

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ БЕОГРАД

Саша З. Радуловић

**УТИЦАЈ ИЗБОРА НАЧИНА МЕРЕЊА И
ОБРАДЕ МЕРНИХ СИГНАЛА НА
ОДРЕЂИВАЊЕ КОЧНЕ МАСЕ
ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА У ОКВИРУ
СТАНДАРДНЕ МЕТОДЕ ИСПИТИВАЊА**

магистарски рад

БЕОГРАД, 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

Saša Z. Radulović

**INFLUENCE OF MEASUREMENT
METHOD AND DATA PROCESSING ON
THE DETERMINING BRAKE WEIGHT OF
RAILWAY VEHICLES WITHIN STANDARD
TEST METHOD**

Master`s thesis

BELGRADE, 2016.

Ментор:

Проф. др Горан Симић, ред. професор, Универзитет у Београду – Машински факултет Београд

Чланови комисије:

Проф. др Војкан Лучанин, ред. професор, Универзитет у Београду – Машински факултет Београд

Др Драган Милковић, доцент, Универзитет у Београду – Машински факултет Београд

Проф. др Драган Петровић, ред. професор, Универзитет у Крагујевцу – Факултет за машинство и грађевинарство Краљево

РЕЗИМЕ

Анализиран је поступак испитивања шинских возила у циљу одређивања кочних перформанси возила. Због тенденције кретања возила већим брзинама и коришћења композитних материјала за израду кочних тарних елемената, за оцену кочних перформанси није довољан прорачун. Стога је потребно испитивање спровести што квалитетније, са што мањом мерном несигурношћу и прецизном обрадом добијених мерних величина како би се правилно дефинисале кочне перформансе возила.

Спроведном анализом поступка мерења и обраде мерних сигнала, у раду су анализирани поступци мерења и обраде мерних сигнала у циљу побољшања поновљивости и упоредивости резултата.

Кључне речи: Железничко возило, испитивање, кочна маса, зауставни пут.

ABSTRACT

This master`s thesis analyses the test procedure for rail vehicles in order to determine the braking performances of vehicles. Due to tendency of moving vehicles at higher speeds and use of composite materials for the production of brake friction elements for assessment of the brake performance calculation is not sufficient. Therefore it is necessary to perform testing of the highest quality, with the lowest measurement uncertainty and precise processing of measured values obtained in order to properly define the braking performances of vehicles.

Based on conducted analyses of the measurement and processing of measurement signals, in the master`s thesis were analyzed methods of measuring and measuring data processing signals in order to get better repeatability and comparability of results.

Key words: Rail vehicle, Testing, Brake weight, Stopping distance.

САДРЖАЈ

1	УВОД.....	1
2	СИСТЕМИ КОЧНИЦА ШИНСКИХ ВОЗИЛА.....	2
2.1	Подела кочница железнички возила.....	2
2.2	Системи кочница железничких возила.....	4
2.3	Захтеви система кочница железничких возила.....	5
2.4	<i>UIC</i> кочни систем.....	7
2.5	Други системи кочнице.....	13
2.5.1	Ваздушни систем кочнице без главног ваздушног вода.....	13
2.5.2	Систем кочнице без збијеног ваздуха.....	14
2.6	Систем кочнице теретног вагона типа <i>Sdggmrss</i>	15
3	ПРОРАЧУН ПЕРФОРМАНСИ КОЧНИЦЕ.....	18
3.1	Претходно рачунско одређивање перформанси кочнице.....	18
3.2	Прорачун кочних перформанси кочнице вагона типа <i>Sdggmrss</i>	22
4	ИСПИТИВАЊЕ ПЕРФОРМАНСИ КОЧНИЦЕ.....	27
4.1	Основни услови приликом испитивања.....	30
4.2	Метода вредновања резултата испитивања.....	31
4.2.1	Корекција измерених зауставних путева.....	31
4.2.2	Критеријуми за валидност испитивања.....	32
4.3	Корекција средњих зауставних путева.....	34
4.3.1	Основна корекција средњег зауставног пута.....	34
4.3.2	Корекција средњег зауставног пута у односу на време пуњења кочног цилиндра током испитивања.....	35
4.4	Испитивање <i>Sdggmrss</i> вагона.....	36
5	НАЧИНИ МЕРЕЊА И ОБРАДЕ МЕРНИХ СИГНАЛА.....	37
5.1	Начини мерења захтеваних мерних величина.....	37
5.1.1	Мерење брзине.....	37
5.1.2	Мерење зауставног пута.....	42
5.1.3	Мерење убрзања (успоредња).....	43
5.1.4	Мерење притиска.....	43
5.1.5	Мерење силе кочења.....	44

5.2	Мерни систем при испитивању <i>Sdggmrss</i> вагона	44
5.3	Обрада мерних сигнала	47
5.4	Мерна несигурност	50
6	АНАЛИЗА НАЧИНА МЕРЕЊА И ОБРАДЕ МЕРНИХ СИГНАЛА.....	52
6.1	Анализа мерења брзине и зауставног пута	52
6.2	Анализа обраде сигнала мерења у циљу добијања еквивалентног времена развоја кочне силе	60
6.2.1	Одређивање t_e према мерном сигналу кочне силе приликом испитивања кочнице у месту	61
6.2.2	Одређивање t_e према мерном сигналу притиска у кочном цилиндру приликом испитивања кочнице у вожњи	63
6.2.3	Одређивање t_e према мерном сигналу убрзања приликом испитивања кочнице у вожњи	65
6.2.4	Поређење свих варијанти одређивања еквивалентног времена развоја кочне силе	66
6.3	Анализа утицаја других фактора на одређивање кочне масе.....	68
6.3.1	Нагиб пруге.....	68
6.3.2	Маса возила	68
6.3.3	Коефицијент инерције ротационих маса	69
6.3.4	Коефицијент искоришћења кочног полужја	69
7	ЗАКЉУЧАК.....	72

ЛИТЕРАТУРА

1 УВОД

Кочница шинских возила представља најважнији сигурносно-безбедносни склоп на возилу. У том смислу поред провере њене функционалности потребно је правилно прорачунати и испитивањем проверити њене перформансе. Перформансе кочнице могу бити исказане на различите начине. Код шинских возила се перформансе кочнице најчешће оцењују преко кочне масе (процента кочне масе) и успорења. За конвенционална возила и возила која се крећу брзином до 200km/h користе се обе величине, док за возила великих брзина преко 200km/h кочне перформансе се представљају преко успорења. Прописима [1], [2] који су донети директивама Европске комисије су дефинисане вредности које одређени типови возила морају да задовоље у погледу кочних перформанси.

У Европи су за прорачун и испитивање кочних система железничких возила меродавни европски стандарди (*EN*) и прописи Међународне железничке уније (*UIC*). Тенденција је да се постојећи *UIC* прописи у потпуности замене европским стандардима. Нацртом стандарда [3] предвиђено је да се *UIC* систем кочнице који је најзаступљенији на европској железничкој инфраструктури назове „*EN-UIC*“ систем кочнице.

Поступци испитивања кочних перформанси железничких возила описани су у *UIC* пропису [4] у оквиру стандардне методе испитивања. Међутим наведени пропис не прецизира у потпуности начин мерења и обраде мерних сигнала, па тиме оставља могућност за различите варијације приликом испитивања.

У магистарском раду ће бити анализиран поступак одређивања кочне масе теретних вагона на којима је примењена стандардна *UIC* кочница. Биће представљени различити начини мерења захтеваних величина и обраде мерних сигнала са анализом њихових утицаја на одређивање кочне масе.

У раду ће се користити резултати добијени приликом испитивања перформанси кочнице теретног вагона типа *Sdggmrss*. За потребе магистарског рада су током испитивања извршена и додатна мерења која нису приказана у Извештају о испитивању кочних перформанси [5] тог вагона.

2 СИСТЕМИ КОЧНИЦА ШИНСКИХ ВОЗИЛА

Кочнице шинских возила имају задатак да регулишу (смање, одржавају) брзину кретања возила, односно да зауставе возило на прописаном зауставном путу, као и да осигурају возила од самопокретања. Кочнице представљају најважнији склоп из групе безбедносно-сигурносних уређаја на возилу и самим тим посвећена им је и у стандардима и прописима велика пажња. Са повећавањем брзине кретања шинских возила и развојем технике, мењали су се и захтеви који кочнице морају да задовоље.

Основни принцип деловања кочница је да кинетичку енергију возила претворе у неки други облик енергије (топлотну, електричну, хидрауличну).

На различитим врстама шинских возила могућа је примена различитих система кочнице. Најчешће заступљена су железничка возила која саобраћају у композицијама које вуку локомотиве са основним системом ваздушне кочнице са збијеним ваздухом. На основу тога доминирају искуства из примене наведеног система кочнице, тако да се већина прописа и стандарда односи на њих [6]. У затвореним композицијама, где спадају и композиције за масовни транспорт [7] и [8] (трамваји, лака шинска возила, метро, приградски возови) могу се применити системи кочнице без збијеног ваздуха, као и комбинације различитих врста кочнице. Управљање оваквим системом могуће је централизованим рачунарским путем који интегрише надзор и адаптације у управљању кочнице у случају отказа појединих кочних компоненти.

2.1 Подела кочница железнички возила

Подела кочница које се користе на железничким возилима [9], [10] може се извршити према начину деловања на:

- **вакуум кочнице** - вакуум кочница остварује своју кочну силу помоћу атмосферског притиска који делује на доњој страни клипа у вакуумском кочном цилиндру, док се вакуум одржава изнад клипа. Вакуум кочница има многа ограничења [11] и данас се ретко примењује.

- **кочнице са збијеним ваздухом** – ове кочнице користе ваздух под притиском за остваривање силе која се преко кочног полужја преноси до тарних елемената (точак / кочна папуча или диск / кочни уметак) и на тај начин остварује кочна сила. Ова кочница представља основни тип кочнице железничких возила. Ваздушним кочницама може да се рукује пнеуматским или електричним путем. Кочна сила се остварује трењем између точка и кочне папуче или диска и кочног уметка.
- **динамичке кочнице** – појединачне кочнице вучних возила (електро динамичке, генераторске, хидро динамичке)
- **електромагнетне шинске кочнице** – примењује се као допунска кочница за возила великих брзина (обавезна за возила брзине преко 160km/h). Заједно са кочницама са збијеним ваздухом спадају у групу тарних кочница.
- **шинске и роторске кочнице са вртложним струјама** – за возила великих брзина (преко 200km/h)
- **ручне, односно притврдне кочнице** – служе да осигурају возило од самопокретања

Кочнице са збијеним ваздухом (ваздушне кочнице) могу се поделити по више критеријума.

Према начину дејства деле се на:

- кочнице директног дејства (неаутоматске кочнице које се користе за кочење појединачног возила) и
- кочнице индиректног дејства (аутоматске кочнице). Њима се делује са чела воза па спадају у продужне кочнице. Свака продужна кочница може да делује и као појединачна.

Према времену дејства деле се на:

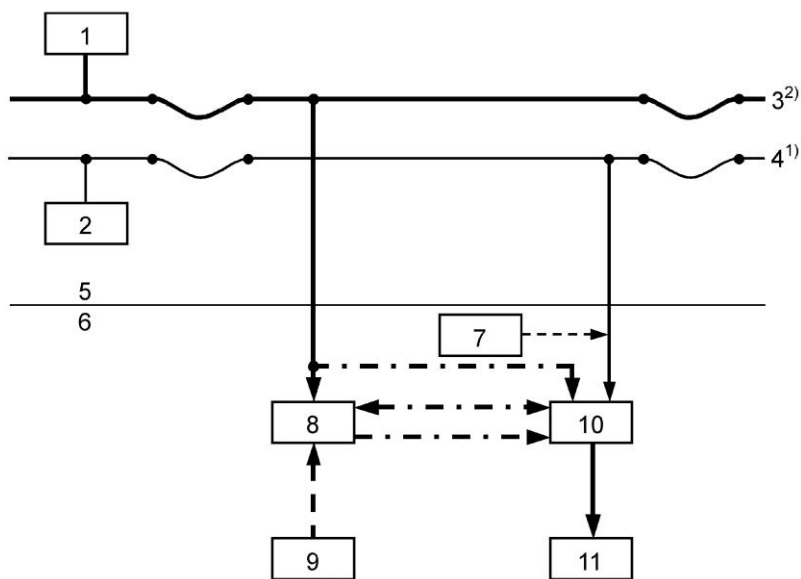
- Кочнице спорог дејства - *G* код којих је време пуњења кочног цилиндра 18–20s и време откочивања 45-60s.
- Кочнице брзог дејства - *P* и *R* код којих је време пуњења кочног цилиндра 3–5(6)s и време откочивања 15-20(25)s.

У раду ће бити анализирана аутоматска кочница са збијеним ваздухом којом је опремљен шестоосовински вагон тип *Sdggmrss*. Сходно пропису [4] испитивање кочнице и њених перформанси обала се у режиму *P*.

2.2 Системи кочница железничких возила

Систем кочнице на железничким возилима може бити изведен на различите начине [6]. У Европи најзаступљенији је *UIC* кочни систем (слика 1). То је систем који је прописала Међународна железничка унија (*UIC, Union Internationale des Chemins de Fer*). Могуће је применити и друге системе кочнице уколико задовољавају најмање ниво безбедности који поседује *UIC* кочни систем.

Као што је раније наведено *UIC* кочни систем ће сходно најновијим стандардима [3] постати *EN-UIC* кочни систем.



1	Главни извор напајања	7	Независно управљање за покретање уређаја за аутоматско кочење
2	Главни управљачки уређај	8	Резервоар енергије
3	Вод за преношење енергије	9	Посебан извор енергије
4	Вод за пренос управљачких сигнала	10	Управљачки уређај
5	Ниво воза	11	Уређај за стварање кочне силе
6	Ниво возила		

- 1) Број водова није дефинисан; Заједнички пренос енергије и управљачког сигнала је дозвољен на истом воду.
- 2) Напојни вод је обавезан за кочницу за случај опасности/електропнеуматску, магнетно шинску, кочницу са вртложним струјама

Слика 1. Основна функционална шема кочнице

2.3 Захтеви система кочница железничких возила

Примењени системи кочнице морају да задовоље минималне захтеве у погледу функционалности и безбедности и то на нивоу воза и на нивоу појединачних возила.

На нивоу воза минимални захтеви су:

- **Аутоматизам**

Сваки појединачни систем кочнице или комбинација система ће радити аутоматски, односно у случају раскидања воза оба дела воза ће аутоматски закочити и остати у закоченом положају.

- **Неисцрпност**

Расположива способност кочнице мора бити довољна да систем кочнице достигне максималну вредност кочне силе у сваком тренутку приликом кретања воза. Овај захтев се постиже применом распоредника са три радна притиска.

- **Основна функционална шема**

На слици 1. приказана је основна функционална шема система кочнице са током преношења створене кочне силе укључујући и њено управљање и претварање у енергију кочења.

- **Кочница за случај опасности**

Кочница за случај опасности је функција управљачког кочног склопа (позиција 7 на слици 1) која омогућује да путник у сваком возилу активира кочницу на нивоу композиције и заведе брзо кочење.

Свако возило у саставу воза које је намењено за превоз путника мора бити опремљено ручицама за активирање кочнице за случај опасности, које морају да су лако видљиве и доступне и чијим се повлачењем аутоматски активира кочница. Међутим, ова аутоматска примена кочнице може да буде одложена од стране машиновође, у складу са железничким оперативним правилима.

- **Компатибилност**

Сваки систем кочнице мора бити описан тако да се може проценити његова компатибилност са другим кочним системима. Уколико се не захтевају посебни услови примењују се захтеви које испуњава *UIC* кочни систем.

- **Безбедносни ниво**

UIC кочни систем представља референтни систем што се тиче нивоа безбедности. Сви остали кочни системи кочница морају минимално испунити захтеве које испуњава *UIC* кочни систем.

- **Кочница за осигурање од самопокретања**

Воз мора имати адекватан број возила која су опремљена кочницом за осигурање од самопокретања у складу са оперативним потребама.

- **Дијагностика рада кочнице**

Возови и возила морају бити опремљени уређајима за праћење и проверу рада кочнице, тако да се кочница може испитати, у складу са спецификацијама прописаним од надлежног железничког органа или оператера.

На нивоу возила минимални захтеви су:

- **Кочна функција**

Кочна опрема сваког возила мора бити компатибилна са системом за управљање кочницом воза и кочним системима других возила.

- **Топлотна ефикасност / претварање енергије**

Сваки воз и свако појединачно возило мора бити способно за претварање енергије кочења, тако да при нормалној експлоатацији нема оштећења на тарним површина и да могу саобраћати максимални брзинама за које су пројектовани.

- **Кочна способност**

Систем кочнице мора бити у стању да омогући потребну кочну способност у односу на захтевани зауставни пут.

2.4 UIC кочни систем

UIC кочни систем представља аутоматску ваздушну кочницу. То је тренутно најзаступљенији кочни систем на возилима стандардног колосека у Европи.

UIC кочни систем у потпуности задовољава захтеве приказане у тачки 2.3.

Функционална шема UIC кочног система приказана је на слици 2.

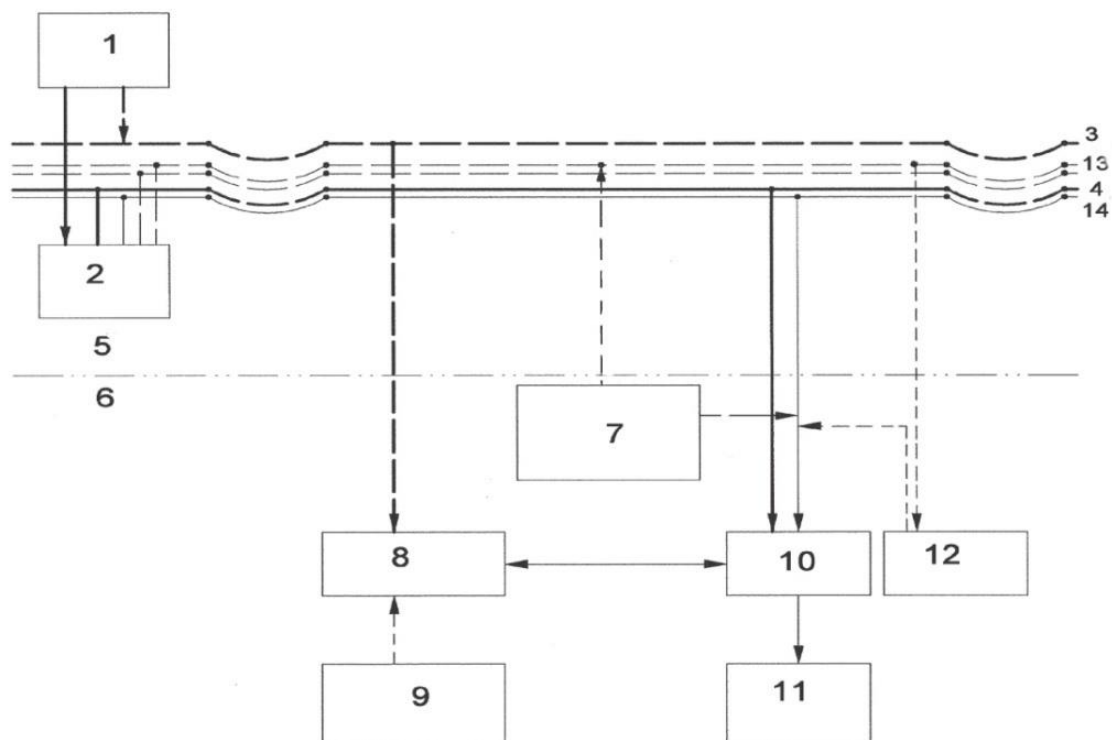
Главни захтев је да се код ваздушне кочнице главним ваздушним водом управља преко управљачког уређаја (кочника) који се налази у локомотиви или управљачници.

Кочна енергија се преко главног ваздушног вода преноси ради управљања и контролисања кочења. Збијени ваздух у главном ваздушном воду може се користити само за потребе кочења. Поред главног ваздушног вода може постојати и напојни вод (НВ) који служи за опслуживање кочних и других уређаја.

Напојни вод је обавезан за следеће додатне кочне уређаје:

- кочница за случај опасности
- електромагнетна шинска кочница
- вртложна кочница

Напојни вод се користи за снабдевање уређаја који нису везани за кочницу.



1	Главни извор напајања	8	Резервоар енергије
2	Главни управљачки уређај	9	Посебан извор енергије
3	Вод за преносење енергије	10	Управљачки уређај
4	Вод за пренос управљачких сигнала	11	Уређај за стварање кочне силе
5	Ниво воза	12	Додатни систем управљања
6	Ниво возила	13	Кочница за случај опасности
7	Независно управљање за покретање уређаја за аутоматско кочење	14	Магистрала за пренос управљачких сигнала.

Слика 2. Основна функционална шема UIC кочног система

Главни кочни уређај је распоредник [12] који је заједно са помоћним резервоаром повезан на главни ваздушни вод.

Додатни кочни уређаји могу бити у саставу кочног система и имају следеће функције:

- додатно напајање ваздухом - напојни вод
- електропнеуматско управљање - електропнеуматска кочница
- кочење за случај опасности
- аутоматска континуална промена силе кочења
- противклизна заштита.

У табели 1. [6] приказана је, обавезна и опциона кочна опрема која се налази на возилима, према типу возила и одређеним режимима кочнице.

Табела 1. Тип кочнице, режим кочнице и додатни кочни уређаји на возилу са *UIC* кочним системом

Тип кочнице	Режим кочнице	Специјални услови		Додатни кочни уређај				Путничка возила	Теретна возила	Локомотиве
				еп	еп КСО	БП	Мг			
<i>G</i>	<i>G</i> <i>UIC543</i> [13]			х	х	х	х	○	●	○
<i>P</i>	<i>P</i> <i>UIC543</i>	<i>RIV</i>		○	х	х	х	х	○	х
			<i>SS</i>	○	○	х	х	х	○	х
		<i>RIC</i>	○	○	х	х	○	○	○	
	<i>R</i>	<i>RIC</i>	○	○	х	х	○	○	○	
	<i>R</i> у ромбу	<i>UIC 546</i> [14]	○	○	х	х	○	○	○	
	<i>R</i> у ромбу црвено		○	○	●	х	○	○	○	
	<i>R</i> црвено + Мг	Мг кочница <i>UIC541-06</i> [15]	○	○	●	●	○	○	○	
	<i>R + E</i>	<i>E</i> кочница <i>UIC544-2</i> [16]	х	х	х	х	х	х	○	
<i>P + H</i>		х	х	х	х	х	х	○		
● - обавезна опрема ○ - опциона опрема х - није примењив		еп - електропнеуматска кочница КСО - кочница за случај опасности БП - брзач пражњења Мг - магнетно шинска кочница <i>SS</i> - саобраћајни режим за теретне вагоне $v=120km/h$ <i>R</i> - кочница велике снаге								

У складу са кочном опремом коју поседују путничка кола, теретни вагони и локомотиве са *UIC* ваздушном кочницом класификују се како је приказано у табелама 2, 3 и 4.

На одређеним класама железничке инфраструктуре дефинисаним према предсигналним растојањима формирају се композиције са класама возила који поседују потребну способност кочења за заустављање на прописаним растојањима.

Такође у стандарду [6] у додатку *F* приказани су примери формираних композиција са захтеваним вредностима кочних маса.

Табела 2. Кочна опрема путничких кола са *UIC* кочним системом

		Класа возила																							
		A1				A2				A3				A4				A5				A6			
Положај кочнице	<i>G UIC543</i>	●				○				○				○				○				○			
	<i>P-RIC UIC543</i>	●				○				○				○				○				○			
	<i>R</i>	x				●				x				x				x				x			
	<i>R у ромбу</i>	x				x				●				x				●				●			
	<i>R црвено</i>	x				x				x				●				●				x			
	<i>R црвено + mg</i>	x				x				x				x				●				x			
	<i>R црвено + mg + ep</i>	x				x				x				x								●			
		.0	.1	.2	.3	.0	.1	.2	.3	.0	.1	.2	.3	.0	.1	.2	.3	.0	.1	.2	.3	.0	.1	.2	.3
Додатни кочни уређаји		x	●	●	x	x	●	●		x	●	●		x	●	●		x	●	●		x	●	●	
		x	x	●	x	x	x	●		x	x	●		x	x	●		x	x	●		x	x	●	
		x	x	x	●	x	x	x		x	x	x		●	●	●		●	●	●		x	x		
		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		●	●	●		●	●		
	λ^1	<i>UIC543</i>				<i>UIC546</i>				<i>UIC546</i>				<i>UIC543</i>				<i>UIC546</i>				<i>UIC546</i>			
¹ Процент кочне масе захтеван у наведеним стандардима ● - обавезна опрема ○ - опциона опрема x - није примењива																									

Табела 3. Кочна опрема теретних кола са *UIC* кочним системом

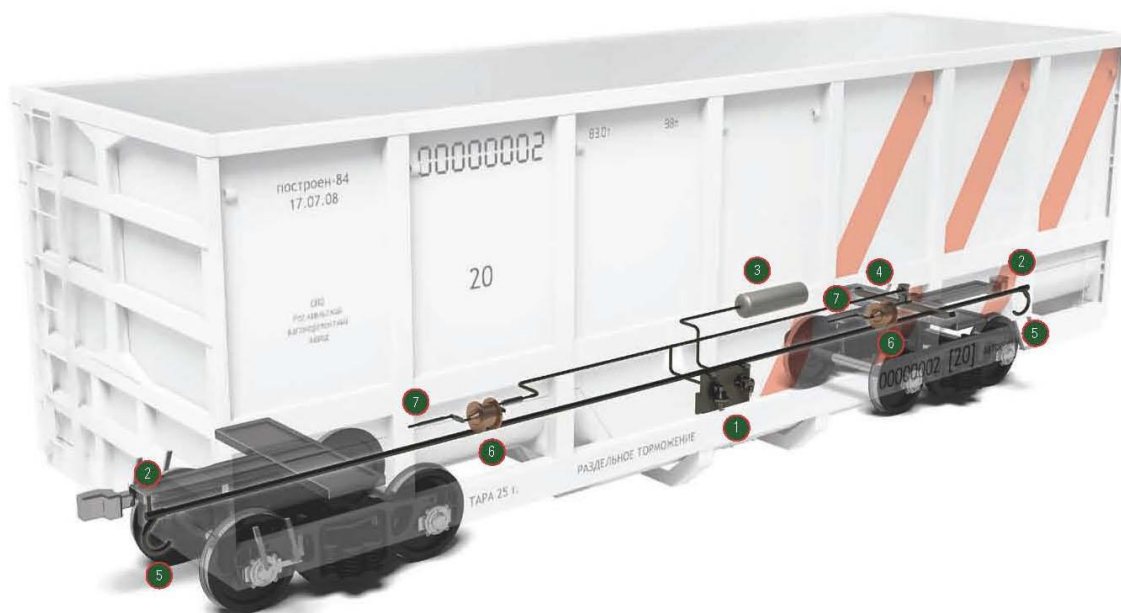
Класа возила		Специфични	V_{max} (<i>km/h</i>)	Специјални захтеви	Кочна опрема	Напомена
<i>B 1.0</i>	<i>G</i>		90	<i>UIC543</i>		Не за нове конструкције
<i>B 2.0</i>	<i>G, P</i>	<i>S</i>	100	<i>UIC543</i> <i>UIC541-04</i> [17]		
<i>B 2.1</i>	<i>G, P</i>	<i>S</i>	100	<i>UIC543</i> <i>RIV</i>		а, б
<i>B 3.0</i>	<i>G, P</i>	<i>SS</i>	120	<i>UIC5 543</i> <i>UIC541-04</i>		
<i>B 3.1</i>	<i>G, P</i>	<i>S</i>	120	<i>UIC543</i> <i>RIV</i>		в
<i>B 3.2</i>	<i>G, P</i>	<i>S</i>	120	<i>UIC543</i> <i>RIV</i>		а, г
<i>B 4.0</i>	<i>G, P</i>	<i>SS</i>	140	<i>UIC543</i>		а, д
<i>B 4.1</i>	<i>G, P</i>	<i>S/Al</i>	140			а, д
<i>B 5.0</i>	<i>G, P, R</i>	<i>R</i>	160			
<i>B 6.0</i>	<i>G, P, R</i>	<i>R</i> у ромбу и/или <i>R</i> црвено	160		Диск кочница	

^а Брзина је могућа ако су обезбеђени услови трчања.
^б Кочница не испуњава услов кочне способности за максималну масу возила у *S* -режиму
^в Кочница не испуњава услов кочне способности за максималну масу возила у *SS* -режиму
^г Возила немају *SS* кочницу. Кочна способност празног вагона је одговарајућа за *SS* режим
^д Кочница испуњава *UIC* захтеве. Топлотни капацитет кочнице и точка су усклађени.
^ђ Опционо: БП, еп, противклизна заштита

Табела 4. Кочна опрема локомотива са *UIC* кочним системом

		Класа возила																								
		<i>L1</i>			<i>L2</i>			<i>L3</i>			<i>L4</i>			<i>L5</i>			<i>L6</i>			<i>L7</i>						
Положај кочнице	<i>G</i>	●			●			●			○			○			○			○						
	<i>P</i>	x			●			●			○			○			○			○						
	<i>P+E(+H)</i>	x			x			●			x			○			○			○						
	<i>R</i>	x			x			x			●			● ^a			● ^b			● ^b						
	<i>R+E(+H)</i>	x			x			x			x			● ^a			● ^B			● ^B						
	<i>R+E(+H)+Mg</i>	x			x			x			x			x			x			● ^B						
	<i>R црвено + mg + ep</i>				x						x															
λ_{min}		≥ 60			≥ 100			≥ 100			≥ 125			≥ 125			≥ 145			≥ 145						
Подкласе		-	.0	.1	.2		.0	.1	.2		.0	.1	.2		.0	.1	.2		.0	.1	.2		.0	.1	.2	
Додатни кочни уређаји	<i>E/H</i>	x	x	x	x		●	●	●		x	x	x		●	●	●		●	●	●		●	●	●	
	<i>E/P</i>	x	x	●	●		x	●	●		x	●	●		x	●	●		x	●	●		x	●	●	
	КСО	x	x	x	●		x	x	●		x	x	●		x	x	●		x	x	●		x	x	●	
	Мг	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x		●	●	●	
¹ Процент кочне масе захтеван у наведеним стандардима ● - обавезна опрема ○ - опциона опрема x - није примењива ^a - исписано бело ^b - ако је $\lambda_{min} < 145$ исписано бело ^B - ако је $\lambda_{min} \geq 145$ исписано црвено												КСО - кочница за случај опасности Мг - магнетно шинска кочница														

Примери *UIC* система кочнице уграђени на теретном вагону приказан је на слици 3 [18].



- | | | | |
|---|-------------------|---|--------------------------|
| 1 | Распоредник | 5 | Кочничка спојница |
| 2 | Чеона славина | 6 | Кочни цилиндар |
| 3 | Помоћни резервоар | 7 | Регулатор кочног полужја |
| 4 | Мерни вентил | | |

Слика 3. Систем кочнице уграђен на теретном вагону

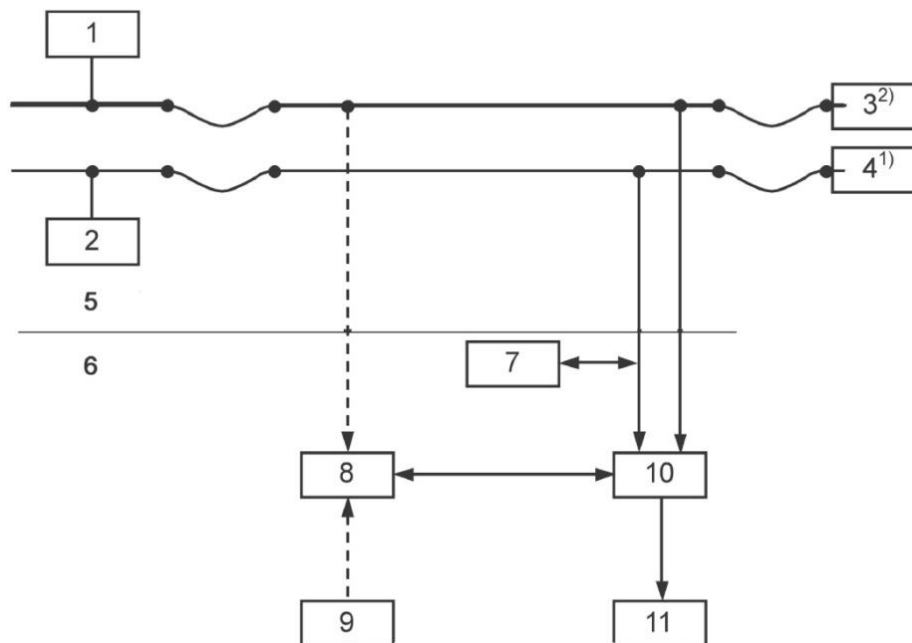
2.5 Други системи кочнице

Други системи кочнице морају задовољити минимално захтеве које испуњава *UIC* систем кочнице.

Ови системи кочнице могу да раде само са компатибилним возилима и могу се примењивати ако су одобрени од стране имаоца железничке инфраструктуре.

2.5.1 Ваздушни систем кочнице без главног ваздушног вода

Управљање процесом кочења између главног управљачког уређаја (кочника) и распоредника остварује се електропнеуматским путем и преко „магистрале“ (*train-bus*). Шема оваквог система кочнице приказана је на слици 4.



1	Главни извор напајања	7	Независно управљање за покретање уређаја за аутоматско кочење
2	Главни управљачки уређај	8	Резервоар енергије
3	Вод за преношење енергије	9	Посебан извор енергије
4	Вод за пренос управљачких сигнала	10	Управљачки уређај
5	Ниво воза	11	Уређај за стварање кочне силе
6	Ниво возила		

- 1) Број водова није дефинисан; Заједнички пренос енергије и управљачког сигнала је дозвољен на истом воду.
- 2) Напојни вод је обавезан за кочницу за случај опасности/електропнеуматску, магнетно шинску, кочницу са вртложним струјама

Слика 4. Основна функционална шема система кочнице без главног ваздушног вода

2.5.2 Систем кочнице без збијеног ваздуха

Код оваквих система кочница сила кочења се остварује преко опруга којима се управља електропнеуматским и електромеханичким путем. Допуњавање кочне енергије мора бити обезбеђено на сваком возилу.

У наредним поглављима разматраће се само *UIC* систем ваздушне кочнице, са аспекта прорачуна и испитивања кочних перформанси. Предмет анализе биће систем кочнице шестоосовиског зглобног теретног вагона тип *Sdggrss* за превоз контејнера и полуприколица.

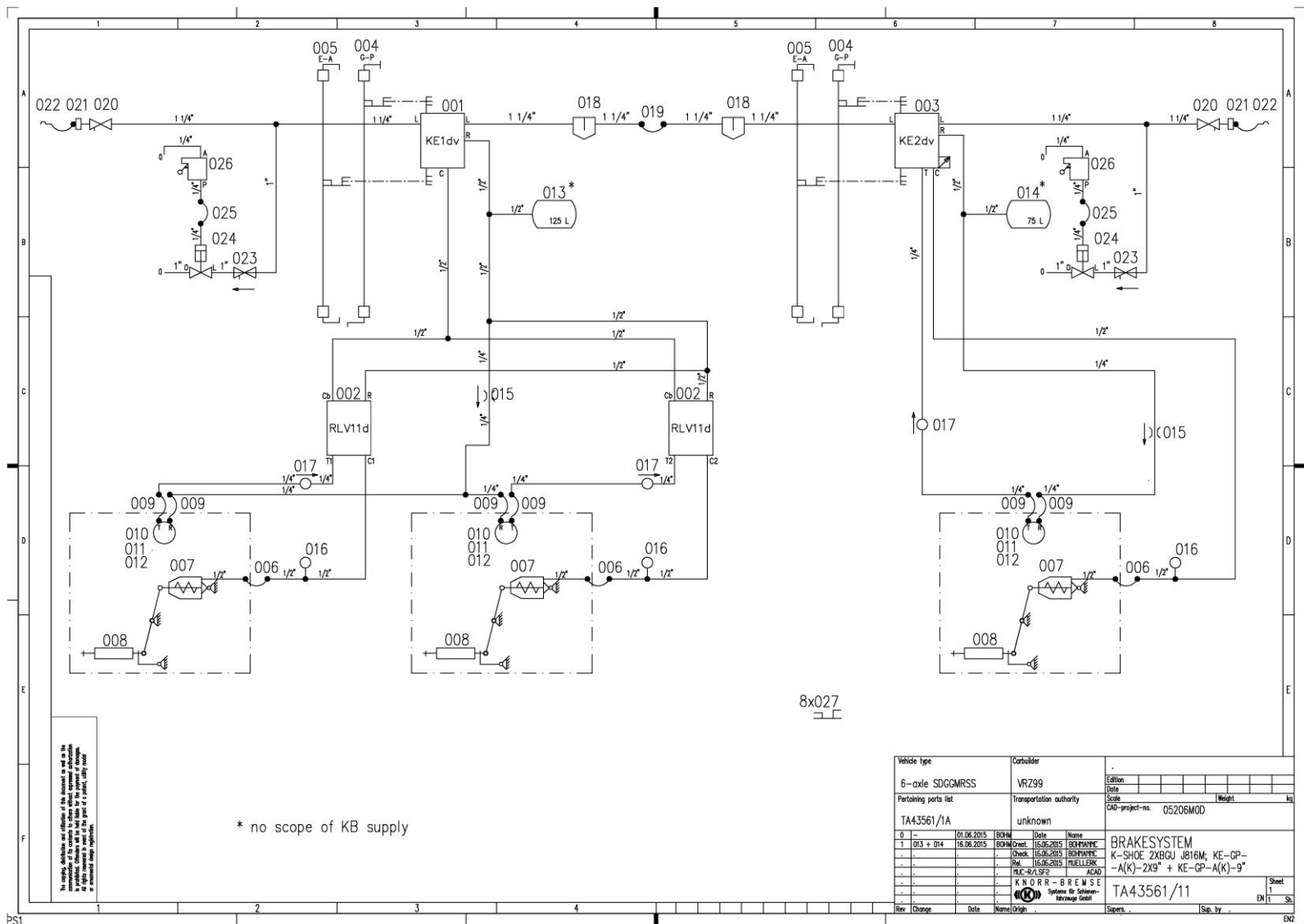
2.6 Систем кочнице теретног вагона типа *Sdggmrss*

За анализу начина мерења и обраде сигнала испитивања коришћени су подаци добијени испитивањем теретног вагона типа *Sdggmrss*. Овај шестоосовински вагон за превоз контејнера и полуприколица опремљен је кочницом са збијеним ваздухом (*UIC* систем кочнице) верификованог типа *Knorr* [13]. Предвиђен је за саобраћај у *SS* режиму тј. за брзину од 120 km/h . Опремљен је кочним папучама од композита тип К [19].

Према *UIC* прописима [13], [20] овакав тип новоизграђеног вагона поред стандардне поседује и следећу кочну опрему:

- Због своје дужине опремљен је са два распоредника и три кочна цилиндра.
- аутоматски континуални регулатор кочне силе у зависности од оптерећења
- прикључак за проверу *C* (командног) притиска за сваки кочни цилиндар појединачно
- *T* прикључак за испитивање.

Шема кочнице *Sdggmrss* вагона приказана је на слици 5. а спецификација кочних уређаја и делова дата је у у табели 5.

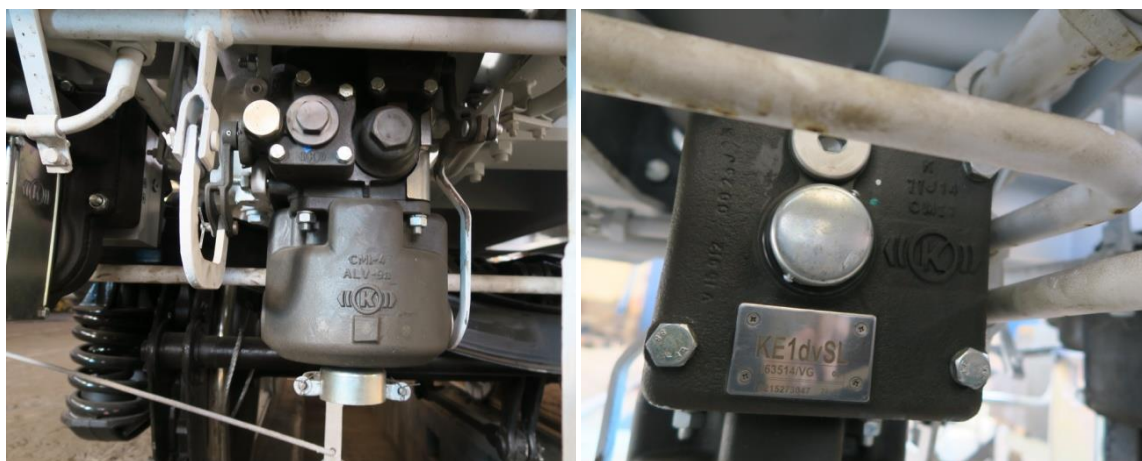


Слика 5. Шема кочнице Sdggmrss вагона

Табела 5. Спецификација кочних уређаја и делова *Sdggmrss* вагона

Позиција	Назив уређеја	Тип	Количина
1	Распоредник	<i>KE1DVSL</i>	1
2	Реле вентил	<i>RLV-11D112/1</i>	2
3	Распоредник	<i>KE2DVSL-ALBD112/1K</i>	1
4	Пребацивач <i>G-P</i>	-	2
5	Пребацивач „укључено-искључено“	-	2
6	Црево са прикључком	<i>2TE 16 CC, M26x1,5</i>	6
7	Кочни цилиндар	<i>BG9``</i>	3
8	Регулатор кочног полужја	<i>DRV2A-450H</i>	3
9	Црево са прикључком	<i>2TE 16 CC, M18x1,5</i>	6
10	Мерни вентил	WM10	3
11	Одстојни прстен	-	3
12	Држач опруга	-	3
13	Помоћни резервоар	<i>A125-350-UIC</i>	1
14	Помоћни резервоар	<i>A75-300-UIC</i>	1
15	Вентил контроле протока	<i>G1/2-2,0</i>	2
16	Контролни прикључак	<i>T AC 1/2</i>	3
17	T контролни прикључак	<i>T2 G1/2</i>	3
18	Славина за одвод кондензата	<i>G 1 1/2</i>	2
19	Црево	-	1
20	Чеона славина	<i>LH3-1 1/4``</i>	2
21	Цевна навртка	<i>BG1 1/4</i>	2
22	Кочна спојница	<i>1`x G1 1/4</i>	2
23	Кугласта славина	<i>SK-DN25E</i>	2
24	Славина кочнице за случај опасности	<i>NB11</i>	2
25	Црево	<i>2TE 08 CC45, M16x1,5</i>	2
26	Откочник	<i>WRV/KS3</i>	2

Приказ основних кочних уређаја уграђених на *Sdggmrss* вагону дат је на слици 6.



Слика 6. Распоредници уграђени на *Sdggmrss* вагон

3 ПРОРАЧУН ПЕРФОРМАНСИ КОЧНИЦЕ

Кочне перформансе железничких возила представљају способност кочнице, као система кочних уређаја са одређеним карактеристикама, да својим дејством зауставе возило или воз, на одређеном зауставном путу при дефинисаним почетним параметрима и одређеним спољним условима. Кочне перформансе, у овоме смислу, дефинишу се преко кочне масе (процента кочне масе) или средњег успорења и зависе од типа кочнице, режима кочења, масе возила, дужине зауставног пута и времена кочења из неке почетне брзине до заустављања при брзом кочењу.

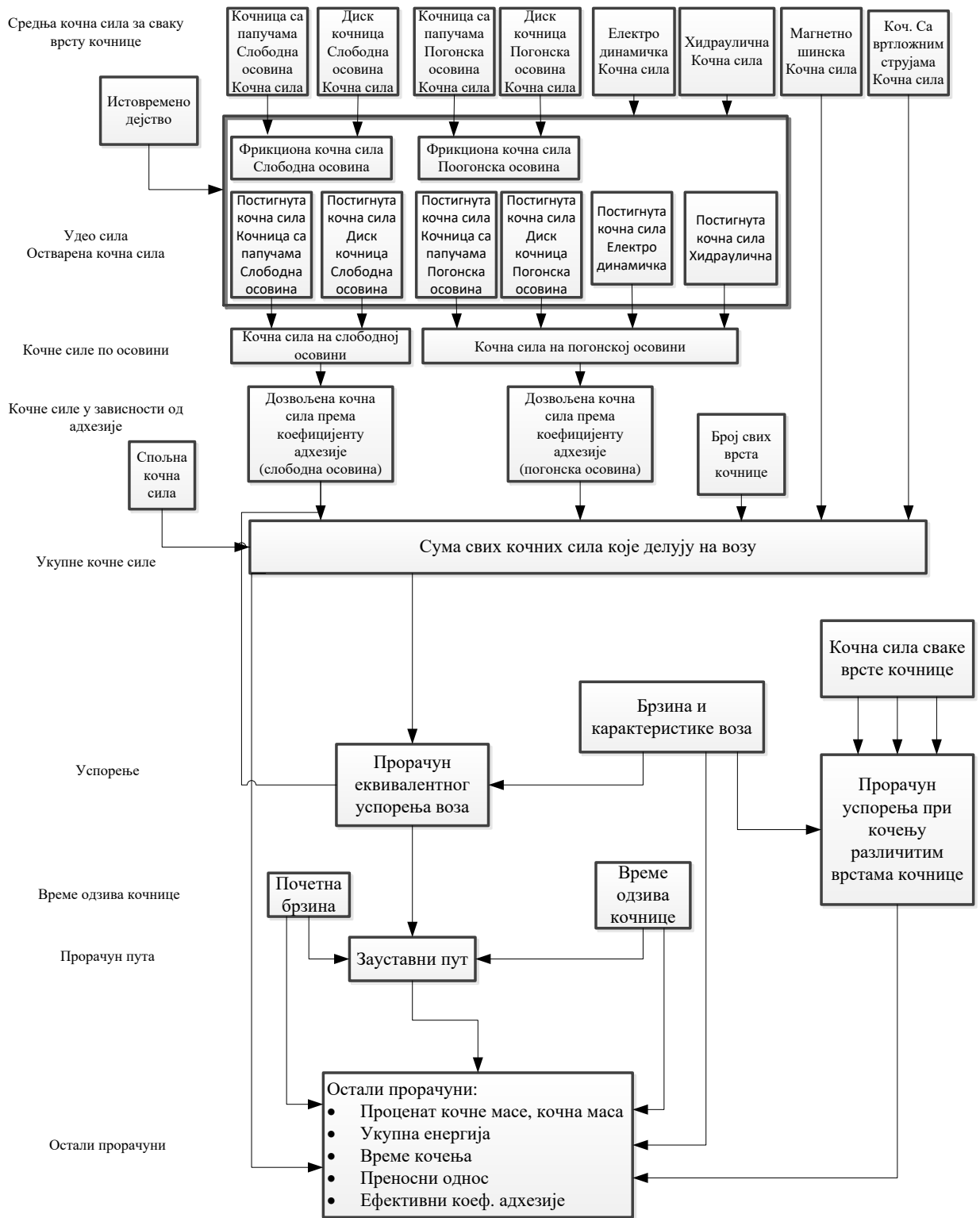
3.1 Претходно рачунско одређивање перформанси кочнице

Претходно рачунско одређивање кочних перформанси служи за димензионисање кочне опреме.

Европски стандарди *EN14531-1* и *EN14531-6* [21], [22] описују алгоритам који се користи за прорачун возила конвенционалних и великих брзина, укључујући и возила са сопственим погоном.

Прорачун перформанси кочнице врши се према општем алгоритму [21] приказаном на слици 7. Полазни подаци за прорачун дати су у табели 6.

Такође прорачун перформанси кочнице може се вршити постепеним поступком (корак по корак) према алгоритму [22] приказаном на слици 8. Полазни подаци за прорачун дати су у табели 6.

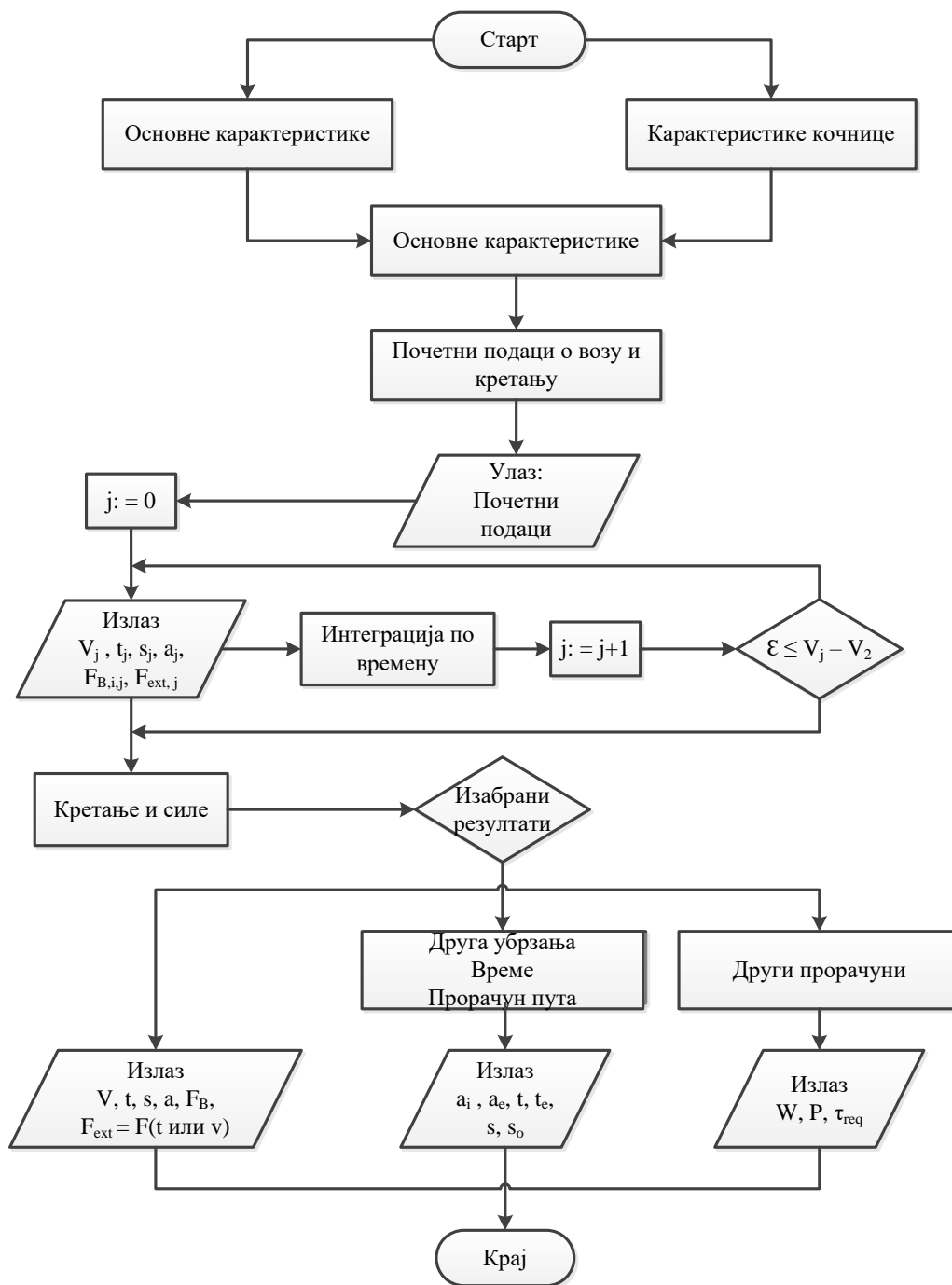


Слика 7. Општи алгоритам за прорачун зауставног пута и успорења

Табела 6. Улазни подаци за израчунавање зауставног пута и пута успорења

Категорија	Подаци	
Опште карактеристике	Састав воза	број погонских осовина
		број слободних осовина
		број кочених осовина за сваку врсту кочнице
		број врста кочнице које не зависе од адхезије*
	Карактеристике возила и воза	маса по осовини, маса возила
		Ротирајућа маса по осовини ротирајућа маса
		Пречници точка
		Отпор кретања
Карактеристике кочнице	Карактеристике кочне опреме кочнице са папучама или диск кочнице	Карактеристике кочних делова кочнице са папучама
		Карактеристике кочних делова диск кочнице
		Притисак мерног вентила који регулише притисак цилиндара или преносни однос
		Коефицијент трења
	Карактеристике осталих врста кочнице	Електродинамична кочница
		Хидраулична кочница
		Магнетна кочница
		Кочница са вртложним струјама
	Време одзива сваке врсте кочнице	
	Истовремено дејство више врста кочница	Номиналне карактеристике, лошије карактеристике итд.*
Почетни услови и експлоатационе карактеристике	Просечан нагиб пруге	
	Почетна брзина	
	Расположив коефицијент адхезије	
	Ниво захтева кочнице	
	Број расположивих свих врста кочнице	
	Прорачун при лошијим условима*	

* односи се на прорачун „корак по корак“



Слика 8. Алгоритам за постепени (корак по корак) прорачун зауставног пута

Прорачун кочнице могуће је урадити и према пропису *UIC 544-1*. Примери стандардних прорачуна за теретне вагоне и путничка кола приказани су у додатку *N* и *O* тог прописа.

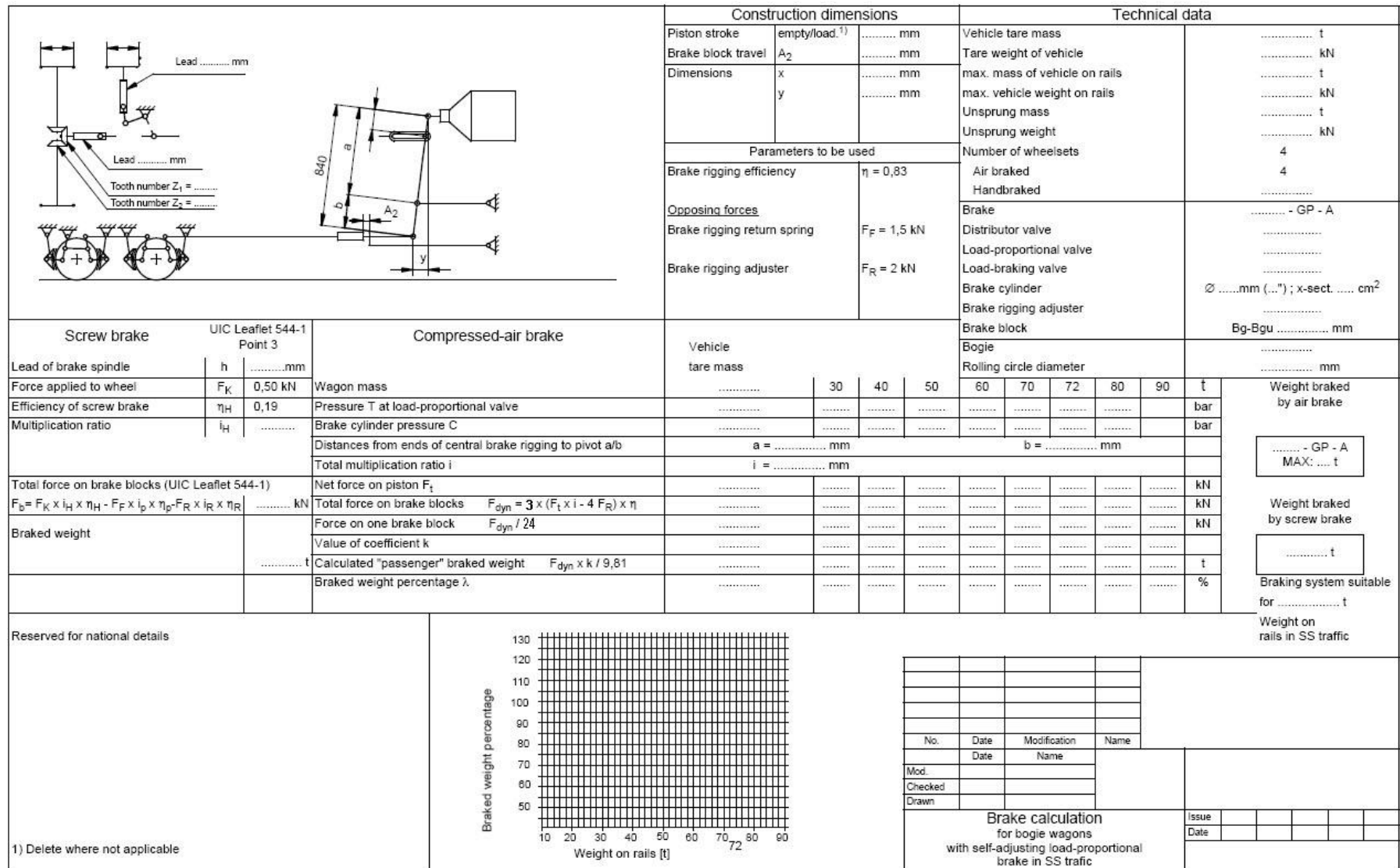
Наведени прописи не дефинишу захтеве перформанси кочнице возила, већ омогућавају израчунавање различитих видова кочних карактеристика: зауставни пут, расипање енергије, силу кочења успорење и др.

3.2 Прорачун кочних перформанси кочнице вагона типа *Sdggmrss*

На слици 9. дат је пример прорачуна кочнице вагона, у складу са [4], који одговара теретном вагону *Sdggmrss*.

За наведени вагон прорачун [23] је урађен према европским стандардима [21] и приказан је на слици 10. На слици је приказан прорачун кочних перформанси за кочење из почетне брзине од 100km/h .

На основу овог почетног прорачуна извршено је димензионисање кочнице и избор кочне опреме. Наведени прорачун кочних перформанси је подвргнут провери путем испитивања како је описано у наредним поглављима.



Слика 9. Пример прорачуна 6-осовинског теретног вагона са аутоматском континуалном регулацијом кочице у SS режиму



Knorr-Bremse
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH

Physical-Brake Calculation

Project name: 6-axle Sggrss 80', ss-traffic, Jurid J816M
Customer:
Carrier / Country:

File-Nr.: TA42334/41
Revision: 00
Page: 2/2
Date: 22.08.2014

General data (assumptions are marked with *)

- Number axles	nr	6
Distributor valve		
- Type	KE1dv...	
- Braking time	ta	4 [sec]
Adjustable load brake valve		
- Type	RLV-11d163/1	
- C-pressure, empty	pl	1,30 [bar]
- C-pressure, loaded	pb	3,80 [bar]
Weighing valve		
- Type	WM 10 bzw. WMU 10	
- Number of weighing points	nw	24 [-]
Brake cylinder		
- Type	BG	10
- Number each car	n	3 [-]
- Piston area	A	510,7 [cm²]
- Counter force	Fc	1400 [N]
Brake rigging ratio		
- Brake rigging ratio, total	i	9,49 [-]*
- Brake rigging ratio, bogie	ib	4 [-]
- Efficiency	η	0,83 [-]
Slack adjuster		
- Type	DRV2A-450H	
- Internal counter force	Fq	2000 [N]
- maximal force	Fg	85 [kN]
Brake shoes		
- Type	BGU J816M	
- Number	nb	24 [-]
- Shoe area	Ab	400 [cm²]
Maximal speed		
V	100 [km/h]	
Masses		
- Tare weight	Wl	27,5 [t]*
- Maximal weight	Wb	135 [t]*
- Unsprung masses	Wu	8 [t]*
Accel. due to gravity		
g	9,81 [m/s²]	

Formula

Mass per weighing valve

$$F_w = (W - W_u) / n_w$$

T-pressure

$$T = +4/50 * F_w$$

Piston force

$$F_p = A * p - F_c$$

Total brake block pressure, dynamic

$$F = n * (F_p * i - F_q * i_b) * \eta$$

Brake block pressure

$$F_s = F / n_b$$

Friction parameter wheel/shoe

$$\mu \text{ experimental value}$$

Brake pressure

$$F_r = \mu * F$$

delay

$$a = F_r / W$$

braking distance

$$s = V * t_a / 7,2 + V^2 / (25,92 * a)$$

spec. surface pressure (block)

$$P_b = F_s / A_b$$

Remark

Brakesystem: KE-GP-A(K)-3x10"

- Friction values and other values based on

TA33617/41 A102 and need to be checked

- brake rigging ratios and masses has to be

checked

- for the test drives is a adjustable

pressure converter recommended

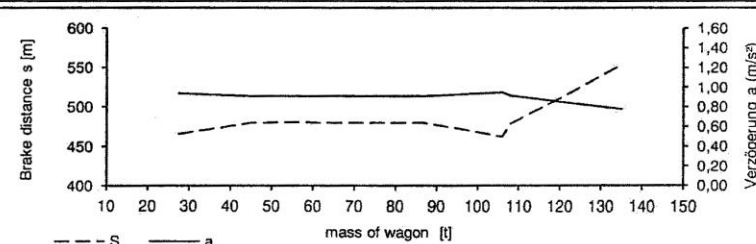
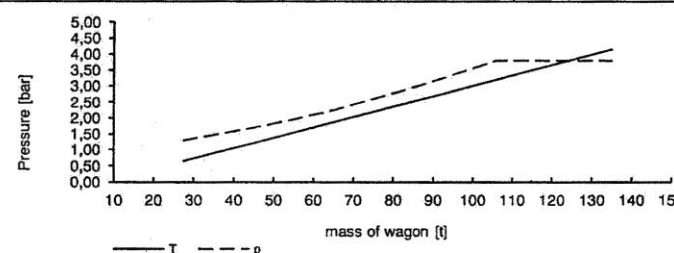
- λ by UIC544-1, 5.Release., Annex B.2

Brake calculation

Brake tests for determined the brake percentages are necessary

W	Fw	T	p	Fp	F	Fs	μ	Fr	a	s	λ	Pb
[t]	[kN]	[bar]	[bar]	[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[m/s²]	[m]	[%]	[N/cm²]
27,5	8,0	0,64	1,30	5,24	103,88	4,33	0,249	25,87	0,941	466	103	11
45	15,1	1,21	1,69	7,23	150,95	6,29	0,271	40,91	0,909	480	100	16
55	19,2	1,54	1,95	8,56	182,32	7,60	0,274	49,96	0,908	480	100	19
65	23,3	1,86	2,24	10,04	217,32	9,05	0,272	59,11	0,909	480	100	23
87	32,3	2,58	3,03	14,07	312,65	13,03	0,253	79,10	0,909	480	100	33
108	40,1	3,20	3,80	18,01	405,58	16,90	0,248	100,58	0,949	462	104	42
108	40,9	3,27	3,80	18,01	405,58	16,90	0,243	98,56	0,913	478	100	42
120	45,8	3,66	3,80	18,01	405,58	16,90	0,251	101,80	0,848	510	94	42
135	51,9	4,15	3,80	18,01	405,58	16,90	0,258	104,64	0,775	553	86	42

the maximum power witch is forces to the slack adjuster: 42,72 kN



Слика 10. Прорачун кочнице према EN14531-1

Захтеви кочних перформанси за возила дата су у *TSI WAG* анекс C.3 [1] за теретне вагоне (табела 7) и *TSI CR LOCO PASS* за локомотиве и путничка кола [2].

Табела 7. Захтеване вредности кочних перформанси теретних вагона

Положај кочице	Управљачка опрема	Режим кочења	Стање оптерећења	Захтеви за брзину од 100 km/h		Захтеви за брзину од 120 km/h	
				Максимални зауставни пут	Минимални зауставни пут	Максимални зауставни пут	Минимални зауставни пут
„P“	Пребацивач „празно-товарено“ (9)	'S1'(2)	Празан	$S_{max}=700\text{ m}$ $\lambda_{min}=65\%$ $a_{min}=0,60\text{m/s}^2$	$S_{min}=390\text{ m}$ $\lambda_{max}=125\% (130\%)(*)$ $a_{max}=1,15\text{m/s}^2$	$S_{max}=700\text{ m}$ $\lambda_{min}=100\%$ $a_{min}=0,88\text{m/s}^2$	$S_{min}=580\text{ m}$ $\lambda_{max}=125\% (130\%)(*)$ $a_{max}=1,08\text{m/s}^2$
			На прекретној маси	$S_{max}=810\text{ m}$ $\lambda_{min}=55\%$ $a_{min}=0,51\text{m/s}^2$	$S_{min}=390\text{ m}$ $\lambda_{max}=125\%$ $a_{max}=1,15\text{m/s}^2$		
			Наговарен	$S_{max}=700\text{ m}$ $\lambda_{min}=65\%$ $a_{min}=0,60\text{m/s}^2$	$S_{min}=\text{Max} [(S=480\text{ m}, \lambda_{max}=100\% ,a_{max}=0,91\text{m/s}^2)$ (S добијен са средњом силом кочења од 16,5kN по осовини)] (5)		
	Континуална регулација кочења (10)	'SS', 'S2'	Празан	$S_{max}=480\text{ m}$ $\lambda_{min}=100\%(1)$ $a_{min}=0,91\text{m/s}^2(1)$	$S_{min}=390\text{ m}$ $\lambda_{max}=125\% (130\%)(*)$ $a_{max}=1,15\text{m/s}^2$	$S_{max}=700\text{ m}$ $\lambda_{min}=100\%$ $a_{min}=0,88\text{m/s}^2$	$S_{min}=580\text{ m}$ $\lambda_{max}=125\% (130\%)(*)$ $a_{max}=1,08\text{m/s}^2$
			Наговарен	$S_{max}=700\text{ m}$ $\lambda_{min}=65\%$ $a_{min}=0,60\text{m/s}^2$	$S_{min}=\text{Max} [(S=480\text{ m}, \lambda_{max}=100\%, a_{max}=0,91\text{m/s}^2)$ (S добијен са средњом силом кочења од 16,5kN по осовини)] (6)		
		'SS'(4)	Наговарен (18 t по осовини за кочицу са папучама)			$S_{max}^{(8)}=\text{Max} [(S=700\text{ m}, \lambda_{max}=100\%, a_{max}=0,88\text{m/s}^2)$ (добијен са средњом силом кочења од 16,5kN по осовини)](7)	
„G“				Није потребна посебна процена кочних перформанси возила у позицији G. Кочна маса возила у позицији G се одређује на основу кочне масе у положају P (види <i>UIC 544-1</i>)			

(*) само за два степена кочне силе (пребацивач празно-товарено) и *P10* (папуче од сивог лива са 10% фосфора) или *LL* кочне папуче

(¹) 'a' = $\frac{((\text{брзина km/h})/3,6)^2}{2 \times (S - ((t_e) \times (\text{Брзина (km/h)/3,6}))}$), са $t_e=2$ s. Израчунавање зауставног пута је у складу са EN 14531-1:2005, део 5.11

(²) S1 је возило са пребацивачем празно-товарено. Максимум оптерећености по осовини је 22,5t.

(³) S2 је возило са континуално-променљивом силом кочења (са релеј вентилом). Максимум оптерећености по осовини је 22,5t.

(⁴) SS је возило са континуално променљивом силом кочења (са релеј вентилом) . Максимум оптерећености по осовини је 22,5t.

(⁵) Дозвољени максимум средње кочне силе (за брзину од 100 km/h) је $18 \times 0,91 = 16,5 \text{ kN/осовини}$. Ова вредност се добија од максималне улазне кочне енергије дозвољене на коченим точковима са номиналним пречником у распону од [920mm; 1000m] за време кочења (кочна маса је ограничена на 18t /осовини).

(⁶) Дозвољени максимум средње кочне силе (за брзину од 100 km/h) је $18 \times 0,91 = 16,5 \text{ kN/осовини}$. Ова вредност се добија од максималне улазне кочне енергије дозвољене на коченим точковима са номиналним пречником у распону од [920mm; 1000m] за време кочења (кочна маса је ограничена на 18t /осовини). Обично је јединица са $V_{\text{max}}=100$ km/h и опремљена са континуално-променљивом силом кочења (са релеј вентилом) пројектована да оствари $\lambda=100\%$ до 14,5 t/осовини.

(⁷) Дозвољени максимум средње кочне силе (за брзину од 120 km/h) је $18 \times 0,88 = 16, \text{ kN/осовини}$. Ова вредност се добија од максималне улазне кочне енергије дозвољене на коченим точковима са номиналним пречником у распону од [920mm; 1000m] за време кочења (кочна маса ће бити ограничена на 18t /осовини). Маса по осовини је ограничена на 20t/осовини и одговара $\lambda= 90\%$. Ако се захтева да је $\lambda > 100\%$ са масом по осовини > 18 t, потребно је да се размотри примена другог типа кочнице.

(⁸) λ не сме да пређе 125% узимајући у обзир само кочење преко точкова (кочне папуче), дозвољен максимум средње силе кочења је 16 kN/осовини (за брзину од 120km/h)

(⁹) Пребацивач у складу са EN 15624:2008+A1:2010 [24]

(¹⁰) Релеј променљивог оптерећења у складу са EN 15611:2008+A1:2010 [25] у комбинацији са мерним вентилом променљивог оптерећења у складу са EN 15625:2008+A1:2010 [26]

Само у случају вагона опремљених са кочним папучама од сивог лива тип *P10* или од композита тип *LL* могуће је дефинисање перформанси кочнице само преко прорачуна, с тим да није искључена и провера испитивањем. Ако се приликом испитивања добије кочна маса већа од вредности добијене прорачуном, прорачун кочне масе постаје валидан. У супротном потребно је пронаћи разлог добијене мање вредности током испитивања.

4 ИСПИТИВАЊЕ ПЕРФОРМАНСИ КОЧНИЦЕ

За одређивање кочних перформанси поред прорачуна кочнице у већини случајева неопходно је извршити испитивање. Одређивање перформанси кочнице испитивањем кочнице у возњи спроводи се у складу са прописом *UIC 544-1* [4].

Дефинисање кочних перформанси на основу прорачуна могуће је само у следећим случајевима:

- када су железничка возила опремљени папучама од сивог лива квалитета Р10 и од композита тип LL.
- када је железничко возило идентично или слично (у погледу масе, типа кочнице и др) другом возилу за које су перформансе кочнице одређене испитивањем.

Најновијим стандардима захтева се употреба новијих материјала за израду кочних уметака шинских возила - композитних материјала. Због њихових различитих карактеристика, које могу у стварности одступати од теоријских вредности, није довољно израчунавање кочне масе прорачуном, већ је обавезна валидација прорачуна путем испитивања. Примена кочних папуча са различитим коефицијентима трења на постојећим возилима може изазвати допунске проблеме о којима треба водити рачуна [27].

Циљ испитивање кочнице у возњи је одређивање кочне масе или успорења, преко којих се изражавају перформансе кочнице. Како је наведено у претходном поглављу за возила која се крећу брзином до 160km/h меродавна су оба параметра, а за возила већих брзина валидно је добијено успорење.

Првобитни услов за спровођење овог испитивања је добијање прихватљивих резултата испитивања кочнице у месту које се спроводи према одговарајућим прописима [28] и [29].

Кочна маса се може одредити спровођењем испитивања на појединачном возилу или у саставу воза и то:

За путничка кола испитивање се обавља:

1. у саставу воза дужине $400m$, који је састављен од идентичних путничких кола са истоветном кочном опремом и искљученом кочницом локомотиве.
2. са појединачним возилом за
 - путничка кола максималне брзине до $160km/h$,
 - путничка кола која су способна за брзине до $200km/h$, и чија кочница показује константан степен силе независно од брзине.

Код теретних вагона могуће је испитивање:

1. у саставу воза дужине $500m$, састављеног од идентичних кола и локомотиве на којој је искључена кочница.
2. испитивањем са појединачним возилом (метода одбацивања), при чему је састав одбациваног возила:
 - један вагон, код вагона са обртним постољима,
 - група од три вагона, код 2-осовинских вагона,
 - група од два вагона, код зглобних вагона са појединачним осовинама,
 - група вагона који чине нераздвојну јединицу.

UIC544-1 дефинише поступак испитивања и осталих врста железничких возила (локомотиве, моторни возови са сопственим погоном или које вуку локомотиве и др.) и осталих врста кочнице (магнетно шинска, кочница са вртожним струјама, притврдна кочница и др.)

У наставку је дефинисан поступак испитивања теретног вагона који је предмет анализе у овом раду. Као што је наведено перформансе кочнице код теретних вагона исказује се преко кочне масе.

Кочна маса представља основну меру кочног дејства једног возила и исказана је у тонама, увек као заокружена целобројна вредност.

На основу бројних испитивања једног 60-осовинског путничког воза, са дефинисаном кочном опремом, на равној прузи са различитим положајима кочнице и различитим почетним брзинама, познатом масом воза (без масе локомотиве) одређене су перформансе кочнице и формиране су криве кочних вредности [4]. Криве кочних вредности представљају зависност између зауставног пута возила или воза при кочењу из неке брзине и процента кочне масе:

$$S = f(v, \lambda)$$

где је:

$S [m]$ - зауставни пут

$v [km/h]$ - брзина

$\lambda [\%]$ - проценат кочне масе

Ова зависност може се исказати и преко формуле:

$$\lambda = \frac{C}{S} - D$$

где су C и D константе приказане у табели 8.

Табела 8. Константе за израчунавање процента кочне масе

$V (km/h)$	Воз		Појединачно возило		Појединачно возило са диск кочницом	
	C	D	C	D	C	D
100	61300	8,9	52840	10	-	-
120	91633	11,6	83634	19	83634	19
140	130995	11,6	119179	19	113652	19
150	152640	11,6	-	-	150195	19
160	176714	11,6	161280	19	-	-
180	228219	11,6	-	-	-	-
200	287620	11,6	-	-	-	-

За одређивање кочне масе користи се следећа формула:

$$B = \frac{\lambda \cdot m}{100}$$

где је:

λ [%] - проценат кочне масе

m [t] - маса возила

Испитивања се изводе при различитим брзинама и случајевима оптерећења возила сходно техничким карактеристикама возила и захтевима из прописа.

Метода за израчунавање кочне масе испитивањем теретних вагона у складу са европским стандардима (*TSI*) слична је методи која се примењује у Русији (МПС) [30]. Из тога проистиче да су криве зависности процента кочне масе од зауставног пута приближно на исти начин одређене. Анализом је могуће направити корелацију између кочних маса добијених према наведеним стандардима и на тај начин формирати таблице кочења теретних вагона који би саобраћали унутар железница које примењују ЕУ и железница које примењују руске стандарде.

4.1 Основни услови приликом испитивања

Приликом испитивања потребно је да су задовољени следећи услови:

- атмосферски услови - испитивање спровести при минималном ветру и сувим шинама),
- профил пруге – средњи нагиб на делу зауставног пута не сме прећи 3‰, а максимални нагиб на испитној деоници мора бити мањи од 5‰. Испитивање није дозвољено у кривини радијуса мањег од 1000 m.
- брзина возила – разлика између измерене и номиналне брзине не сме бити већа од 4 km/h,
- број испитивања - потребно је спровести најмање 4 важећа испитивања за одређивање средњег зауставног пута
- стање точкава, кочних дискова и тарних компоненти - пре испитивања тарне компоненте (кочни умети/папуче) морају имати најмање 85% контактне површине са кочним диском/точком. Температура свих елемената не сме прећи 100°C.

4.2 Метода вредновања резултата испитивања

Након извршених испитивања потребно је извршити корекцију и оцену валидности добијених резултата.

4.2.1 Корекција измерених зауставних путева

Након извршених испитивања потребно је извршити корекцију измерених зауставних путева узимајући у обзир:

- разлику између измерене и номиналне брзине
- нагиб пруге

Корекција се врше према формули:

$$S_{\text{corr}} = \frac{3,933 \cdot \rho \cdot v_{\text{nom}}^2}{3,933 \cdot \rho \cdot v_{\text{meas}}^2 - i_m' \cdot S_{\text{meas}}} \cdot S_{\text{meas}}$$

$$i_m' = i_m + w_{BO}$$

$$\rho = \frac{m_r}{m}$$

где је:

- m - маса испитиваног вагона,
- ρ - коефицијент инерције ротационих маса
- m_r - еквивалентна маса ротирајућих елемената,
- i_m - средњи нагиб пруге на делу на којем се кочи испитивано возило, са предзнаком + код успона и предзнаком - код падова [%],
- w_{BO} - средњи отпор кретања при проласку кроз кривину дуж зауставног пута $S_{j\text{meas}}$
- i_m' - средњи еквивалентни отпор кретања на делу пруге на којем се кочи испитивано возило [%],
- v_{nom} - номинална почетна брзина код испитивања j [km/h],
- v_{meas} - измерена почетна брзина код испитивања j [km/h],
- S_{meas} - измерени зауставни пут код испитивања j [m],
- S_{corr} - кориговани појединачни зауставни пут. Одговара номиналној почетној током испитивања и деоници без нагиба.

Средњи зауставни пут се рачуна као:

$$\bar{s} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j$$

4.2.2 Критеријуми за валидност испитивања

Након одређивања средњег зауставног пута проверава се да ли је валидан, тј. да ли задовољава следећа два критеријума:

$$\text{Критеријум К1: } \frac{\sigma_n}{s} \leq 0.03 \quad (2)$$

$$\text{Критеријум К2: } |s_e - \bar{s}| \leq 1,95 \cdot \sigma_n \quad (3)$$

где је:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{|s_j - \bar{s}|^2}{n}}$$

s_j [m] – измерени зауставни пут при „j“ испитивању и коригован

n [-] – број важећих мерења

σ [-] – стандардно одступање испитивања

\bar{s} [m] – средњи зауставни пут испитивања

s_e [m] – појединачни зауставни пут који се највише разликује од средњег

Ако после четири испитивања један од критеријума није испуњен, спроводи се додатно испитивање и поново проверава испуњеност оба критеријума.

Ако критеријум К2 није задовољен након више од 5 мерења, екстремна вредност s_e се одбацује и поново проверава критеријум.

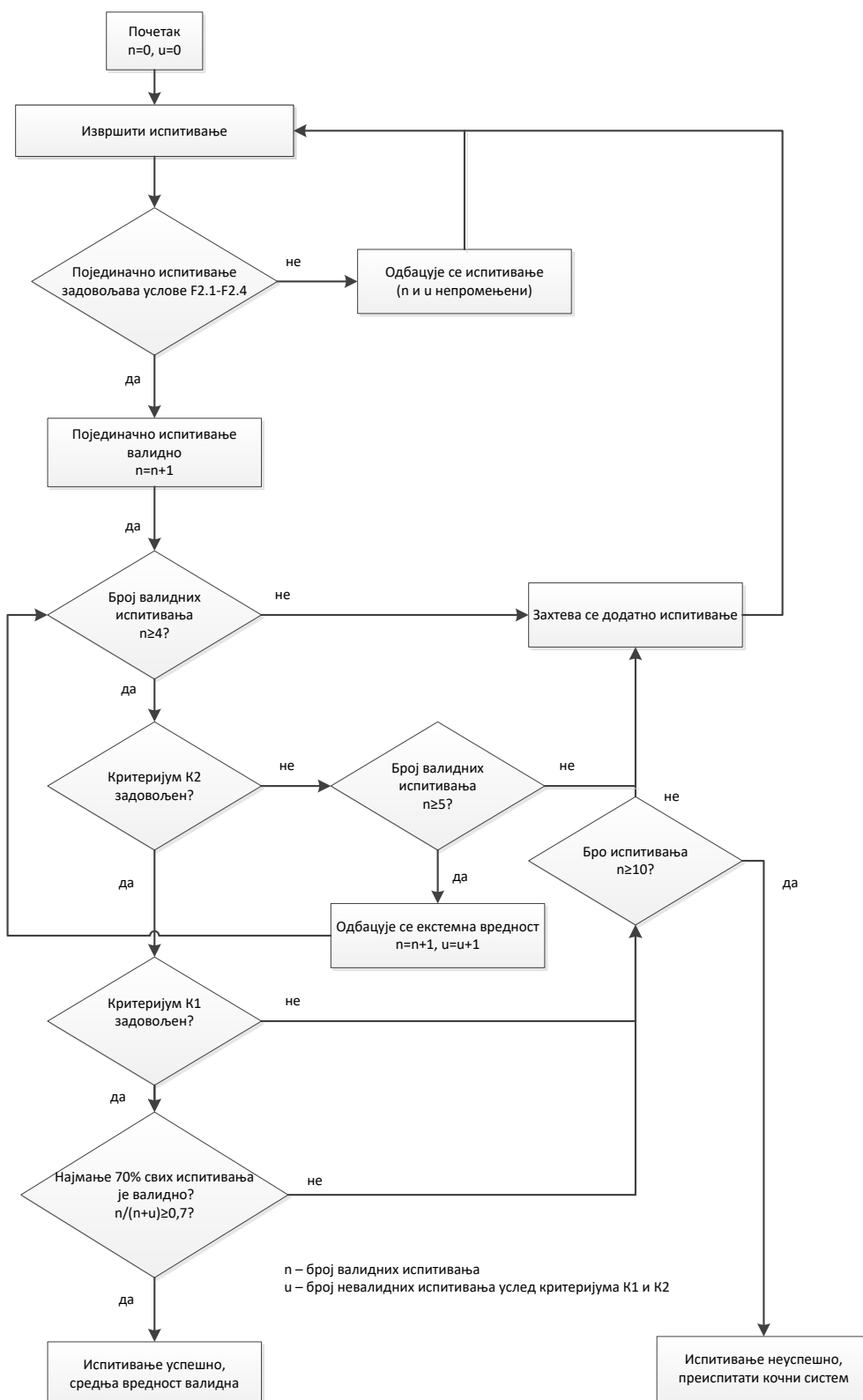
Међутим ако после одбацавања екстремне вредности s_e , критеријум К1 или оба критеријума нису задовољена, спроводе се даље додатна испитивања.

Процедура се наставља док оба критеријума не буду задовољена или буде спроведено 10 мерења (рачунају се и мерења која нису валидна).

Број валидних мерења мора бити више од 70% спроведених мерења, имајући у виду да се одбачена испитивања не узимају у обзир у укупном броју испитивања.

Ако после укупно 10 испитивања оба критеријума нису задовољена, испитивања се прекидају и преиспитује се кочни систем.

Наведена процедура приказана је преко алгоритма на слици 11.



Слика 11. Алгоритам провере валидности испитивања [4]

4.3 Корекција средњих зауставних путева

На крају је потребно извршити корекцију средњих зауставних путева. Корекција се врши према следећим критеријумима:

- основна корекција - прилагођавање постојећег стања испитиваног возила општим карактеристикама возила пројектованим за серију.
- време пуњења кочног цилиндра током испитивања

4.3.1 Основна корекција средњег зауставног пута

Добијени средњи зауставни пут односи се на конкретно испитивано возило у постојећим условима. Он мора бити коригован према особинама возила који су пројектовани за серију. У обзир се узимају следећи фактори:

- Динамички степен искоришћења кочног полужја испитиваног возила у односу на предвиђену средњу вредност у саобраћају, док у случају возила кочног диск кочицом треба узети у обзир средњи пречник точка испитиваног возила, према пречнику полуистрошеног точка.
- Стварни притисак у цилиндру у односу на номиналну (пројектовану) вредност. Корекција се може извршити у границама толеранције $\pm 0,2 \text{ bar}$.

Корекција се врши према следећој формули:

$$\bar{s}_{corr} = t_e \cdot v_{nom} + \frac{F_{test} + W_m}{F_{corr} + W_m} \cdot (\bar{s} - v_{nom} \cdot t_e)$$

$$t_e = t_0 + \frac{t_s}{2}$$

$$F_{test} = m \cdot \rho \cdot \frac{v_{nom}^2}{2(\bar{s} - v_{nom} \cdot t_e)} - W_m$$

$$F_{corr} = F_{test} \cdot \frac{\eta_{dyn}}{\eta_{dyn,test}} \cdot \frac{d_{test}}{d_m} \cdot \left[\frac{p_{nom} - p_{feder}}{p_{ntestom} - p_{feder}} \right]$$

$$W_m = F_{Ra,m} = A + \frac{2}{3} \cdot B \cdot v + \frac{1}{2} \cdot C \cdot v_0^2$$

где је:

- \bar{s}_{corr} - коригован средњи зауставни пут [m]
- \bar{s} - средњи зауставни пут измерен током испитивања [m]
- t_e - еквивалентно време кочења [s]
- t_s - средње измерено време развоја кочне силе (кочне силе или убрзања) [s]
- v_{nom} - номинална почетна брзина током испитивања [m/s]
- F_{corr} - коригована кочна сила [kN]
- F_{test} - средња кочна сила током испитивања [kN]
- W_m - средња вредност отпора кретању [kN]
- d_{test} - пречник точка испитиваног возила [m]
- d_m - пречник полуистрошеног точка [mm]; за коцницу са папучама $d_m = d_{test}$
- η_{dyn} - средњи коефицијент искоришћености кочног полужја ($\eta_{dyn} = 0,83$)
- $\eta_{dyn,test}$ - коефицијент искоришћености кочног полужја при испитивању ($\eta_{dyn,test} = 0,91$)
- p_{nom} - номинални притисак кочног цилиндра [bar]
- p_{test} - притисак кочног цилиндра испитиваног возила [bar]
- p_{feder} - притисак повратне опруге у кочном цилиндру [bar]
- v_0 - почетна брзина пре кочења [m/s]
- A, B, C - специфични коефицијенти у складу са EN 14531-1

4.3.2 Корекција средњег зауставног пута у односу на време пуњења кочног цилиндра током испитивања

Време пуњења кочног цилиндра током испитивања се коригује према номиналном времену пуњења од 4s.

Корекција средњег зауставног пута се врши према формули:

$$\bar{s}_{corr2} = \left(\frac{t_n}{2} - \frac{t_f}{2} \right) \cdot v_{nom} + \bar{s}_{corr}$$

где је:

- \bar{s}_{corr2} - средњи зауставни пут коригован према стандардним временом пуњења [m]
- \bar{s}_{corr} - средњи зауставни пут коригован у складу са UIC 544-1 т. F.3.3 [m]
- t_n - номинално време пуњења кочног цилиндра [s]
- t_f - средње измерено време пуњења кочног цилиндра [s]
- v_{nom} - номинална почетна брзина током испитивања [m/s]

У пропису UIC544-1 време пуњења кочног цилиндра t_f грешком обележава са t_s што може довести до забуне.

4.4 Испитивање *Sdggmrss* вагона

Испитивањем *Sdggmrss* вагона прво су добијени резултати [5] који су се разликовали од прорачуна [23] и нису били у складу са захтеваним вредностима (случај празног вагона), тако да је извршено подешавање кочнице (повећање притиска у кочном цилиндру са 1,3 на 1,7bar при празном вагону), извршен нови прорачун [30] и испитивање се поновило.

Резултати испитивања дати су у табели 9.

Табела 9 Процент кочне масе

Режим кочнице	m [t]	v [km/h]	$\bar{s}_{corr,2}$ [m]	λ [%]	B [t]
P	35,27	100	454,1	106	37
		120	635,6	113	40
	108	100	481,4	100	108
		120	685,5	103	111
	120	100	490,9	98	117
		120	709,7	99	119
135	100	545,1	87	117	

Упоређивањем резултата из прорачуна и поновљених испитивања закључује се да резултати добијени испитивањем не одговарају прорачуну [23], с тим да су резултати у границама захтеваних вредности (табела 7). Разлика је у највећој мери последица различите вредности коефицијента трења кочних папуча који је добијен од произвођача (вредност коришћена при прорачуну) и стварне вредности коефицијента трења. У том случају на вагону се исписује кочна маса добијена испитивањем.

5 НАЧИНИ МЕРЕЊА И ОБРАДЕ МЕРНИХ СИГНАЛА

UIC544-1, како је претходно описано прописује стандардну методу испитивања, односно дефинише потребне услове и захтеване мерне величине.

Међутим наведени пропис не прецизира у потпуности начин мерења захтеваних величина, нити поступак обраде мерних сигнала.

У овом поглављу анализираће се неки од могућих начина мерења и обраде добијених мерних сигнала.

5.1 Начини мерења захтеваних мерних величина

Приликом испитивања потребно је мерити следеће величине:

- брзина
- зауставни пут (дужина)
- убрзање (успорјење)
- притисак
- сила кочења (опционо)

Све величине потребно је мерити у функцији од времена.

5.1.1 Мерење брзине

Брзина се мери да би се утврдила почетна брзина из које је заведено кочење током сваког појединачног мерења и она се користи за корекцију сваког појединачног зауставног пута.

Брзина се може даље користити и за израчунавање зауставног пута и успорења при кочењу.

Мерење брзине кретања возила приликом испитивања могуће је спровести на више начина, односно применом различитих типова давача. Могућа је примена давача који директно врше мерење брзине или брзина може бити изведена величина из пређеног пута или убрзања. Диференцирањем сигнала пређеног пута

у функцији времена или интегралњем сигнала убрзања може се добити брзина кретања возила.

Мерење брзине може се извршити на један од следећих начина:

- **мерење брзине преко индуктивног давача**

Индуктивни давач броја обртаја приказан је на слици 12. На осовини возила монтира се зупчаник са одређеним бројем подеока (зуба). Индуктивни давач се постави на дефинисаном растојању од зупчаника и приликом кретања возила врши регистровање броја зуба дајући један импулс по зубу. Број обртаја осовине добија се дељењем броја импулса са бројем зуба. На основу познатог пречника точка и приказивања броја обртаја осовине у функцији времена добија се брзина кретања возила према формули.

$$v = \frac{Imp}{z \cdot \Delta t} \cdot D \cdot \pi \cdot 3,6$$

где је:

- v [km/h] - брзина
- Imp - број импулса
- z - број подеока на зупчанику
- D [m] - пречник точка
- Δt - временски интервал између два импулса



Слика 12. Индуктивни давач броја обртаја

- мерење брзине преко оптичког давача

Оптички давач приказан је на слици 13. Слично принципу рада индуктивног давача, оптички давач региструје промене, односно броји подеоке. На слици је приказан точак возила који је подељен на n белих и n тамних делова. Давач бележи сваки прелаз подеока као импулс.



Слика 13. Оптички давач

Брзина кретања возила добија се преко формуле:

$$v = \frac{Imp}{n \cdot \Delta t} \cdot D \cdot \pi \cdot 3,6$$

где је:

- $v [km/h]$ - брзина
- Imp - број импулса
- n - број светлих (тамних) поља на точку
- $D [m]$ - пречник точка
- Δt - временски интервал између два импулса

- **мерење брзине радаром**

На слици 14. приказан је бесконтактни давач брзине на принципу Доплеровог радара. Предност овог типа давача у односу на претходна два је у томе што није зависан од окретања осовине односно точка. На тај начин он приказује тачну брзину кретања возила чак и у случају појаве клизања точка услед превелике силе кочења или појаве микроклизања током кретања. Међутим да би радар давао исправне резултате мора бити постављен под углом од 30° у односу на тло. Свако одступање од 1° у односу на 30° даје грешку од 1 до 2%. Контрола угла се може изоставити ако се изврши калибрација давача после монтаже на вагон.



Слика 14. Радар за мерење брзине

Тела за оцену усаглашености железничких возила (Notify Body) захтевају мерење брзине давачима који не зависе од броја окретања точка (радаром) како би у зауставни пут био урачунат и пут који би возило прешло са блокираним точковима приликом кочења. С друге стране на основу мерног сигнала таквих давача не би се могла установити појава блокирања точка која може довести до оштећења на точку (појава равних места). Блокирање точка, посебно ако је изражено, могуће је регистровати на основу сигнала давача који зависе од броја обртаја точка и након анализе узрока могуће је елиминисати ову појаву и по потреби поновити испитивање у условима који обезбеђују да не дође до проклизавања точка.

Приликом испитивања Sdggmrss вагона коришћени су следећи давачи за мерење брзине:

1. радар на бази Доплеровог ефекта тип Delta *DRS1000* производње *GHM Engeeniring*
2. оптички давача тип *E3F2* производње *Omron Electronic*

Параметри који могу утицати на тачност су:

- код радара је то угао постављања радара у односу на тло (потребно је да буде 30%)
- код примене оптичког давача резултат зависи од пречника точка.

Ови параметри могу се неутралисати калибрацијом наведених давача помоћу ласерског даљиномера велике класе тачности. Калибрација се обавља на начин (слика 15) да се вагон помери за одређено растојање и упореде вредности дужине коју показује ласерски даљиномер и давачи на вагону. На основу тога уноси се корекциони фактор за вредност брзине добијене преко давача.



Слика 15. Калибрација радара и оптичког давача помоћу ласерског даљиномера

5.1.2 Мерење зауставног пута

Зауставни пут представља основну величину на основу које се одређује проценат кочне масе. Представља растојање које испитивано возило пређе од тренутка завођења кочења до заустављања.

Мерење зауставног пута може се обавити описаним давачима за мерење брзине и то на следећи начин:

- **мерење зауставног пута преко индуктивног давача**

Зауставни пут помоћу индуктивног давача добија се преко формуле:

$$s = \frac{Imp}{z} \cdot D \cdot \pi$$

где је:

$s [m]$ - зауставни пут
 Imp - број импуса
 z - број подеока на зупчанику
 $D [m]$ - пречник точка

Тачност показивања зауставног пута, односно корак мерења зависи од броја подеока на зупчанику. Са повећањем броја подеока тачност је већа. За стандардни нов точак пречника 920 mm и зупчаник са 80 подеока приказан на слици 12. корак мерења износи:

$$\Delta s = \frac{0,920 \cdot \pi}{80} = 0,036 [m]$$

- **мерење зауставног пута преко оптичког давача**

Зауставни пут помоћу оптичког давача добија се преко формуле:

$$s = \frac{Imp}{n} \cdot D \cdot \pi$$

У овом случају би са $n=16$ подељака на точку корак мерења износио $\Delta s=0,19m$. То је сасвим довољно и за минималне зауставне путеве при испитивањима теретних вагона, који износе око 400m, где би максимална грешка заокруживања услед корака била занемарљива (испод 0,025%).

- **мерење зауставног пута радаром**

Зауставни пут помоћу радара може се добити непосредно применом одговарајућег типа Доплеровог радара за мерење растојања или посредно интегралњем брзине по времену добијене радаром приказаним на слици 14. Калибрација се врши на исти начин као што је наведено код мерења брзине радаром.

5.1.3 Мерење убрзања (успорјења)

Мерење убрзања (успорјења) спроводи се у циљу одређивања еквивалентног времена развоја кочне силе. За возила великих брзина убрзање представља и једини параметар за оцену кочних перформанси.

Мерење убрзања могуће је извести преко давача убрзања различитих типова. Неки од давача коришћених при испитивању *Sdggmrss* вагона приказани су на слици 16.



Слика 16. Давачи убрзања

Такође убрзање се може добити диференцирањем по времену сигнала брзине или двоструким диференцирањем сигнала зауставног пута.

5.1.4 Мерење притиска

Мерење притиска врши се помоћу давача притиска на различитим местима ваздушне инсталације кочнице (главни ваздушни вод, кочни цилиндри). На слици 17. приказани су давачи за притисак монтирани на *Sdggmrss* вагон током испитивања.



Слика 17. Давачи притиска

Притисак у главном воду мери се како би се одредио тренутак завођења кочења (тренутак почетка пада притиска у главном воду представља тренутак завођења кочења).

Вредности притиска у кочним цилиндрима користе се при корекцији зауставних путева, а могу послужити и за одређивања еквивалентног времена развоја кочне силе.

5.1.5 Мерење силе кочења

Мерење силе кочења у току вожње захтева израду посебне конструкције давача. Мерење силе потребно је за одређивање еквивалентног времена развоја кочне силе t_e .

С обзиром да је конструкција давача и мерење силе кочења при кретању компликовано и осетљиво, наведено време може се одредити и преко развоја успорења које је много једноставније мерити или притиска успостављајући везу између раста притиска у кочном цилиндру и раста кочне силе.

5.2 Мерни систем при испитивању *Sdggmrss* вагона

Испитивање *Sdggmrms* вагона је спроведено методом одбацивања појединачног возила.

При испитивању *Sdggmrss* вагона коришћена је следећа композиција: локомотива - вагон лабораторија - испитивани *Sdggmrss* вагон (слика 18). Вагон лабораторија је опремљена са специјалним квачилом који омогућује откачињање испитиваног вагона од композиције (слика 19). У исто време преко електро пнеуматског

вентила се празни главни ваздушни вод са стране испитиваног вагона и на тај начин се узрокује кочење.

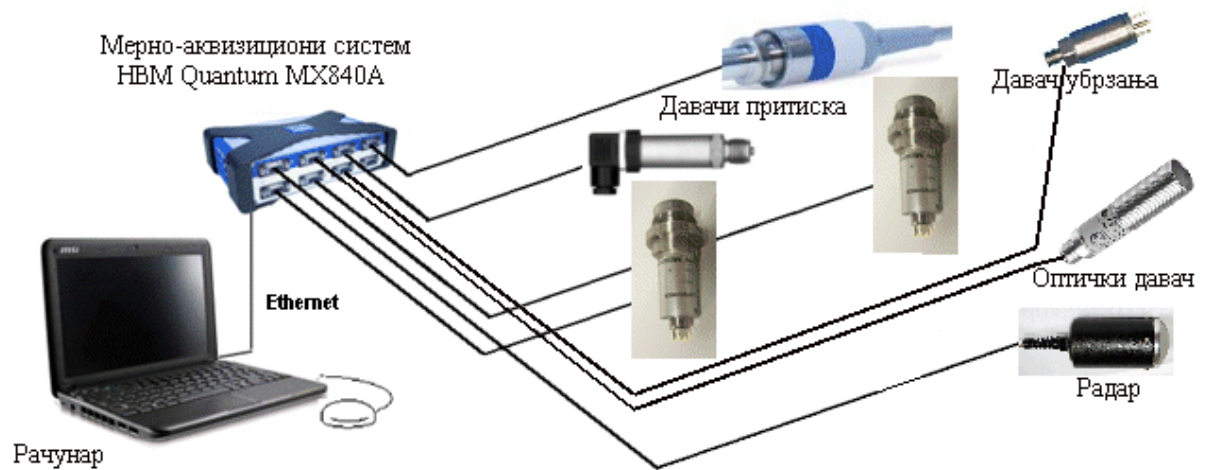


Слика 18. Испитна композиција



Слика 19. Специјално квачило

На испитни вагон монтирана је мерна опрема која је приказана на слици 20. и дата у табели 10.



Слика 20. Шема мерне опреме

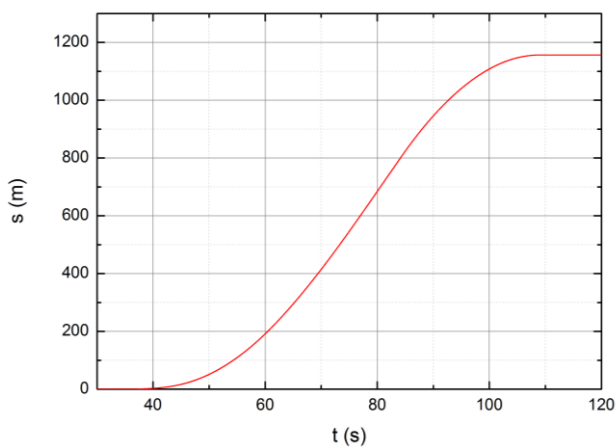
Табела 10. Мерна опрема

Назив	Тип	Серијски број	Произвођач
Давач притиска	<i>p30</i>	0155942801011150001	Jumo
Давач притиска	<i>P8AP</i>	35/02	HBM
Давач притиска	<i>P11</i>	34600	HBM
Давач притиска	<i>P11</i>	34601	HBM
Radar	<i>Delta DRS1000</i>	01019	GHM Engeen.
Оптички давач	<i>E3F2-DS30C4-M</i>	27306- 1	Omron Electronics
Давач убрзања	<i>B12</i>	74510708	HBM
Мерно-аквизициони систем	<i>Quantum MX840A</i>	0009E500532F	HBM
Ласерски метар	<i>GLM 150</i>	503244553	BOSCH
Бесконтактни термометар	-	C0901037219	ORION
Notebook PC	<i>E734</i>	DSDK052490	Fujitsu

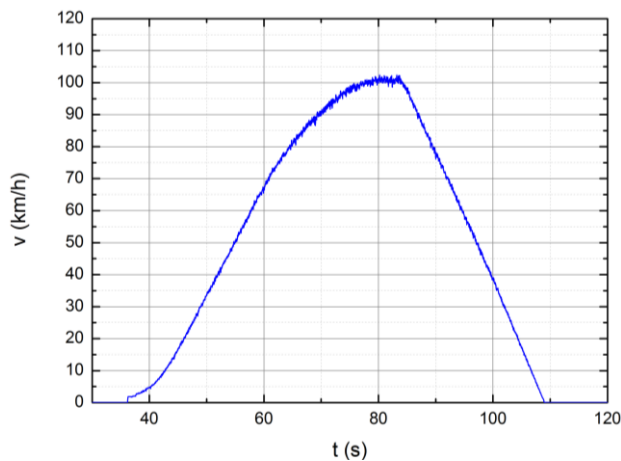
Приликом мерења број узорковања је износио 50Hz , осим код оптичког где је био 1200Hz . Сви мерни сигнали се региструју без филтрирања.

5.3 Обрада мерних сигнала

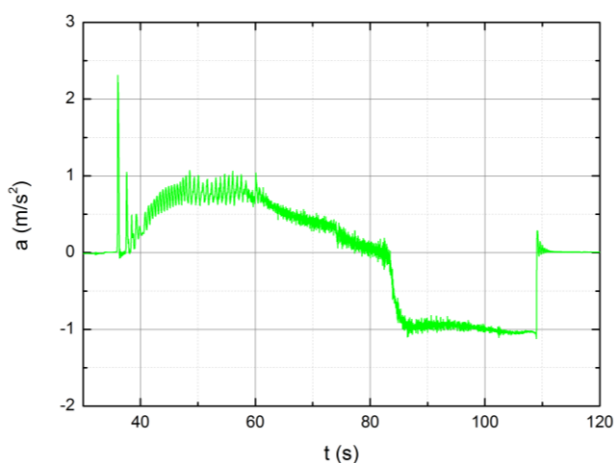
Добијени мерни сигнали без додатне обраде приказани су на сликама 21, 22, 23 и 24.



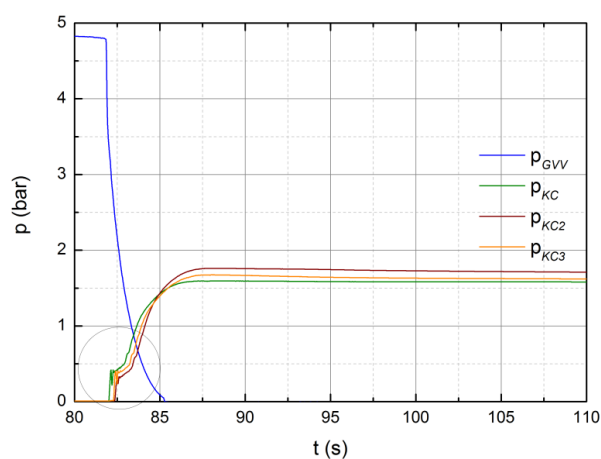
Слика 21. Мерни сигнал зауставног пута



Слика 22. Мерни сигнал брзине



Слика 23. Мерни сигнал убрзања



Слика 24. Мерни сигнал притиска у главном ваздушном воду и кочним цилиндрима

Из дијаграма се види да је потребно извршити филтрирање сигнала брзине и убрзања како би се могла одредити брзина из које је извршено кочење и тренутак заустављања возила.

У начине обраде мерних сигнала спада и посредно добијање мерних величина како је наведено у претходној тачки и приказано у табели 11.

Табела 11.

Зауставни пут	$\frac{dt}{\rightarrow}$	Брзина	$\frac{dt}{\rightarrow}$	Убрзање
Убрзање	\int_{\rightarrow}	Брзина	\int_{\rightarrow}	Зауставни пут

Обрадом мерних сигнала потребно је утврдити вредности следећих параметара који су потребни за израчунавање кочне масе:

- еквивалентно време развоја кочне силе t_e
- време пуњења кочног цилиндра t_f

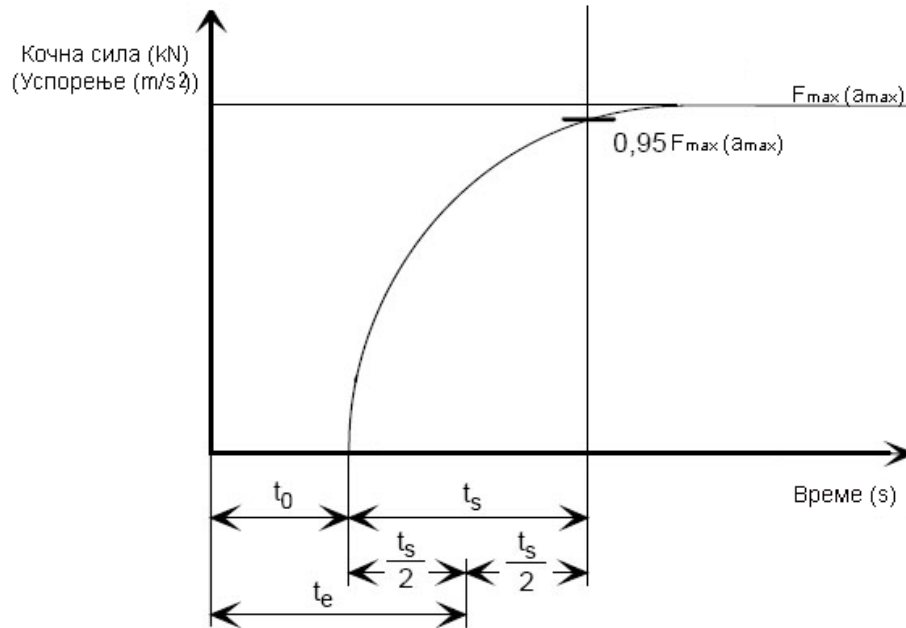
На зауставни пут шинског возила утиче доста параметара кочнице и услова под којима се кочење изводи [31].

Процес кочења може се поделити у неколико фаза:

1. доношење одлуке о кочењу тј. време за које машиновођа заведе кочење од тренутка уочавања потребе за кочењем
2. одзив система кочнице (од тренутка завођења кочења до почетка пораста кочне силе)
3. развој кочне силе до постизања 95% максималне вредности
4. кочење од постизања 95% максималне вредности кочне силе до заустављања.

За процену перформанси кочнице потребна је анализа времена одвијања процеса кочења наведених под 2. и 3.

Еквивалентно време развоја кочне силе [4] илустровано је на слици 25.



Слика 25. Дијаграм развоја кочне силе - еквивалентно време

Израчунава с према формули:

$$t_e = t_0 + \frac{t_s}{2}$$

где је:

t_e - еквивалентно време развоја кочне силе

t_0 - време од завођења процеса кочења до почетка раста кочне силе (успорења)

t_s - време развоја кочне силе, период од почетка пораста кочне силе (успорења) до достигања 95% њене максималне вредности

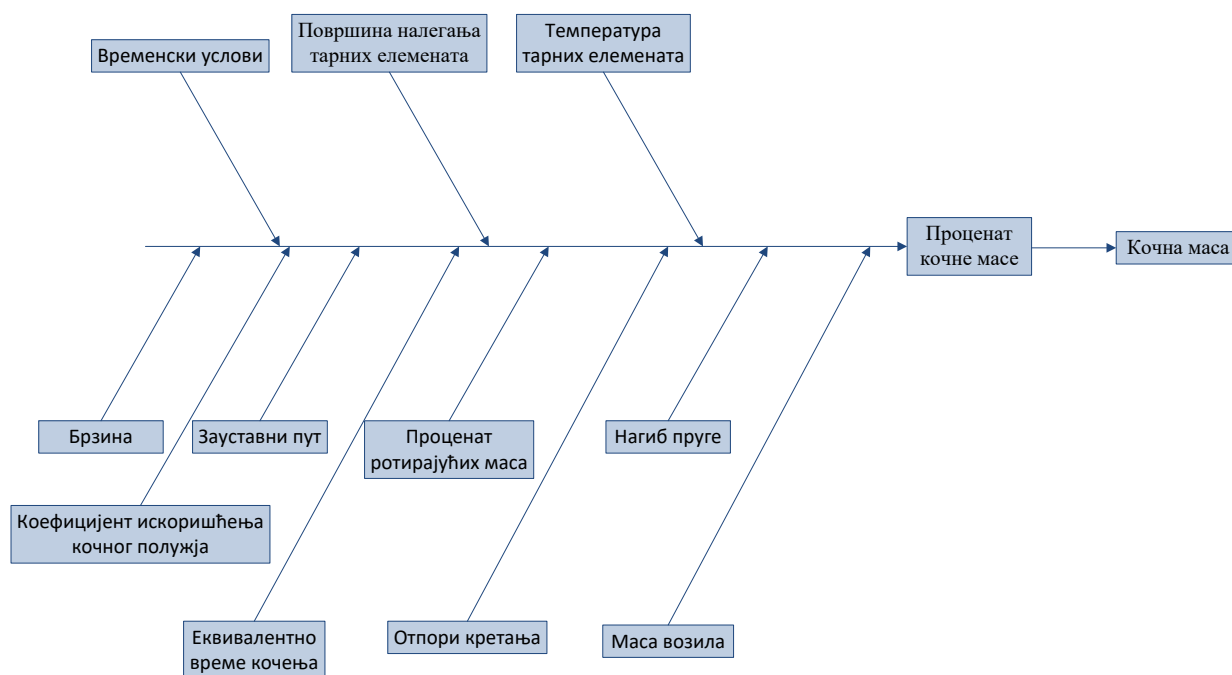
F_{\max} (a_{\max}) - максимална вредност кочне силе (успорења); у случају степенасте кочне силе, максимална вредност се односи на први степен приликом дејства кочнице: „локални максимум“

Време пуњења кочног цилиндра t_f преставља време од уласка ваздуха у цилиндар до тренутка достигања 95% вредности од максималног притиска.

5.4 Мерна несигурност

Питање мерне несигурности приликом испитивања кочних перформанси на неки начин је укључено кроз критеријуме K1 и K2 описаних у тачки 4.2.2 у складу са *UIC* прописом 544-1.

Међутим на основу искустава приликом испитивања, а полазећи од израза за израчунавање коригованог зауставног пута и услова испитивања могуће је дефинисати факторе (слика 26) који утичу на мерну несигурност [32].



Слика 26. Фактори који утичу на мерну несигурност приликом одређивања кочне масе испитивањем

Фактори који су приказани са горње стране на слици 26. дефинисани су прописом [4], у основним условима испитивања који морају бити задовољени пре почетка испитивања.

Погоршани временски услови утичу на вредности зауставних путева. Влажно време условљава смањење приањања точка и шине, што може довести до блокирања точкова и појаве клизања. Ветар у зависности од правца и смера дувања доводи до повећања или смањења зауставног пута.

Пре испитивања тарне компоненте (кочни умеци/папуче) морају имати најмање 85% контактне површине са кочним диском/точком. Зато је потребно пре испитивања извршити њихово „разрађивање“.

Температура тарних елемената утиче на вредност коефицијента трења кочних папуча/уметака. Због тога се мери температура належуће површине на точку пре сваког појединачног испитивања, и она мора да буде у границама прописаним у [3].

Маса возила одређује се мерењем возила пре испитивања и њена вредност зависи од тачности ваге на којој се врши мерење.

Нагиб пруге је конструктивни параметар који се узима из техничке документације за пругу. Веома је важно одредити тачну деоницу на којој је извршено кочење како би се узела исправна вредност нагиба.

Вредности отпора кретања узимају се аналогијом са постојећим вагонима или на основу прорачуна. Такође отпори кретања могу се одредити и испитивањем.

Процент масе ротирајућих елемената у односу на укупну масу возила узима се искусно за одређени тип возила или се може одредити теоријским путем (прорачуном).

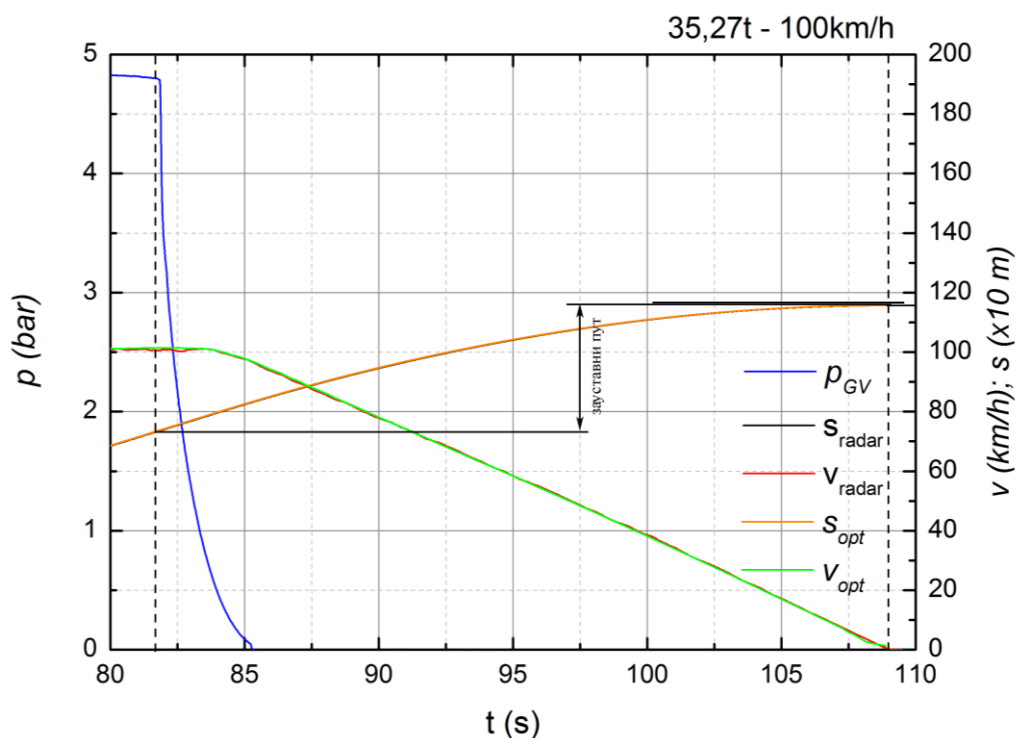
Утицај неких од наведених фактора на кочну масу биће приказан у наредном поглављу заједно са детаљном анализом фактора брзине, зауставног пута и еквивалентног времена развоја кочне силе.

6 АНАЛИЗА НАЧИНА МЕРЕЊА И ОБРАДЕ МЕРНИХ СИГНАЛА

У раду је разматран случај испитивања празног *Sdggmrss* вагона са брзином кретања од 100km/h и 120km/h .

6.1 Анализа мерења брзине и зауставног пута

На слици 27 приказани су обрађени сигнали брзине и зауставног пута добијених коришћењем два типа давача (радара и оптичког давача). На дијаграму је приказан и сигнал притиска у главном ваздушном воду који се користи да би се одредио тренутак завођења кочења (тренутак почетка пада притиска).



Слика 27. Дијаграм процеса кочења приказаним сигнаlima брзине и зауставног пута

Са дијаграма се види да се сигнали брзине и зауставног пута у великој мери поклапају.

У табели 12 приказан је поступак одређивања кочне масе испитивањем у којем је за мерење брзине и зауставног пута коришћен радар. Сиво означене колоне су величине које не зависе од мерења брзине и зауставног пута. Брзина је добијена директним читавањем сигнала са радара, а зауставни пут диференцирањем сигнала брзине по времену.

Табела 12. Одређивање кочне масе испитивањем применом радара за мерења брзине и зауставног пута

Маса вагона	m (t)	35.27			
Број испитивања		1	2	3	4
Коефицијент инерције ротирајућих маса	ρ	1.06	1.06	1.06	1.06
Номинална почетна брзина	V_{nom} (km/h)	100	100	100	100
Измерена почетна брзина	V_{meas} (km/h)	101.8	100.15	101.47	99.62
Средњи нагиб пруге током кочења	i_m (‰)	2.6	2.9	3	3
Полупречник кривине	r (m)	10000	10000	10000	10000
Средњи отпор кривине	w_{BO} (N/kN)	0.00	0.00	0.00	0.00
Средњи отпор на делу зауставног пута	i'_m (‰)	2.6	2.9	3	3
Измерен зауставни пут	s_{meas} (m)	455.24	415.24	431.57	431.73
Корекција зауставног пута	s_{corr} (m)	451.5	424.8	430.2	447.0
Средњи кориговани зауставни пут	s_m (m)	438.37			
Појединачно одступање зауставног пута	s_{ej} (m)	13.10	13.57	8.13	8.61
Стандардно одступање испитивања	$\sigma(m)$	11.13			
	$1,95 \times \sigma(m)$	21.71			
Максимално појединачно одступање зауставног пута	s_e (m)	13.57			
Релативно стандардно одступање испитивања	σ/s (m)	0.03			
Коефицијент искоришћења кочног полужја при испитивању	$\eta_{dyntest}$	0.91			
Средњи коефицијент искоришћења кочног полужја	η_{dyn}	0.83			
Средњи пречник точка испитиваног возила	d_{test} (m)	0.92			
Пречник полуистрошеног / за кочне папуче $d_m = d_{test}$	d_m (m)	0.92			
Еквивалентно време развоја кочне силе	t_e (s)	2.73			
Коефицијент отпора кретања	A (kN)	0.55			
Коефицијент отпора кретања	B (kN/(km/h))	0.00352			
Коефицијент отпора кретања	C (N/(km/h) ²)	0.00015			

Средња вредност отпора кретања	W_m (kN)	1.53
Номинални притисак у кочном цилиндру	p_{nom} (bar)	1.7
Измерен притисак у кочном цилиндру	p_{test} (bar)	1.68
Притисак повратне опруге у кочном цилиндру	p_{feder} (bar)	0.34
Средња кочна сила при испитивању	F_{test} (kN)	38.25
Коригована кочна сила	F_{corr} (kN)	35.41
Кориговани средњи зауставни пут	S_{mcorr} (m)	467.58
Номинално време пуњења кочног цилиндра	tn (s)	4
Средње измерено време пуњења кочног цилиндра	t_f (s)	3.55
Средњи зауставни пут коригован према времену пуњења	$S_{mcorr,2}$ (m)	473.83
Коефицијент за одређивање кочне масе	C	52840
Коефицијент за одређивање кочне масе	D	10
Процент кочне масе	λ (%)	101.5
Кочна маса	B (t)	35.8 (36)

Индентичан поступак одређивања кочне масе је спроведен и коришћењем брзине и заставног пута добијеног преко оптичког давача. Резултати су приказани у табели 13.

Табела 13. Одређивање кочне масе испитивањем применом оптичког давача за мерења брзине и заставног пута

Маса вагона	m (t)	35.27			
Број испитивања		1	2	3	4
Коефицијент инерције ротирајућих маса	ρ	1.06	1.06	1.06	1.06
Номинална почетна брзина	V_{nom} (km/h)	100	100	100	100
Измерена почетна брзина	V_{meas} (km/h)	101.34	99.78	100.95	99.34
Средњи нагиб пруге током кочења	i_m (‰)	2.6	2.6	2.6	2.6
Полупречник кривине	r (m)	10000	10000	10000	10000
Средњи отпор кривине	w_{BO} (N/kN)	0.00	0.00	0.00	0.00
Средњи отпор на делу зауставног пута	i'_m (‰)	2.60	2.60	2.60	2.60
Измерен зауставни пут	S_{meas} (m)	454.23	414.34	430.6	430.68
Корекција зауставног пута	S_{corr} (m)	454.6	427.1	433.8	448.4
Средњи кориговани зауставни пут	S_m (m)	440.99			

Појединачно одступање зауставног пута	$s_{ej} (m)$	13.66	13.91	7.20	7.45
Стандардно одступање испитивања	$\sigma(m)$	11.04			
	$1,95\sigma(m)$	21.52			
Максимално појединачно одступање зауставног пута	$s_e (m)$	13.91			
Релативно стандардно одступање испитивања	$\sigma/s (m)$	0.03			
Коефицијент искоришћења кочног полужја при испитивању	$\eta_{dyntest}$	0.91			
Средњи коефицијент искоришћења кочног полужја	η_{dyn}	0.83			
Средњи пречник точка испитиваног возила	$d_{test} (m)$	0.92			
Пречник полуистрошеног / за кочне папуче $d_m=d_{test}$	$d_m (m)$	0.92			
Еквивалентно време развоја кочне силе	$t_e (s)$	2.73			
Коефицијент отпора кретања	$A (kN)$	0.55			
Коефицијент отпора кретања	$B (kN/(km/h))$	0.00352			
Коефицијент отпора кретања	$C (N/(km/h)^2)$	0.00015			
Средња вредност отпора кретања	$W_m (kN)$	1.53			
Номинални притисак у кочном цилиндру	$p_{nom} (bar)$	1.7			
Измерен притисак у кочном цилиндру	$p_{test} (bar)$	1.68			
Притисак повратне опруге у кочном цилиндру	$p_{feder} (bar)$	0.34			
Средња кочна сила при испитивању	$F_{test} (kN)$	37.97			
Коригована кочна сила	$F_{corr} (kN)$	35.15			
Кориговани средњи зауставни пут	$s_{mcorr} (m)$	470.42			
Номинално време пуњења кочног цилиндра	$t_n (s)$	4			
Средње измерено време пуњења кочног цилиндра	$t_f (s)$	3.55			
Средњи зауставни пут коригован према времену пуњења	$s_{mcorr,2} (m)$	476.67			
Коефицијент за одређивање кочне масе	C	52840			
Коефицијент за одређивање кочне масе	D	10			
Процент кочне масе	$\lambda (%)$	100.9			
Кочна маса	$B (t)$	35.6 (36)			

Упоредјујући вредности процента кочне масе и кочне масе добијених наведеним испитивањима примећујемо да су разлике незнатне.

Процент кочне масе који је дефинисан као параметар за оцену перформансе кочнице и који се упоређује са захтеване вредностима [1], [2] се разликује од начина мерења за 0,66% (105,5% према 104,8).

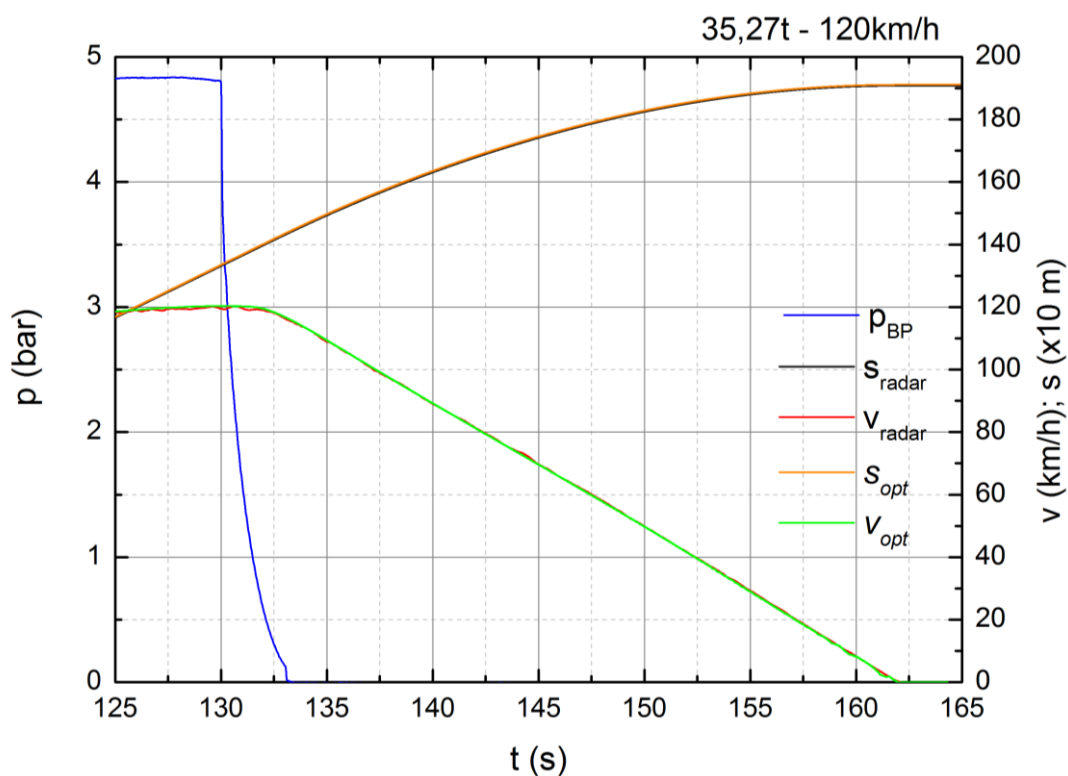
Добијена кочна маса се изражава као целобројна вредност и у оба случаја износи 37t.

У табели 14. приказани су добијени резултати брзина и зауставног пута при испитивању одбацавањем за номиналну брзину 120 km/h (слика 28).

На основу испитивања и добијених вредности закључује се да је утицај микроклизања при кретању и кочењу вагона занемарљив, а па је могућа примена давача који зависе од броја окретаја точка, у овом случају оптичког давача.

Табела 14. Брзина и зауставни пут при кочењу из 120km/h

		Мерење 1	Мерење 2	Мерење 3	Мерење 4
Радар	брзина (km/h)	119,74	119,95	119,89	119,52
	зауставни пут (m)	580,0	578,2	593,7	597,0
	средњи зауставни пут(m)	587,22			
Оптички	брзина	120,34	119,30	119,54	119,92
	зауставни пут (m)	579,5	577,4	593,3	596,5
	средњи зауставни пут (m)	586,68			



Слика 28. Дијаграм процеса кочења приказаним сигнаlima брзине и зауставног пута

Користећи добијене резултате за одређивање процента кочне масе и кочне масе добијају се вредности приказане у табели 15.

Табела 15. Резултати при кочењу из 120km/h

	Радар	Оптички давач
Средњи кориговани зауставни пут	601,30	600,17
Кориговани средњи зауставни пут	630,50	629,35
Процент кочне масе	113,6	113,9
Кочна маса	40,1 (40)	40,2 (40)

Код теретних вагона са максималним процентом кочне масе до 125%, у условима испитивања на сувим шинама, занемарљива је вероватноћа да наступи блокирање точкова. Због тога ови вагони и немају противклизну нараву. У тим условима је за испитивање кочнице теретних вагона мерење брзине или пређеног пута на бази мерења броја обртаја точкова потпуно оправдано и одговарајуће.

Код путничких вагона са процентом кочне масе преко 150% постоји вероватноћа да дође до блокирања нарочито у условима влажних шина. Због тога ти вагони обавезно имају противклизне уређаје. Из тог разлога је при испитивању кочнице путничких вагона потребно узети у обзир целокупни зауставни пут и уколико дође до малог дејства противклизних уређаја.

Такође прописом [1] је ограничено да теретни вагони морају поседовати противклизни уређај уколико је средње искоришћење коефицијента адхезије веће од 0,11. Коефицијент адхезије се добија из израза:

$$m \cdot g \cdot \eta = F \cdot \mu$$

где је:

m - маса возила

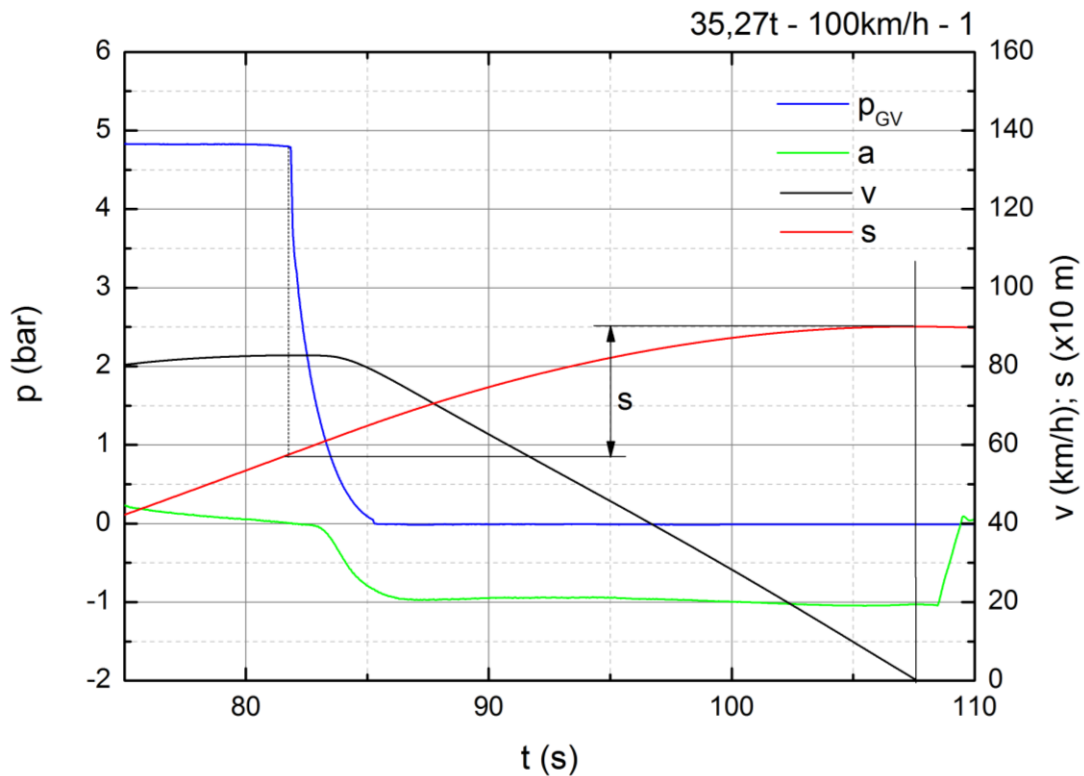
g - гравитационо убрзање

η - коефицијент адхезије

F - сила притиска кочне папуче/уметка на дочак/диск

μ - коефицијент трења кочне папуче/уметка

Обрадом сигнала убрзања добијеног преко индуктивног давача типа *B12* добијене су вредности брзине (интеграљењем убрзања) и зауставног пута (двоструко интеграљење убрзања). На слици 29. приказан је случај првог одбацивања из брзине 100km/h.



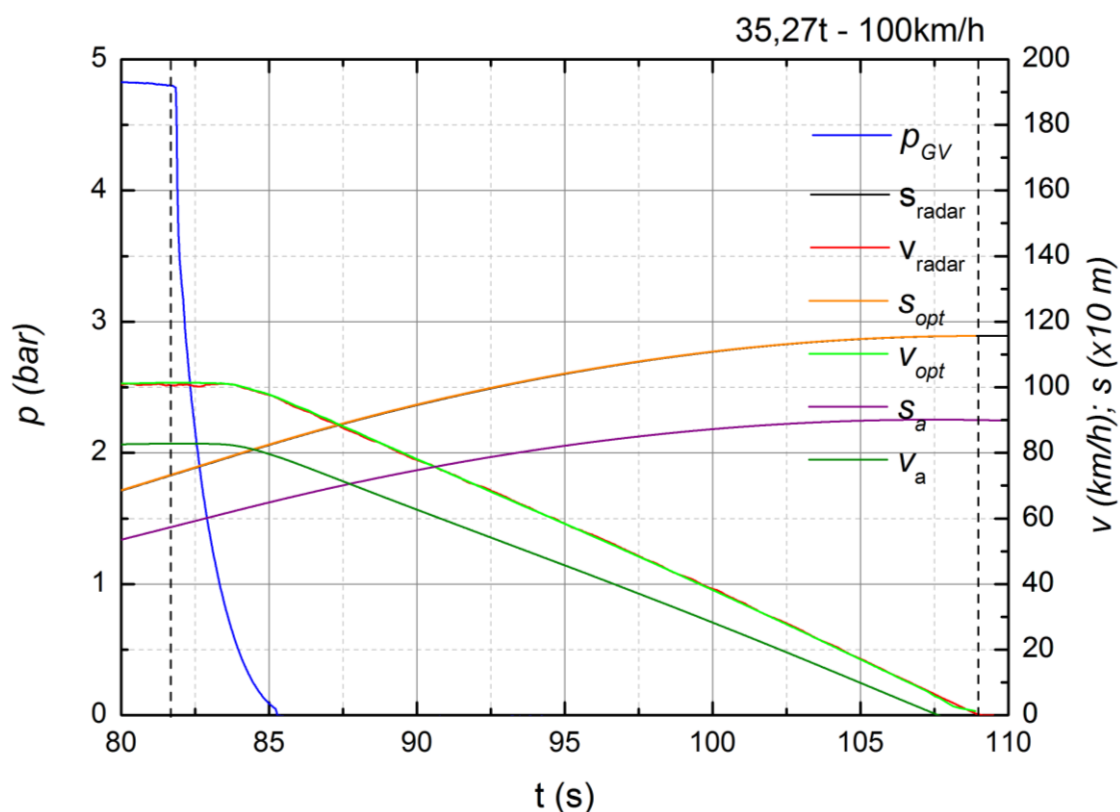
Слика 29. Дијаграм процеса кочења са приказаним сигнаlima брзине и зауставног пута добијених преко давача убрзања

Добијене вредности су упоређене са вредностима добијеним помоћу радара и оптичког давача (табела 16).

Табела 16. Упоређење брзине и зауставног пута за три типа давача

	Радар	Оптички	Давач убрзања
брзина (km/h)	101,80	101,34	80,52
зауставни пут (m)	455,24	454,23	325,98

Из табеле се види да се вредности брзине и зауставног пута добијене преко убрзања разликују од вредности добијене преко остала два давача и да не одговарају стварним вредностима (слика 30).



Слика 30. Дијаграм процеса кочења са приказаним сигнаlima брзине и зауставног пута добијених са три типа давача

Неодговарајуће вредности брзине и зауставног пута добијене су преко давача убрзања при свим одбацивањима из брзина 100 и 120km/h.

Ово указује на неку неправилност у раду давача убрзања или евентуално на грешку у обради сигнала, која ни накнадном контролом није откривена. На жалост, није постојала могућност да се мерење накнадно понови са бар два паралелна давача убрзања како би се ова ситуација разјаснила, па то остаје да се уради при некој наредној прилици.

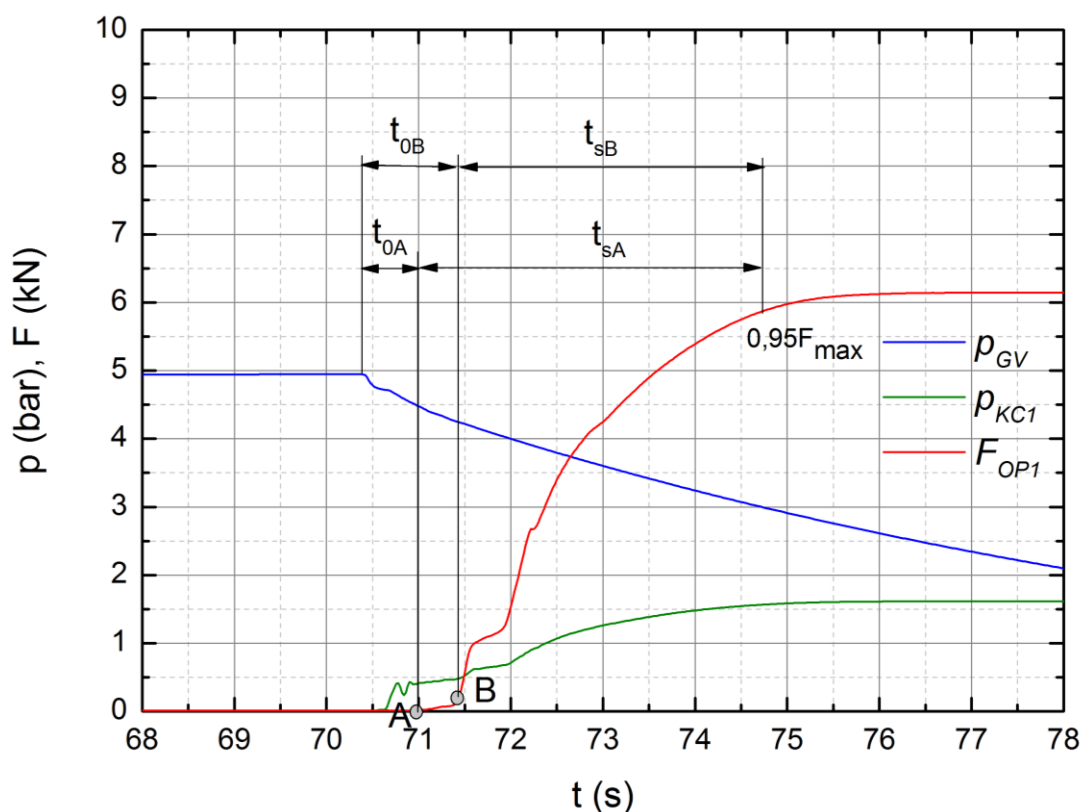
6.2 Анализа обраде сигнала мерења у циљу добијања еквивалентног времена развоја кочне силе

Завођењем кочења сматра се тренутак почетка пада притиска у главном ваздушном воду (слика 31).

Време почетка развоја кочне силе може се одредити на више начина. У наставку ће бити приказано неколико варијанти и њихов утицај на одређивање перформанси кочнице. Посматраће се један случај одбацивања празног вагона из брзине од 100 km/h и еквивалентно кочење у месту празног вагона.

6.2.1 Одређивање t_e према мерном сигналу кочне силе приликом испитивања кочнице у месту

Сматрајући да је еквивалентно време развоја кочне силе идентично приликом испитивања кочнице у месту и возњи њега одређујемо на бази дијаграма на слици 31. На овом дијаграму су приказани резултати измерени при испитивању кочнице у месту, када је помоћу одговарајућег давача (слика 32) мерена и сила притиска кочне папуче у функцији времена.



Слика 31. Испитивање кочнице у месту - одређивање еквивалентног времена развоја силе преко сигнала силе кочења



Слика 32. Мерење силе притиска кочне папуче на точак - давачи силе FB50

На дијаграму су приказана два начина одређивања t_e у зависности од избора тренутка раста кочне силе. У првом случају за почетак је узет тренутак када кочна сила почиње да расте (тачка А). Пошто је пораст силе у почетку веома мали, у другом случају је узет тренутак када започиње интензивнији раст силе (тачка В).

У табели 17. приказана су добијена времена за оба случаја и за сва три обртна постоља.

Табела 17. Еквивалентно време развоја кочне силе

	Први случај (тачка А)			Други случај (тачка В)			
	$t_o (s)$	$t_s (s)$	$t_e (s)$	$t_o (s)$	$t_s (s)$	$t_e (s)$	
ОП1	0,60	3,70	2,45	1,00	3,30	2,65	
ОП2	0,88	4,04	2,90	1,58	3,34	3,25	
ОП3	0,64	3,72	2,50	0,84	3,52	2,60	
средња вредност			2,62	средња вредност			2,83

Након уврштавања добијених вредности t_e , добијамо вредности процента кочне масе приказане у табели 18.

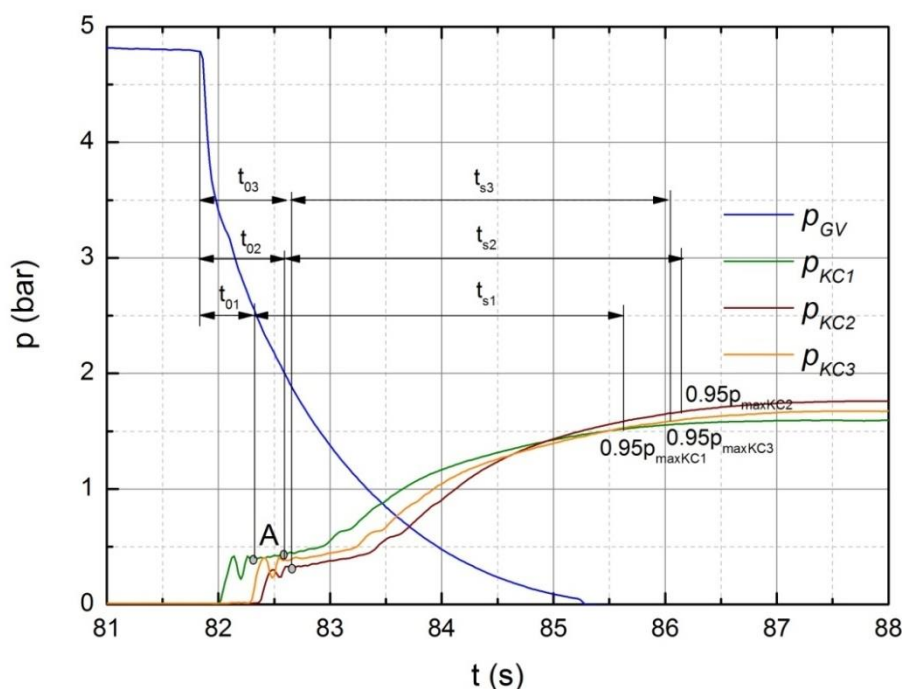
Табела 18. Процент кочне масе и кочна маса

	$t_e (s)$	$\lambda (%)$	$B (t)$
Први случај (тачка А)	2,62	101,5	35,8 (36)
Други случај (тачка В)	2,83	101,6	35,8 (36)

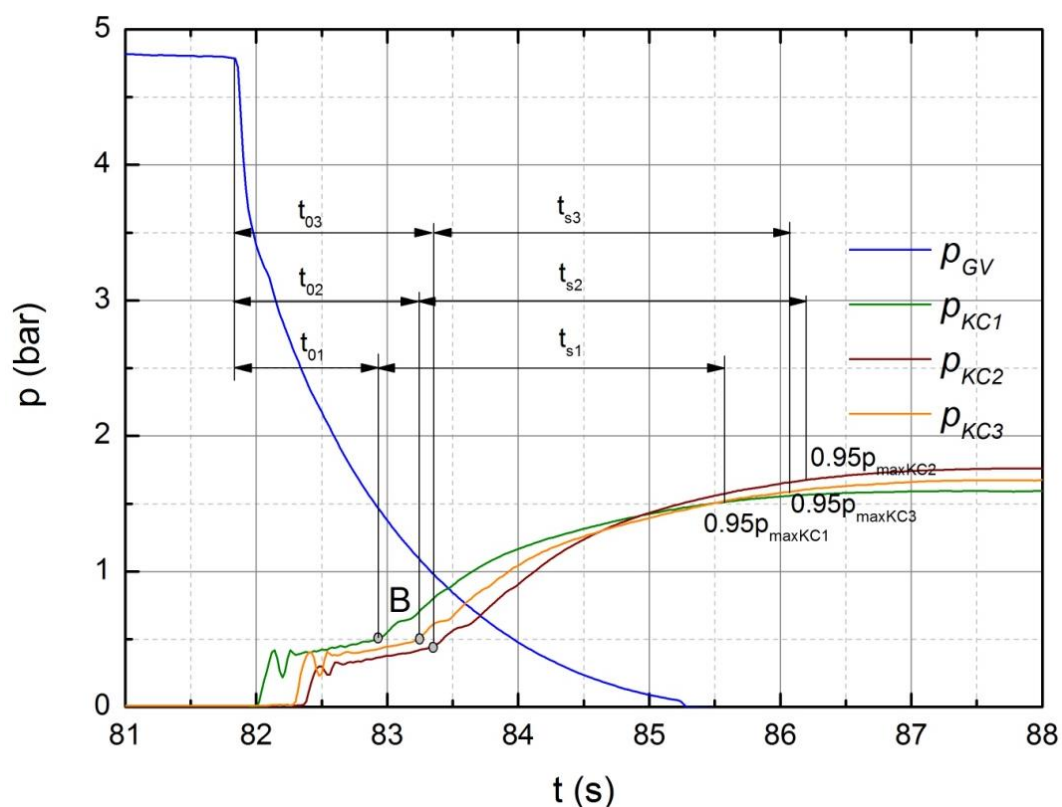
6.2.2 Одређивање t_e према мерном сигналу притиска у кочном цилиндру приликом испитивања кочнице у возњи

Сходно тачки Е.2 *UIC* прописа [4] време развоја кочне силе може се индиректно одредити преко пораста притиска у кочном цилиндру. При томе је потребно водити рачуна да се почетак пораста притиска и кочне силе не поклапају. У почетку је потребно савладати отпоре у кочном полужју (повратна опруга у кочном цилиндру, отпор регулатора и др.) па почетни пораст притиска не узрокује кочну силу. На основу дијаграма из испитивања кочнице у месту (слика 31) може се одредити тренутак почетка раста кочне силе у односу на притисак. Тај принцип примењен је и код одређивања времена развоја кочне силе приликом испитивања у возњи. Приликом анализе поново ћемо посматрати оба случаја, са почетком раста силе у тачки А (слика 33) и тачки В (слика 34).

У датом случају код вагона са три обртна постоља и три кочна цилиндра еквивалентно време развоја кочне силе се разликује на сваком постољу. Један од разлога је то, што кочење у обртном постољу 1 иде преко једног распоредника, у обртним постољима 2 и 3 преко другог (различитог су и типа, табела 5). У табели 19 приказане су вредности појединачно за све цилиндрице и средња вредност која је узета при прорачуну кочне масе (табела 20).



Слика 33. Дијаграм процеса кочења - одређивање еквивалентног времена кочења преко притиска у кочном цилиндру (први случај - тачка А)



Слика 34. Дијаграм процеса кочења - одређивање еквивалентног времена кочења преко притиска у кочном цилиндру (други случај - тачка В)

Табела 19. Еквивалентно време развоја кочне силе преко притиска у возњи

	Први случај (тачка А)			Други случај (тачка В)			
	$t_o (s)$	$t_s (s)$	$t_e (s)$	$t_o (s)$	$t_s (s)$	$t_e (s)$	
ОП1	0.48	3.32	2.14	1.08	2.72	2.44	
ОП2	0.76	3.56	2.54	1.4	2.92	2.86	
ОП3	0.8	3.46	2.53	1.51	2.75	2.88	
средња вредност			2,40	средња вредност			2,73

Табела 20. Процент кочне масе и кочна маса

	$t_e (s)$	$\lambda (%)$	$B (t)$
Први случај (тачка А)	2,40	101,4	35,7 (36)
Други случај (тачка В)	2,73	101,5	35,8 (36)

6.2.3 Одређивање t_e према мерном сигналу убрзања приликом испитивања кочнице у возњи

Еквивалентно време развоја кочне силе можемо добити на основу сигнала убрзања. У овом случају је t_s је период од 0 до 95% од максимално достигнутог убрзања.

Да бисмо добили еквивалентно време развоја кочне силе вредности ћемо узети из дијаграма приказаног на слици 35. На том дијаграму је увећан детаљ промене убрзања на почетку кочења (од 81 до 88s) коме је додата и промена притиска у главном ваздушном воду ради одређивања тренутка завођења кочења.

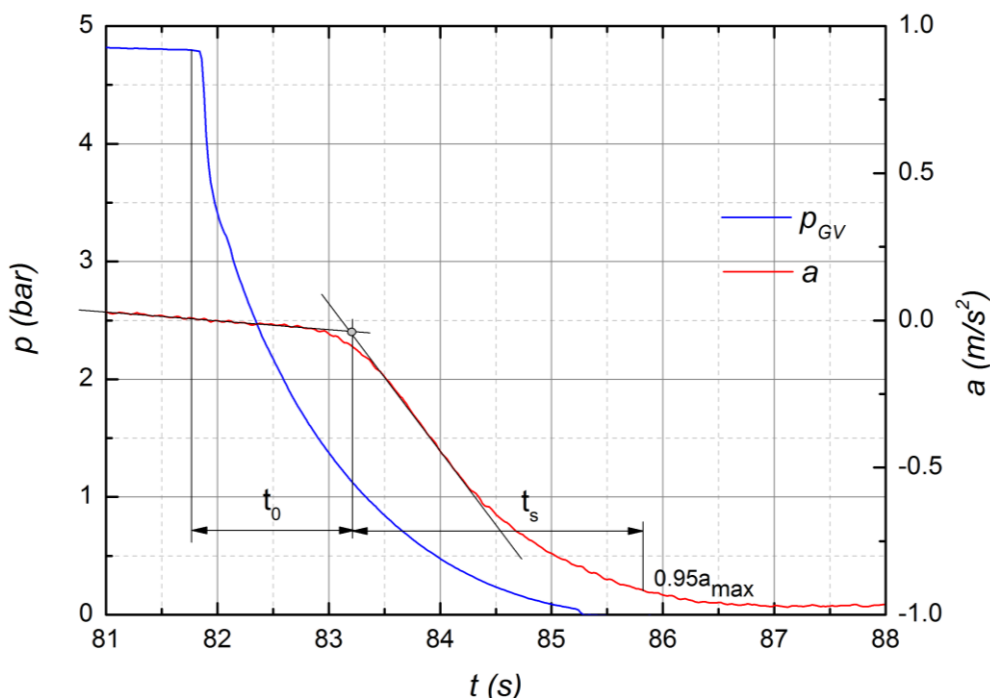
Почетни тренутак раста убрзања узет је у пресеку тангената на део криве успорења од силе отпора и део криве успорења од кочења.

Добијене су следеће вредности:

$$t_0 = 1,37s$$

$$t_s = 2,62s$$

$$t_e = t_0 + \frac{t_s}{2} = 1,37 + \frac{2,62}{2} = 2,68s$$



Слика 35. Дијаграм процеса кочења - одређивање еквивалентног времена кочења преко успорења

На основу тога се, по спровођењу целокупног поступка корекције резултата добијају се следеће вредности процента кочне масе и кочне масе.

$$\lambda = 101,5 \%,$$

$$B = 35,8 (36) t$$

6.2.4 *Поређење свих варијанти одређивања еквивалентног времена развоја кочне силе*

На основу анализе свих претходних поступака одређивања еквивалентног времена развоја кочне силе у табели 21. су упоредо приказане вредности за t_e и на основу њега добијене вредности процента кочне масе и кочне масе.

Табела 21. Утицај добијеног еквивалентног времена развоја кочне силе на перформансе кочнице

		Еквивалентно време развоја кочне силе	Процент кочне масе	Кочна маса
		(s)	λ (%)	B (t)
На основу промене кочне силе приликом кочења у месту	Први случај (тачка А)	2,62	101,5	35,8 (36)
	Други случај (тачка В)	2,83	101,6	35,8 (36)
На основу промене притиска у кочним цилиндрима	Први случај (тачка А)	2,40	101,4	35,7 (36)
	Други случај (тачка В)	2,73	101,5	35,8 (36)
На основу успорења		2,68	101,5	35,8 (36)

Из претходне табеле види се да применом прописа [4] максимална разлика у вредностима еквивалентног времена кочења износи 0,43s или 18%. Међутим тај параметар на проценат кочне масе утиче занемарљиво, па је разлика у процентима кочне масе максимално 0,2%. На основу тога и разлика у израчунатим вредностима кочне масе није велика (0,1t), с тим да због заокруживања на први ближи цео број разлика може бити и 1t.

Како је сходно прописима [1] и [2] захтеване вредности процента кочне масе избор наведених начина одређивања еквивалентног времена развоја кочне силе нема утицаја на одређивање перформанси кочнице.

Међутим анализирајући прорачун кочних перформанси (слика 10) види се да је за време од завођења процеса кочења до почетка раста кочне силе (успорјења) узета вредност $t_o=0$ (сходно пропису [21]), па је еквивалентно време развоја кочне силе $t_e=2s$.

На основу претходне анализе вредност еквивалентног времена развоја кочне силе износи у просеку $2,6s$.

Ако се узме у обзир да скраћење времена t_e за $0,6s$, суштински значи мањи зауставни пут који се добија прорачуном за:

$$\Delta s = V_o \cdot \Delta t_e$$

Разлика зауставног пута при $100km/h$ ($27.77m/s$) у том случају износи $16,7m$ што би на проценат кочне масе утицало за око $4,1\%$ ($101,5\%$ према $105,6\%$).

Разлика зауставног пута при $120km/h$ ($33.33m/s$) је $20m$ што би на проценат кочне масе утицало за $4,5\%$ ($113,6\%$ према $118,1\%$).

Ова анализа показује да је значајно одређивања времена t_e приликом испитивања, јер приликом прорачуна није могуће тачно предвидети време од завођења процеса кочења до почетка раста кочне силе (успорјења), посебно у случајевима сложенијих система кочнице као што је случај код *Sdggmrss* вагона.

Са друге стране избор начина одређивања времена t_e за корекцију зауставног пута при испитивању нема значајну улогу.

Све претходно наведено је потврда захтева да се одређивање кочних перформанси врши испитивањем, јер је прорачуном тешко претпоставити вредности свих параметара кочнице.

6.3 Анализа утицаја других фактора на одређивање кочне масе

Променом вредности појединих параметара који су наведени у тачки 5.3 долази до промене процента кочне масе (кочне масе). У наставку су приказани утицај промене фактора нагиба, масе возила и масе ротационих делова на вредност процента кочне масе и кочну масу испитиваног *Sdggrmrss* вагона.

6.3.1 Нагиб пруге

Уколико би се вредност нагиба пруге променила, тј. у овом случају узимајући вредност нагиба умањену за 1‰ добијамо резултате приказане у табели 22.

Табела 22. Процент кочне масе и кочна маса у зависности од нагиба пруге

Почетна брзина	<i>Нагиб пруге (‰)</i>				λ (%)	<i>B</i> (t)
	2,6	2,9	3	3		
100km/h	2,6	2,9	3	3	101,5	35,8 (36)
	1,6	1,9	2	2	102,7	36,2 (36)
120km/h	0	2,8	2,7	2,7	113,6	40,1 (40)
	-1	1,8	1,7	1,7	114,9	40,5 (40)

За промену нагиба пруге од 1‰, проценат кочне масе се промени за око 1,2%. Пошто нагиб пруге на којем се врши кочење испитиваног возила може бити $\pm 3\%$, потребно је одредити тачну деоницу на којој је изведено кочење и унети исправну вредност нагиба из документације.

6.3.2 Маса возила

Приликом два независна мерења масе *Sdggrmrss* вагона разлика у измереној вредности за натоварен вагон била је око 1,1t. Уколико би се за празан вагон примениле масе које се разликују за 1t добили би проценте кочне масе приказане у табели 23.

Табела 23. Процент кочне масе и кочна маса у зависности од масе возила

Почетна брзина	<i>Маса возила (t)</i>	λ (%)	<i>B</i> (t)
	34,27	101,5	34,8 (35)
120km/h	35,27	113,6	40,1 (40)
	34,27	113,6	38,9 (39)

Из табеле се закључује да се проценат кочне масе не мења, а то је из разлога што је коефицијент инерције ротационих маса узет као препоручена величина за теретне вагоне па не зависи од промене масе возила. Промена масе у малој мери утиче и на израчунавање вредности отпора кретања.

Међутим долази до промене кочне масе чија се вредност за празан вагон мења за $1t$, што представља разлику од око 3%. Због заокруживања на целобројну вредност разлика може износити и $2t$ или 6%.

6.3.3 Коефицијент инерције ротационих маса

Као што је наведено у тачки 5.3 коефицијент инерције ротирајућих маса може се одредити на више начина. У већини случаја се узима на бази искуствених вредности (за теретни вагон 1,06 у празном и 1,02 у товареном стању). Уколико би за празан *Sdggrmrss* вагон уместо 1,06 узели нпр. 1,03 добили бисмо вредности приказане у табели 24.

Табела 24. Процент кочне масе и кочна маса у зависности од коефицијента инерције ротационих маса

Почетна брзина	ρ (-)	λ (%)	B (t)
100km/h	1,06	101,5	35,8 (36)
	1,03	101,4	35,8 (36)
120km/h	1,06	113,6	40,1 (40)
	1,03	113,6	40,1 (40)

Закључује се да промена вредности коефицијента инерције ротирајућих маса од 0,03 односно 3%, не доводи до промене процента кочне масе (за брзину 100km/h) или доводи до минималне промене (за брзину 120km/h).

6.3.4 Коефицијент искоришћења кочног полужја

Како је приказано у поглављу 4.3.1, при испитивању се сматра да је коефицијент искоришћености кочног полужја при испитивању новог вагона или после извршене ревизије кочнице $\eta_{\text{dyn,test}} = 0,91$. Анализираћемо да ли је у конкретном испитивању постигнута та вредност и колико она утиче на резултате испитивања,

У том циљу се могу искористити резултати испитивања кочнице у месту, када је мерен притисак у кочним цилиндру и сила притиска папуче на точак. Они су повезани изразом који је приказан у прорачуну на слици 10. Одатле се може израчунати статички коефицијент искоришћења помоћу израза:

$$\eta = \frac{F}{n \cdot (F_p \cdot i - F_q \cdot i_b)}$$

где је:

η – коефицијент искоришћености кочног полужја

F – укупна кочна сила

n – број кочних цилиндара

F_p – сила на излазу из кочног цилиндра

i – укупни преносни однос

F_q – сила регулатора кочног полужја

i_p – преносни однос у обртном постољу (од регулатора кочног полужја до кочне папуче)

У разматрањима коефицијента искоришћења у UIC прописима [4] се узима да је однос коефицијент искоришћења полужја током вожње (динамички) и при испитивању у месту (статички):

$$\eta_{dyn,test} = \frac{1 + \eta_{stat,test}}{2}$$

Користећи претходне изразе, измерене вредности притиска у кочном цилиндру и силе на једном точку у сва три обртна постоља табела 25 током испитивања и осталих података из прорачуна приказаног на слици 10, у табели 26 су приказане израчунате вредности статичког и динамичког коефицијента искоришћења кочног полужја.

Уколико би при одређивању процента кочне масе и кочне масе користили препоручене и израчунате вредности коефицијент искоришћења кочног полужја на основу мерења, добили бисмо вредности које су приказане у табели 27.

Табела 25. Притисци и силе по једном точку

		p (bar)	F по једној страни точка (kN)	F по обрт. пост. (kN)	F по вагону (kN)
Празан вагон	Обртно постоље 1	1,62	6,06	48,48	151,52
	Обртно постоље 2	1,69	6,75	54	
	Обртно постоље 3	1,63	6,13	49,04	
Товарен вагон	Обртно постоље 1	3,67	18,18	145,44	453,92
	Обртно постоље 2	3,72	18,93	151,44	
	Обртно постоље 3	3,91	19,63	157,04	

Табела 26. Статички и динамички коефицијент искоришћења кочног полужја

	$\eta_{stat,test}$	$\eta_{dyn,test}$
Празан вагон	0,882	0,94
Товарен вагон	0,966	0,98
Средња вредност	0,924	0,96

Табела 27. Процент кочне масе и кочна маса у зависности од коефицијента искоришћења кочног полужја

Почетна брзина	$\eta_{dyn,test}$		λ (%)	B (t)
	препоручено			
100km/h	препоручено	0,91	101,5	35,8 (36)
	празан на бази мерења	0,94	98,7	34,8 (35)
	товарен на бази мерења	0,96	96,9	34,2 (34)
120km/h	препоручено	0,91	113,6	40,1 (40)
	празан на бази мерења	0,94	110,2	38,9 (39)
	товарен на бази мерења	0,96	108,0	38,1 (38)

Из табеле се закључује да се проценат кочне масе значајно мења у зависности од промене коефицијента искоришћења кочног полужја. У конкретном случају код *Sdgrmrss* вагона разлика може износити и 4,6% (за 100km/h), односно 5,6% (за 120km/h). То је посебно значајно, као у овом случају, када је вредност процента кочне масе приближна захтеваној вредности (100%). Применом реалне вредности коефицијента искоришћења кочног полужја (на бази мерења) долази до тога да вагон нема задовољавајуће кочне перформансе ($\lambda < 100\%$).

Повећањем вредности коефицијента искоришћења кочног полужја смањује се вредност процента кочне масе из разлога свођења на средњу вредност, $\eta_{dyn}=0,83$, између две ревизије у условима нормалног коришћења вагона. Међутим уколико је израчунати коефицијент већи од стандарне вредности 0,91 можемо претпоставити да и η_{dyn} неће пасти на вредност 0,83, тако да за вагоне са стандардним кочним полужјем потребно узети однос $\eta_{dyn}/\eta_{dyn,test}$ као 0,83/0,91. Ипак би ово требало проверити повременим мерењем, на исти начин како је у овом раду то урађено, више пута између две ревизије.

За вагоне са специфичним кочним полужјем (блок-цилиндри, један цилиндар на више обртних постоља и др) потребно је додатно размотрити вредности коефицијента искоришћења кочног полужја и применити одговарајуће вредности.

7 ЗАКЉУЧАК

Анализом поступака мерења у циљу одређивања кочних перформанси показано је да утицај варирања појединих параметара који утичу на кочне перформансе, појединачно изазива прихватљиве варијације у резултатима испитивања. Комбинација варирања више параметара у истом смеру утицаја на резултат би могла бити значајна, али је врло мало вероватна.

Измерена брзина и зауставни пут добијени применом радара и оптичког давача који је зависан од броја обртаја точка у случају испитивања кочнице теретних вагона показују скоро идентичне резултате тј. њихова разлика занемарљиво утиче на резултате испитивања. У случају испитивања кочнице возила са великим процентом кочне масе, као што су путнички вагони, због могућности малих блокирања точкова и дејства противклизних уређаја мерење брзине и зауставног пута је најбоље обавити радаром или још боље паралелним мерењем радаром и уређајима на бази мерења броја обртаја точкова.

Анализом начина обраде сигнала у циљу одређивања еквивалентног времена развоја кочне силе показује се да је постојећи поступак дефинисан у *UIC 544-1* мало осетљив на различите варијанте којима се оно одређује. Вредност еквивалентног времена развоја кочне силе може се израчунати користећи сигнале притиска у кочном цилиндру или убрзања. На тај начин није неопходно мерити кочну силу током војње, што у доброј мери поједностављује испитивање.

С друге стране потребно је обратити пажњу на друге факторе који могу утицати на мерну несигурност приликом одређивања кочне масе. То се пре свега односи на тачне податке о нагибу пруге на којој се врши испитивање, масу испитиваног возила, вредности коефицијента искоришћења кочног полужја, проверу испуњености услова према *UIC* пропису [4] (степен налегања и температура тарних елемената, атмосферски услови), као и правилној употреби мерно-аквизиционе опреме.

Стварана промена коефицијента искоришћења између две ревизије може имати значајан утицај на кочне перформансе, уколико се разликује од вредности које се примењују у стандардном поступку испитивања кочних перформанси.

ЛИТЕРАТУРА

1. *TSI CR WAG - COMMISSION REGULATION (EU) No 321/2013 of 13 March 2013 concerning the technical specification for interoperability relating to the subsystem 'rolling stock — freight wagons' of the rail system in the European Union and repealing Decision 2006/861/EC*
2. *TSI CR LOC PAS - COMMISSION REGULATION (EU) No 1302/2014 of 18 November 2014 concerning a technical specification for interoperability relating to the 'rolling stock — locomotives and passenger rolling stock' subsystem of the rail system in the European Union*
3. *prEN 14198:2014 Railway applications - Braking - Requirements for the brake system of trains in general operation*
4. *International Union of Railways UIC Code 544-1:2014 Brakes - Braking performance, 6th edition, October 2014.*
5. Г. Симић, Д. Милковић, С. Радуловић, *Report of brake performance test of Sdggmrss wagon*, Универзитет у Београду, Машински факултет Београд.
6. *EN 14198:2004 Railway applications - Braking - Requirements for the brake system of trains hauled by a locomotive*
7. *EN 13452-1:2003 Railway applications - Braking - Mass transit brake systems - Part 1: Performance requirements*
8. *EN 13452-2:2003 Railway applications - Braking - Mass transit brake systems - Part 2: Methods of test*
9. М. Миловановић, Р. Лишанин, М. Вукшић Поповић, Ђ. Кржић, *Кочнице и кочење шинских возила, други део*, Машински факултет, Београд, 2007.
10. М. Миловановић, Р. Лишанин, *Кочнице и кочење шинских возила, први део*, Машински факултет, Београд, 2000.
11. *R. Chandmal Sharma , M. Dhingra, R. Kumar Pathak, Braking Systems in Railway Vehicles, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Januar 2015, ISSN: 2278-0181*
12. *EN 15355:2008+A1:2010 Railway applications - Braking - Distributor valves and distributor-isolating devices*
International Union of Railways UIC Code 540: Brakes - Air brake for freight trains and passenger coaches
13. *UIC Code 543:2014 Brakes - Regulations governing the equipment of trailing stock*
14. *UIC Code 546:2014 Brakes - Specifications for the construction of various brake parts - High power brakes for passenger trains*
15. *UIC Code 541-06:2013, Brakes - Specifications for the construction of various brake components - Magnetic brakes*

16. *UIC Code 544-2:1983, Conditions to be observed by the dynamic brake of locomotives and motor coaches so that the extra braking effort produced can be taken into account for the calculation of the braked-weight*
17. *UIC Code 541-04:2014, Brakes - Regulations concerning the manufacture of brake components - Self-adjusting load-proportional braking system and automatic "empty-loaded" control device*
18. МТЗ ТРАНСМАШ, Каталог
19. *EN 16452:2015, Braking - Brake blocks*
20. *UIC Code 543-1:2010 Brakes - A study of minimum standards for maintenance of goods wagon brakes*
21. *EN 14531-1:2005 Railway applications - Methods for calculation of stopping and slowing distances and immobilisation braking - Part 1: General algorithms*
22. *EN 14531-6:2009 Railway applications - Methods for calculation of stopping and slowing distances and immobilisation braking - Part 6: Step by step calculations for train sets or single vehicles*
23. *Physical-Brake Calculation, no.TA42334/41 and no.TA43561/41, Knorr-Bremse*
24. *EN 15624:2008+A1:2010 Railway applications - Braking - Empty-loaded changeover devices*
25. *EN 15611:2008+A1:2010, Railway applications - Braking - Relay valves*
26. *EN 15625:2008+A1:2010, Railway applications - Braking - Automatic variable load sensing devices*
27. Симић, Г., Милковић, Д., *Failure analysis of block brake unit support of EMU, 26th Danubia-Adria Symposium, Proceedings, pp 215216, Montanuniversitat, Leoben, Austria, 2009.*
28. *UIC Code 547:1989 Brakes - Air brake - standard programme of tests*
29. *EN 15806:2010 Railway applications - Braking - Static brake testing*
30. *G. Bureika, Š. Mikaliūnas, Research on the compatibility of the calculation methods of rolling-stock brakes, TRANSPORT 2008, ISSN: 1648-4142*
31. М. Вукшић, Утицај времена кочења на зауставни пут код железничких путничких возила, магистарски рад, Машински факултет Београд, 1999.
32. З. Старчевић, М. Јелић, И. Атанасовска, *The identification of measurement uncertainty source in determining wagon braked weight by means of tests, 6. International quality conference, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac*