

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Испитивање моторних возила и мотора 2

Број индекса: 304/2015

Јелена Ж. Станковић

Мерење осовинског оптерећења возила

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Данијела Милорадовић, ванр. проф. -
ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Садржај мастер рада треба да обухвати следеће:

- преглед законских ограничења и савремених метода и уређаја за мерење осовинског оптерећења возила,
- методологију мерења осовинског оптерећења возила развијену у оквиру Лабораторије за моторна возила Факултета инжењерских наука и
- приказ и анализу резултата мерења.

Препоручена литература:

- [1] Тодоровић, Ј.: „Испитивање моторних возила“, Машински факултет Београд, 1985.
- [2] Центар за ТИВ: „Упутство за коришћење вага за мерење масе возила“, Центар за техничку исправност возила, Машински факултет у Крагујевцу, 2007.
- [3] 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 и 14/16

Крагујевац, 14.03.2017.

ментор:
Др Данијела Милорадовић, доцент

РЕЗИМЕ

У овом мастер раду дат је приказ савремених метода и уређаја за мерење осовинског оптерећења моторних возила. 1950 - их година развијени су савремени системи за праћење осовинског оптерећења моторних возила - *WIM* системи. Дизајнирани су да сниме тежине осовина и укупну тежину возила преласком преко сензора. Циљ рада је развијање методологије за мерење осовинског оптерећења на мерним вагама које се налазе у Лабораторији за моторна возила на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, и мерење осовинског оптерећења на три путничка возила. Извршено испитивање служи као провера осовинског оптерећења, а измерена вредност, се упоређује са вредношћу осовинског оптерећења прописаног од стране произвођача аутомобила. Како лош пут оштећује возило, тако и возило оштећује пут, директно преко пнеуматика, па провера осовинског оптерећења има велики значај. Поступак и резултати извршеног мерења дати су у раду.

Кључне речи: *Осовинско оптерећење, мерне ваге, методологија, WIM системи, моторна возила.*

ABSTRACT

In this master paper, the display of modern methods and devices for measuring axle load of motor vehicles is presented. In the 1950s, modern systems were developed for tracking axle load of motor vehicles - *WIM* systems. They are designed to record the weight of the axles and the overall weight of the vehicle by passing through the sensor. The aim of the paper is to develop a methodology for measuring the axial load on the measuring scales that are found in the Motor Vehicle Laboratory at the Faculty of Science Engineering in Kragujevac and measuring the axial load on three road vehicles. The performed test serves as a check of the axle load and the measured value is compared with the value of the axle load prescribed by the car manufacturer. In the way that bad road damages the vehicle, in the same way the vehicle damages the road, directly through the tire, so checking the axle load is of great significance. The procedure and the results of the performed measurement are given in the paper.

Key words: *Axle load, measuring scales, methodology, WIM systems, motor vehicles.*

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
2. ОСОВИНСКО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ВОЗИЛА - ПРЕГЛЕД ЗАКОНСКИХ ОГРАНИЧЕЊА	3
3. САВРЕМЕНЕ МЕТОДЕ И УРЕЂАЈИ ЗА МЕРЕЊЕ ОСОВИНСКОГ ОПТЕРЕЋЕЊА МОТОРНИХ ВОЗИЛА	6
3.1 Методе за мерење осовинског оптерећења моторних возила.....	6
3.1.1 Мерење динамичких сила на бази измерених компонената убрзања ослоњених и неослоњених маса	6
3.1.2 Мерење динамичких сила на бази измерених деформација пнеуматика	7
3.1.3 Мерење динамичких сила на бази измерених деформација обода главчине точка....	9
3.1.4 Мерење динамичких сила на бази измерених момената савијања на осовини.....	10
3.2 Преглед савремених уређаја за мерење осовинског оптерећења моторних возила	10
3.2.1 Ваге AXW фирме WALZ за мерење осовинског оптерећења.....	11
3.2.2 Колске тепих ваге	12
3.2.3 Друмске ваге VMP-2 фирме Мерила.....	14
3.2.4 Ваге HAENNI WL.....	16
3.2.5 Ваге за мерење осовинског оптерећења са нагазним плочама (NGP - 500) из Лабораторије за Моторна возила на Факултету инжењерских наука	18
3.3 Weigh-in-motion системи	20
3.3.1 Пиезоелектрични сензори Weigh-in-motion система	22
3.3.2 Савојне плоче Weigh-in-motion система	23
3.3.3 Мерне ћелије Weigh-in-motion система.....	24
4. РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА МЕРЕЊЕ ОСОВИНСКОГ ОПТЕРЕЋЕЊА ВОЗИЛА	26
4.1 Методологија мерења осовинског оптерећења возила.....	27
4.1.1 Предмет мерења	28
4.1.2 Мерне величине и начин њиховог мерења	28
4.1.3 Опис опитне инсталације.....	30
4.1.4 Режим рада.....	31
4.1.5 Поступак рада	32
4.1.6 Начин приказивања резултата мерења.....	33

5. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА ОСОВИНСКОГ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ЕЛЕКТРО-МЕХАНИЧКИМ ВАГАМА WWSC	34
5.1 Мерење осовинског оптерећења возила Chevrolet Kalos	34
5.2 Мерење осовинског оптерећења возила Opel Meriva	37
5.3 Мерење осовинског оптерећења возила Fiat Panda.....	40
6. ЗАКЉУЧАК.....	44
7. ПРИЛОЗИ	46
8. ЛИТЕРАТУРА.....	49

1. УВОД

Возило представља сложен механички систем који се састоји од више целина. Присутни су путници, као и користан терет који возило превози. Свако од њих има сопствено тежиште, па јединствено тежиште возила у ствари представља место деловања резултанте свих појединих сила тежине, које се одређују према правилима статике. Када се мења оптерећење возила, долази до промене положаја његовог тежишта, као и до промене процентуалног односа осовинских реакција. Код путничких возила, маса путника (терета) у односу на масу возила обично је таква да се промена положаја тежишта при промени оптерећења може занемарити, што није случај код теретних возила [1].

Највеће конструкцијско осовинско оптерећење, представља највеће дозвољено оптерећење осовине које неће да изазове преоптерећење исте у нормалним условима експлоатације. За свако возило, произвођач декларише највећу дозвољену масу (укупна маса возила и целокупни терет, путници и опрема), као и најмање осовинско оптерећење којим би се у ствари обезбеђивало сигурно и стабилно функционисање возила са аспекта управљивости и обезбеђења довољне вучне силе на погонској осовини. За разлику од највећег конструкцијског оптерећења осовине, дозвољено оптерећење осовине, представља оптерећење осовине коју прописује административни орган државе [2].

Носивост возила је маса до које се возило може оптеретити према декларацији произвођача, где се рачуна и вертикално оптерећење које возило прима од прикључног возила [3]. Одређује се као разлика између највеће дозвољене масе и масе празног возила. При томе, осовинска оптерећења при потпуно оптерећеном возилу морају остати у границама максималних вредности, прописаним од стране произвођача. Рачунским путем, применом општих статичких услова равнотеже, може се извршити провера испуњености овог услова [1].

Коловозна конструкција је део пута по коме се одвија саобраћај, служи да омогући безбедно, удобно и економично кретање возила у предвиђеном периоду експлоатације. Да би се то испунило, потребно је да коловозна конструкција задовољава следеће услове:

- да буде довољно отпорна на утицаје покретног оптерећења и да обезбеди преношење оптерећења на постељицу и тло,
- да је употребљива за саобраћај у свим временским условима,
- да површинске карактеристике (храпавост и равност) обезбеде угодну и безбедну вожњу и
- да обезбеди пројектовани век трајања уз једноставно одржавање и прихватљиве трошкове [4].

Саобраћајна инфраструктура представља животну линију сваке државе, доприносећи њеном економском просперитету кроз ефикаснија путовања, повећање мобилности, стимулисање економских активности итд. Да би саобраћајна инфраструктура остала здрава, безбедна и ефикасна, потребно је предузети кораке којим би се заштитила

од негативних спољних утицаја. Транспортна предузећа све више ангажују теретна возила која су већа и по величини и по носивости (да би остала ефикасна и конкурентна). Ово представља проблем, из разлога што преоптерећена теретна возила узрокују значајне негативне ефекте на самом коловозу, што има за последицу уништавање саме саобраћајнице, смањење периода експлоатације, повећање трошкова одржавања итд. Случајне контроле и станице за мерење оптерећења више нису довољне за проверу осовинског оптерећења, па се напретком технологија сензора у свету развија нови систем мерења осовинског оптерећења возила у покрету, тзв. *WIM* (енг. *Weigh-In-Motion*) системи [5].

Контрола укупне тежине возила и осовине је корисна у целом опсегу примена укључујући:

- конструисање, контролу и истраживање коловоза,
- конструисање, контролу и истраживање мостова,
- законска ограничења (висина и тежина),
- законске прописе и правила,
- администрацију и планирање [6].

Тема овог мастер рада је развој методологије за мерење осовинског оптерећења моторних возила на електро-механичким вагама WWSC. Приказане су методе и уређаји који се користе при мерењу осовинског оптерећења, као и преглед законских ограничења. Испитивања моторних возила извршена су на електро-механичким вагама, које се налазе на Факултету инжењерских наука у Лабораторији за моторна возила у Крагујевцу. Мерење је извршено на три путничка возила, приказани су резултати и извршена је анализа.

2. ОСОВИНСКО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ВОЗИЛА - ПРЕГЛЕД ЗАКОНСКИХ ОГРАНИЧЕЊА

У општем случају "оптерећење" представља силу којом возило дејствује на хоризонталну раван контакта, у статичким условима. Маса и оптерећење се мере код возила у стању мировања, на хоризонталној подлози, при чему се управљачки точкови налазе у положају за кретање у правцу [2].

Према „Правилнику о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима“, осовинско оптерећење возила, односно скупа возила у стању мировања на хоризонталној подлози не сме прелазити вредности декларисане од стране произвођача и вредности наведене на произвођачкој табlici на возилу [7].

На погонске точкове возила врсте L, M и N, ако је возило оптерећено у и стању мировања на хоризонталној равни, мора деловати најмање једна четвртина укупне масе возила, односно скупа возила [7].

На точкове управљачке осовине возила врсте L, M и N, ако је возило оптерећено и у мировању на хоризонталној површини, мора деловати најмање једна петина укупне масе возила.

Према [7], осовинско оптерећење возила мора да задовољи одговарајућа ограничења.

Осовинско оптерећење возила не сме прелазити вредности:

- за једну гоњену осовину – 10 t,
- за једну погонску осовину – 11,5 t.

Укупно оптерећење две осовине моторних возила које имају међусобно растојање, d , такво да је:

- до 1,0 m ($d < 1,0m$) не сме да прелази 11,5 t,
- од 1,0 m до 1,3 m ($1,0m \leq d < 1,3m$) не сме да прелази 16 t
- од 1,3 m до 1,8 m ($1,3m \leq d < 1,8m$) не сме да прелази 18 t, односно 19 t ако је погонска осовина опремљена удвојеним пнеуматичима и ваздушним ослањањем, или ослањањем које се прихвата као еквивалентно, или где је свака погонска осовина опремљена са удвојеним пнеуматичима и при чему максимално осовинско оптерећење било које осовине не прелази 9,5 t.

Укупно оптерећење две осовине прикључних возила са међусобним растојањем:

- до 1,0 m ($d < 1,0m$) не сме да прелази 11 t,
- од 1,0 m до 1,3 m ($1,0m \leq d < 1,3m$) не сме да прелази 16 t,
- од 1,3 m до 1,8 m ($1,3m \leq d < 1,8m$) не сме да прелази 18 t,
- од 1,8 m или веће ($d \geq 1,8m$) не сме да прелази 20 t.

Укупно оптерећење три осовине прикључних возила са међусобним растојањем:

- које не прелази 1,3 m ($d \leq 1,3m$) не сме да прелази 21 t,
- које прелази 1,3 m и не прелази 1,4 m ($1,3m < d \leq 1,4m$) не сме да прелази 24 t.

Правилником [8] се прописују метролошки услови за мерила масе - ваге за мерење возила (друмска и шинска) у покрету. Према [8], под вагама се подразумевају мерила масе која служе за одређивање масе возила под утицајем силе гравитације (Земљине теже) на ту масу, кад се возило креће преко пријемника оптерећења. Ваге могу мерити масу возила мерењем појединачних осовинских оптерећења и мерењем укупне масе возила. Могу бити:

- ваге за мерење масе (повезаних и неповезаних шинских возила у покрету),
- ваге за мерење масе друмских возила у покрету.

Такође, ваге морају бити конструисане тако да се на њима може мерити и маса возила или осовинских оптерећења у мировању. Када је у питању статичко мерење, зависно од броја подељака, ваге се деле на класе тачности (табела 1).

Табела 1. Класе тачности вага [8]

Класа тачности	Број подељака	
	Најмањи	Највећи
III	> 500	5000
III	100	500

Одредбе из правилника [8] које се односе на својства конструкције су:

- Кад се вага за мерење масе возила у покрету користи и као вага са неаутоматским функционисањем, она мора да испуни све услове у погледу конструкције који се односе на ваге са неаутоматским функционисањем.
- Ваге за мерење повезаних возила у покрету морају се поставити на раван део коловоза и нагиб не сме бити већи од 2%, зависно од дужине композиције која се мери, ако произвођач ваге није друкчије прописао.

- Пријемник оптерећења ваге за мерење повезаних возила у покрету мора бити удаљен од кривина, скретница и укрштања најмање за дужину композиције која се мери, ако произвођач ваге није друкчије прописао.
- Брзина кретања возила која се мере мора бити константна и не сме бити већа од 10 km/h. Ако је брзина возила већа од одговарајуће највеће брзине за ту вагу, податак мерења се не сме исказати или се сме исказати али са посебним упозорењем да услови мерења не одговарају прописаним условима.

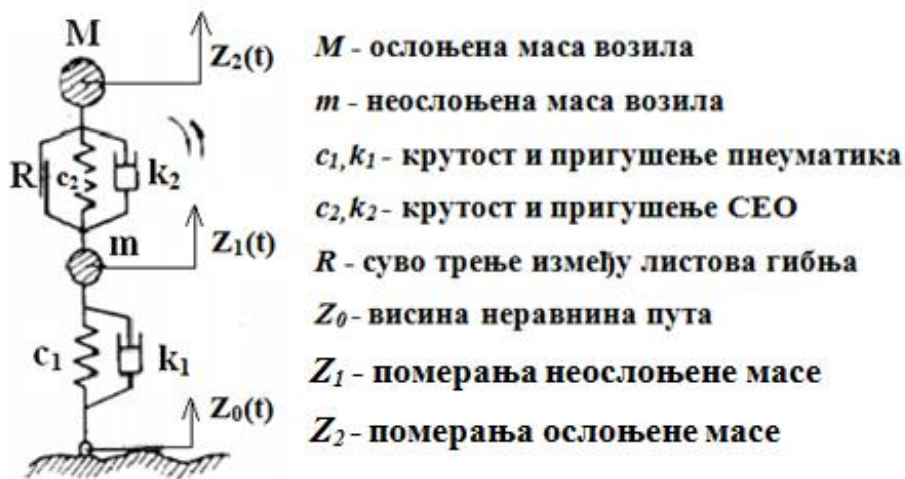
3. САВРЕМЕНЕ МЕТОДЕ И УРЕЂАЈИ ЗА МЕРЕЊЕ ОСОВИНСКОГ ОПТЕРЕЋЕЊА МОТОРНИХ ВОЗИЛА

3.1 Методе за мерење осовинског оптерећења моторних возила

Постоји више метода за мерење дејства возила на коловоз. Проблем мерења сила у контакту пнеуматик - тло је комплексан, јер се у контакту јављају три компоненте резултујуће силе и три компоненте момента. Такође, проблематично је и постављање давача, па се зато мерно место помера у центар тачка, где се постављају динамометри, тако да се обезбеди функција главчине тачка и да постоје мерни елементи за мерење сила.

3.1.1 Мерење динамичких сила на бази измерених компонената убрзања ослоњених и неослоњених маса

Избор давача и мерног места представља основни проблем при мерењу динамичких сила на точковима возила. На слици 1 приказан је четвртински модел возила, који се може посматрати при избору одговарајуће методе.



Слика 1. Одређивање динамичких сила на тачку помоћу четвртинског модела возила [6]

Једначине кретања модела са слике 1 су:

$$M\ddot{z}_2 + k_2(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) + c_2(z_2 - z_1) + \text{sgn}(z_2 - z_1) \cdot R = 0 \quad (1)$$

$$m\ddot{z}_1 - k_2(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) - c_2(z_2 - z_1) - \text{sgn}(z_2 - z_1) \cdot R = c_1(z_0 - z_1) + k_1(\dot{z}_0 - \dot{z}_1) \quad (2)$$

На основу једначина (1) и (2) мерење силе у контакту пнеуматик - тло се интерпретира на два начина. Динамичка побудна сила је дефинисана као:

$$F_{din} = c_1(z_0 - z_1) + k_1(\dot{z}_0 - \dot{z}_1) \quad (3)$$

где су вредности за c_1 , k_1 познате, а вредности z_0 , $\dot{z}_0$, z_1 , $\dot{z}_1$ се мере.

Сабирањем једначина (1) и (2) добија се следећа једначина:

$$M\ddot{z}_2 + m\ddot{z}_1 = c_1(z_0 - z_1) + k_1(\dot{z}_0 - \dot{z}_1) = F_{din} \quad (4)$$

масе M и m су познате, а убрзања $\ddot{z}_1$ и $\ddot{z}_2$ се мере.

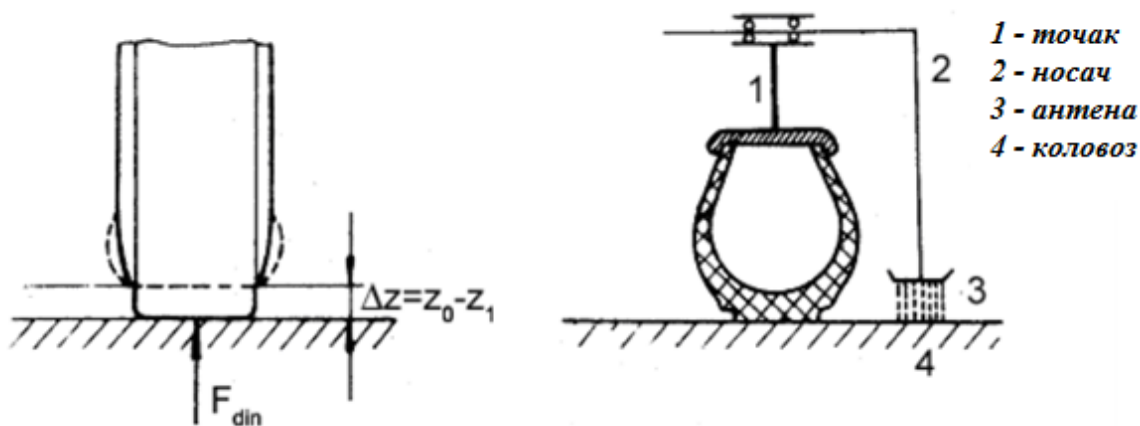
3.1.2 Мерење динамичких сила на бази измерених деформација пнеуматика

Брауншвајг метода је једна од старијих метода за мерење динамичких реакција тла. Користи принцип радијалних деформација пнеуматика помоћу капацитивних давача, слика 2, при чему се занемарује пригушење у пнеуматику:

$$F_{din} = c_1(z_1 - z_0) \quad (5)$$

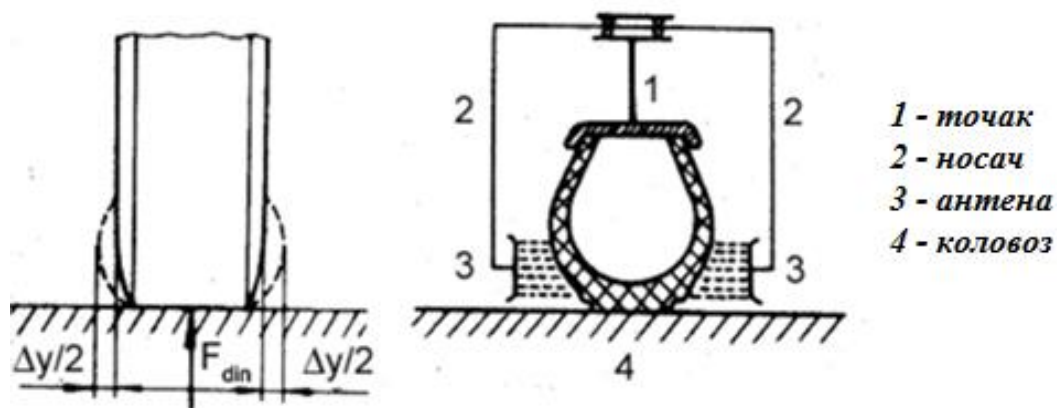
Мерење се заснива на чињеници да капацитивни давач са променом растојања плоче од коловоза мења и напон, и на тај начин се региструје радијална деформација пнеуматика.

На сличном принципу као Брауншвајг метода, базирају се и друге методе које успостављају однос између радијалне силе и бочне силе пнеуматика.



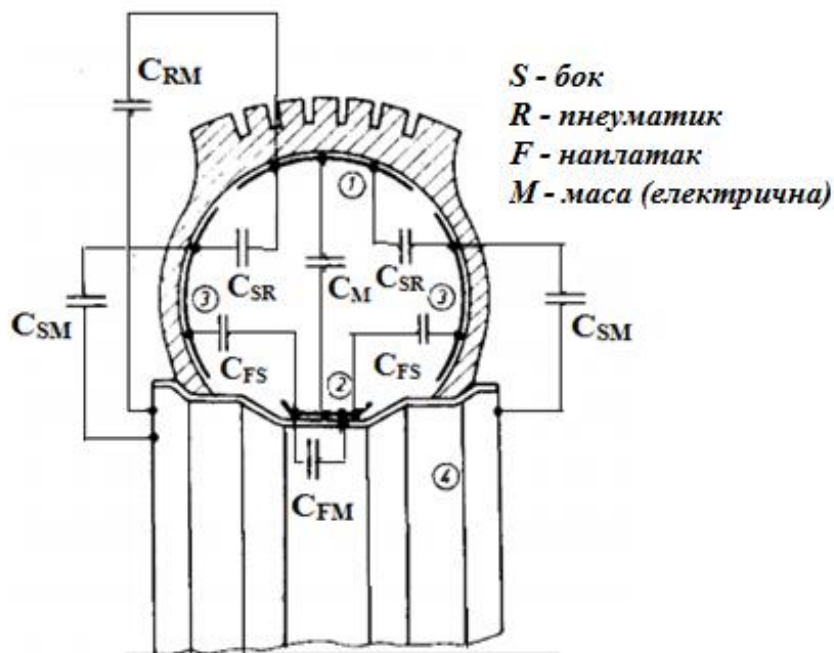
Слика 2. Мерење динамичких сила на точковима помоћу мерења радијалних деформација пнеуматика [6]

Минхенска метода подразумева примену капацитивних давача, чије су плоче усмерене на бок пнеуматика, па се на бесконтактни начин мери бочна деформација пнеуматика, слика 3.



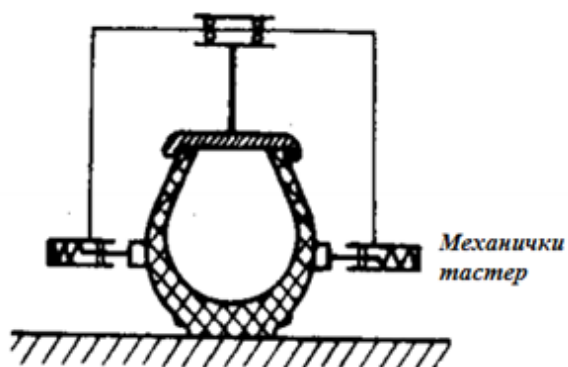
Слика 3. Мерење динамичких сила на точковима помоћу мерења бочних деформација пнеуматика [6]

Метода употребе капацитивних електрода уграђених у точак, слика 4, је комплекснија метода у односу на Минхенску и Брауншвајнг методу. Развијена је 1974. године. Код ове методе се плоче кондензатора постављају на одговарајуће унутрашње површине пнеуматика. На њих се поставља одговарајући слој метала. Променом висине пнеуматика, при заокретању точка, долази до промене размака између кондензаторских плоча и до промене излазног напона, при чему се излазни напон доводи у везу са вертикалном силом [6].



Слика 4. Мерење динамичких сила на точковима помоћу електрода [6]

Мерење помоћу давача померања је контактна метода мерења динамичких сила на точку помоћу давача померања, слика 5.



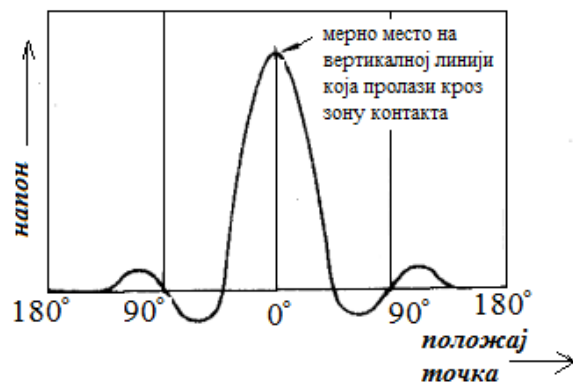
Слика 5. Мерење динамичких сила на точковима помоћу давача померања [6]

3.1.3 Мерење динамичких сила на бази измерених деформација обода главчине точка

Дармитатска метода је старија метода код које су мерне траке залепљене на ободу точка и окрећу се заједно са ободом точка, слика 6. Под дејством оптерећења, мерне траке се деформишу и јавља се излазни напон на мосту. Максимални излазни напон се јавља када се мерно место поклапа са нултим положајем, а удаљавањем од нултог положаја напон се смањује, слика 7 [6].



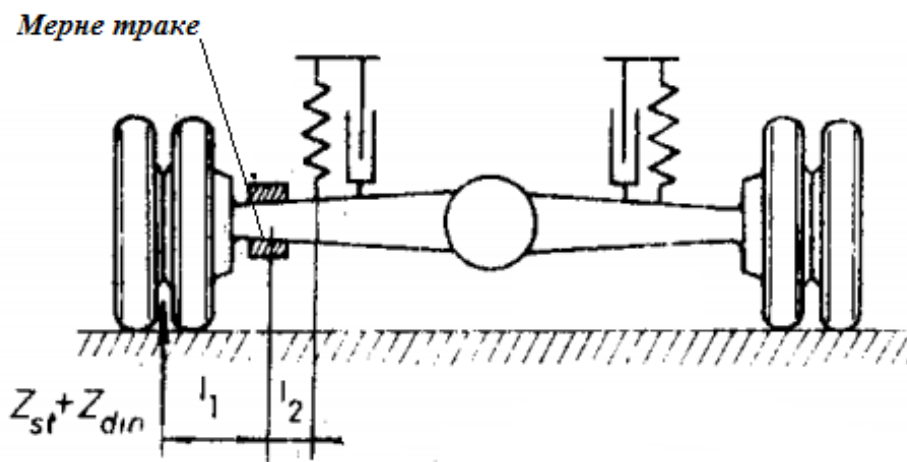
Слика 6. Мерење динамичких сила на точковима мерењем деформација обода точка, приказ постављања мерних трака [6]



Слика 7. Дијаграм измене напона на ободу точка [6]

3.1.4 Мерење динамичких сила на бази измерених момената савијања на осовини

Код зависног система ослањања, вертикалне силе на точку оптерећују облогу погонског моста. Мерењем напрезања облоге може се добити повратна информација о вертикалној сили точка. Код круте облоге погонског моста, мерне траке се постављају на мерна места одабрана на бази анализе стања напрезања (слика 8). Мерне траке се могу поставити и на опруге, амортизере, итд. При таквом мерењу се прави грешка, јер се не мери инерцијална сила неослоњене масе (погонског моста) [6].



Слика 8. Мерење момента савијања на облози погонског моста [6]

3.2 Преглед савремених уређаја за мерење осовинског оптерећења моторних возила

За мерење осовинског оптерећења моторних возила и контролу поштовања прописа у саобраћају за возила са теретом, користе се мерне ваге. Поред поштовања саобраћајних прописа, праћење осовинског оптерећења има за циљ спречавање оштећења путева и очување саобраћајница.

Систем за мерење осовинског оптерећења, слика 9, се састоји од мерних платформи, компјутерског система за унос података, обраду измерених вредности и дигиталну калибрацију и штампача за штампање података о извршеним мерењима.

За мерење осовинског оптерећења возила у покрету користе се тзв. “*Weigh-in-motion*“ системи (WIM).



Слика 9. Мерне ваге за мерење осовинског оптерећења са основним елементима [9]

3.2.1 Ваге AXW фирме WALZ за мерење осовинског оптерећења

Ваге **AXW** намењене су за испитивање возила до 110 t. Реч је о преносивим вагама, које су пројектоване за мерење статичке или динамичке тежине возила (у покрету). Ове ваге израђене су од алуминијума. Њихов напредни дизајн чини их једним од најпопуларнијих вага за мерење тежине камиона. Могу бити различитог типа: **AXW 30 t**, **AXW 45 t**, **AXW 95 t**, **AXW 110 t**.

Портабл ваге **AXW 45 T**, слика 10, су посебно пројектоване за испитивање возила до 45 t (рударска возила, возила намењена за кретање по беспутним теренима). Веома су једноставне за употребу, за инсталирање и уклањање. У табели 2 дате су техничке карактеристике ваге овог типа.



Слика 10. Вага за мерење тежине возила AXW-45T [10]

Табела 2. Техничке карактеристике ваге AXW-45T [11]

<i>Димензије ваге</i>	800 x 700 x 50 cm
<i>Димензије рампе</i>	800 x 355 cm
<i>Максимални капацитет ваге</i>	45 t
<i>Радна температура</i>	- 40° C ~ + 80° C
<i>Осетљивост</i>	1 ± 0.20 %
<i>Нелинеарност</i>	≤ 0.20 %
<i>Тачност - у покрету</i>	± 3.5 %

3.2.2 Колске тепих ваге

Колска тепих вага са металним мостом (преносива). Вага овог типа намењена је мерењу свих врста теретних возила до највеће масе од 60 t. Мост је максималне дужине до 18 m и максималне ширине до 3 m, слика 11. Вага се монтира на унапред припремљену подлогу, потпуно је електронска, тј. нема покретних механичких делова подложних хабању, чиме је обезбеђена велика прецизност, сигуран и дуготрајан рад. Носећа мерна платформа је челична конструкција, димензионисана да може да поднесе оптерећења и највећих возила која су у саобраћају. Са чеоних страна носеће платформе постављају се одбојници који обезбеђују правилан положај моста. На тај начин, употреба вага је сигурна и поуздана. У табели 3 дате су карактеристике преносивих камионских вага различитог типа [12].



Слика 11. Тепих вага са металним мостом [12]

Табела 3. Карактеристике преносивих камионских вага различитог типа [12]

<i>Тип ваге</i>	<i>Мерни опсег (kg)</i>	<i>Најмањи подељак (kg)</i>	<i>Дужина моста (m)</i>	<i>Ширина моста (m)</i>
KV 10/15	10 000	5	5,5/6	2,5/3
KV 20	20 000	10	8	3
KV 30	30 000	10	10	3
KV 60	60 000	20	18	3

Колска тепих вага са бетонским мостом (са 1 или 3 сегмената). Код ових вага важи исто што и за колске ваге са металним мостом. Разликују се једино у погледу носеће платформе, која је код ових вага армирана бетонска, слика 12.



Слика 12. Тепих вага са бетонским мостом [12]

Колска тегних вага са металним мостом у плиткој јами, слика 13, намењена је за мерење свих врста теретних возила до 60 t. Смешта се у плитку бетонску јаму и потпуно је електронска.



Слика 13. Колска вага са металним мостом у плиткој јами [12]

3.2.3 Друмске ваге VMP-2 фирме Мерила

Осовинске ваге типа **VMP-2** намењене су, пре свега, за мерење осовинских оптерећења и тежине друмских возила у покрету (*WIM* систем). Користе се за мерење терета у предузећима, за мерење возила у салама за пробу и у станицама техничких контрола. VMP-2 ваге, њихове радне особине и отпорност је могуће упоредити са чврсто уграђеним вагама, слика 14. Имају могућност лаког премештања на нову локацију [13].



Слика 14. Приказ мерних вага типа VMP-2- чврсто уграђене [13]

Карактеристике ваге VMP-2

Ваге VMP-2 су мобилни уређаји, које је могуће током неколико минута увести у рад, тако да корисник на тај начин добија информације о оптерећењу осовина и укупној тежини мерених возила. Возила је могуће мерити статички, при чему се свака осовина возила на тренутак заустави на мерним површинама. Такође, могуће је мерити возила током вожње (бржи процес) и тада возило прелази сталном брзином до 5 km/h преко мерних површина, које су постављене у плитком отвору (јами). После завршетка мерења последње осовине, оптерећење осовина и укупна тежина се аутоматски прикажу. Уређај се састоји од две мерне површине, од којих је свака димензионисана на максимално оптерећење точка (око 7500 kg) и од јединице за читавање [13]. У табели 4 су дати основни технички параметри ваге VMP-2.

Табела 4. *Технички параметри ваге VMP-2 [13]*

<i>Горња граница мерења површине и ваге</i>	7500 + 7500 kg
<i>Доња граница мерења површине и ваге</i>	500 + 500 kg
<i>Број мерених осовина</i>	Неограничен
<i>Део "d" при мерењу током вожње/статички</i>	50/10, 20, 50 kg
<i>Максимална брзина прелаза преко мерних површина</i>	5 km/h
<i>Максимална брзина вожње при мерењу</i>	5 km/h
<i>Минимална брзина вожње при мерењу</i>	1 km/h
<i>Класа тачности при мерењу возила током вожње према OIML R134</i>	2
<i>Класа тачности при статичком мерењу према ČSN 45501</i>	III
<i>Функционалне дим. две мерне површине</i>	2500 x 600 mm
<i>Димензије мерне површине</i>	800 x 600 x 100 mm
<i>Тежина мерне површине</i>	54 kg

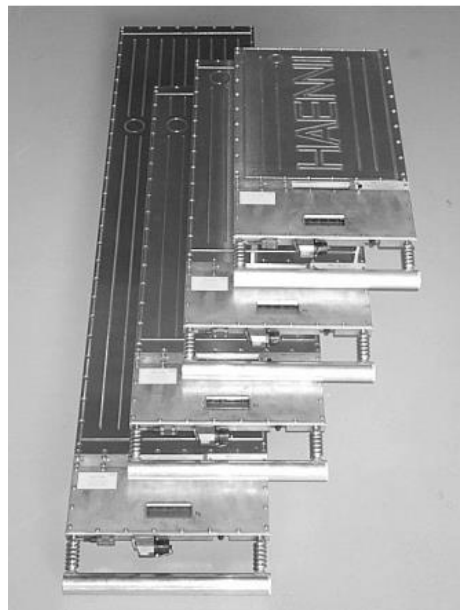
3.2.4 Ваге HAENNI WL

HAENNI WL 101, слика 15, јединствене су у својој врсти. Свака скала је израђена ручно. Широм света је више од 25000 ових вага у служби. Веома је лака за ношење и може се употребити у било ком тренутку. Примењује се за мерење осовинског оптерећења возила. Према OIML, класа тачности је III. Одсуство било каквог покретног дела у платформи и употреба високо отпорних материјала, велике чврстоће и отпорности на корозију, гарантује поузданост и дуг век трајања [14].



Слика 15. Вага HAENNI WL 101 [14]

HAENNI WL 103 (слика 16) - вага за мерење оптерећења точкова је преносив нископрофилни уређај, дизајниран за вршење брзих и тачних мерења оптерећења точкова, а преко њих и осовинског оптерећења и укупне масе возила која користе гумене облоге точкова пуњене ваздухом. У пратећу опрему ваге HAENNI WL 103 спадају теписи, мобилне торбе за прикупљање података, пуњачи, уређаји за тестирање вага, итд. [14].



Слика 16. Изглед ваге HAENNI WL 103 [14]

У табели 5 су дати основни технички параметри ваге HAENNI WL 103.

Табела 5. *Технички параметри HAENNI WL 103 [15]*

<i>Носивост</i>	0-2 t	0-10 t	0-15 t
<i>Подељак мерења</i>	5 или 10 kg	20 или 50 kg	50 kg
<i>Прецизност</i>	Према OIML R-76 разред тачности III		
<i>Температурно подручје рада</i>	- 20 °C до + 60 °C (0 °C до + 40 °C за вагу 2 t /5 kg)		
<i>Висина платформе</i>	19 mm и 17 mm		
<i>Тежина</i>	14 kg, 17 kg (стандард), 20 kg (средња), 29 kg (XL)		
<i>Конструкција</i>	Алуминијум, IP 65		
<i>Аутоматско искључење</i>	Након 10 минута без оптерећења		

Ваге HAENNI WL 104 (слика 17) користе се за мерење осовинског оптерећења возила у стању мировања или при кретању возила до 20 km/h. Висина платформе је 17 mm, а тежина ваге 20 kg. Према OIML, класа тачности је III.



Слика 17. *Вага HAENNI WL 104 [14]*

3.2.5 Ваге за мерење осовинског оптерећења са нагазним плочама (NGP - 500) из Лабораторије за Моторна возила на Факултету инжењерских наука

Ваге које су раније коришћене за мерење осовинског оптерећења моторних возила у Лабораторији за моторна возила на Факултету инжењерских наука, састоје се од следећих елемената: леве и десне наилазне рампе, леве и десне нагазне плоче у оквиру којих се налази давач за мерење силе, HBM Z7, и мерног моста, HBM UPM 60, са принтером, HBM D20.

На слици 18 дат је приказ мерних вага са основним елементима. Намењене су за мерење осовинског оптерећења путничких моторних возила, лаких приколица и лаких доставних возила. Максимална вредност осовинског оптерећења која се може измерити је 1000 kg. Калибрација ових вага врши се помоћу мерног моста HBM UPM 60.



Слика 18. Мерне ваге за мерење осовинског оптерећења [16]

Лева и десна наилазна рампа приказана је на слици 19. Израђене су од челичних кутијастих профила. Омогућавају наилазак једног точка возила на вагу. Међусобно растојање наилазних рампи се подешава према трагу точкова возила чија се маса мери.



Слика 19. Изглед наилазне рампе ваге NGP - 500 [16]

На слици 20 дат је детаљ нагазне плоче испод које се налази давач за мерење силе HBM Z7. Давач силе HBM Z7 намењен је за мерење силе до 4900 N, израђен је као отпорни давач на бази мерних трака [16].



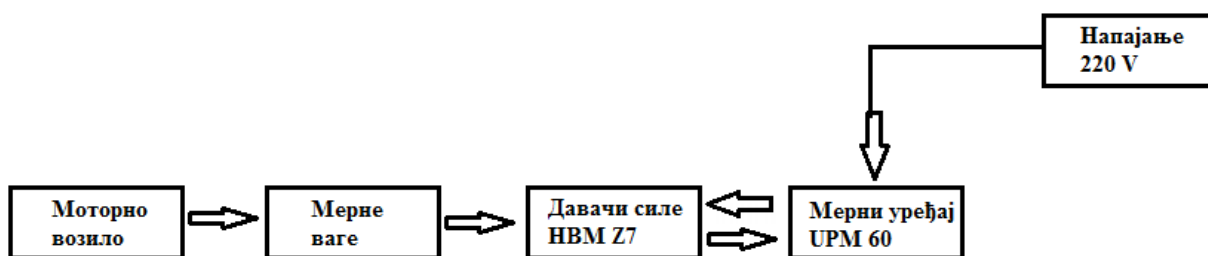
Слика 20. Нагазна плоча са давачем за мерење силе HBM - Z7 [16]

Вишечанални мерни уређај HBM UPM 60 приказан је на слици 21. То је универзално подешљив вишечанални мерни уређај који може да обради и прикаже до 60 мерних канала са различитих типова давача, као што су: давачи на бази мерних трака, индуктивни давачи, термопарови и отпорни давачи температуре. Намењен је за мерење стационарних и квазистатичких сигнала, максималне учестаности до 1 Hz [16].



Слика 21. Вишеканални мерни уређај HBM UPM 60 [16]

На слици 22. приказана је шема опитне инсталације мерних вага NGP - 500.

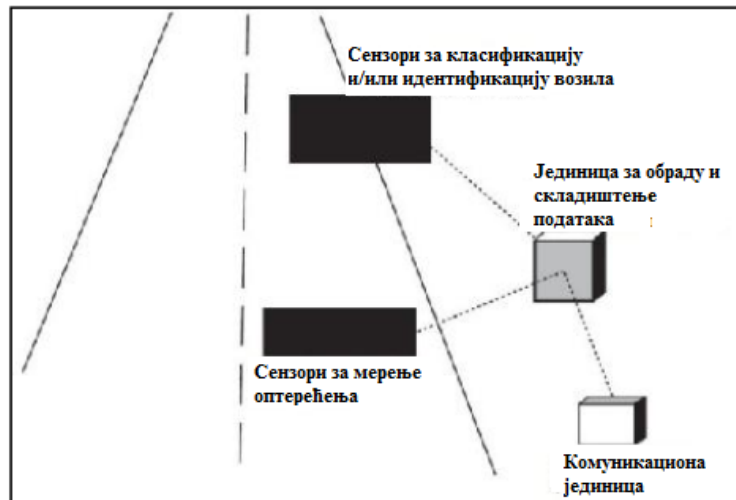


Слика 22. Мерни ланац за мерење осовинског оптерећења возила помоћу вага NGP - 500

3.3 Weigh-in-motion системи

Почетком 1950 година прошлог века, напретком технологија сензора, у свету се развија нови систем мерења оптерећења возила у покрету, тзв. *Weigh-in-motion (WIM)* системи. Приликом мерења оптерећења на WIM сензорима, теретна возила не морају да се заустављају изнад сензора, што представља и највећу предност ових система. Још једна могућност ових система је умрежавање са другим елементима управљања саобраћајем, чиме се од података добијених са WIM сензора ствара база података о саобраћају [5].

WIM системи се састоје од 4 компоненте (слика 23): сензора за мерење оптерећења возила, сензора за класификацију и/или идентификацију возила, јединице за обраду и складиштење података и комуникационе јединице.



Слика 23. Основне компоненте WIM система [5]

Сензори за мерење оптерећења возила могу бити покретни и фиксирани, односно, могу бити постављени на коловоз или уграђени у коловозну конструкцију. Користе се *пиезоелектрични сензори* (енг. *Piezoelectric*), *савојне плоче* (енг. *Bending Plate*) и *мерне ћелије* (енг. *Load Cell*). Сензори за идентификацију возила обично садрже видео камере са циљем снимања долазећих возила или видео камере са ANPR (енг. *Automatic Number Plate Recognizer*) технологијом, која служи за аутоматско препознавање регистарских ознака возила. Јединица за обраду и складиштење података је обично постављена крај коловоза у фиксираној кутији [5].

Предности WIM система су:

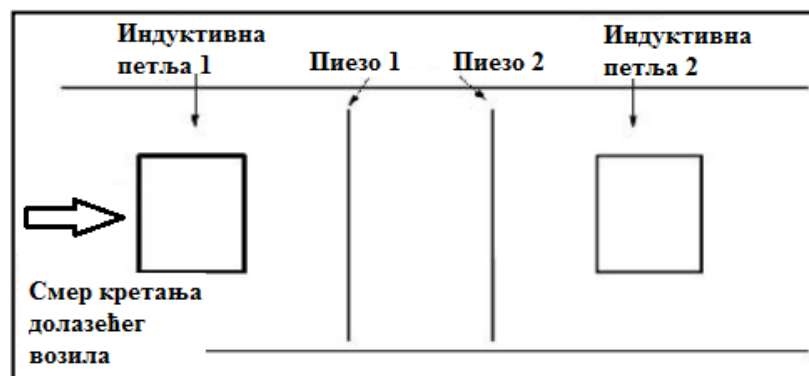
- *Брзина обраде података* - Камioni могу да се мере док се крећу ауто-путним брзинама, што даје већи број избројаних возила у кратком временском периоду у поређењу са статичким мерним јединицама.
- *Сигурност* - Минимизација статичког мерења ће значајно смањити акумулацију возила у коловозним тракама које воде ка мерним станицама.
- *Континуална обрада података* - Мерење возила у покрету може се обављати континуирано, за разлику од статичког мерења које користе узорке саобраћајних токова. То може да уклони било коју грешку код статичког мерења.
- *Повећана покривеност и нижи трошкови* - WIM системима може се контролисати више места по истој цени.
- *Минимализовано избегавање мерења* - WIM системи могу да контролишу саобраћај камиона без упозорења возача.
- *Динамички подаци о оптерећењу* - За разлику од статичких мерења, WIM јединице могу да сниме информације о динамичком осовинском оптерећењу, које може бити веће од статичког оптерећења [6].

Недостаци WIM системасу:

- *Мања тачност* - Ови системи су мање тачни од статичких вага. Према Националном бироу за стандардизацију САД, ваге за мерење оптерећења точка морају да имају захтевану тачност од $\pm 1\%$ када се испитују при баждарењу, а након тога тачност се мора одржавати на $\pm 2\%$. Најбоља тачност остварена са најскупљим уобичајено коришћеним WIM системом је $\pm 6\%$ стварне тежине возила код 95% измерених камиона.
- *Смањена количина информација* - Информације о камиону које се лако прикупљају при статичким мерењима не могу се добити код типичних WIM система.
- *Подложност оштећењима од електромагнетних прелазних утицаја* - WIM системи су осетљиви на електромагнетне сметње изазване већином ударима муња у близини опреме [6].

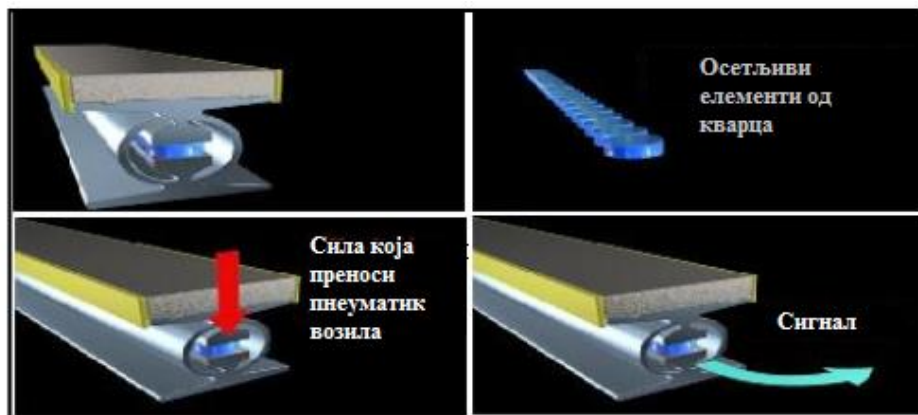
3.3.1 Пиезоелектрични сензори Weigh-in-motion система

Пиезоелектрични WIM системи (слика 24) се састоје од једног сензора и две индуктивне петље, које могу бити преносиве или уграђене у коловоз. Постављају се у саобраћајну траку, нормално на правац кретања возила, чиме се омогућава истовремени прелазак пнеуматика исте осовине. У случају кварцних пиезоелектричних сензора, један сензор служи за мерење оптерећења на једном пнеуматику, а други служи за мерење оптерећења на другом пнеуматику исте осовине. Индуктивне петље се постављају пре и после пиезоелектричних сензора. Индуктивна петља која се поставља пре сензора служи за детекцију долазећег возила, чиме се покреће низ активности на самом сензору, док индуктивна петља која се поставља после сензора служи за одређивање брзине возила и међуосовинских растојања базираних на времену потребном да возило пређе пут између индуктивних петљи [5]. Правилно инсталиран и калибрисан пиезоелектрични систем може да мери укупне масе возила које одступају у оквиру 15% од стварне масе возила код 95% измерених камиона [6].



Слика 24. Пиезоелектрични WIM системи [5]

На слици 25 приказан је принцип рада пиезоелектричних сензора. Када механичке силе делују на пиезоелектрични сензор, он генерише одређени напон који је пропорционалан динамичким силама које проузрокује прелазак возила преко сензора. Преласком возила преко сензора, систем мери наелектрисања генерисана од сензора и рачуна динамичко оптерећење. На основу добијеног динамичког оптерећења и одређених калибрационих параметара процењује се статичко оптерећење [5].



Слика 25. Принцип рада пиезоелектричног сензора [5]

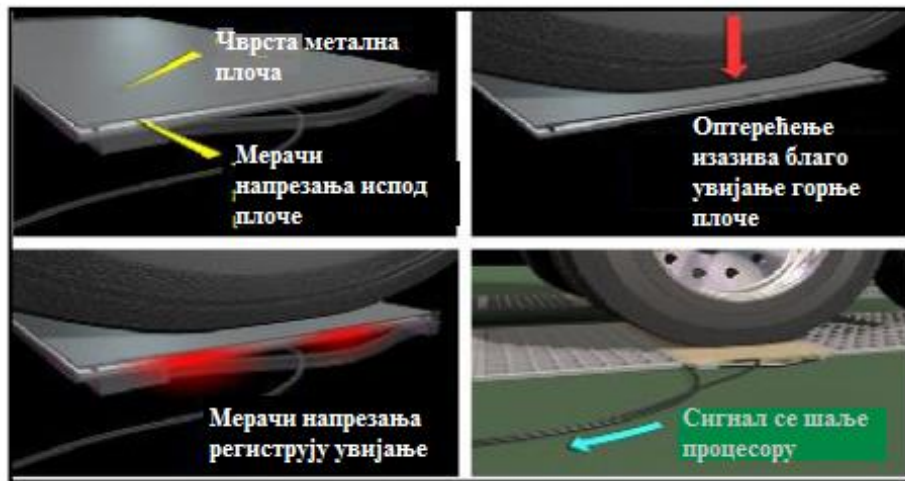
3.3.2 Савојне плоче Weigh-in-motion система

Сензор са савојним плочама (слика 26) се састоји од две челичне платформе. Једна мери оптерећење једног пнеуматика, а друга мери оптерећење другог пнеуматика исте осовине. Овај тип WIM система такође има две индуктивне петље. Индуктивност плоче се мења и производи сигнал када возило пређе преко њега. Савојне плоче се такође постављају нормално на правац кретања долазећих возила, могу бити преносиве или уграђене у коловоз. Функције индуктивних петљи су исте као и у систему са пиезоелектричним сензорима [5]. Правилно инсталирана и калибрисана савојна плоча може да мери укупну масу возила која одступају у оквиру 10% од стварне масе возила код 95% измерених камиона [6].



Слика 26. WIM систем са савојним плочама [5]

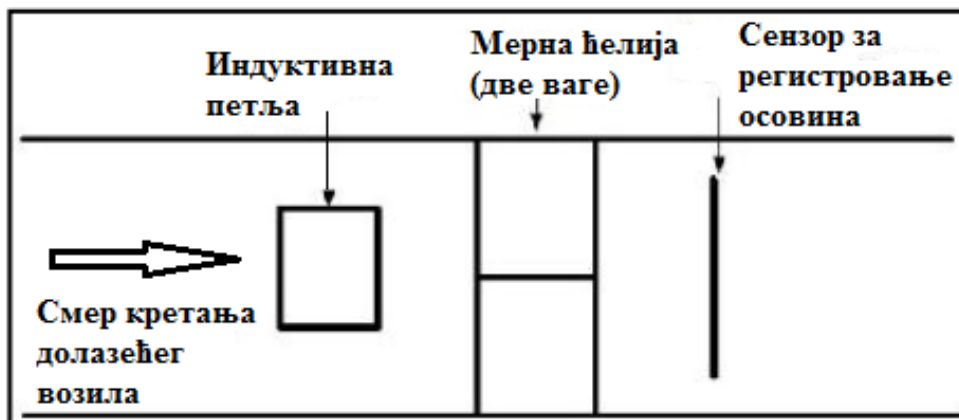
Мерачи напрезања инсталирани су испод савитљивих металних плоча. Када возило прелази преко плоча, мерачи напрезања испод обе плоче мере интензитет увијања, и WIM систем прорачунава динамичке силе које изазивају увијање плоче. Статичко оптерећење се рачуна преко прорачунатог динамичког оптерећења и одређених калибрационих параметара. На слици 27 приказан је принцип рада сензора са савојним плочама.



Слика 27. Принцип рада сензора са савојним плочама [5]

3.3.3 Мерне ћелије Weigh-in-motion система

WIM систем са мерним ћелијама (слика 28), састоји се од једне мерне ћелије са две ваге, најмање једном индуктивном петљом и једног сензора за регистровање осовина. Мерне ћелије се постављају нормално на правац кретања долазећих возила. Индуктивна петља служи за детекцију долазећих возила. Сензор за регистровање осовина се поставља после сензора којим се одређује међуосовинска растојања и брзина возила.

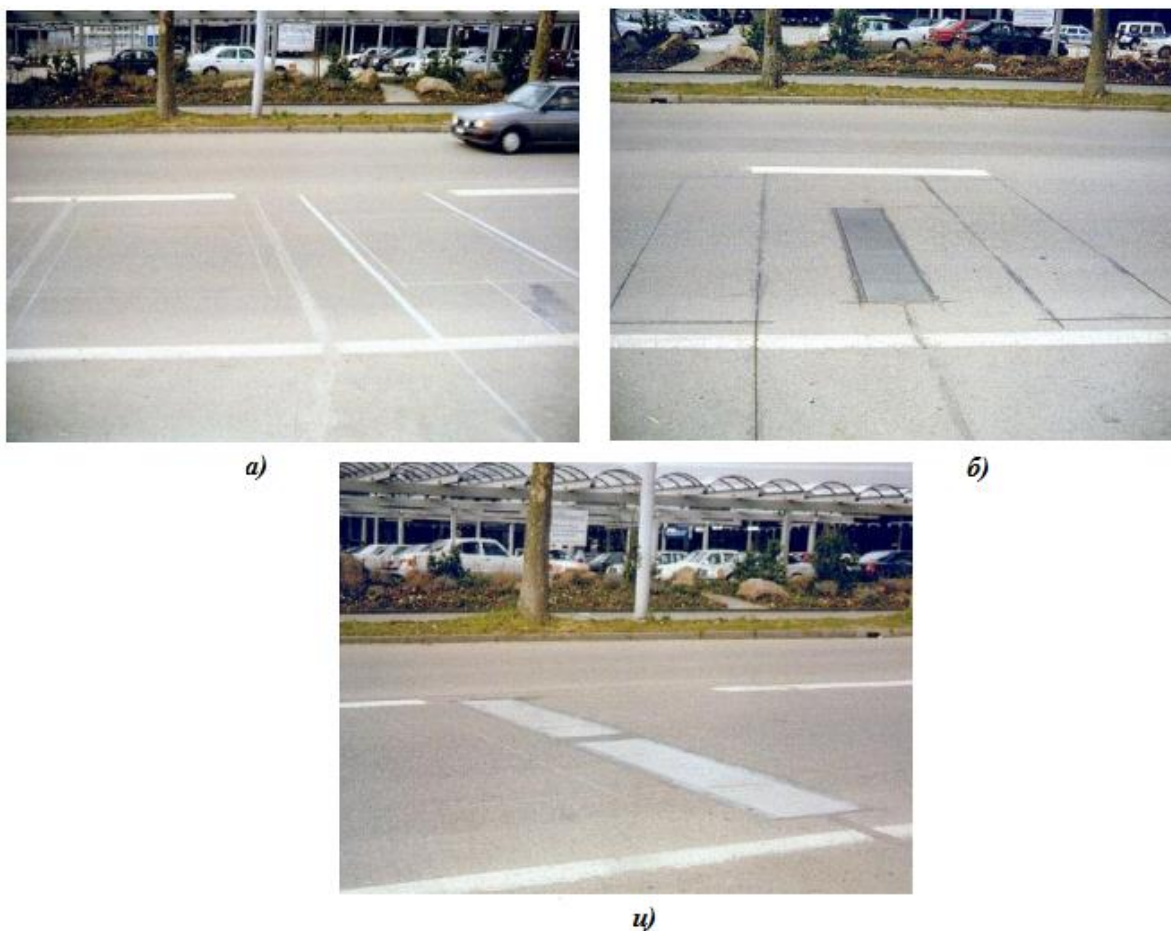


Слика 28. WIM систем са мерним ћелијама [5]

Мерне ћелије су направљене од дуготрајних материја (нпр. од челика), на које су уграђени давачи напрезања. У давачима напрезања се налази проводник (жица) кроз који тече струја. Када се ћелија оптерети преласком возила преко сензора, тада се проводник благо сабија, што резултује променом отпора струје. Систем потом мери варијације отпора и рачуна оптерећења измерена на обе ваге, након чега сумира резултате, чиме се добијају осовинска оптерећења.

Поред претходно описане три врсте сензора *Weigh-in-motion* система, постоје и сензори са **фибер-оптичким кабловима**, чији је прототип направљен у оквиру WAVE пројекта у Европи и његов принцип рада је сличан као код пиезоелектричних сензора [5].

На слици 29 приказани су WIM сензори постављени на коловозу.



Слика 29. WIM сензори постављени на коловозу а) кварцни и пиезокерамички сензори; б) капацитивни сензори; ц) савојне плоче [6]

4. РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА МЕРЕЊЕ ОСОВИНСКОГ ОПТЕРЕЋЕЊА ВОЗИЛА

Испитивање представља методологију објективног утврђивања квалитета испитиваног објекта, тј. својства испитиване појаве. По свом циљу и садржају могу да буду врло различита. *Методологија* представља скуп принципа, процедура и вештина примењених у истраживању, који обухвата целокупан процес спровођења истраживања (планирање и спровођење истраживања, доношење закључака и објављивање резултата) [6].

Испитивање моторних возила спроводи се по посебним методологијама, које могу бити:

- донете на основу међународног стандарда ISO,
- прописане на националном нивоу и
- донете од стране произвођача.

Методологије испитивања моторних возила могу се са становишта непосредног циља, односно врсте тражених информација, разврстати на следећи начин:

- *испитивање перформанси*, односно *функционалних карактеристика*,
- *испитивање радних оптерећења и услова под којим се експлоатише возило* и његови саставни склопови и елементи,
- *испитивање поузданости*, односно способности очувања излазних функционалних карактеристика у одређеном периоду времена, под одређеним радним оптерећењима и условима рада,
- *испитивање карактеристика безбедности* возила, односно карактеристика које обезбеђују безбедност возила у саобраћају [17].

У односу на место извођења, методологија испитивања се разврстава на:

- лабораторијска испитивања,
- путна испитивања,
- полигонска испитивања.

Лабораторијска испитивања се обављају у лабораторији, на посебно израђеним уређајима за испитивање. Повољни услови омогућавају примену веома разноврсне и тачније опреме, што гарантује опсежнија мерења и прецизније резултате испитивања. Недостатак је повремена немогућност потпуног симулирања спољашњих утицаја на испитивани проблем и разматрање њиховог деловања на понашање објекта испитивања. Методологија испитивања има изузетан значај за веродостојност резултата добијених у лабораторијским условима, јер због разлика у режимима испитивања у лабораторијским и стварним условима, резултати могу бити неупотребљиви. У лабораторијским као и у

другим испитивањима увек је боље посматрати целе системе и склопове него појединачне елементе због утврђивања утицаја макро - околине.

Полигонска испитивања (путна испитивања на полигону) представљају врсту убрзаних испитивања при форсираним режимима вожње по посебним опитним стазама и објектима изграђеним на опитном полигону. То су, у ствари, специјални грађевински обликовани простори на којима се несметано и интензивно изводе испитивања и провере које су од посебне важности за испитивање и развој возила, како прототипа тако и примерака из серијске производње. У односу на путна испитивања, полигонска испитивања имају знатно повољније и стабилније услове за рад, јер код путних испитивања многи фактори могу да утичу на тачност и време испитивања. Највећа погодност полигонских испитивања је уочљива при упоредном испитивању више модела возила при истим режимима и оптерећењима.

Путна испитивања се обављају током кретања возила по путу, при чему је отежано и понекад немогуће коришћење квалитетне лабораторијске опреме, која је осетљивија, па није погодна за употребу ван лабораторије. Ова испитивања су реалнија али знатно скупља и дуготрајна у односу на лабораторијска и полигонска испитивања.

Методологија испитивања треба да садржи следеће основне елементе:

- предмет, односно опис чему служе испитивања и добијене информације из тих испитивања,
- мерне величине и начин њиховог мерења, укључујући и потребну тачност инструмената и опитне инсталације у целини,
- опис опитне инсталације или начин уградње мерних инструмената,
- режиме рада, односно услове под којима треба да се обаве испитивања и мерења,
- поступак рада, односно начин спровођења мерења и прикупљања резултата,
- начин приказивања резултата мерења [17].

4.1 Методологија мерења осовинског оптерећења возила

Основни елементи сваке методологије (предмет, мерне величине, опис опитне инсталације, режим рада, поступак рада и начин приказивања резултата) детаљно су описани у наставку рада, односно развијена је методологија за мерење осовинског оптерећења моторних возила на електро-механичким мерним вагама у Лабораторији за моторна возила на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу.

4.1.1 Предмет мерења

Предмет мерења је осовинско оптерећење моторних возила. Возило које није преоптерећено, обезбеђује сигурно и стабилно функционисање са аспекта управљивости. Такође, нема негативних ефеката на коловозу, чиме се штите саобраћајнице, смањују се трошкови одржавања, повећава се период експлоатације, повећава се безбедност у саобраћају, итд.

4.1.2 Мерне величине и начин њиховог мерења

У Лабораторији за моторна возила на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, за мерење осовинског оптерећења возила користи се електро-механичка вага, Dini Argeo, модел WWSC. Класа тачности ове ваге је III. Највећа маса која се може мерити је 3000 kg по платформи, односно 6000 kg по осовини, док је најмања маса која се може мерити 20 kg по платформи, односно 40 kg по осовини.

Електро-механичка вага WWSC (слика 30) се састоји од следећих елемената: две платформе WWSC3T, мерног индикатора 3590 EKR са штампачем и прикључних каблова платформи на индикатор.



Слика 30. Изглед мерног система - ваге за мерење осовинског оптерећења [18]

Мерне платформе WWSC3T - приказане су на слици 31 са својим основним димензијама. Њихов произвођач је Dini Argeo S.r.l Италија. Маса једне платформе износи 19, 5 kg, израђене су у водоотпорној изведби, задовољавајући стандард IP 68. На доњем делу платформе налази се вулканизирана гума, помоћу које се спречава клизање.



Слика 31. Мерне платформе WWSC3T [18]

Мерни индикатор 3590 EKR - приказан је на слици 32, док је у табели 6 дата његова техничка спецификација.



Слика 32. Мерни индикатор 3590 EKR [18]

Табела 6. Техничка спецификација мерног индикатора 3590 EKR [19]

Напајање	12 Vdc са интерним или екстерним напајањем преко адаптера 100 - 240 Vac (50 - 60 Hz) / 12 Vdc
Максимална снага	12 VA
Радна температура	Од - 10 °C до +40 °C
АД конвертор	24 bitSigmaDelta
Опсег улазног сигнала	0,6 mV/V - 3,2 mV/V
Време интеграције	40 ms
Минимална вредност поделјка	- 0,3 μ V (одобрен инструмент), - 0,03 μ V (висока резолуција - неодобрен инструмент)
Дисплеји	- Црвени, јак контраст LED дисплеј, са шест цифара, 160 x 32 тачака LCD са позадинским осветљењем
Меморија –База података	База података са 1000 места
Тастатура	Непропусна поликарбонатна тастатура са 24 вишефункцијских тастера (IP 65 степен заштите)
Заштитно кућиште	ABS пластични кофер (IP 65 заштита од влаге)
Улази - Излази	- РС тастатура и бар-код читач 3590EKR, 3590EXP, 3590EXT: - 2 улаза (оптички изолована), - 4 излаза (оптички изолована) 3590EXT - IO верзија - 8 улаза (оптички изолована) - 16 излаза (оптички изолована)

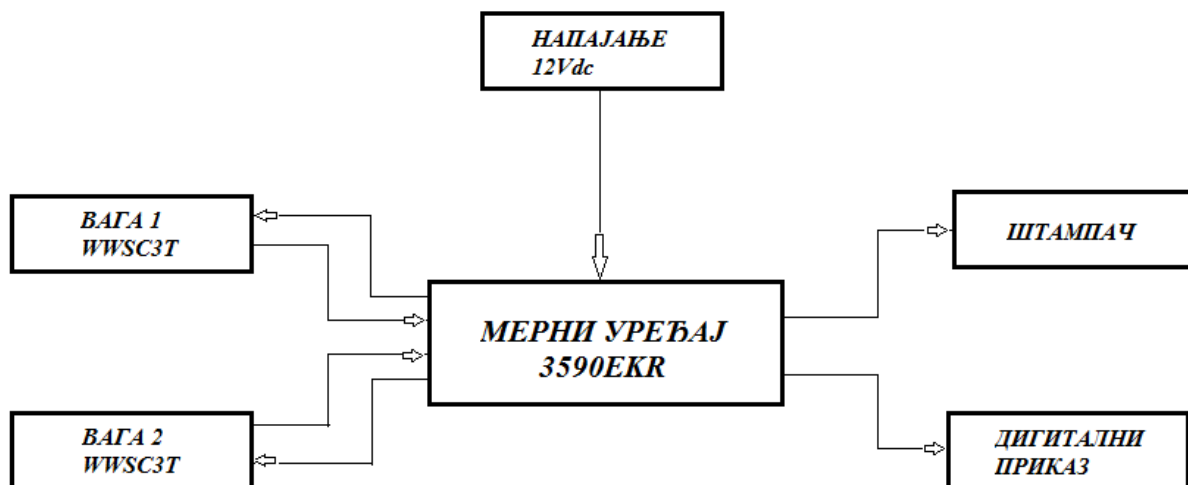
4.1.3 Опис опитне инсталације

Мерне ваге које се налазе у Лабораторији за моторна возила Факултета инжењерских наука, састоје се од: две мерне платформе, наилазне рампе, мерног индикатора са штампачем и прикључних каблова (слика 33). Мерне платформе, које раде на бази мерних трака, су везане за мерни индикатор помоћу прикључних каблова одакле се са дисплеја читава вредност измереног осовинског оптерећења, а затим се та вредност и штампа. Такође, очитане вредности осовинског оптерећења могуће је меморисати.



Слика 33. Приказ мерне инсталације - мерни индикатор (лево), мерне платформе са наулазним рампама (десно)

На слици 34 је приказана шема одговарајуће опитне инсталације.



Слика 34. Мерни ланац за мерење осовинског оптерећења

4.1.4 Режим рада

Пре мерења осовинског оптерећења и током мерења, потребно је испунити одређене услове:

- Подлога по којој се возило креће, мора да издржи без деформисања терет од 1,5 пута максималне масе која се може мерити платформом.

- Површина на којој се монтирају платформе мора бити хоризонтална (велики нагиб може смањити тачност мерења), на платформи постоји индикатор хоризонталног положаја.
- Испред и иза сваке платформе потребно је поставити наилазне рампе, ради лакшег наиласка и силаска возила.
- Радна температура мора бити у опсегу од -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$.
- Пнеуматик треба да се налази на средини сваке платформе.
- Међусобно растојање наилазних рампи подесити према трагу точкова возила чија се маса мери.
- Обезбедити подједнако налегање оба точка на мерне платформе.
- Најбољи резултати мерења постижу се стварањем мерног простора који је два пута дужи од дужине највећег возила које прелази преко платформи.
- Непосредно пре сваке употребе, потребно је проверити исправност функционисања мерне опреме за мерење масе.

4.1.5 Поступак рада

Мерење осовинског оптерећења на мерним вагама обавља се на следећи начин:

- Најпре је потребно стартовати мерне ваге за мерење осовинског оптерећења и извршити „нуловање“ мерних вага.
- Притиском на одговарајући тастер приступа се листи за унос података о мерењу (број досијеа, марка возила, регистарска ознака, идентификациони број -VIN број, маса погонског агрегата до 90 % и име и презиме контролора).
- Поставити наилазне рампе, односно подесити међусобно растојање према трагу точкова који се мери.
- Возило које је предмет испитивања навезе се на мерну вагу (платформу), како би се измерило осовинско оптерећење предње осовине.
- Притиском на одговарајући тастер, измерена тежина се меморише, а маса по свакој платформи и збир измерених маса са платформи се штампа.
- Возило силази са платформи, затим се задњи крај возила навози на платформу како би се измерило осовинско оптерећење задње осовине. После тога се измерена тежина меморише притиском на одговарајући тастер. Маса по свакој платформи и збир измерених маса са платформи се штампа.
- Возило силази са вага, а притиском на тастер завршава се мерење возила и штампање резултата.
- Мерењем осовинског оптерећења предње и задње осовине и њиховим сабирањем добија се маса празног возила, након чега се помоћу калкулатора на мерном индикатору сабере маса празног возила са масом возача (константна вредност – 75 kg) и масом погонског агрегата до 90 % пуног резервоара (за потребе одређивања масе возила спремног за вожњу, према прописима).

- Сабране вредности заправо дају крајњи резултат мерења - масу возила спремног за вожњу, чија се вредност штампа и меморише.
- Одштампани тикет са резултатима мерења потписује контролор који је извршио мерење.

4.1.6 Начин приказивања резултата мерења

Резултати мерења осовинског оптерећења се читавају са дигиталног дисплеја, који се налази на мерном индикатору. Такође, резултате је могуће и штампати, као и меморисати. Код дигитално - показних инструмената резултат мерења се добија непосредно као цифра, чиме се елиминишу грешке које потичу од упоређења положаја покретне казaljке и непокретне скале (аналогни инструмент).

На слици 35 је дат приказ тикета који се добија након извршеног мерења осовинског оптерећења.

```

"Факултет
инженјерских наука
Универзитета у
Крагујевцу
Центар за ТИУ"

Redni Br. Merenja 6
BROJ DOSIJE: Z-17-0059
MARKA VOZILA: FIAT
REG. OZNAKA: BG962ZU
VIN: ZFA141A001350092
DATUM: 23/02/17
VREME: 09:44

*****
OSOVINI 1 469kg
TOČAK 1 225kg
TOČAK 2 244kg
OSOVINI 2 382kg
TOČAK 1 151kg
TOČAK 2 151kg
*****
ZBIR MERENIH OSOVINA
*****
UKUPNO: 771kg
UPIS. TARA: 0kg
MPV: 771kg
*****
MPV - MASA PRAZNOG VOZILA:
MPV: 771kg
*****
MASA VOZACA: 75kg
MASA GORIVA DO 90% 25kg
MPV: 871kg
*****
MPV - MASA VOZILA
SPREMNOG ZA VOZNJU:
871kg
*****
Merenje izvršio:
SASA MILOJEVIC
*****
Fabrika Vaga
-- M E R I L A --
Cuprija
  
```

Слика 35. Тикет са одштампаним резултатима

5. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА ОСОВИНСКОГ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ЕЛЕКТРО-МЕХАНИЧКИМ ВАГАМА WWSC

Мерење осовинског оптерећења на електро-механичким вагама WWSC Лабораторије за моторна возила Факултета инжењерских наука, извршено је за три путничка возила, марке *Chevrolet Kalos*, *Opel Meriva* и *Fiat Panda*. У претходном одељку, развијена је методологија мерења осовинског оптерећења са електро-механичким вагама, тако да ће у наставку рада бити приказани само резултати испитивања.

5.1 Мерење осовинског оптерећења возила *Chevrolet Kalos*

У табели 7 дате су техничке карактеристике возила **Chevrolet Kalos**, које је предмет испитивања [20].

Табела 7. Техничке карактеристике возила *Chevrolet Kalos* [20]

<i>Дужина возила</i>	3880 mm
<i>Ширина возила</i>	1670 mm
<i>Висина возила</i>	1495 mm
<i>Међуосовинско растојање</i>	2480 mm
<i>Маса празног возила</i>	990 kg
<i>Запремина резервоара</i>	45 l

Под масом возила, према Закону о безбедности саобраћаја на путевима, подразумева се маса празног возила са свим пуним резервоарима и прописаном опремом, док се под укупном масом возила подразумева маса празног возила и маса којом је возило оптерећено (лице и терет).

На сликама 36 и 37 приказано је возило које је предмет испитивања, мерење оптерећења предње осовине и приказ резултата мерења на мерном индикатору. На сликама 38 и 39 приказани су мерење оптерећења задње осовине и резултат мерења.



Слика 36. Мерење осовинског оптерећења предње осовине возила *Chevrolet Kalos*



Слика 37. Измерена вредност осовинског оптерећења на предњој осовини возила *Chevrolet Kalos*



Слика 38. Мерење осовинског оптерећења задње осовине возила Chevrolet Kalos



Слика 39. Измерена вредност осовинског оптерећења на задњој осовини возила *Chevrolet Kalos*

Мерењем осовинског оптерећења на предњој и задњој осовини, добија се маса празног возила, која у овом случају износи 1023 kg. Додавањем масе возача и масе погонског агрегата добија се маса возила спремног за вожњу (1123 kg). Упоређивањем измерене вредности масе возила спремног за вожњу и вредности масе из табеле, коју је прописао произвођач, може се закључити да маса возила не одступа од масе дате у бази података произвођача и да испуњава захтеве из Правилника о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима. Мерењем је утврђено да је задовољен услов максималног оптерећења по осовинама возила према техничким подацима возила. У прилогу на крају рада, дати су резултати испитивања.

5.2 Мерење осовинског оптерећења возила Opel Meriva

У табели 8 су дате техничке карактеристике моторног возила Opel Meriva, док је на слици 40 приказана идентификациона плочица испитиваног возила.

Табела 8. Техничке карактеристике возила Opel Meriva [21]

<i>Дужина возила</i>	4042 mm
<i>Ширина возила</i>	1694 mm
<i>Висина возила</i>	1624 mm
<i>Међуосовинско растојање</i>	2630 mm
<i>Запремина резервоара</i>	45 - 50 l



Слика 40. Идентификациона плочица возила Opel Meriva

На сликама 41 и 42 приказани су испитивано возило *Opel Meriva*, мерење оптерећења предње осовине и приказ резултата мерења на мерном индикатору. На сликама 43 и 44 приказани су мерење оптерећења задње осовине и резултат мерења.



Слика 41. Мерење осовинског оптерећења предње осовине возила *Opel Meriva*



Слика 42. Измерена вредност осовинског оптерећења на предњој осовини возила *Opel Meriva*



Слика 43. Мерење осовинског оптерећења задње осовине возила Opel Meriva



Слика 44. Измерена вредност осовинског оптерећења на задњој осовини возила Opel Meriva

Мерењем осовинског оптерећења на предњој и задњој осовини, добија се маса празног возила, која за возило Opel Meriva износи 1356 kg. Додавањем масе возача и масе погонског горива добија се маса возила спремног за вожњу (1456 kg). Упоредивањем измерене вредности масе возила спремног за вожњу и вредности са идентификационе плочице возила, може се закључити да маса возила одговара техничким спецификацијама произвођача и да испуњава захтеве из Правилника [7]. Такође, мерењем је утврђено да је задовољен услов максималног оптерећења по осовинама возила према техничким подацима возила. У прилогу на крају рада, дати су резултати овог испитивања.

5.3 Мерење осовинског оптерећења возила Fiat Panda

У табели 9 дате су техничке карактеристике испитиваног моторног возила Fiat Panda.

Табела 9. Техничке карактеристике возила Fiat Panda [22]

<i>Дужина возила</i>	3653 mm
<i>Ширина возила</i>	1643 mm
<i>Висина возила</i>	1551 mm
<i>Међуосовинско растојање</i>	2300 mm
<i>Маса празног возила</i>	1090/1070 kg
<i>Запремина резервоара</i>	37 l

На сликама 45 и 46 приказани су испитивано возило *Fiat Panda*, мерење оптерећења предње осовине и приказ резултата мерења на мерном индикатору. На сликама 47 и 48 приказани су мерење оптерећења задње осовине и резултат мерења.



Слика 45. Мерење осовинског оптерећења предње осовине возила Fiat Panda



Слика 46. Измерена вредност осовинског оптерећења на предњој осовини возила Fiat Panda



Слика 47. Мерење осовинског оптерећења задње осовине возила *Fiat Panda*



Слика 48. Измерена вредност осовинског оптерећења на задњој осовини возила *Fiat Panda*

Мерењем осовинског оптерећења на предњој и задњој осовини, добија се маса празног возила, која за возило Fiat Panda износи 992 kg. Додавањем масе возача и масе погонског горива добија се маса возила спремног за вожњу (1087 kg). Упоредивањем измерене вредности масе возила спремног за вожњу и вредности масе из табеле, коју је прописао произвођач, може се закључити да маса возила одговара техничким спецификацијама произвођача и да испуњава захтеве из Правилника о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима. Мерењем је утврђено да је задовољен услов максималног оптерећења по осовинама возила према техничким подацима возила. У прилогу на крају рада, дати су резултати овог испитивања.

6. ЗАКЉУЧАК

У општем случају "оптерећење" представља силу којом возило дејствује на хоризонталну раван контакта, у статичким условима. Маса и осовинско оптерећење се мере код возила у стању мировања, на хоризонталној подлози, при чему се управљачки точкови налазе у положају за кретање у правцу. Такође, постоји могућност мерења осовинског оптерећења возила у покрету.

Највеће конструкцијско осовинско оптерећење, представља највеће дозвољено оптерећење осовине које неће да изазове преоптерећење исте у нормалним условима експлоатације. Осовинско оптерећење декларише произвођач возила. За разлику од највећег конструкцијског оптерећења осовине, дозвољено оптерећење осовине представља оптерећење осовине коју прописује административни орган државе. У раду су приказана законска ограничења из одговарајућих правилника, која возила морају да задовоље у погледу осовинског оптерећења.

За мерење осовинског оптерећења користе се мерне ваге, различитих типова и произвођача. У раду је дат приказ мерних вага различитих произвођача, попут AXW ваге фирме WALZ, колске тепих ваге, друмске ваге VMP-2 фирме Мерила, HAENNI WL и ваге за мерење осовинског оптерећења са нагазним плочама (NGP - 500), која се налази на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. Поред савремених уређаја, приказано је и више метода за мерење дејства возила на коловоз.

Највеће богатство сваке државе јесу заправо путне мреже. Зато је то богатство потребно чувати од негативних спољних утицаја. Праћењем оптерећења на путевима кључна је компонента успешног система са циљем очувања путне мреже. Порастом броја теретних возила, традиционални начини мерења оптерећења постају неприменљиви у пракси што доводи до убрзаног развоја WIM технологија. Њихова ефикасност, прецизност и економска исплативост је тестирана. WIM системи са пиезоелектричним сензорима, савитљивим плочама и мерним ћелијама, поред система праћења оптерећења имају широк спектар могућих апликација (систем за прикупљање саобраћајних података, систем управљања мостовима и граничним прелазима, итд.).

Приликом мерења оптерећења са WIM сензорима, теретна возила не морају да се заустављају изнад сензора, што представља и највећу предност ових система. Још једна предност ових система је могућност умрежавања са другим елементима управљања саобраћајем чиме се од података са WIM сензора ствара драгоцен база података о саобраћају. Поред великог броја предности, ови системи имају и своје недостатке.

За електро-механичке ваге Dini Argeo, модел WWSC, развијена је методологија мерења осовинског оптерећења. Методологија представља скуп принципа, процедура и вештина примењених у истраживању, који обухвата целокупан процес спровођења истраживања (планирање спровођење истраживања, доношење закључака и објављивање

результата). Основни елементи које свака методологија у општем случају треба да садржи јесу: предмет, мерне величине и начин њиховог мерења, опис опитне инсталације, режим рада, поступак рада и начин приказивања резултата мерења.

У Лабораторији за моторна возила, на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, извршено је испитивање осовинског оптерећења три путничка возила: *Chevrolet Kalos*, *Opel Meriva* и *Fiat Panda*. Осовинско оптерећење измерено је најпре на предњој, затим на задњој осовини возила. Након извршених мерења, прикупљања података и обрађених резултата, утврђено је сва три возила задовољавају услов максималног оптерећења по осовинама возила према техничким подацима возила. Резултати испитивања осовинског оптерећења возила дати су у прилогу.

7. ПРИЛОЗИ

Прилог 1: Резултат мерења осовинског оптерећења возила Chevrolet Kalos

"Fakultet
inženjerskih nauka
Univerziteta u
Kragujevcu
Centar za TIV"

Redni Br. Merenja 82

BROJ DOSIJE: 1
MARKA VOZILA: CHEVROLET
REG.OZNAKA: -

VIN: -

DATUM: 16/05/17
VREME: 08:28

OSOVINA	1	624kg
TOCAK	1	324kg
TOCAK	2	300kg
OSOVINA	2	399kg
TOCAK	1	226kg
TOCAK	2	173kg

ZBIR MERENIH OSOVINA

UKUPNO: 1023kg
UPIS.TARA: 0kg
MPV: 1023kg

MPV-MASA PRAZNOG VOZILA:

MPV: 1023kg

MASA VOZACA: 75kg
MASA GORIVA DO 90% 25kg

MVSV: 1123kg

MVSV - MASA VOZILA
SPREMNOG ZA VOZnju:

1123kg

Merenje izvršio:
JELENA STANKOVIC

Fabrika Vaga
-- M E R I L A --
Cuprija

Прилог 2: Резултат мерења осовинског оптерећења возила Opel Meriva

"Fakultet
inženjerskih nauka
Univerziteta u
Kragujevcu
Centar za TIV"

Redni Br. Merenja 83

BROJ DOSIJE: 2
MARKA VOZILA: OPEL
REG. OZNAKA: -

VIN: -

DATUM: 16/05/17
VREME: 08:37

OSOVINA	1	842kg
TOCAK	1	406kg
TOCAK	2	436kg
OSOVINA	2	514kg
TOCAK	1	254kg
TOCAK	2	260kg

ZBIR MERENIH OSOVINA

UKUPNO: 1356kg
UPIS. TARA: 0kg
MPV: 1356kg

MPV-MASA PRAZNOG VOZILA:

MPV: 1356kg

MASA VOZACA: 75kg
MASA GORIVA DO 90% 25kg

MVSU: 1456kg

MVSU - MASA VOZILA
SPREMNOG ZA VOZNJU:

1456kg

Merenje izvršio:
JELENA STANKOVIC

Fabrika Vaga
-- M E R I L A --
Cuprija

Прилог 3: Резултат мерења осовинског оптерећења возила Fiat Panda

"Fakultet
inženjerskih nauka
Univerziteta u
Kragujevcu
Centar za TIV"

Redni Br. Merenja 01

BROJ DOSIJE: Z-17-0281
MARKA VOZILA: FIAT
REG. OZNAKA: KG015CR

VIN: ZFA16900000605366

DATUM: 16/05/17
VREME: 08:18

OSOVINA	1	654kg
TOČAK	1	320kg
TOČAK	2	334kg
OSOVINA	2	338kg
TOČAK	1	166kg
TOČAK	2	172kg

ZBIR MERENIH OSOVINA

UKUPNO: 992kg
UPIS. TARA: 0kg
MPV: 992kg

MPV-MASA PRAZNOG VOZILA:

MPV: 992kg

MASA VOZACA: 75kg
MASA GORIVA DO 90% 20kg

MVSU: 1087kg

MVSU - MASA VOZILA
SPREMNOG ZA VOZNJU:

1087kg

Merenje izvršio:
IVAN GRUJIC

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стојић Б.: „Теорија кретања друмских возила“, Скрипта, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2010.
- [2] Стефановић А.: „Друмска возила - основи конструкције“, Центар за моторе и моторна возила Машинског факултета у Нишу и Центар за безбедност Машинског факултета у Крагујевцу, 2010.
- [3] Закон о безбедности саобраћаја на путевима, „Службени гласник РС“, бр. 41/2009, 53/2010 и 101/2011.
- [4] Матић Б.: „Путеви“, Скрипта, Архитектонско - Грађевински факултет, Универзитет у Бања Луци, 2016.
- [5] TodorovićN., SubotićN.: „Mjerenje osovinskog opterećenja vozila u pokretu (WIM) weigh-in-motion“, ТЕХНИКА – SAOBRAĆAJ 61 (2014) 4 , pp. 669-676
- [6] Милорадовић Д.: „Испитивање моторних возила и мотора 2“, Скрипта, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2013.
- [7] „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 и 14/16
- [8] „Правилник о метролошким условима за мерила масе - ваге за мерење возила у покрету“, „Службени гласник СФРЈ“, бр. 33/84 од 29.06.1984 године
- [9] Топличке вести – Интернет новина: „Дирекција купила вагу за мерење осовинског притиска возила“, доступно на: <http://toplickevesti.com/direkcija-kupila-vagu-zamerenje-osovinskog-protiska-vozila-odzvono-pretovarenim-kamionima.html>, приступљено: 18.04.2017.
- [10] PayloadPros: „Portable Weighing Scales“, доступно на: <http://www.payloadpros.com/portable-weighing-scales-trucks>, приступљено: 18.04.2017.
- [11] „Walz“: „AXWT-45“, доступно на: <https://www.walzscale.com/files/AXWT-45.pdf>, приступљено: 25.04.2017.
- [12] „Вага монт“ а.д.: „Колске ваге“, доступно на: <http://www.vagamont.rs/sr/index.html>, приступљено: 25.04.2017.
- [13] „Tenzovahy“ s.r.o.: „Друмске ваге тип VMP-2“, доступно на: www.tenzovahy.cz/files/file/prospekty/vmp-2_srb.pdf, приступљено: 25.04.2017.
- [14] „HAENNI Instruments“ Inc.: „For mobile, accurate and weight enforcement“, доступно на: <http://www.haenni-scales.com/en/home.html>, приступљено: 19.05.2017.

- [15] „Србијапут“: „Ваге за мерење осовинског оптерећења“, доступно на: http://www.srbijaput.rs/index.php?option=com_content&view=article&id=30&Itemid=24, приступљено: 19.05.2017.
- [16] Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу: „Списак опреме који се користи у наставном процесу и истраживачком раду на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу интернет“, доступно на: <http://www.fink.rs/sajt/Downloads/Oprema/Spisak%20opreme.pdf>, приступљено: 25.05.2017.
- [17] Тодоровић, Ј.: „Испитивање моторних возила“, Машински факултет Београд, 1985.
- [18] „Dini Argeo Scales – Weighing Systems”: “Wheel and Axle Weighing”, доступно на: <http://www.diniargeo.com/>, приступљено: 08.06.2017
- [19] Центар за ТИВ: „Упутство за коришћење вага за мерење масе возила“, Центар за техничку исправност возила, Машински факултет у Крагујевцу, 2007.
- [20] „Cars - data”: “Chevrolet - Kalos”, доступно на: <http://www.cars-data.com/en/chevrolet-kalos-2005/370>, приступљено: 12.06.2017.
- [21] „Cars - data”: “Opel - Meriva”, доступно на: <http://www.cars-data.com/en/opel-meriva-2003/1906>, приступљено: 12.06.2017.
- [22] „Cars - data”: “Fiat - Panda ”, доступно на: <http://www.cars-data.com/en/fiat-panda-2003/655>, приступљено: 12.06.2017.