Средња вредност [mm]	Стандардна девијација [mm]	Модус [mm]	Медијана [mm]
Траг задњих точкова	1556	53,36	1627	1542

Слика 3.6 показује да посматране лимузине имају вредност трага задњих точкова првенствено између 1500 и 1550 mm, а затим и између 1600 и 1650 mm.

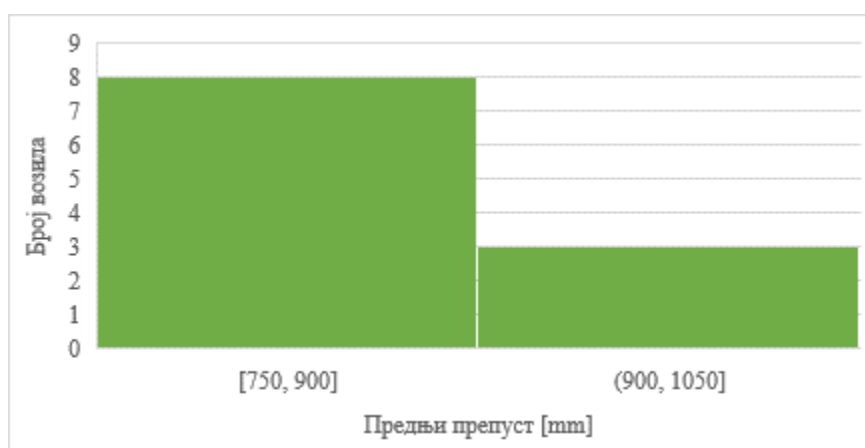


Слика 3.6 Вредности трагова задњих точкова различитих лимузина

Табела 3.7 Вредности статистичких показатеља предњег препуста

Величина	Средња вредност [mm]	Стандардна девијација [mm]	Модус [mm]	Медијана [mm]
Предњи препуст	864	100,83	887	858

Када је у питању предњи препуст лимузине, слика 3.7 илуструје да је он најчешће између 750 и 900 mm.

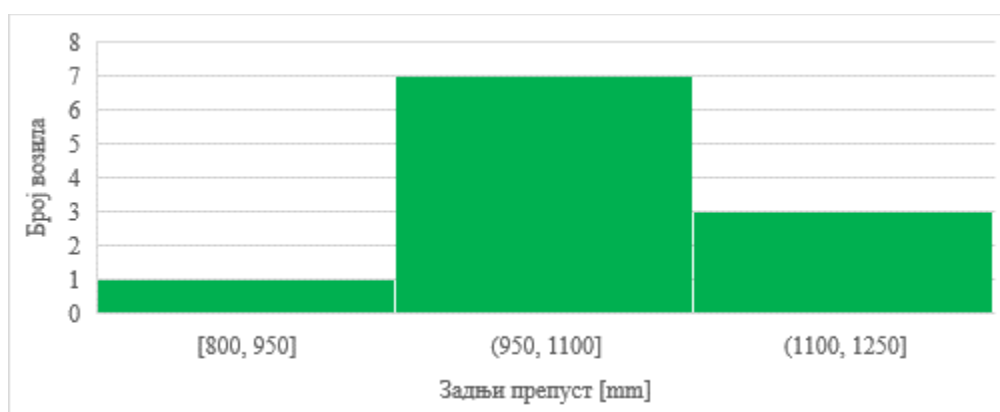


Слика 3.7 Вредности предњих препуста различитих лимузина

Табела 3.8 Вредности статистичких показатеља задњег препуста

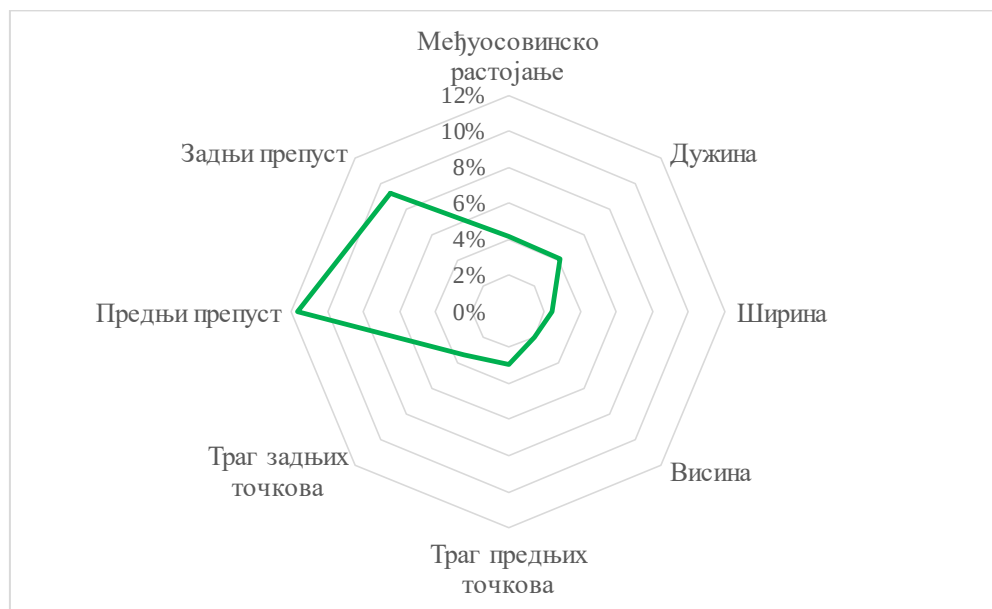
Величина	Средња вредност [mm]	Стандардна девијација [mm]	Модус [mm]	Медијана [mm]
Задњи препуст	1037	95,96	1073	1073

Када је у питању задњи препуст лимузине, сликом 3.8 је показано да је он у највећем броју случајева између 950 и 1100 mm.



Слика 3.8 Вредности задњих препуста различитих лимузина

Када су у питању геометријске карактеристике датих лимузина, величине попут ширине, висине и трага предњих точкова возила варирају у малој мери у односу на израчунате просечне вредности, и то за неких 2%. Међуосовинска растојања, дужине и трагови задњих точкова одступају од просечних вредности истих у већој мери, око 4%. Највеће варијације се примећују када се анализирају препусти возила, који одступају од просечних вредности за 9% у случају задњег, тј. 12% у случају предњег препуста. Сликаом 3.9 дата је илустрација примећених одступања.



Слика 3.9 Одступања геометријских карактеристика лимузина од просечних вредности

Све ово доводи до закључка да геометријске карактеристике датих лимузина, као што је и очекивано, пошто су у питању возила која припадају истој категорији, имају веома сличне вредности, иако се произвођачи разликују.

4. АНАЛИЗА МАСЕНИХ КАРАКТЕРИСТИКА

Анализа масених карактеристика поменутих возила је такође извршена на основу података прикупљених из Потврда о саобразности истих. Коришћени су исти статистички показатељи као у претходном делу.

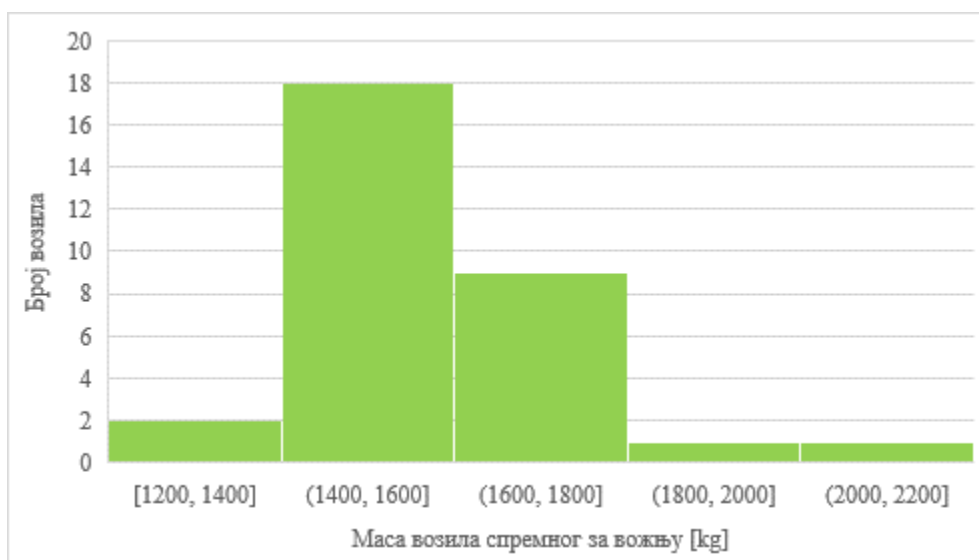
Табеле 4.1 – 4.11 показују вредности статистичких показатеља масених карактеристика возила категорије М1/АА.

Табела 4.1 Вредности статистичких показатеља масе возила спремног за вожњу

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Маса возила спремног за вожњу	1588	147,07	1650	1570

Хистограми на сликама 4.1 – 4.11 илуструју карактер анализираних параметара.

Слика 4.1 указује да је маса возила спремног за вожњу углавном између 1400 и 1600 kg, а значајан је и удео возила са износом ове масе од 1600 до 1800 kg.



Слика 4.1 Вредности масе возила спремног за вожњу различитих лимузина

Табела 4.2 Вредности статистичких показатеља дозвољене масе возила у оптерећеном стању

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Дозвољена маса возила у оптерећеном стању	2088	180,68	2155	2060

Када је у питању вредност дозвољене масе лимузине у оптерећеном стању, сликом 4.2 је показано да је она у највећем броју случајева између 1900 и 2200 kg.

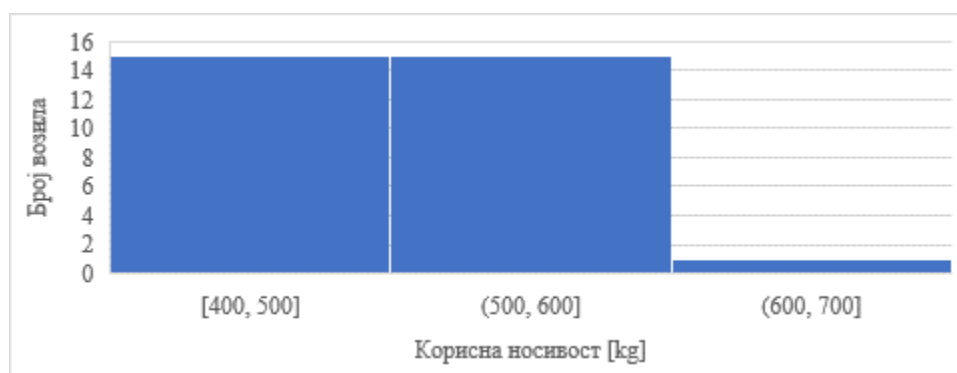


Слика 4.2 Вредности дозвољене масе у оптерећеном стању различитих лимузина

Табела 4.3 Вредности статистичких показатеља корисне носивости

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Корисна носивост	500	51,68	475	505

На основу слике 4.3 следи да је корисна носивост лимузине најчешће од 400 до 600 kg.



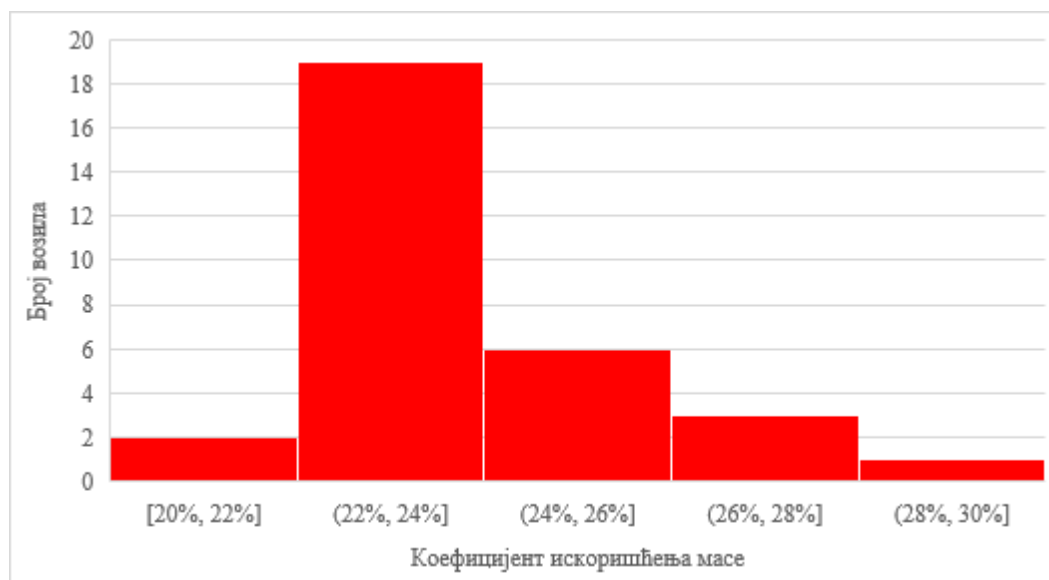
Слика 4.3 Вредности корисне носивости различитих лимузина

Познавајући вредности корисне носивости и дозвољене масе у оптерећеном стању могуће је израчунати коефицијенте искоришћења масе возила.

Табела 4.4 Вредности статистичких показатеља коефицијента искоришћења масе

Величина	Средња вредност [%]	Стандардна девијација [%]	Модус [%]	Медијана [%]
Коефицијент искоришћења масе	23,97	1,75	23	24

Дата возила у највећем броју случајева имају коефицијент искоришћења масе од 22 до 24% (слика 4.4).



Слика 4.4 Вредности коефицијента искоришћења масе различитих лимузина

Табела 4.5 Вредности статистичких показатеља највеће дозвољене масе на предњој осовини

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Највећа дозвољена маса на предњој осовини	1066	100,77	1100	1080

Када је у питању највећа дозвољена маса на предњој осовини, слика 4.5 илуструје да је она у најчешће између 1050 и 1500 kg.



Слика 4.5 Вредности највеће дозвољене масе на предњој осовини различитих лимузина

Табела 4.6 Вредности статистичких показатеља највеће дозвољене масе на задњој осовини

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Највећа дозвољена маса на задњој осовини	1106	116,23	1065	1070

Слика 4.6 показује да је највећа дозвољена маса на задњој осовини скоро увек између 1000 и 1150 kg.



Слика 4.6 Вредности највеће дозвољене масе на задњој осовини различитих лимузина

Табела 4.7 Вредности статистичких показатеља дозвољене масе скупа возила

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Дозвољена маса скупа возила	3786	402,31	3815	3815

Посматрајући слику 4.7, јасно је да дозвољена маса скупа возила најчешће има вредност од 3500 до 4250 kg.



Слика 4.7 Вредности дозвољене масе скупа возила

Табела 4.8 Вредности статистичких показатеља највеће масе прикључног возила са кочницом

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Највећа маса прикључног возила са кочницом	1647	235,96	1600	1600

Из слике 4.8 следи да су најзаступљенија прикључна возила са кочницом чија је највећа маса у опсегу од 1350 до 1600 kg.



Слика 4.8 Вредности највеће масе прикључног возила са кочницом

Табела 4.9 Вредности статистичких показатеља највеће масе прикључног возила без кочнице

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Највећа маса прикључног возила без кочнице	733	64,70	750	750

Што се тиче највеће масе прикључног возила без кочнице, она је готово увек у распону од 700 до 850 kg (слика 4.9).

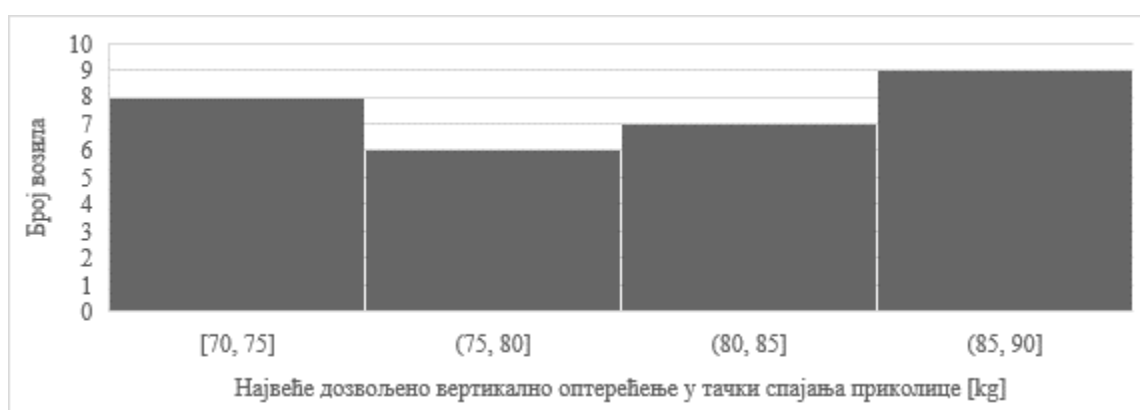


Слика 4.9 Вредности највеће масе прикључног возила без кочнице

Табела 4.10 Вредности статистичких показатеља највећег дозвољеног вертикалног оптерећења у тачки спајања приколице

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Највеће дозвољено вертикално оптерећење у тачки спајања приколице	83	6,26	90	85

Када је у питању највеће дозвољено вертикално оптерећење у тачки спајања приколице, могуће је рећи да се подједнако јављају различите вредности истог (слика 4.10), али вредност овог оптерећења никада није мања од 70 или већа од 90 kg.



Слика 4.10 Вредности највећег дозвољеног вертикалног оптерећења у тачки спајања приколице различитих лимузина

Табела 4.11 Вредности статистичких показатеља највећег дозвољеног оптерећења крова

Величина	Средња вредност [kg]	Стандардна девијација [kg]	Модус [kg]	Медијана [kg]
Највеће дозвољено оптерећење крова	90	11,28	100	90

Слика 4.11 показује да посматране лимузине имају вредност највећег дозвољеног оптерећења крова првенствено између 95 и 105 kg, а затим и између 75 и 85 kg.



Слика 4.11 Вредности највећег дозвољеног оптерећења крова различитих лимузина

Одступања масених карактеристика посматраних лимузина од просечних вредности (слика 4.12) истих су најмања, негде око 8%, када се ради о дозвољеним масама возила у оптерећеном стању, коефицијентима искоришћења масе и највећим дозвољеним вертикалним оптерећењима у тачки спајања приколице. Разматрање добијених вредности за масе возила спремних за вожњу, корисних носивости, највећих дозвољених маса на предњој осовини, као и највећих маса прикључних возила без кочнице говори да ове величине варирају за неких 9% од просечних вредности. Највећа одступања, која се крећу од 12 до 14% примећена су при посматрању највећих дозвољених маса на задњој осовини, дозвољених маса укупних скупова возила, максималних маса прикључних возила са кочницом и највећих дозвољених оптерећења крова.



Слика 4.12 Одступања масених карактеристика лимузина од просечних вредности

Анализа масених карактеристика лимузина показала је да оне више варирају у односу на израчунате просечне вредности него у случају геометријских карактеристика.

5. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

Возила категорије M1/AA, односно лимузине јесу путничка возила, са два или четири бочних врата, и са или без додатних врата, која садрже четири или више седишта у најмање два реда. Преклапање или уклањање задњих седишта користе се за ослобађање површине за смештај ствари. Маса возила ове категорије не сме бити већа од 3.500 kg.

Када су у питању геометријске карактеристике ових возила, овде спадају највећа дозвољена дужина возила, ширина, висина, међуосовинско растојање, предњи и задњи препуст, као и трагови предњих и задњих точкова. У параметре геометријских карактеристика се убрајају најмања висина изнад стајне површине, тзв. клиренс, подужни и попречни полупречник проходности, угао препреке, предњи и задњи прилазни угао, издизање точка, као и полупречници заокретања возила.

У масене карактеристике лимузина спадају маса возила спремног за вожњу, маса неоптерећеног возила, као и највећа дозвољена укупна маса возила. Поред тога јављају се и појмови корисне носивости и највећих дозвољених маса по осовинама.

Статистичка анализа датих карактеристика обављена је на основу података о њима које су преузете из Потврда о саобразности произвођача посматраних возила. Притом су коришћени статистички показатељи попут средње вредности, стандардне девијације, модуса и медијане. Ови подаци су допринели одређивању најчешћих вредности датих карактеристика када су у питању посматрана возила.

Анализа геометријских карактеристика посматраних возила довела је до закључка да најмање варијације у односу на просечне вредности истих имају ширине, висине и трагови предњих точкова, затим међуосовинска растојања, дужине и трагови задњих точкова варирају у нешто већој мери, а највећа одступања се примећују код предњег и задњег препуста возила.

Када се ради о масеним карактеристикама посматраних возила, најмања одступања се увиђају при разматрању дозвољених маса возила у оптерећеном стању, коефицијената искоришћења масе и највећим дозвољеним вертикалним оптерећењима у тачки спајања приколице. Нешто већа одступања се примећују када су у питању масе возила спремног за вожњу, корисне носивости, највеће дозвољене масе на предњој осовини, као и највеће масе прикључних возила без кочнице. Највећа одступања су одређена у случају највећих дозвољених маса на задњој осовини, дозвољених маса укупних скупова возила, максималних маса прикључних возила са кочницом и највећих дозвољених оптерећења крова.

Одступања геометријских карактеристика од просечне вредности истих се крећу у распону $2 \div 12\%$, док су одступања масених карактеристика нешто већа, и налазе се у распону $8 \div 14\%$ када се ради о посматраним возилима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] SRPS ISO 3833:2005: *Друмска возила – Типови – Термини и дефиниције*, 2005.
- [2] V.A.W. Hillier, T. Nelson, *Hillier's Fundamentals of Motor Vehicle Technology*, Nelson Thornes Ltd, Cheltenham, UK, 2012.
- [3] Пешић Р., Петковић С., Веиновић С., *Моторна возила и мотори - опрема*, Машински факултет у Бања Луци и Крагујевцу, 2008.
- [4] Симић Д., *Моторна возила*, Научна књига, Београд, 1988.
- [5] *Audi A3 Limousine: Dimensions*, <http://www.audi-eg.com/eg/brand/en/models/a3/a3-saloon/dimensions.print.html>, приступљено: 12.10.2019.
- [6] SAE International, *SAE J1100, 2001: Motor Vehicle Dimensions*, 2009.
- [7] Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре, *Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима* („Службени гласник РС“, бр. 40/12, 102/12, 19/13, 41/13, 102/14, 41/15, 78/15, 111/15, 14/16, 108/16, 7/17 (исправка) и 63/17).