

**Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу**

**Марјан М. Јовановић**  
**Носећи системи аутобуса**  
**завршни рад**

**Крагујевац, 2018.**

# 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: 716/2016**

## **Марјан М. Јовановић** **Носећи системи аутобуса** **завршни рад**

**Комисија за преглед и одбрану:**

1. Ванр. проф. Јасна Глишовић-ментор

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Датум одбране: \_\_\_\_\_

Оцена: \_\_\_\_\_

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да

- прикаже историјски развој и класификацију аутобуса,
- анализира различита конструктивна решења носећих система аутобуса,
- објасни оптерећења и напрезања којима су изложни носећи системи аутобуса,
- прикаже моделе познатих произвођача класе аутобуса који је предмет прорачуна,
- одреди угиб шасије аутобуса марке по избору.

Препоручена литература:

[1] Демић, М., Дилигенски, Ђ.: Теоријске основе пројектовања аутобуса, Машински факултет у Крагујевцу, 2003.

[2] Глумац, С., Жежељ, С., Владовић, П., Нијемчевић, С.: Пројектовање производња и експлоатација аутобуса, Икарбус АД, Београд 2002.

[3] Јанићијевић, Н., Јанковић, Д., Тодоровић, Ј. : Конструкција моторних возила, Машински факултет Београд, 1987.

Крагујевац, 20.09.2017. Ментор:

Ванр. проф. Јасна Глишовић

---

# САДРЖАЈ

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| УВОД.....                                                                 | 4  |
| 1 ОПШТЕ О АУТОБУСИМА .....                                                | 5  |
| 1.1 Подела аутобуса.....                                                  | 5  |
| 1.1.1. Стандардни аутобус .....                                           | 5  |
| 1.1.2. Зглобни аутобус .....                                              | 6  |
| 1.1.3. Минибус .....                                                      | 7  |
| 1.1.4. Аутобус на спрат .....                                             | 8  |
| 1.1.5. Остале врсте аутобуса .....                                        | 8  |
| Аутобус на полуспрат .....                                                | 9  |
| Аутобус за посебне намене.....                                            | 9  |
| Аутобус на течни нафтни гас .....                                         | 10 |
| 1.2 Задаци аутобуса .....                                                 | 11 |
| 1.3 Историјски развој аутобуса .....                                      | 12 |
| 1.3.1. Историјски развој аутобуса у Србији .....                          | 13 |
| 1.4 Развој носећих система аутобуса .....                                 | 15 |
| 2 ОПТЕРЕЋЕЊА И НАПРЕЗАЊА КОЈИМА СУ ИЗЛОЖЕНИ НОСЕЋИ СИСТЕМИ АУТОБУСА ..... | 21 |
| 2.1. Рам (лонжеронски) аутобуса.....                                      | 21 |
| 2.2. Рам (лонжеронски или секцијске градње) и костур каросерије .....     | 21 |
| 2.3. Решетка шасије и костур каросерије .....                             | 23 |
| 2.4. Рам, костур каросерије, оплатни лимови и прозорска стакла.....       | 23 |
| 2.5. Методе прорачуна .....                                               | 26 |
| 3 НОСЕЋИ СИСТЕМИ ЗА РАЗЛИЧИТЕ ВРСТЕ АУТОБУСА.....                         | 27 |
| 3.1. Нископодни аутобуси .....                                            | 27 |
| 3.2. Зглобни нископодни аутобуси .....                                    | 27 |
| 3.3. Аутобуси са два зглоба .....                                         | 28 |
| 3.4. Зглобни двоспратни аутобуси.....                                     | 29 |
| 3.5. Двоспратни аутобуси .....                                            | 30 |
| 3.6. Високоподни аутобуси .....                                           | 32 |
| 4 НОСЕЋИ СИСТЕМИ АУТОБУСА MAZ .....                                       | 33 |
| 4.1 Познати произвођачи аутобуса .....                                    | 33 |
| 4.2 Компанија MAZ Srbija.....                                             | 33 |
| 4.3 Аутобус MAZ 2031 .....                                                | 35 |
| 4.4 Одређивање угиба шасије аутобуса марке MAZ-BIK 2031` .....            | 36 |
| ЗАКЉУЧАК .....                                                            | 47 |
| ЛИТЕРАТУРА .....                                                          | 48 |

## УВОД

Носећу структуру аутобуса сачињавају две целине (шасија и каросерија) које су независне и може се вршити њихово различито комбиновање.

Задаци носеће конструкције аутобуса су обједињавање свих компоненти у једну функционалну целину и пријем оптерећења која настају експлоатацијом и коришћењем аутобуса.

Услови сличности примене и намене путничких возила и аутобуса, пре свега кретање уређеним друмовима, условило је да се и у конструкцији аутобуса, примене основне вредности самоносивих каросерија. Код савремено конструисаних аутобуса се не примењују конструкције са великим подужним профилисаним носачима, који су се задржали, како је већ речено, само код теретних возила и путничких возила намењених екстремно тешким условима кретања (теренска и војна путничка возила).

Зависно од тога која категорија аутобуса се посматра, постоје различите врсте носећих система аутобуса. Широко је избор носећих система аутобуса као што су нископодни, високоподни, двоспратни, зглобни и други аутобуси. Оно што је битно је да сваки од тих носећих система аутобуса мора да издржи различита напрезања (на савијање, на торзију, услед појаве инерцијалних сила).

У почетку, носећи системи аутобуса су били надградња на камионске шасије. Временом, носећи системи аутобуса су се унапређивали, камионске шасије су се повукле из употребе и почело се са новим конструктивним решењима. Конструкција аутобуса се развијала и у погледу дужине, а и у погледу висине. Тако да данас имамо зглобне аутобусе са једном или две приколице и двоспратне аутобусе који такође могу бити зглобно везани.

Временом дошло се до нових конструктивних решења, а прешло се и на нове конструктивне материјале. Данас се уместо челичних профила прелази на алуминијумске, а уместо металних оплата користе се разни пластични и композитни материјали.

Носећи системи аутобуса омогућавају да цео аутобус као целина задовољи све захтеве са аспекта: удобности путника, безбедности путника и возача, ергономије, капацитета места за путнике и места за пртљаг, носивости путника и пртљага [9].

Каросерије и унутрашња опрема аутобуса треба да задовоље услове постављене регулативама ECER 36 – Конструкција аутобуса са више од 22 седишта, R 52 - Конструкција аутобуса малог капацитета (до 22 седишта), R 66 -Чврстоћа конструкције аутобуса са више од 22 седишта, R 107 - Двоспратни аутобуси у погледу опште конструкције.

# 1 ОПШТЕ О АУТОБУСИМА

## 1.1 Подела аутобуса

Постоји неколико начина поделе (класификација) аутобуса на одређене типове.

Према врсти погона аутобуси се деле на аутобусе са:

- дизел мотором,
- бензинским мотором,
- плинским мотором,
- мотором на електрични погон и
- мотором на погон кинетичком енергијом.

Подела аутобуса према величини превозног капацитета на:

- мале аутобусе, од 10 до 30 места,
- средње аутобусе, од 30 до 50 места,
- велике аутобусе, од 50 до 150 места.

Подела аутобуса према намени на:

- градске и приградске,
- међуградске или међумесне и
- специјалне аутобусе.

Даље у раду ће бити представљене само оне врсте аутобуса који се разликују по величини и конструкцији њихове каросерије, односно које се разликују по расположивом превозном капацитету то јест могућем броју путничких места за седење и стајање. На основу разлике у величини и конструкцији каросерије аутобуса, имамо поделу аутобуса према конструктивним карактеристикама на:

- минибус,
- стандардни (класични) аутобус,
- зглобни (хармоника) аутобус (с једним и/или два зглоба),
- аутобус на спрат (спратни аутобус) и
- остале врсте аутобуса (аутобус на полуспрат, аутобус за посебне намене и аутобус на течни нафтни гас).

### 1.1.1. Стандардни аутобус

Стандардни аутобус је врста путничког возила која се најчешће користи у свету за превоз градских и приградских путника због својих задовољавајућих техничко-експлоатационих и економско-организационих карактеристика од којих су неке следеће:

- дужина 10,7 - 12,2 (m),
- ширина 2,4 - 2,5 (m),
- висина 2,9 - 3,1 (m),
- капацитет 70 - 82 (путничких места),
- унутрашња висина 2,05 - 2,23 (m),
- број осовина 2 (ком),
- размак осовина 5,6 - 7,6 (m),
- предњи препуст 2,1 - 2,7 (m),
- висина пода 0,5 - 0,9 (m),
- минимални радијус окретања 10,5 - 12,0 (m),
- максимална брзина 72 - 110 (km/h) [1].



*Слика 1 Соло приградски аутобус марке STEYR [14]*

На слици 1 приказан је градски нископодни стандардни аутобус дужине 12 метара намењен за превоз путника у градском и приградском саобраћају.

#### **1.1.2. Зглобни аутобус**

Зглобни аутобус је најдуже превозно средство које чини вучно возило и полуприколица, међусобно повезани носећим флексибилним механичким зглобом и хармоника оплатом чинећи тако функционалну целину континуалне унутрашњости возила које има могућност отклона  $\pm 40$  степени у хоризонталној и  $\pm 10$  степени у вертикалној равни. Недостатак оваквог решења јесте релативно неудобна возња у задњем делу зглобног аутобуса на кога се преносе сва гibaња и осцилације предњег дела, а нарочито приликом наглих промена смера кретања аутобуса и возње по лошим путевима и улицама.

Карактеристике зглобних аутобуса су:

- дужина 16,7 - 18,0 (m),
- ширина 2,5 - 2,7 (m),
- висина 2,7 - 3,15 (m),
- капацитет 96 - 160 (путничких места),
- унутрашња висина 2,5 - 2,23 (m),
- број осовина 3 - 4 (ком),
- размак осовина 5,25 - 7,3 (m),
- предњи препуст 2,25 - 2,65 (m) ,
- висина пода 0,75 - 0,9 (m),
- минимални радијус окретања 12,0 - 14,5 (m) и
- максимална брзина 72 - 100 (km/h) [1].



Слика 2 Стандардни зглобни аутобус [3]

На слици 2 приказан је стандардни зглобни аутобус намењен превозу путника у градском и приградском саобраћају.

### 1.1.3. Минибус

Минибус је, према свом габариту и броју путничких места, најмање путничко јавно превозно средство. Ова врста аутобуса најчешће се користи или на кратким линијама у централном градском простору где је фреквенција путника учестала, а интензитет путничких токова слабији, или на приградском подручју мале густине насељености као флексибилна допуна приградској железници. Производи се у неколико варијанти (слика 3).



Слика 3 Минибус [1]

Карактеристике комбија су:

- дужина 5,4 - 7,7 (m),
- ширина 2,1 - 2,4 (m),
- висина 2,7 - 2,8 (m),
- капацитет 15 - 30 (путничких места),
- унутрашња висина 1,85 - 1,9 (m),
- број осовина 2 (ком),
- размак осовина 2,7 - 4,3 (m),
- предњи препуст 0,75 - 1,25 (m),
- висина пода 0,5 - 0,7 (m),
- минимални радијус окретања 7,8 - 13,5 (m) и
- максимална брзина 40 - 95 (km/h) [1].

#### 1.1.4. Аутобус на спрат

Аутобус на спрат је највише превозно средство кога чине два, у хоризонталном смислу подељена и по висини различита, путничка простора међусобно повезана једним или двома комуникацијским степеништима у јединствену целину (слика 4).



Слика 4 Аутобус на спрат [1]

Због њихања возила и ниског плафона горњег путничког дела аутобус на спрат располаже само путничким местима за седење, док приземна етажа располаже и са 5 до 25 путничких места за стајање. Недостатак овог аутобуса је што нагла скретања при већим брзинама изазивају превртање возила.

Захваљујући оваквом решењу знатно је повећан превозни капацитет аутобуса без икаквог повећања заузетости саобраћајне површине у односу на стандардни (класични) аутобус, што је видљиво из следећих података:

- дужина 8,5 - 12,0 (m),
- ширина 2,45 - 2,50 (m),
- висина 4,0 - 4,4 (m),
- капацитет 70 - 125 (путничких места),
- унутрашња висина 1,4 - 1,8 (m),
- број осовина 2 -3 (ком),
- размак осовина 4,3 - 5,6 (m),
- предњи препуст 0,9 - 2,5 (m),
- висина пода 0,64 - 0,68 (m),
- минимални радијус окретања 9,2 - 11,5 (m) и
- максимална брзина 60 - 85 (km/h) [1].

#### 1.1.5. Остале врсте аутобуса

У групу осталих врста аутобуса убрајају се такозвани туристички аутобуси комфорне и луксузне конструкције чије подручје примене је релативно ограничено и просторно-временски недефинисано у смислу одређене константности деловања.

### **Аутобус на полуспрат**

Аутобус на полуспрат у својој задњој половини каросерије има надоградњу намењену путницима који желе за време путовања уживати у панорамском разгледању околине, којом аутобус пролази. Први овакви аутобуси појавили су се почетком 50-тих година 20. века у Немачкој, а потом у Аустрији и Швајцарској. Дужина оваквих аутобуса износи око 12 m на којима је распоређена једна соло и једна „тандем“ (дупла) осовина. Капацитет превоза аутобуса на полуспрат износи укупно 120 путничких места од чега је њих 55 (или око 45%) седећих и распоређених у два нивоа по два реда. На слици 5 приказан је аутобус на полуспрат (панорамски аутобус).



*Слика 5 Панорамски аутобус [1]*

### **Аутобус за посебне намене**

Аутобус за посебне намене је путничко возило чија употреба у нормалном саобраћају на јавним градским или приградским путевима није дозвољена. Аутобус за посебне намене се користи само за интерне потребе превоза путника на аеродромима (на релацијама авион - путничка зграда), на сајмовима и сличним масовним изложбеним манифестацијама (слика 6).

Специфична конструкција каросерије ових аутобуса (која се огледа у њеном „квadratном“ облику, ниском поду, већем броју широких бочних и чеоних врата, великим стакленим површинама и малим бројем седишта) омогућава релативно удобан превоз великог броја путника на кратким удаљеностима вожње.



*Слика 6 Аутобус за превоз путника на аеродром [1]*

### **Аутобус на течни нафтни гас**

До сада је било бројних покушаја увођења гасних аутобуса који су се показали као врло непрактични из бројних разлога. Као неповољности због застареле технологије јављала се већа потрошња уља, повећање масе возила, проблеми заптивања и отпорности на утицај метана који је хемијски врло агресивно једињење, а мотори су углавном преправљани са дизел на гасну варијанту.

Предузеће „Вуловић транспорт“ из Крагујевца, у својим производним погоднима, у сарадњи са фабриком MAZ из Белорусије, произвело је градски нископодни аутобус, са погоном на компримовани природни гас и носи ознаку „Maz-Bik (Bus Industrija Kragujevac) 203 CNG“ (слика 7).



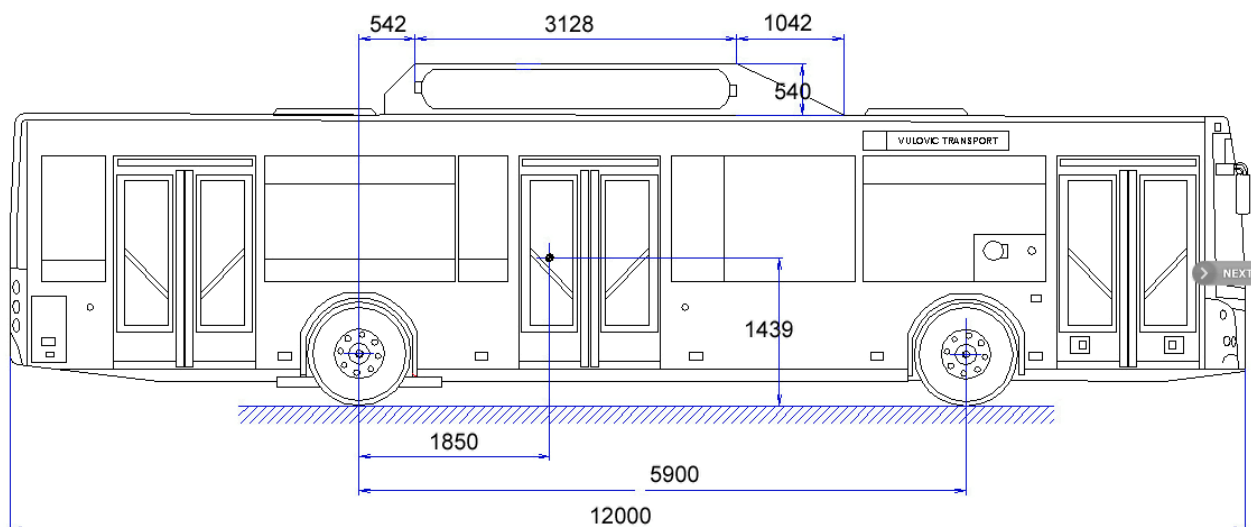
*Слика 7 „MAZ-BIK 203 CNG“ – Градски нископодни аутобус на природни гас [20]*

Предузеће „Вуловић транспорт“ из Крагујевца је једини произвођач тог типа возила у нашој земљи. Специфичност овог аутобуса огледа се у иновативној примени система

повезивања гасних резервоара од лаких композитних материјала. Уштеда на 100 пређених километара у односу на дизел верзије је 60%. При том, аутобус на природни гас за око 60% смањује штетне утицаје попут емисије оксида азота, димности, и тако даље.

Коришћењем резервоара од лаких композитних материјала (уместо до сада коришћених челичних) и иновативним системом њиховог повезивања, решени су многобројни проблеми који се односе на безбедност возила, сигурност од физичких оштећења боца и зрачења, тежине возила, као и степена оптерећења конструкције аутобуса. Применом алуминијума и полиестера за конструкцију крова аутобуса и поклопца гасних резервоара додатно је рационализована производња и још више је олакшана и аеродинамички обликована конструкција аутобуса, а све на рачун додатног смањења потрошње горива.

Стручни тим компаније „Вуловић транспорт“ је осмислио оригинални начин везивања резервоара за кров аутобуса путем заваривања носача боца за решетку крова, чиме он постаје интегрални део аутобуса, на који се завртњима везују боце. У потпуности је избегнут пролазак гасне инсталације кроз путнички простор, чиме је знатно побољшана безбедност путника. Место за танковање гаса је издвојено и удаљено од мотора, то јест од извора топлоте, а постављени су и мануелни вентили и контролни уређаји, чиме је танковање, као најризичнија операција на возилу, учињено потпуно безбедним. Коришћењем резервоара од лаких композитних материјала, које су 2 до 2,5 пута мање тежине од челичних, значајно је смањена тежина аутобуса, као и степен оптерећења конструкције аутобуса, тако да нису потребна додатна ојачавања конструкције [4].



Слика 8 Коришћењем резервоара од лаких композитних материјала, значајно је смањен степен оптерећења конструкције аутобуса [20]

## 1.2 Задаци аутобуса

Аутобус је моторно путничко возило које служи за јавни превоз већег броја путника (обично аутомобилом називамо возило које превози до 8 путника, а од 9 навише такво возило зовемо аутобус). Прелазни модели између аутомобила и аутобуса су моноволумен и комби или минибус.

Аутобус има гумене облоге (пнеуматике) на напацима точка, а које се снагом сопственог мотора креће по путној и/или уличној транспортној мрежи уз могућност

прилагођавања тренутно владајућим експлоатационим условима деловања унутар мешовитог саобраћаја.

Најчешћи тип аутобуса је класичан (соло) аутобус, двоспратни аутобус који носи већа оптерећења, зглобни аутобус, и минибус који служи за мање терете. Први аутобуси су користили моторе са унутрашњим сагоревањем као погон и ово је још увек најчешћи извор енергије.

Аутобус је данас најзаступљенији вид превоза у већини градова код нас и у свету. То је последица, пре свега, високе еластичности који он поседује, а која се у насељеним структурама града захтевала. Поред превоза путника у градском, приградском и међуградском саобраћају, аутобуси имају главну улогу у туризму. Туристички аутобуси широм света омогућавају туристима да виде локалне атракције и пејзаже.



Слика 9 Градски аутобус [5]

Последњих година је дошло до конструисања неких нових аутобуса, као што су: електрични аутобуси, аутобуси који користе гориве ћелије, аутобуси који користе компримовани природни гас или био-дизел гориво.

### 1.3 Историјски развој аутобуса

Први аутобус, тада још називан омнибус са мотором на унутрашње сагоревање представио је Karl Benz 1895. године, а употреба овог аутобуса почела је у Лондону 1899. године. Та возила су била са ограниченим бројем путника (од 10 до 20 особа). Развој аутобуса је ишао даље и од 1930. године су аутобуси могли да сместе и 50 људи. У то време такви аутобуси били су на разне погоне као на светлећи плин на нафту или дрвени плин и слично. Главни развој аутобуса забележен је после Другог светског рата када су се појавили бензин и нафта као и када су се изградиле многе саобраћајнице. У другој половини 20. века аутобуси су постепено преузимали градски саобраћај и тако допунили трамвајски саобраћај нарочито на линијама које нису захтевале масовни саобраћај великог капацитета. Оно што аутобусе разликује од превозних средстава других врста саобраћаја јесте, да су аутобуси лако маневрисали и да су врло ниска улагања за изградњу линија на којима су саобраћали, тако да се овакав саобраћај могао одвијати и у мањим градовима.

### 1.3.1. Историјски развој аутобуса у Србији

Развој аутобуса у Србији почео је после Другог светског рата. Икарус је први српски произвођач аутобуса, фирма која се пре рата бавила производњом авионских модела и мотора. Лиценцу за први модел Икарбусу дала је аустријска фирма Sauger (слика 10.). Године 1968. Икарбус прави сопствену шасију, и тада почиње сарадња са фирмом из Мађарске под називом „Раба“. Године 1993. Икарус мења своје име у Икарбус и бави се само производњом аутобуса [2].



Слика 10 Почетак аутобуске индустрије [5]



Слика 11 Икарбус - сарадња са Рабом [19]

После Икаруса, производњу аутобуса почиње ФАП Прибој, 1964. год. са првим моделом Г100. Захваљујући успешној сарадњи са Институтом за моторе и возила из Винче на развоју аутобуса, ФАП почиње серијску производњу приградских аутобуса А637 дужине 12 m са решеткастом шасијом и међуградских аутобуса А747 са рамном-

секцијском шасијом. Ови аутобуси имају савремене агрегате, ваздушно ослањање, и тако даље [6].



*Слика 12 Аутобус фабрике Прибој [10]*

На слици 12 приказан је један од аутобуса фабрике Прибој, за међуградски саобраћај са каросеријом „Пионир“ из Сарајева. Аутобус је рађен на шасији камиона од 5 тона са мотором снаге 90 KS.



*Слика 13 Аутобус Фабрике Прибој на улицама Београда [5]*

1952. године у Новом Саду отвара се фабрика за израду и оправку каросерија под именом „Аутокаросерија“. Ово предузеће под окриљем ТАМ-а врши извоз аутобуса у

Европске земље, Саудијску Арабију и Сирију направљених у Аутокаросерији. У то време Аутокаросерија у свом производном програму има и шасије и каросерије. Због распада државе деведесетих година долази до раскида уговора са ТАМ-ом и мења се назив у Необус. Почиње се са производњом аутобуса стандардног пода, а даљим унапређивањем стигли су и до производње нископодних зглобних аутобуса. Необус остварује сарадњу са Mercedes Bencom и енглеским Denisom који му дозвољавају да аутобуси носе њихов знак. Фирма се специјализује за надградњу Волвових шасија [7].



Слика 14 Необусов градски зглобни аутобус [5]

Нишки Нибус, је најмлађи произвођач аутобуса у Србији, који послује под окриљем аутопревозника Ниш-Експрес. Као велики аутопревозник са великим подручјем саобраћања, доста радног особља, и великом инфраструктуром, Ниш-Експрес у својим погонима почиње са рестаурацијом старих аутобуса. 1997. године први преправљени аутобус био је Санос 317, на коме је замењен мотор, урађене су преправке на унутрашњости возила на ентеријеру и инструмент табли. Касније Нибус се усавршио и уместо редизајнирања почео је изградњу целе каросерије. Нибус као млад произвођач прати све трендове развоја аутобуске индустрије у свету. Његов производни програм обухвата високоподне туристичке аутобусе, које сем Ниш-Експреса користе и други превозници у Србији.

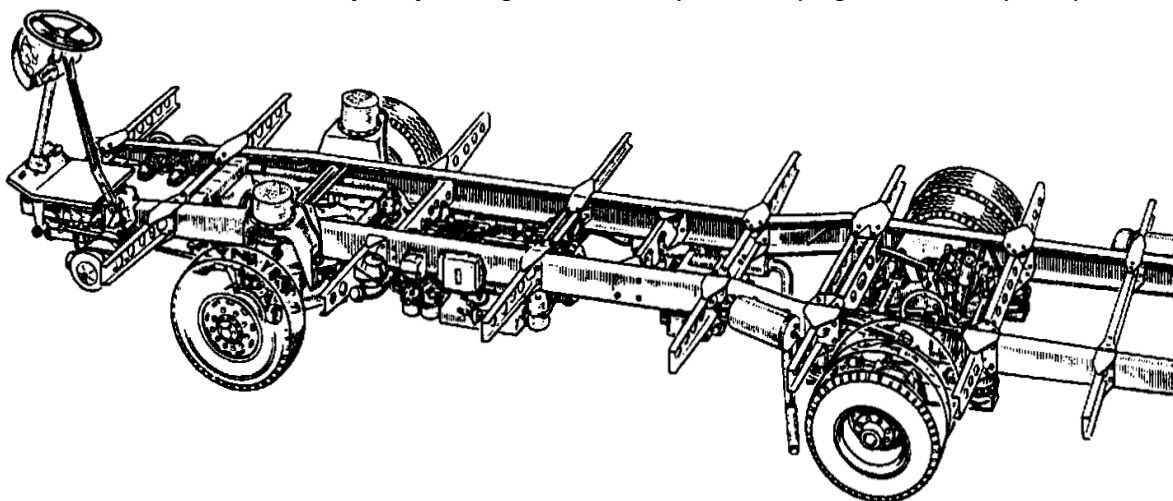
#### 1.4 Развој носећих система аутобуса

У почетку производње аутобуса, носећи системи аутобуса су били надградња каросерије аутобуса на рамним камионским шасијама (слика 15). Веза шасије и каросерије остваривала се преко помоћног рама. Помоћни рам се везивао растављивим везама са шасијом (закивањем и везом са вртњима), а са каросеријом заваривањем. Овим је омогућен независан развој каросерије и шасије као и могућност комбиновања разних шасија и каросерија, како једног тако и више произвођача. Због различитих крутости, савијања, торзије шасије и каросерије, неопходно је да се везе између помоћног рама и шасије изведу помоћу еластичних међуелемената. У овом случају где су се комбиновале различите шасије и каросерије, највећи део оптерећења примала је шасија, док је каросерија била релативно лагана. Овакве конструкције аутобуса примену у експлоатацији су налазиле на лошим путевима јер су по правилу биле

предимензионисане и тешке. Ради лакшег разумевања на слици 16 дат је приказ једног изведеног решења рамне конструкције шасије аутобуса [17].



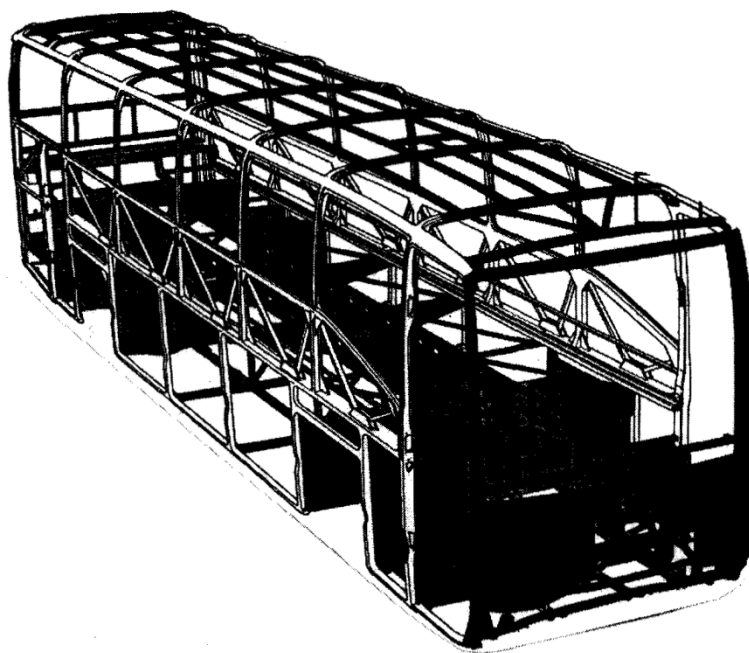
Слика 15 Камионска шасија која се примењивала у почетку производње аутобуса[19]



Слика 16 Рамна конструкција шасије аутобуса [17]

Временом уместо рамне конструкције носећих система аутобуса почеле су да се граде релативно лагане конструкције са танкозидим носећим профилима, отвореног и затвореног типа. Најпре су то били профили квадратног или правоугаоног попречног пресека уз примену љускастих ојачања у чворним тачкама.

Код савремених аутобуса носеће структуре се карактеришу применом танкозидих челичних профила комплексног попречног пресека (слика 17), који уз минималну сопствену масу обезбеђују најповољније параметре крутости. Профилисање носећих компонената структуре, код савремених аутобуса врши се по угледу на технологију израде путничких аутомобила, односно кабина теретних возила. Примера ради, овде се велики склопови, као што су предњи зид, бочни стубови странице и неки елементи подне структуре изводе у облику две полушкољке (слика 17) које се затим тачкастим заваривањем формирају у склоп. Најпре се пресовањем обезбеђује оптимални рељеф носећег елемента тако да задовољи пре свега функционалне али и технолошке захтеве (на пример формирање ослоне површине за прозорска стакла која се лепе или одговарајућег облика за прихват браве, забрављивача, гасне опруге и слично). Прелази између двеју или више површина се изводе са одговарајућим радијусима тако да се смањи концентрација напрезања и могућност стварања жаришта корозије [17].

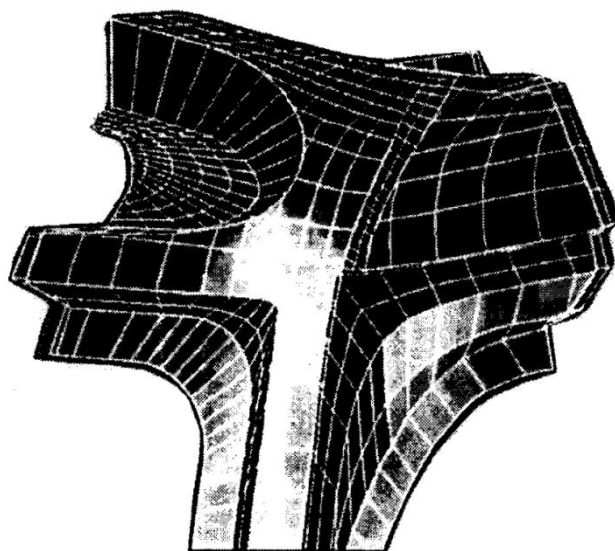


*Слика 17 Носећа структура аутобуса Mercedes-Benz O-404 [17]*

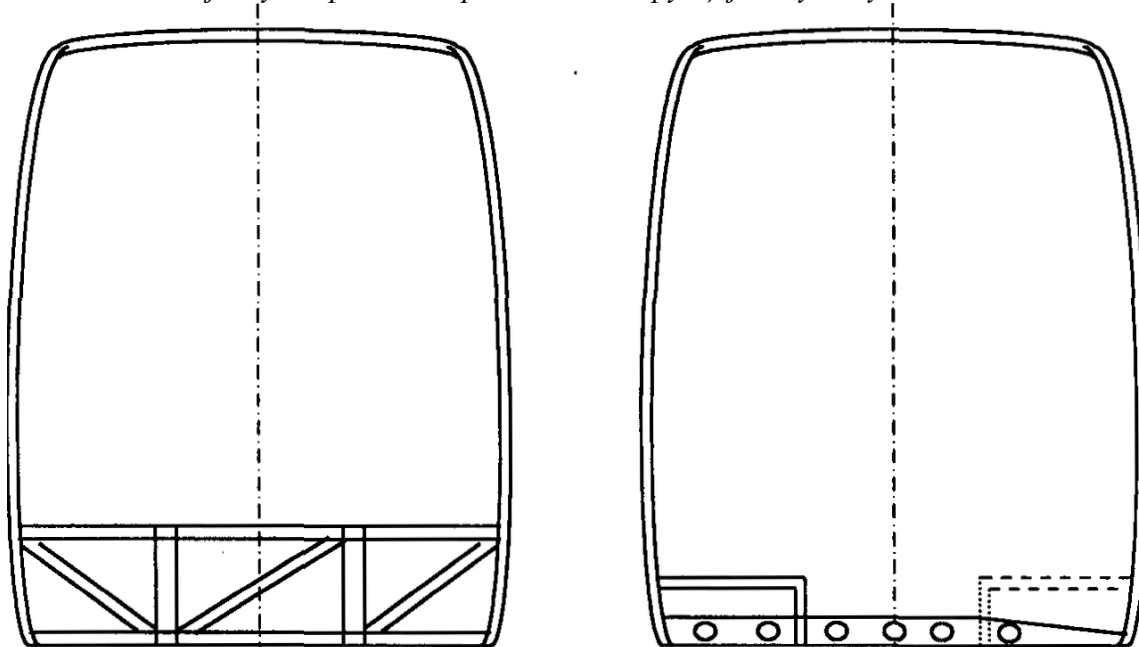
При пројектовању каросерије аутобуса одређени склопови који су у пракси изложени удару, димензионишу се тако да се енергија удара апсорбује деформацијом тих склопова на начин који не угрожава безбедност возача и путника. Као апсорбенти енергије удара уводе се композитни материјали. Композитни материјали поред апсорбовања енергије удара, се могу просторно обликовати и на тај начин унапредити естетика каросерије аутобуса уз примену релативно једноставних алата.

Израда носеће структуре аутобуса технологијом дубоког извлачења има предност у односу на класичан прилаз јер подразумева смањење учешћа ручног заваривања на најмању могућу меру. Уместо ручног заваривања примењује се тачкасто заваривање уз помоћ робота, које обезбеђује оптималне могућности контроле процеса производње и контроле квалитета. Главни недостатак ове напредне технологије израде структура аутобуса је да она захтева прецизне и скупе алате за пресовање, и ширу примену могу обезбедити само мали број водећих великих светских произвођача аутобуса.

Пројектанти самоносећих структура каросерија аутобуса теже да изведу што лакшу и што крућу конструкцију. Уколико просторне могућности дозвољавају, максимално се тежи примени модела просторне решетке са штапним елементима (преносе силе само у аксијалном правцу). Међутим, функционални захтеви намећу ограничење расположивог простора за одређене склопове као што су бочни стубови страница, места увођења активних сила са тла као и код везних елемената тешких погонских компонената. Ту се принципијелни модел структуре у основи базира на гредним елементима (преносе и силе и моменте), мембранама (преносе оптерећење у сопственој равни) и плочама (преносе оптерећење у сопственој равни и моменте). Као пример таквог напредног моделирања носеће структуре је подни рам нископодног градског аутобуса, који је приказан на слици 19. Са ове слике видимо да овај начин моделирања са класичном просторном решетком има мало сличности.



Слика 18 Спој стуба врата са кровном конструкцијом аутобуса Mercedes O-404



Слика 19 Типични прстенови носећих структура класичног градског аутобуса и нископодног градског аутобуса [17]

За разматрање носеће структуре аутобуса, са становишта оптерећења, интересантан је градски аутобус, због изразито неповољног односа маса неоптерећеног и оптерећеног возила, који чак достиже величину 1:2,5 (у реалним условима експлоатације преоптерећења). Због мале висине подне конструкције (услед тежње ка смањењу висине подне решетке ради обезбеђивања олакшане циркулације путника који улазе/излазе), подна решетка више представља рамну конструкцију него решетку. Ово је неповољна околност која даље компликује ситуацију јер услед захтева за уградњом три гарнитуре широких врата долази се до ситуације када претпоставке за остварење задовољавајуће крутости (нарочито на увијање) постају све скромније. Ово се нарочито односи на аутобусе који се експлоатишу у условима честих и неконтролисаних преоптерећења па се стога модел нископодног аутобуса за сада не препоручује као решење за такве услове.

Код нископодних градских аутобуса, због ограничене висине подног рама, капацитет ношења сопственог и корисног оптерећења преноси се на ојачану конструкцију бочних страница. Овде су уочљиви високи бочни појасеви надпрозорске кровне конструкције који растеређују подни рам, тиме што на себе преузимају део оптерећења који је код класичних аутобуса подносила шасија [17].

На слици 20 приказан је карактеристични сегмент подног рама нископодног приградског аутобуса MAN, који је у комаду изведен ливењем. На њему је уочљив централни ниски коридор и издигнути периферијски носачи.



*Слика 20 Сегмент каросеријског прстена нископодног приградског аутобуса MAN NU 263/313 [17]*

Подни рам нископодног аутобуса састављен је из танкозидих челичних „ПГ“ профила који су на линијама сучељавања укрупњени одговарајућим чворним лимовима, између два прстена каросерије, (слика 21).

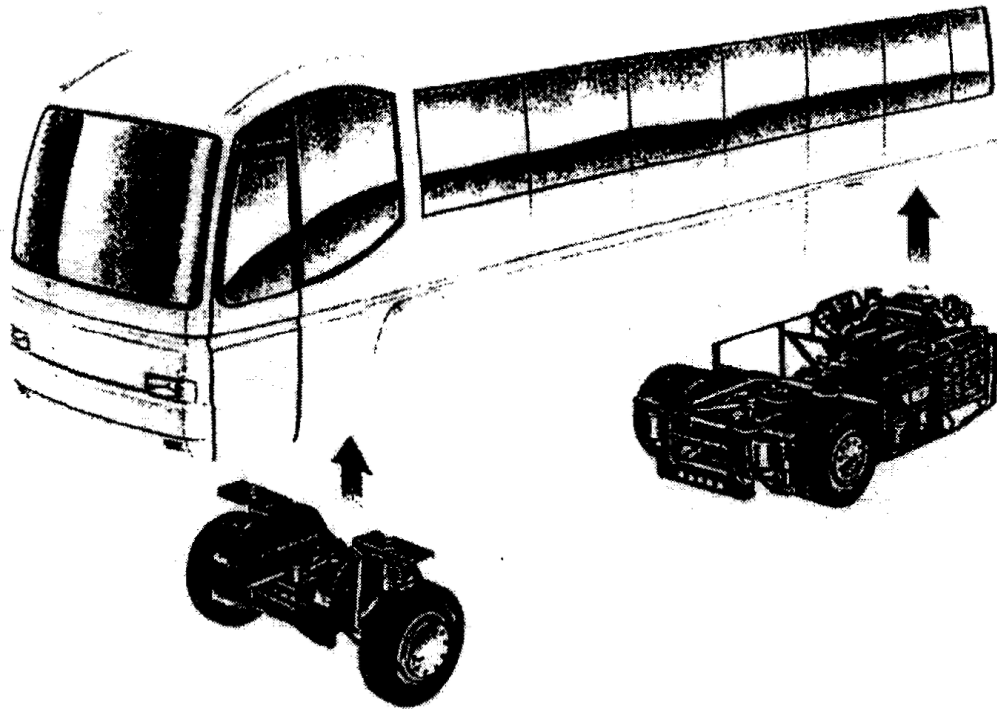


*Слика 21 Сегмент централне стазе подног рама аутобуса MAN NU 263/313 [17]*

На слици 22 приказана је композиција подне решетке на самоносећој структури међуградског аутобуса IVECO „EUROCLASS“. Код овог аутобуса сегмент подне решетке са уграђеним предњим мостом (елементи механизма за вођење предњег моста, система за управљање и система еластичног ослањања и пригушења) и сегмент структуре са комплетном погонском групом компонената (мотор-спојница-мењач-зглобни преносник-погонски мост) представљају независне технолошке целине. Ове независне технолошке целине примењују се за више типова аутобуса, са различитим геометријским и функционалним параметрима. Компоненте погонске групе се склапају са осталим делом каросерије уз помоћ вијчаних веза (слика 21). Оваква конструкција возила омогућава и одређене погодности приликом замене компонената и хаваријских ремонта.

Познатији светски произвођачи чине покушаје да изведу комплетну носећу структуру од алуминијумских танкозидих профила, али великосеријску производњу оваквих

носећих структура још увек не покрећу због проблема са недовољном крутошћу (за случајеве преоптерећења) и високе цене коштања.



*Слика 22 Модуларна градња носеће структуре туристичког аутобуса IVECO „EUROCLASS“ [17]*

Конструкција минибуса се најчешће изводи на шасији лаких доставних возила, са рамном конструкцијом, са смештајем мотора у предњем препусту. Каросерија минибуса код већине светских приозвођача се израђује од пресованих танкозидих челичних лимова, састављених тачкастим заваривањем, слично технологији израде камионске кабине или каросерије путничких аутомобила [17].

## 2 ОПТЕРЕЋЕЊА И НАПРЕЗАЊА КОЈИМА СУ ИЗЛОЖЕНИ НОСЕЋИ СИСТЕМИ АУТОБУСА

У зависности од конструкције аутобуса, структура носећих система аутобуса може бити:

- рам (лонжеронски) аутобуса,
- рам (лонжеронске и секцијске градње) и костур каросерије,
- решеткаста шасија и костур каросерије и
- рам, костур каросерије, оплатни лимови и прозорска стакла.

### 2.1. Рам (лонжеронски) аутобуса

У овом случају аутобус се састоји од две самосталне целине: лонжеронског рама и каросерије са помоћним рамом. Постојање помоћног рама као дела каросерије повећава висину пода и укупну тежину аутобуса. Каросерија може у случају потребе да се скине са шасије, било ради ремонтовања, или ради замене другом. Рамна шасија може да се производи у једној фабрици, а каросерија у другој.

Угиб при савијању и торзiona крутост рама и каросерије се обично разликују, па је пожељно обезбедити еластичну везу између рама и каросерије. Основни носећи елемент у овом случају јесте рам шасије, а каросерија прима само делимично оптерећење преко места ослањања на шасију. Торзiona крутост каросерије треба да буде мања од торзione крутости шасије како не би долазило до пуцања каросерије [9].

### 2.2. Рам (лонжеронски или секцијске градње) и костур каросерије

У овом случају каросерија нема помоћни рам, већ су на лонжеронски рам постављени бочни попречни носачи на које су заварене странице каросерије. Каросерија је укључена у носећу конструкцију и заједно са рамом оптерећена на савијање и торзију.

Основни носећи елемент и овде је рам, а каросерија прима само део оптерећења. Рам може да буде мање висине у односу на претходни случај. Предности овакве конструкције су мања тежина, мања висина пода и јефтинији рам.



Слика 23 Лонжеронска рамна шасија на бази камиона [8]

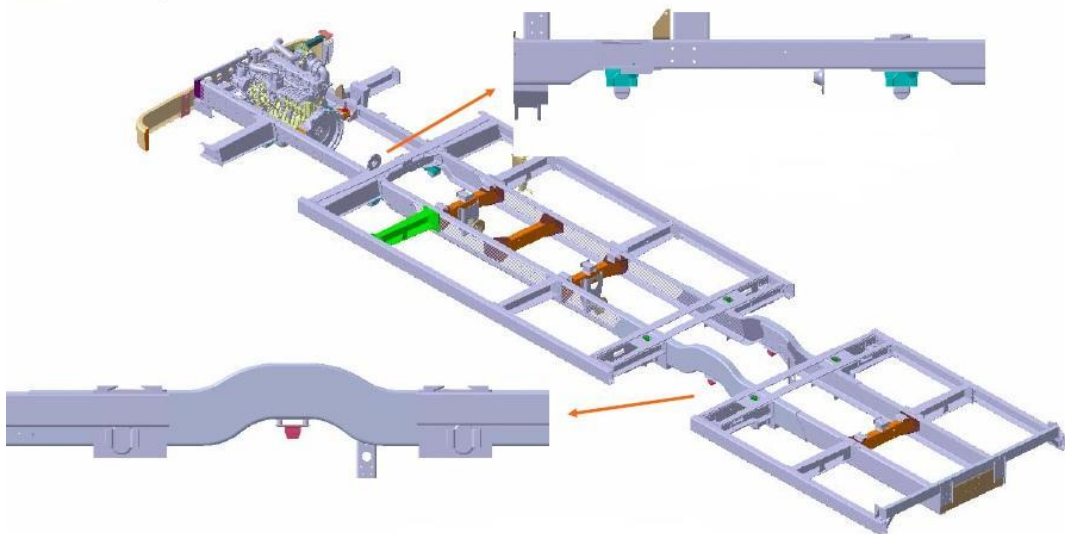
Торзiona крутост каросерије треба да буде једнака или нешто мања од крутости рама. Рам лонжеронске шасије најчешће се изводи у облику мердевина и то:

- а) са равним паралелним лонжеронима, U профила (слика 23), уз максималну унификацију са рамом камиона (обично код мањих аутобуса);
- б) са паралелним лонжеронима U профила, савијеним на месту осовина ради смањења висине пода аутобуса (слика 24 ), а само је делимично унифициран са рамом камиона;
- в) са савијеним лонжеронима на месту осовина али са променљивом ширином између лонжерона.



*Слика 24 Лонжеронска рамна шасија за аутобус са мотором позади [8]*

Код рамних шасија секцијске градње (слика 25) странице каросерије су заварене за шасију, а каросерија се јавља као носећи део конструкције. Рамна шасија секцијске градње састоји се од више попречних носача који се протежу по целој ширини аутобуса, а повезани су помоћу сегмената подужних носача (профили су најчешће затворени U профили). Због веће компактности веза шасије и каросерије, учешће каросерије у носећој конструкцији веће је него код лонжеронских рамних шасија са каросеријом завареном за рам. То омогућава да се за рамне шасије секцијске градње користи тањи лим (2-4 mm).

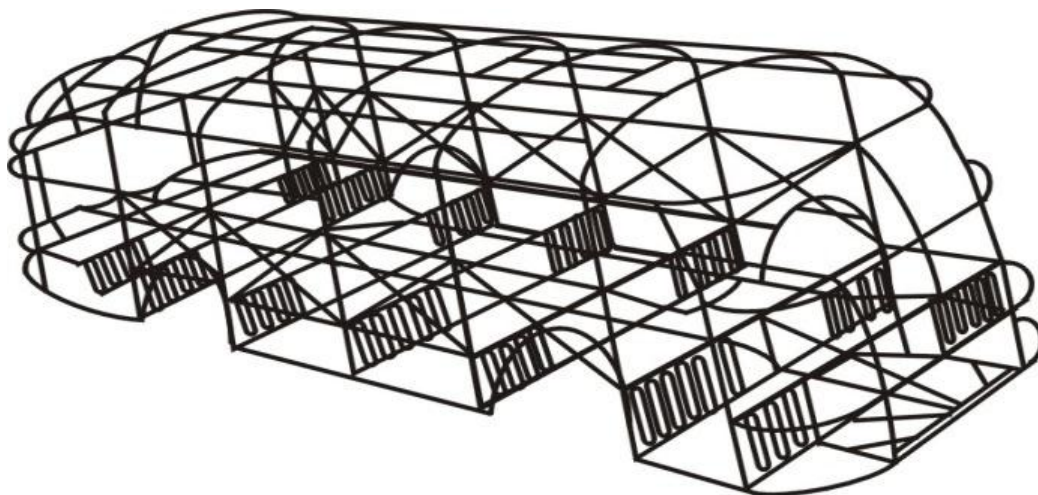


*Слика 25 Рамна шасија секцијске градње [15]*

Код нископодних градских аутобуса, где је шасија слична рамној шасији секцијске градње, али са знатно мањом висином профила (80-130 mm), учешће каросерије у носећој конструкцији је највеће. Због мале висине рамних профила веза шасије и каросерије је ојачана посебним угаоним елементима. Бочне стране каросерије су од јачих профила (цеви), а бочни канали за инсталације користе се за ојачање шасије и везе са бочним странама. Кров је посебно ојачан допунским цевима, а бочне стране крова имају висину око 220 mm и ојачане су дијагоналама [9].

### **2.3. Решетка шасије и костур каросерије**

Код конструкција аутобуса са решеткастом шасијом (слика 26), каросерија је чврсто везана за решетку, најчешће заварена. У овом случају каросерија се јавља као носећи елемент са великим уделом ношења. Решеткаста шасија је просторна решетка састављена најчешће од цеви правоугаоног пресека 40 x 40 mm до 50 x 80 mm, са дебелином лима 1,5-3 mm. Костур каросерије је најчешће састављен од цеви истих пресека. Бочне стране каросерије и кров су веома битни носећи елементи код таквог аутобуса. Велика висина решетке (у просеку око 600 mm) омогућава веома чврсту везу решетке шасије са каросеријом. Решетка шасије сама за себе, без каросерије, не представља носећи елемент који може да се оптерети на савијање и торзију [9].



*Слика 26 Решеткаста носећа конструкција аутобуса [8]*

### **2.4. Рам, костур каросерије, оплатни лимови и прозорска стакла**

У носећу конструкцију аутобуса могу да буду укључени и разни лимови за оплатњавање костура каросерије или оплатни лимови шасије, па чак и прозорска стакла. Од начина везивања оплате за костур каросерије зависи да ли ће оплата на бочним странама и на крову бити носећи елемент. Уколико је везана само на крајевима страница (напред, назад, горе и доле), оплата не представља носећи елемент. Уколико је везана за сваки сегмент странице, онда то може да буде. Везивање оплате за сваки сегмент странице може да се оствари закивањем (закивци се на оплати виде), тачкастим заваривањем (видне су деформације на лиму од тачкастог заваривања уколико се површине не гитују) и лепљењем. У последњем случају спољна оплата лепо изгледа, а у исто време представља носећи елемент конструкције.



*Слика 27 Рам, костур каросерије [19]*

Носећи елементи могу да буду и прозорска стакла уколико су залепљена за каросерију (код аутобуса СЕТРА серија 300 спољне оплате и прозорска стакла су носећи елементи конструкције).

Решеткаста шасија се око осовина, као и на другим критичним местима, често ојачава оплатњавањем појединих сегмената лимом дебљине 2-3 mm чиме се, у првом реду, повећава торзиона крутост решетке.



*Слика 28 Костур нископодног аутобуса NB 503 G-Neobus [10]*

Торзиона крутост аутобуса зависи од начина његове градње. Највећу торзиону крутост имају аутобуси са решеткастом шасијом, затим аутобуси са рамном шасијом где је каросерија заварена са рамом у једну целину. Најмању торзиону крутост имају рамни аутобуси са каросеријом која је еластично везана за рам шасије. Спољна оплата аутобуса, унутрашња оплата, стакла прозора, рукохвати, седишта и друга опрема повећавају торзиону крутост аутобуса. Пожељно је да торзиона крутост по дужини аутобуса буде равномерна.

Уколико су услови експлоатације аутобуса лошији у погледу квалитета пута (на пример нераван земљани пут) потребно је да торзиона крутост аутобуса буде мања ради смањења напрезања у елементима носеће конструкције шасије и каросерије при увијању аутобуса [9].



Слика 29 Линија за завршну монтажу Low Entry модели NB 501 G на шасији Volvo двоја и троја врата B7R LE с. [10]

Оптерећења која дејствују на носеће системе код аутобуса могу бити статичка и динамичка. Статичка потичу од сопствене тежине, тежине мотора, мењача, путника и пртљага. Динамичка оптерећења носећих система у великој мери зависе од конструкције система за ослањање возила и крутости еластичних елемената.

Цела носећа структура аутобуса у целини изложена је:

- напрезању на савијање од тежинског оптерећења (сопствене тежине, тежине путника и пртљага). Ова оптерећења делују на подужне и попречне делове аутобуса,
- напрезању на торзију носеће структуре аутобуса од тежинског оптерећења при мировању и при кретању на неравном путу и на кривинама, при неравном угибу елемената ослањања,
- напрезању од инерцијалних сила при кочењу и убрзавању аутобуса, и кретању аутобуса у кривину,
- вибрационим оптерећењима која потичу од мотора и трансмисије, од точкова и сопствених осцилација носеће структуре и
- оптерећење од погонских и кочних момената мотора и трансмисије [9].

При прорачуну чврстоће носеће конструкције аутобуса потребно је узети у обзир прва три од пет оптерећења: на савијање од тежинских оптерећења, на увијање при неравномерном угибу еластичних елемената ослањања (опруга и пнеуматика) на неравном путу и кретању возила у кривини, од инерцијалних сила при кочењу, убрзавању и кретању у кривини.

Напрезању на савијање и увијање од тежинског оптерећења аутобуса изложена је комплетна носећа конструкција аутобуса. Симетрична оптерећења носеће конструкције изазивају напрезања на савијање, а несиметрична увијање носеће конструкције.

Напрезања која се јављају од инерцијалних сила примају вођице осовина аутобуса и конструкција за коју су везане. Силе се даље разлажу на друге носеће елементе, а њихов утицај при сваком следећем разлагању се све више смањује. Напрезања која се јављају у носећој конструкцији од инерцијалних сила већа су уколико је тежиште аутобуса на већој висини.

Оптерећења од погонских и кочних момената мотора и трансмисије имају локални карактер и узимају се у обзир само при прорачуну ослонаца и веза носеће конструкције са ослонцима.

Вибрације које се јављају од мотора и трансмисије могу се свести на минимум исправним одабирањем елемената ослонаца мотора и исправним димензионисањем трансмисије. Вибрације елемената носеће структуре спречавају се правилним димензионисањем носача, вибрације оплате укрућивањем и премазивањем премазима. Постојање вибрација треба проверити испитивањем на постојећим конструкцијама и предузети мере да се отклоне уколико их има. Вибрациона оптерећења могу да смање век појединих елемената носеће конструкције [9].

## **2.5. Методе прорачуна**

Општа је тенденција да носеће конструкције аутобуса имају захтевану чврстоћу при најмањој могућој тежини. Прорачун оптималне конструкције у време пројектовања могућ је једино када пројектант има довољно тачне и оперативне методе прорачуна.

Препоручује се да степен сигурности код носећих конструкција аутобуса буде 1,5-2, у односу на границу развлачења. Исте вредности важе и за динамички коефицијент. За већи део носеће конструкције аутобуса користи се динамички коефицијент чија је вредност 1,5, а за одговорније елементе конструкције (носећи елементи око осовина) узимају се вредности и до 2,0. Ове вредности се препоручују за европске услове експлоатације (значи за квалитетније путеве). За теже услове експлоатације (лоши путеви, велика преоптерећења аутобуса), динамички коефицијент треба да буде већи, сразмерно тежини услова експлоатације.

Једини пропис који се односи на чврстоћу носеће конструкције аутобуса је Правилник ЕСЕ 66 R OUN. Правилником се прописују дозвољене деформације горњег дела аутобуса (кров са стубовима прозора) приликом превртања аутобуса око подужне осе. За ту сврху могућа су четири начина провере дозвољене деформације:

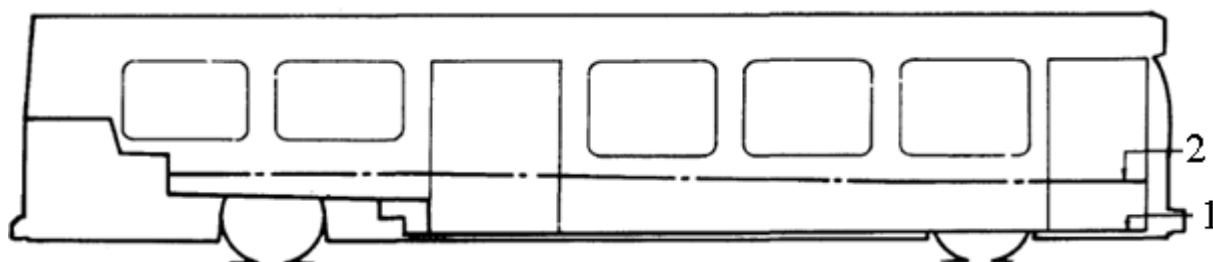
- Испитивање комплетног аутобуса на посебном уређају-платформи за бочно превртање аутобуса;
- Испитивање секције или секција аутобуса по поступку (као и у претходном случају);
- Испитивање секције аутобуса ударом помоћу клатна прописане масе и прописане брзине кретања клатна у тренутку удара на конструкцију;
- Провера деформације горњег дела аутобуса помоћу прорачуна методом коначних елемената.

Вишеструка оптерећења и сложена напрезања елемената носеће конструкције аутобуса отежавају примену уобичајених – аналитичких метода прорачуна. Једино метода коначних елемената уз коришћење рачунара омогућава поуздане, тачне и брзе резултате прорачуна чврстоће елеманата носеће конструкције.

### 3 НОСЕЋИ СИСТЕМИ ЗА РАЗЛИЧИТЕ ВРСТЕ АУТОБУСА

#### 3.1. Нископодни аутобуси

Нископодни аутобуси су аутобуси намењени за градски превоз. Код нископодних аутобуса се тежи да сама шасија буде што нижа и да омогући лакши улазак и излазак путника. Спуштањем пода се добија на брзини при улажењу и излажењу из аутобуса, а самим тим нема ни задржавања и гужве. Растојање пода аутобуса од подлоге, код нископодних аутобуса је мање или једнако 380 mm. На слици 30 приказане су линије пода код нископодних аутобуса и аутобуса са нормалном висином пода.



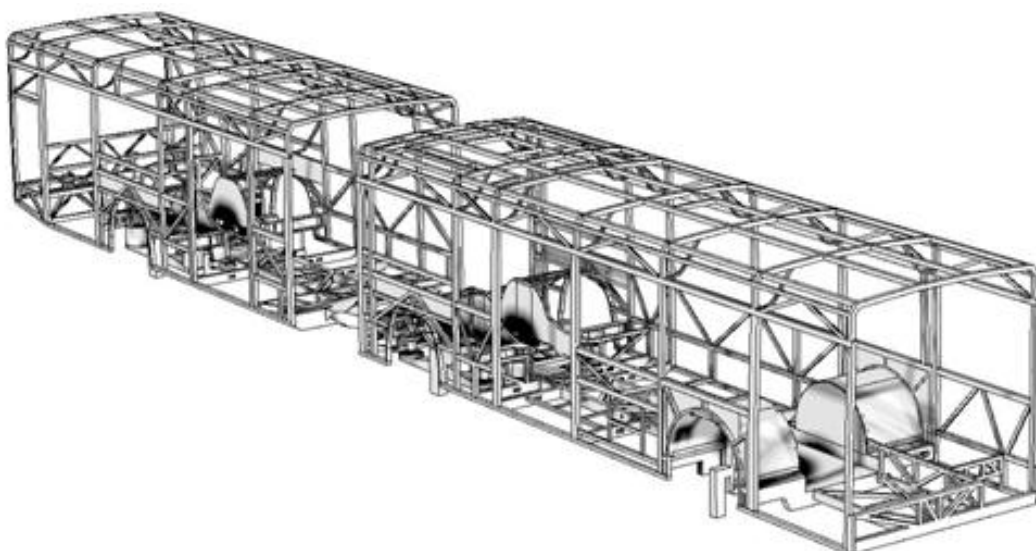
Слика 30 Линије пода код аутобуса (1-код нископодних аутобуса 2-код аутобуса са нормалном висином пода)[19]

Нископодни аутобуси имају високе бочне појасеве надпрозорске кровне конструкције, које растеређују подни рам тиме што на себе преузимају део оптерећења. Због мале висине рамних профила веза шасије и каросерије је ојачана посебним угаоним елементима. Бочне стране каросерије су од јачих профила, а бочни канали се користе за ојачање шасије и везе са бочним страницама. Кров је такође ојачан дијагоналним допунским цевима.

#### 3.2. Зглобни нископодни аутобуси

Зглобни аутобуси су направљени спајањем две шасије спојене зглобном платформом. Њихова дужина је око 18 метара, а могу да превезу 170 путника и терет до 30 000 килограма при пуном оптерећењу. Због своје велике носивости ови аутобуси имају најчешћу примену у градском превозу. Зглобни аутобус има 3 осовине од којих се две налазе на предњем делу, а трећа се налази на задњем делу. На средњој осовини монтирани су дупли точкови због сигурности и стабилности. Да би пролаз кроз кривину био што сигурнији и лакши, код неких модела зглобних аутобуса задња осовина окреће се у супротном смеру од прве осовине. Предњи део зглобног аутобуса је као и код других аутобуса, исти са двоја врата, а „приколица” такође има двоја врата.

Каросерија ових аутобуса је урађена од цевастих профила правоугаоног попречног пресека. Кровови код зглобних аутобуса се могу израђивати од алуминијума и фибергласа јер тиме олакшавају саму конструкцију аутобуса. На слици 31 приказана је каросерија зглобног аутобуса, а на слици 32 приказана је шасија зглобног аутобуса.



*Слика 31 Каросерија зглобног аутобуса [10]*

Конструкција шасије зглобних аутобуса је иста као и код других аутобуса, с том разликом што је њима придодата “приколица” са једном осовином. У зависности од произвођача аутобуса, на носећој структури „приколице“ често се не налази ништа од опреме, сем у појединим случајевима када су резервоари за гориво смештени на њих. Тежња конструктора је да на новим решењима се мотор пребаци на “приколицу”.



*Слика 32 Шасија зглобног аутобуса [10]*

Предњи и задњи део зглобног аутобуса су везани окретницом, која мора имати слободу кретања да омогући што лакше маневрисање аутобуса. Окретница има битну улогу услед прелажења преко лежећих полицајаца и других неравнина на путу, као и да контролише да не дође до проклизавања аутобуса. Ради лакшег одржавања и сервисирања окретница мора бити постављена на приступачном месту, а ако дође до кvara да њена замена буде лака.

### **3.3. Аутобуси са два зглоба**

Поред зглобних аутобуса са једном “приколицом” производе се аутобуси са више „приколица“. Средњи додатак има једну осовину са дуплим точковима. Њихова дужина износи око 25 m и могу да превезу око 200 путника. Овим возилом се лакше управља, из разлога што осовина на другој, а у више случајева и трећој приколици, је управљива. Оваква возила представљају праве друмске возове. Ови аутобуси се користе у великим градовима као један од најекономичнијих видова саобраћаја, па се може рећи да оваква

возила представљају праве друмске возове. Једина мана аутобуса са више „приколица“ је та, што не саобраћају по уским саобраћајницама, већ на рутама специјално направљеним за њих.



Слика 33 Шасија зглобног аутобуса са две „приколице“ [19]



Слика 34 Двозглобни аутобус [10]

### 3.4. Зглобни двоспратни аутобуси

Надградњом нископодних зглобних аутобуса настали су зглобни двоспратни аутобуси. Развојем зглобних двоспратних аутобуса бавила се немачка фирма Неоплант. Неоплант је 1975. године произвео овакав аутобус и представљао је друмску верзију авиона. Дужина зглобног двоспратног аутобуса је 18 m, ширина 2,5 m, висина 4 m, и укупна тежина од 26,5 t. У овај аутобус стаје преко 140 путника. Мана овог аутобуса је у томе што је прелаз из једног дела аутобуса у други део био могућ само преко другог спрата, а то је правило потешкоће. Намена ових аутобуса је за превоз туриста и превоз радника у фирмама. Поред Неопланта, који је произвео само 12 ових аутобуса, и други произвођачи су их правили, али нигде није започета серијска производња.

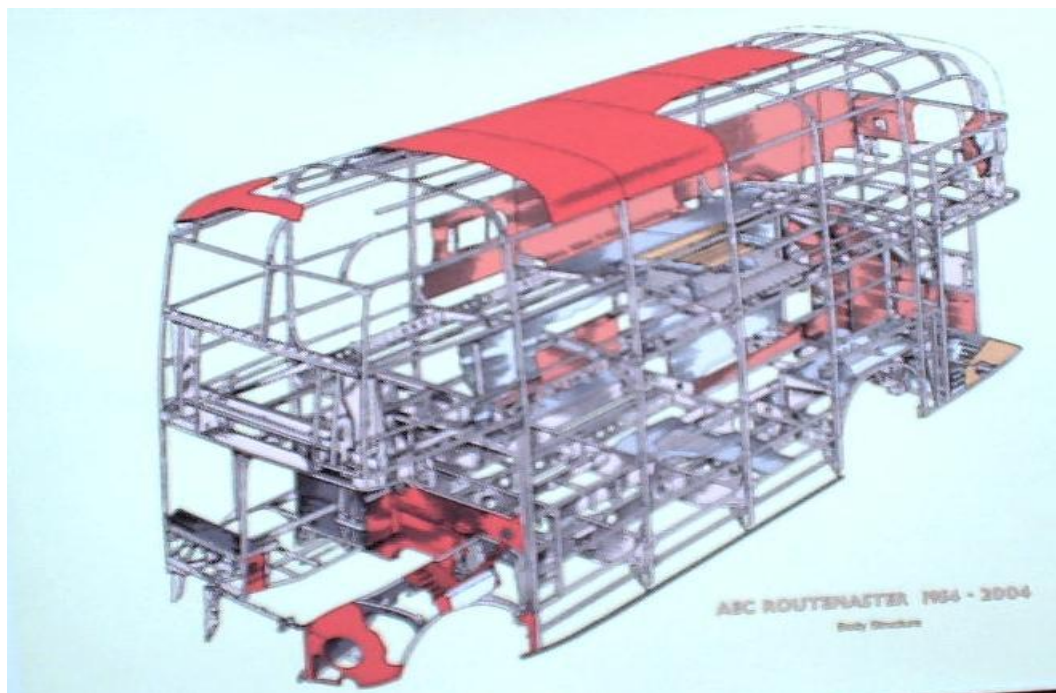


*Слика 35 Двоспратни зглобни аутобус [11]*

### **3.5. Двоспратни аутобуси**

Двоспратни аутобусу су своју прву примену нашли у Лондону педесетих година прошлог века. Тада се нису користили зглобни аутобуси, а број путника које је требало превести је био велики. Конструкција овог аутобуса је са надградњом, тако што је на класичан аутобус додат цео спрат.

Двоспратни аутобуси пролазе ригорозне тестове на стабилност, из разлога што имају веома високо тежиште, што може довести до лаког превртања у вожњи. Шасија се ради заваривањем правоугаоних профила, док се за каросерију узимају цевасти профили. Оплате ових аутобуса се израђују од што лакших материјала ради њихове лакше монтаже. Због своје тежине ови аутобуси се изграђују са једном осовином напред и две позади. И поред тога што зглобни аутобуси могу да превезу велики број путника, спори су, па се за превоз већег броја путника и пртљага на дуже релације користе двоспратни аутобуси. Двоспратни аутобуси су лакши за маневрисање јер имају две или три осовине, па поједини произвођачи производе двоспратне аутобусе за градски превоз, то су такозвани нископодни двоспратни аутобуси.



*Слика 36 Конструкција двоспратног аутобуса [19]*



*Слика 37 Туристички двоспратни аутобус [12]*

Због могућности отварања крова, двоспратни аутобуси су идеални за разгледање и обилазак туристичких дестинација (слика 38).



Слика 38 Двоспратни аутобус са отвореним кровом [13]

### 3.6. Високоподни аутобуси

Намена високоподних аутобуса је углавном за међуградске и туристичке аутобусе. Ови аутобуси се могу грубо поделити према висини пода на:

- соло (стандардно извођење), висина пода 980-1080 mm,
- средње подни, висине пода 1080-1130 mm,
- високо подни, висине пода 1130-1330 mm и
- супер високо подни, висине пода преко 1330 mm.

Код међуградских и туристичких аутобуса, подна решетка је подигнута да би се обезбедио простор за пртљаг. Улаз путника је преко степеника, којих има два или три. Правило је да степеници за улаз путника не смеју бити веома високи, а прилагођавају се структури возила.

Код међуградског и туристичког аутобуса конструкција мора садржати висеће галерије изнад глава путника. Ове галерије морају бити прикладне да лако примају ствари, и морају бити раздвојене од прозора да не би дошло до њиховог оштећења.



Слика 39 Високоподни туристички аутобус [10]

Висеће галерије се морају поставити тако да не сметају путницима при вожњи и при устајању. Сама конструкција ових аутобуса мора бити таква да пружа максималну удобност путницима јер ови аутобуси немају стална заустављања. Ови аутобуси морају имати ојачану кровну структуру јер се на њих постављају уређаји за климатизацију и вентилацију.

## 4 НОСЕЋИ СИСТЕМИ АУТОБУСА MAZ

### 4.1 Познати произвођачи аутобуса

Познати светски произвођачи аутобуса наведени су у табели 1.

Табела 1 Познати светски произвођачи аутобуса

| ПРОИЗВОЂАЧ    | ГРБ ПРОИЗВОЂАЧА                                                                      |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| NEOPLANT      |    |
| MERCEDES BENZ |     |
| SETRA         |    |
| RENAULT       |     |
| MAN           |   |
| SCANIA        |   |
| VOLVO         |  |
| IVECO         |  |
| DAF           |  |
| IKARBUS       |   |
| MAZ SR        |  |

### 4.2 Компанија MAZ Srbija

Крагујевачко предузеће „MAZ Srbija“, настало је после дугогодишње сарадње са белоруском фабриком ОАО MAZ са седиштем у Минску. Сарадња је отпочела куповином градских нископодних аутобуса марке MAZ. Убрзо након тога, током 2005.

године потписан је уговор који се односио на продају комплетне технике фабрике ОАО MAZ Minsk. Уследиле су активности монтаже камиона и аутобуса у Крагујевцу, што је резултирало потписивањем новог уговора о склапању возила марке MAZ.

Тим стручњака предузећа MAZ Србија, успешно је реализовао пројекат производње градског нископодног аутобуса са погоном на природни компримовани гас. Аутобус MAZ ВIK 203 CNG-S представља круну сарадње са фабриком ОАО MAZ. Овај аутобус је формиран на бази шасије аутобуса MAZ 203 уз сарадњу са најпознатијим светским произвођачима из компанија попут Cummins Inc., Allison transmission, Dynetek Industries Limited/Luxfer Group, Swagelok и слично. Радећи овај пројекат компанија MAZ Србија је имала у виду заштиту животне средине која представља саставни део сваке области пословања и активности. Производња аутобуса MAZ ВIK 203 CNG-S представља практичан пример тежње ове компаније за очувањем животне средине, обзиром да се употребом природног компримованог гаса драстично смањује емисија издувних гасова.

Визија компаније MAZ Србија је стварање сталне предности на тржишту обезбеђујући својим корисницима, сарадницима и пословним партнерима квалитетан производ и јаку сервисну подршку. Компанија MAZ Србија сматра да продаја MAZ аутобуса у количини од преко 500 возила, заједно са квалитетном сервисном подршком представља сјајну референцу према својим корисницима.



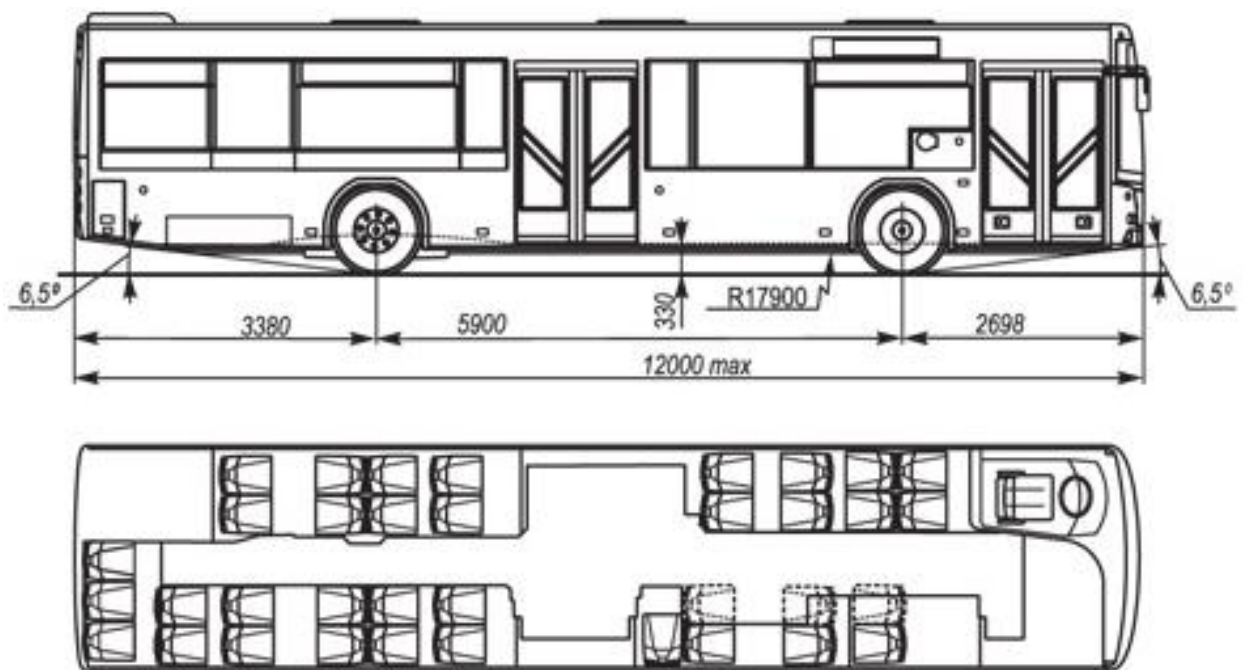
*Слика 40 Тежње компаније MAZ Србија је очување животне средине [20]*

### 4.3 Аутобус MAZ 2031

Аутобус MAZ 2031 спада у нископодне аутобусе за градске и приградске путеве. На слици 41 приказан је изглед овог аутобуса, а на слици 42 димензије и конструкција аутобуса MAZ 2031.



Слика 41 Аутобус MAZ 2031-Нископодни аутобус за градске и приградске путеве [20]



Слика 42 Димензије и конструкција аутобуса MAZ 2031[20]

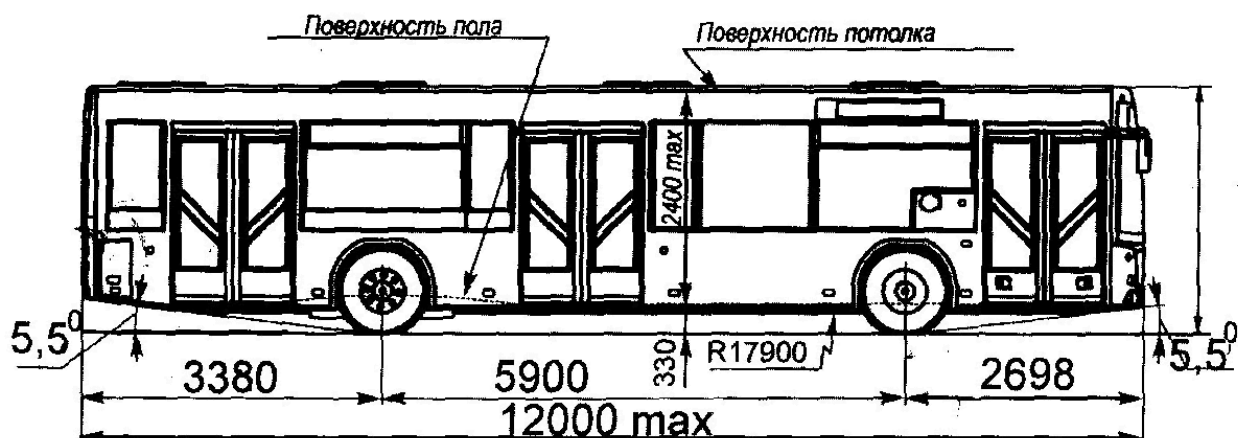
У табели 2 дате су карактеристике аутобуса MAZ 2031.

Табела 2 Карактеристике аутобуса MAZ 2031

| Карактеристике аутобуса MAZ 203          |                                                                          |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Основне димензије, mm                    | 12000/2550/3280                                                          |
| Међуосовинско растојање, mm              | 5900                                                                     |
| Укупна маса, kg                          | 18000                                                                    |
| Оптерећење предње осовине, kg            | 6500                                                                     |
| Оптерећење задње осовине, kg             | 11500                                                                    |
| Траг точкова (предњи и /задњи), mm       | 2101/1889                                                                |
| Спољашњи радијус, mm                     | 12500                                                                    |
| Висина степеника, не већа од, mm         | 270, 340                                                                 |
| Број седишта                             | од 23 до 28                                                              |
| Број путника                             | од 93 до 113                                                             |
| Максимална брзина, km/h                  | од 75 до 106                                                             |
| Мотор                                    | Mercedes-Benz, Deutz (EUR-3, EUR-4, EUR-5), MAN (EURO 5)                 |
| Снага, kW (hp)                           | 170 (231); 210 (286); 213 (290)                                          |
| Систем подмазивања                       | Аутоматски централизовани                                                |
| Мењач                                    | ZF, Voith Diwa, Allison /аутоматски, ZF механички                        |
| Предња осовине / задња осовине -ослањање | (зависно пнеуматско, дупли јастуци / зависно пнеуматско, четири јастука) |
| Кочиони систем                           | Пнеуматски са системима ABS и ASR                                        |
| Точкови                                  | Диск 8,25x22,5                                                           |
| Димензије гума                           | 275/70R22.5                                                              |

#### 4.4 Одређивање угиба шасије аутобуса марке MAZ-ВІК 2031`

**Задатак:** Одредити угиб шасије аутобуса марке MAZ-ВІК 2031 чије су димензије дате на слици 43.



Слика 43 Димензије и конструкција аутобуса MAZ 2031[20]

Полазни подаци:

Предњи препуст аутобуса:

$$a = 2698mm = 2,698m$$

Међуосовинско растојање аутобуса:

$$b = 5900mm = 5,9m$$

Задњи препуст аутобуса:

$$c = 3380mm = 3,38m$$

Дужина аутобуса:

$$l = 11978mm = 11,978m$$

Растојање задњег дела аутобуса до мотора:

$$f = 1500mm = 1,5m$$

$$h = 2500mm = 2,5m$$

Растојање предњег дела аутобуса до резервоара:

$$d = 1500mm = 1,5m$$

Укупна маса и укупна тежина аутобуса:

$$m_u = 1800kg \Rightarrow G_u = m_u \cdot g = 1800 \cdot 9,81 = 176580N$$

Маса и тежина мотора и мењача:

$$m_e = 575kg \Rightarrow G_e = m_e \cdot g = 575 \cdot 9,81 = 5640,75N$$

$$m_g = 346kg \Rightarrow G_g = m_g \cdot g = 346 \cdot 9,81 = 3394,26N$$

Маса и тежина резервоара:

$$m_{ft} = 300kg \Rightarrow G_{ft} = m_{ft} \cdot g = 300 \cdot 9,81 = 2943N$$

Маса и тежина аутобуса без мотора, мењача и резервоара:

$$m = m_u - (m_e + m_g + m_{ft})$$

$$m = 1800 - (575 + 346 + 300)$$

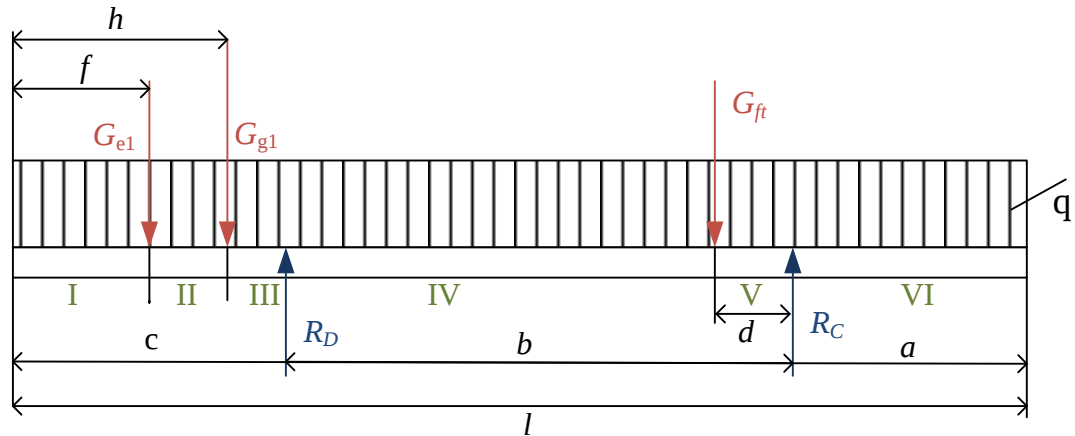
$$m = 16779kg$$

$$G = m \cdot g = 16779 \cdot 9,81N$$

$$G = 164601,99N$$

Аутобус марке MAZ-BIK 2031 има ојачану шасију састављену од подужних носача у облику U профила димензија 280X95X15 mm.

Решење: На слици 44 приказан је подужни носач-греда са концентрисаним и континуалним оптерећењем шасије аутобуса.



Слика 44 Шасија аутобуса као греда са прелупстима, континуалним оптерећењем и концентрисаним оптерећењима

Шасија аутобуса има две подужне греде тако да половина укупног оптерећења делује на сваку греду, па имамо:

$$G_{u1} = G_{u2} = \frac{G_u}{2} = \frac{176580}{2} = 88290N ,$$

односно сила која делује на једну од греда без мотора, мењача и резервоара је

$$G_1 = G_2 = \frac{G}{2} = \frac{164601,99}{2} = 82300,995N$$

Континуално оптерећење је:

$$q = \frac{G_1}{l} = \frac{82300,995}{11,578} = 6871,013N$$

Мотор и мењач се налазе иза задње осовине, подужно постављени, тако да се оптерећења мотора и мењача деле на пола, што даје:

$$G_{e1} = G_{e2} = \frac{G_e}{2} = \frac{5640,75}{2} = 2820,375N$$

$$G_{g1} = G_{g2} = \frac{G_g}{2} = \frac{3394,26}{2} = 1697,13N .$$

Резервоар се налази иза предње осовине, односно иза десног точка и оптерећење резервоара делује само на једну греду. Прорачун ће бити извршен за оптерећенију греду.

$$G_{ft} = 2943N$$

Сума момената за тачку С:

$$\sum M_C = 0 \quad R_D \cdot b - G_{e1} \cdot (c + b - f) - G_{g1} \cdot (c + b - h) - F_q \cdot \left(\frac{l}{2} - a\right) - G_{ft} \cdot d = 0$$

Реакција ослонаца за тачку D:

$$R_D \cdot b = G_{e1} \cdot (c + b - f) + G_{g1} \cdot (c + b - h) - q \cdot l \left(\frac{l}{2} - a\right) + G_{ft} \cdot d$$

$$R_D = \frac{G_{e1} \cdot (c + b - f) + G_{g1} \cdot (c + b - h) - q \cdot l \left(\frac{l}{2} - a\right) + G_{ft} \cdot d}{b}$$

$$R_D = \frac{2820,375 \cdot (3,38 + 5,9 - 1,5) + 1697,13 \cdot (3,38 + 5,9 - 2,5) + 6871,013 \cdot 11,978 \cdot \left(\frac{11,978}{2} - 2,698\right) + 2943 \cdot 1,5}{5,9}$$

$$R_D = 52324,77N$$

Одређивање реакције ослонаца за тачку С:

$$\sum Z_i = 0 \quad R_C + R_D - G_{e1} - G_{g1} - F_q - G_{ft} = 0$$

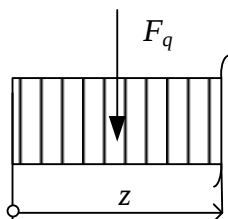
$$R_C = G_{e1} + G_{g1} + q \cdot l + G_{ft} - R_D$$

$$R_C = 2820 + 1697,13 + 6871,013 \cdot 11,978 + 2943 - 52324,77$$

$$R_C = 37436,73N$$

Реакције ослонаца у тачкама С и D су:  $R_C = 37436,73N$  и  $R_D = 52324,77N$ .

## I ПОЉЕ



Нормална сила:  $V_1 = -F_q = -q \cdot z$

$$z = 0 \Rightarrow V_1 = 0$$

$$z = f \Rightarrow V_1 = -10306,52 N$$

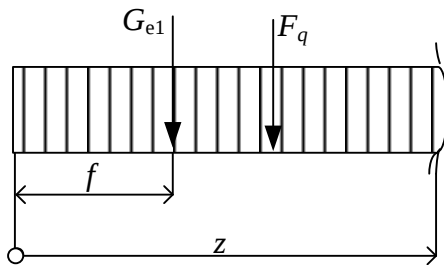
Момент савијања за поље I:

$$M_{f1} = -F_q \cdot \frac{z}{2} = q \cdot z \cdot \frac{z}{2} = -\frac{q}{2} \cdot z^2 = -\frac{6871,013}{2} \cdot z^2 = -3435,51 \cdot z^2$$

$$z = 0 \Rightarrow M_{f1} = 0$$

$$z = f \Rightarrow M_{f1} = -7729,89 N$$

## II ПОЉЕ



$$f < z < h$$

$$V_2 = -G_{e1} - F_q = -G_{e1} - q \cdot z = -2820,375 - 6871,013 \cdot z$$

$$z = f \Rightarrow V_2 = -13126,89 N$$

$$z = h \Rightarrow V_2 = -19997,91 N$$

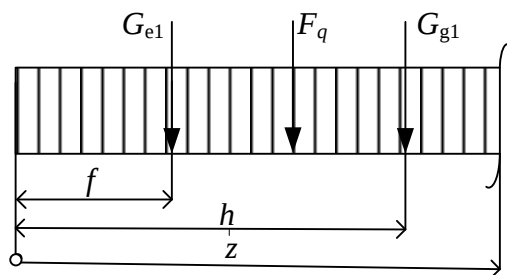
Момент савијања за поље II:

$$M_{f2} = -G_{e1}(z - f) - F_q \cdot \frac{z}{2} = -G_{e1}(z - f) - q \cdot \frac{z^2}{2} = -2820,375 \cdot (z - 1,5) - 6871,013 \cdot \frac{z^2}{2}$$

$$z = f \Rightarrow M_{f2} = -7729,89 Nm$$

$$z = h \Rightarrow M_{f2} = -24300,29 Nm$$

### III ПОЉЕ



$$h < z < c$$

$$V_3 = -G_{e1} - F_q - G_{g1} = -G_{e1} - q \cdot z - G_{g1} = -2820,375 - 6871,013 \cdot z - 1697,13$$

$$z = h \Rightarrow V_3 = -21695,95N$$

$$z = c \Rightarrow V_3 = -27741,53N$$

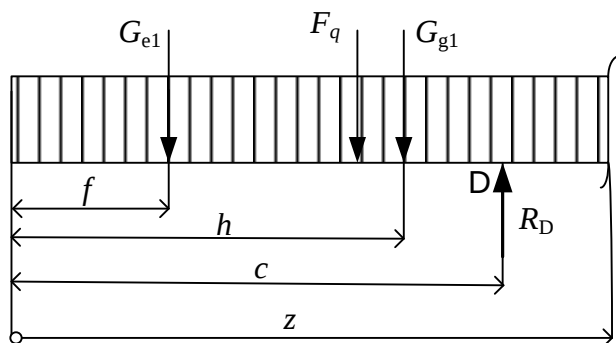
Момент савијања за поље III:

$$M_{f3} = -G_{e1} \cdot (z - f) - F_q \cdot \frac{z}{2} - G_{g1} \cdot (z - h) = -G_{e1} \cdot (z - f) - q \cdot \frac{z^2}{2} - G_{g1} \cdot (z - h) = 2820,375 \cdot (z - 1,5) - 6871,013 \cdot \frac{z^2}{2} - 1697,13(z - 2,5)$$

$$z = h \Rightarrow M_{f3} = -24300,29N$$

$$z = c \Rightarrow M_{f3} = -46044,38N$$

### IV ПОЉЕ



$$c < z < c + b - d$$

$$V_4 = -G_{e1} - F_q - G_{g1} + R_D = -G_{e1} - q \cdot z - G_{g1} + R_D = 2820,375 - 6871,013 \cdot z - 1697,13 + 52324,77$$

$$z = c = 3,38m \Rightarrow V_4 = 24583,24N$$

$$z = c + b - d = 7,78m \Rightarrow V_4 = -5649,22N$$

Момент савијања за поље IV:

$$M_{f4} = -G_{e1}(z-f) - F_q \cdot \frac{z}{2} - G_{g1}(z-h) + R_D \cdot (z-c) = -2820,375 \cdot (z-1,5) - 6871,013 \cdot \frac{z^2}{2} - 1697,13 \cdot (z-2,5) + 52324,77 \cdot (z-3,38)$$

$$M_{f4} = -2820,375 \cdot z + 4230,5625 - 3435,5065 \cdot z^2 - 1697,13 \cdot z + 4242,825 + 52324,77 \cdot z - 176857,7226$$

$$M_{f4} = -3435,5065z^2 + 47807,265z - 168384,3351$$

$$\frac{dM_{f4}}{dz} = 0$$

$$\frac{d}{dz}(-3435,5065z^2 + 47807,265z - 168384,3351) = 0$$

$$-3435,5065z + 47807,265 = 0$$

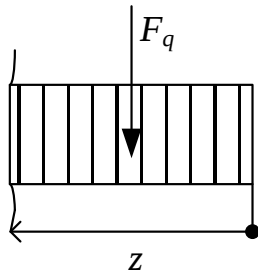
$$-6871,013 \cdot z = -47807,265$$

$$z = 6,96m$$

$$M_{f4\max} = -3435,5065 \cdot 6,96^2 + 47807,265 \cdot 6,96 - 168384,3351$$

$$M_{f4\max} = -2067,2Nm$$

## VI ПОЉЕ



$$0 < z < a$$

$$V_6 = F_q = q \cdot z = 6871,013 \cdot z$$

$$z = 0 \Rightarrow V_6 = 0$$

$$z = a \Rightarrow V_6 = 18537,99N$$

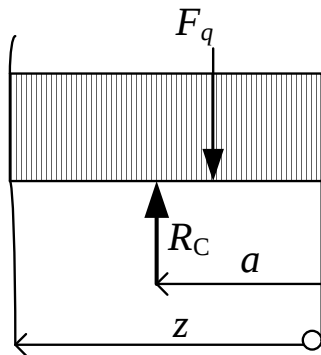
Момент савијања за поље VI:

$$M_{f6} = -F_q \cdot \frac{z}{2} = -q \cdot \frac{z^2}{2} = -6871,013 \cdot \frac{z^2}{2} = -3435,51 \cdot z^2$$

$$z = 0 \Rightarrow M_{f6} = 0$$

$$z = a \Rightarrow M_{f6} = -25007,78 Nm$$

## V ПОЉЕ



$$a < z < a + d$$

$$V_5 = F_q - R_C = q \cdot z - R_C = 6871,013 \cdot z - 37436,73$$

$$z = a \Rightarrow V_5 = -18898,74 N$$

$$z = c = 3,38 m \Rightarrow V_4 = 24583,24 N$$

$$z = a + d \Rightarrow V_5 = -8592,22 N$$

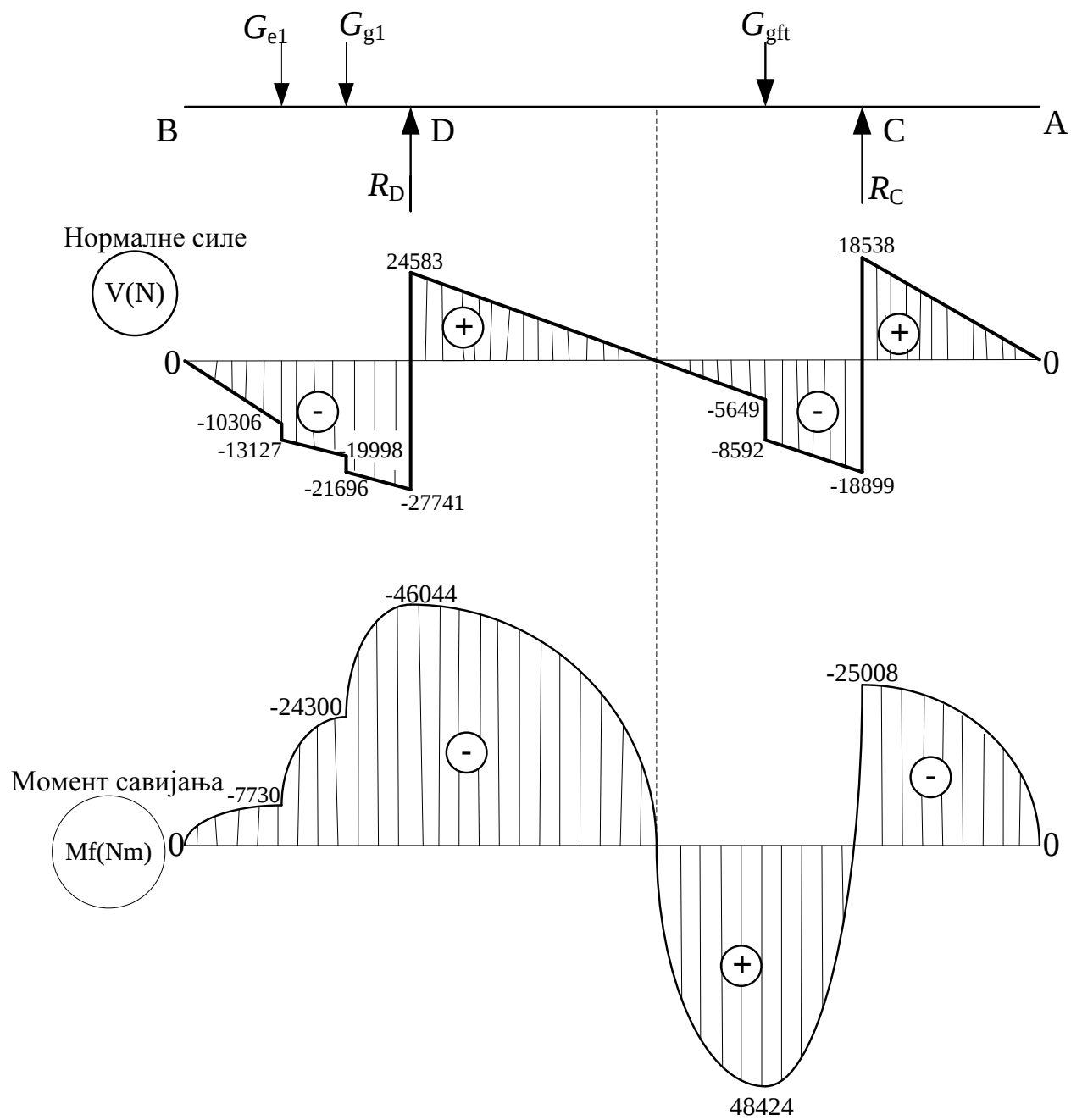
Момент савијања за поље V:

$$M_{f5} = R_C \cdot (z - a) - F_q \cdot \frac{z}{2} = 37436 \cdot (z - 2,698) - 6871,013 \cdot \frac{z^2}{2}$$

$$z = a \Rightarrow M_{f5} = -25007,75 Nm$$

$$z = a + d \Rightarrow M_{f5} = 48424,11 Nm$$

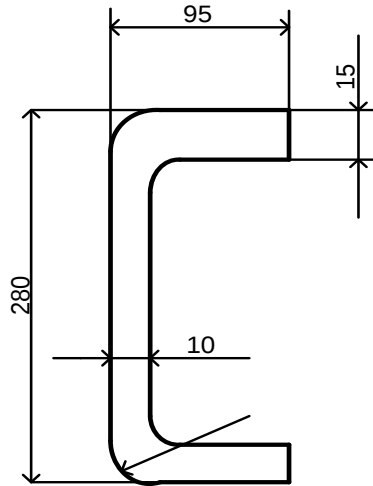
На слици 45 приказани су дијаграми нормалних сила и момента савијања по добијеном прорачуну за шасију аутобуса MAZ 2031.



Слика 45 Дијаграм нормалних сила и момента савијања шасије аутобуса

Провера угиба греде у склопу шасије:

На слици 46 приказан је U профил подужног носача шасије аутобуса димензија 280X95X15 mm.



Слика 46 Подужни носачи шасије аутобуса

Максимални момент савијања који смо израчунали:

$$M_{f \max} = 48424,11 Nm$$

Момент инерције око x осе:

$$I_x = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{12} = \frac{95 \cdot 280^3 - 85 \cdot 250^3}{12} = 63109583 mm^4$$

Отпорни момент око x осе:

$$W_{xx} = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{6 \cdot h} = \frac{95 \cdot 280^3 - 85 \cdot 250^3}{6 \cdot 280} = 450782,7 mm^3$$

Напон савијања греде је:

$$\sigma = \frac{M_{f \max}}{W_{xx}} = \frac{48,424,11}{450782,7} = 107,4223 \frac{N}{mm^2}$$

Момент инерције бочних греда:

$$I_{b1} = 63109583 \text{ mm}^4$$

$$I_{b2} = 63109583 \text{ mm}^4$$

$$I_{b3} = 10023948 \text{ mm}^4$$

Укупан момент инерције:

$$63109583 \cdot 2 + 10023948 \cdot 12 = 246506542$$

Угиб шасије аутобуса:

$$y = \frac{q \cdot x(b-x)}{24EI} \cdot \left\{ x(b-x) + b^2 - 2(c^2 + a^2) - \frac{2}{b} [c^2 x + a^2(b-x)] \right\}$$

Максимални угиб шасије:

$$y_{\max} = 13,946 \text{ mm}$$

Прорачуном је добијено да је максимални угиб шасије аутобуса марке MAZ-BIK 203 13,946 mm.

## ЗАКЉУЧАК

У овом раду приказани су носећи системи аутобуса као једна битна целина која интегрише све подсистеме возила у једну целину. Конструкција носећег система је сложена, пошто су и задаци које обавља веома сложени.

Носећи системи аутобуса изводе се тако да задовоље неколико критеријума:

- критеријуме крутости за задате услове оптерећења,
- економичности у производњи применом роботике,
- аспекте безбедности возача и путника и
- еколошке захтеве који су све строжи.

Примена танкозидних челичних пресованих профила комплексног попречног пресека, обезбеђује повољније компаративне параметре по основу наведених критеријума у односу на класичну технологију производње аутобуса.

У зависности од намене коришћења, аутобуси имају разноврсна конструктивна решења, па од тога зависи положај агрегата, висина подне решетке и тако даље.

Важно је да произвођачи аутобуса при производњи користе савремене материјале (пластике, поцинковани лим, алуминијум, композитне материјале), при томе се посебна пажња обраћа на заштиту од корозије носеће структуре возила, а понајвише шасије и костура аутобуса. Узимајући у обзир све ово, експлоатација данашњих аутобуса се знатно повећала у односу на аутобусе произведене пре неколико деценија.

У последњој целини овог рада прорачуном је добијено да угиб шасије аутобуса марке MAZ-BIK 2031 износи 13,946 mm. У току прорачуна узето је у обзир да овај тип аутобуса има ојачану шасију састављену од специјалног профила у облику слова U, обложена поцинкованим челичним лимом.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.prometna-zona.com/autobusi/>, преузето 07.11.2017.
- [2] <http://magirusdeutz.co.uk/>, преузето 01.11.2017
- [3] [http://ikarbus.rs/index.php/ik-206 /](http://ikarbus.rs/index.php/ik-206/), преузето 08.11.2017.
- [4] <https://www.ekapija.com/news/403455/maz-bik-203-cng-gradski-niskopodni-autobus-na-prirodni-gas>, преузето 08.11.2017.
- [5] [https://sr.wikipedia.org/sr-el/ Аутобус](https://sr.wikipedia.org/sr-el/Аутобус), преузето 09.11.2017.
- [6] Демич, М.: Сто година моторних возила у Србији, Крагујевац, Часопис Застава
- [7] <http://www.neobus.rs/>, преузето 06.11.2017.
- [8] <https://www.google.rs/Hidraulički+dvokružni+prenosni+mehanizam>, преузето 02.12.2017
- [9] Глумац С., Жежељ С., Владовић П., Нијемчевић С.: Пројектовање производња и експлатација аутобуса, Икарбус АД, Београд 2002
- [10] <http://www.autobusi.net/ugasen-fap-odlazak-pribojskog-giganta-u-istoriju/>, преузето 25.11.2017.
- [11] [http://citytransport.info/NotMine/Neoplan\\_Jumbocruiser\\_Dresdena.jpg](http://citytransport.info/NotMine/Neoplan_Jumbocruiser_Dresdena.jpg), преузето 27.11.2017.
- [12] <http://www.euroturs.rs/autobusi/setra-s/>, преузето 02.12.2017.
- [13] [predragdebevec.wordpress.com/author/predragdebevec/page/42/](http://predragdebevec.wordpress.com/author/predragdebevec/page/42/) преузето 02.12.2017
- [14] <https://www.slideshare.net/HarisLigata/autobusi> преузето 02.12.2017
- [15] VijayKumar, V.: Suspension System for Semi Low FloorBus, преузето 18.12.2017. са <https://docslide.com.br/documents/10vijaykumarpdf.html> преузето 03.12.2017.
- [16] <http://www.skyscrapercity.com/>, преузето 05.12.2017.
- [17] Демич, М., Дилигенски, Ђ.: Теориске основе пројектовања аутобуса, Машински Факултет Крагујевац, 2003.
- [18] Глишовић, Ј.: Конструкција Возила, Методичка збирка задатака са изводима из теорије, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.
- [19] Радичевић Б.: Носеће структуре аутобуса, Завршни рад, Машински Факултет, Крагујевац 2012.
- [20] <http://www.vulovicgroup.com/proizvodi/autobusi>, преузето 07.12.2017