

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Слободан М. Бреберина
Електро-пнеуматички кочни системи
Мастер рад

Крагујевац, 2018.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Аутомобилско инжењерство

Ниво студија: Мастер студије

Модул: Аутомобилско инжењерство

Предмет: Конструкција возила

Број индекса: 302/2014

Слободан М. Бреберина

Електро-пнеуматички кочни системи

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Јасна Глишовић, ванр. проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

- у уводном делу објасни основне подсистеме и елементе кочних система,
- објасни законску регулативу која се односи на кочне системе тешких теретних и прикључних возила,
- детаљно прикаже принцип функционисања и основне елементе пнеуматичких кочних система,
- објасни најчешће примењиване комбиноване кочне системе: хидро-пнеуматичке и електро-пнеуматичке,
- дефинише значај синхронизације кочних система вучног и прикључног возила,
- кроз прорачун изврши анализу заједничког рада кочних система вучног и прикључног возила.

Препоручена литература:

- [1] Филиповић И., Мотори и моторна возила, Машински факултет Универзитета у Тузли, Тузла, 2006.
- [2] Тодоровић Ј., Кочење моторних возила, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1988.
- [3] Day A., Braking of road vehicles, Elsevier inc., 2014.

Крагујевац, 21.03.2017

Ментор:

Др Јасна Глишовић, ванр. проф.

САДРЖАЈ

РЕЗИМЕ	1
1 УВОД	2
1.1 ПОДСИСТЕМИ КОЧНИХ СИСТЕМА	3
2 ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА	6
2.1 ПРАВИЛНИК О ПОДЕЛИ МОТОРНИХ И ПРИКЉУЧНИХ ВОЗИЛА И ТЕХНИЧКИМ УСЛОВИМА ЗА ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ НА ПУТЕВИМА	6
2.2 ПРАВИЛНИК ЕСЕ 13	9
3 ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМИ	13
3.1 ПРИНЦИП РАДА ПНЕУМАТИЧКИХ КОЧНИХ СИСТЕМА	13
3.1.1 СНАБДЕВАЊЕ САБИЈЕНИМ ВАЗДУХОМ	14
3.1.2 ПРИНЦИП РАДА	14
3.1.2.1 Радна кочница	14
3.1.2.2 Паркирна кочница	15
3.1.2.3 Помоћна кочница	15
3.1.3 АУТОМАТСКО КОЧЕЊЕ ПРИКОЛИЦЕ	15
3.1.4 ЕЛЕМЕНТИ ПРОТИВ БЛОКИРАЈУЋЕГ СИСТЕМА	15
3.2 ЕЛЕМЕНТИ ПНЕУМАТИЧКОГ КОЧНОГ СИСТЕМА ВУЧНОГ ВОЗИЛА	16
3.2.1 КОМПРЕСОР	17
3.2.2 СУШАЧ ВАЗДУХА	17
3.2.2.1 Сушач ваздуха са контролом преко одвојеног регулационог вентила	18
3.2.2.2 Сушач ваздуха са контролом преко интегралног регулационог вентила	19
3.2.3 КОМБИНОВАНИ РЕГУЛАТОР	20
3.2.3.1 Регулатор	20
3.2.3.2 Регулатор са управљачком везом 4 и прикључком 23	21
3.2.3.3 Регулатор са надуваном гумом за везу	21
3.2.4 ЧЕТВОРОКРУЖНИ ЗАШТИТНИ ВЕНТИЛ	21
3.2.5 РЕЗЕРВОАР ЗА ВАЗДУХ	22
3.2.6 ДРЕНАЖНИ ВЕНТИЛ	23
3.2.7 КОНТРОЛНИ ВЕНТИЛ	23
3.2.8 КОЧНИ ВЕНТИЛ	24
3.2.8.1 Кочни вентил са папучом	24
3.2.8.2 Кочни вентил са полугом	25
3.2.9 РУЧНИ КОЧНИ ВЕНТИЛ	26

3.2.10 КОЧНИ АКТУАТОР СА ЈЕДНОМ КОМОРОМ	27
3.2.11 ЗГЛОБ ЗА СПАЈАЊЕ	27
3.2.12 КОНТРОЛНИ ВЕНТИЛ ЗА ПРИКОЛИЦУ СА ПРЕОВЛАДАВАЊЕМ	28
3.2.12.1 Активирање двокружним кочним вентилом	28
3.2.12.2 Активирање ручним кочним вентилом	29
3.2.12.3 Заштита од лома управљачког вода	29
3.3 ЕЛЕМЕНТИ ПНЕУМАТИЧКИХ КОЧНИХ СИСТЕМА ПРИКЉУЧНИХ ВОЗИЛА	29
3.3.1 ВОД ФИЛТЕРА	30
3.3.2 ХИТНИ РЕЛЕЈНИ ВЕНТИЛ СА ПОДЕСИВИМ ПРЕОВЛАДАВАЊЕМ	31
3.3.2.1 Употреба радне кочнице	31
3.3.2.2 Аутоматско кочење	32
3.3.3 БРЗОИСПУСНИ ВЕНТИЛ	32
3.3.4 ВЕНТИЛ ЗА ОГРАНИЧАВАЊЕ ПРИТИСКА	33
4 КОМБИНОВАНИ КОЧНИ СИСТЕМИ	35
4.1 ХИДРО-ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМИ	35
4.1.1 ХИДРО-ПНЕУМАТИЧКИ ЦИЛИНДАР	36
4.2 ЕЛЕКТРО-ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМИ	37
4.2.1 ЕЛЕКТРО-ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМ ВУЧНОГ ВОЗИЛА	37
4.2.2 ЕЛЕКТРО-ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМИ ПРИКЉУЧНИХ ВОЗИЛА ...	38
5 АНАЛИЗА ПРОЦЕСА СИНХРОНИЗАЦИЈЕ КОЧНИХ СИСТЕМА ВУЧНИХ ВОЗОВА	41
6 ПРОРАЧУН КОЧНИХ СИСТЕМА ВУЧНИХ ВОЗОВА	46
6.1 ПРОРАЧУН КОЧНИХ СИСТЕМА ВУЧНОГ ВОЗА ВУЧНО ВОЗИЛО-ПРИКОЛИЦА	46
6.2 ПРОРАЧУН КОЧНИХ СИСТЕМА ВУЧНОГ ВОЗА ВУЧНО ВОЗИЛО-ПОЛУПРИКОЛИЦА	48
7 ЗАКЉУЧАК	55
ЛИТЕРАТУРА	56

SUMMARY

Requirements that are placed before the braking systems, as well as brake system subsystems, are described in this master thesis. Legal regulations related to braking systems have been presented. The operation principles and elements of pneumatic braking systems of towing and towed vehicles are described, too. Combined braking systems, i.e. hydro-pneumatic and electro-pneumatic braking systems of towing and towed vehicles, are also described. The process of synchronization of braking systems of towing trains was analyzed. The calculation of the braking systems of towing trains is given: towing vehicle-trailer and towing vehicle-semitrailer.

Key words: braking systems, towing vehicles, towed vehicles.

РЕЗИМЕ

У рад су описани услови који кочни системи треба да испуне као и подсистеми кочних система. Дата је законска регулатива која се односи на кочне системе. Описани су принцип рада и елементи пнеуматичких кочних система вучних и прикључних возила. Такође су описани комбиновани кочни системи односно хидро-пнеуматички и електро-пнеуматички кочни системи вучних и прикључних возила. Анализиран је процес синхронизације кочних система вучних возова. Дат је прорачун кочних система вучних возова вучно возило-приколица и вучно возило-полуприколица.

Кључне речи: кочни системи, вучна возила, прикључна возила.

1 УВОД

Основни услов који, у односу на безбедност саобраћаја, треба да испуни сваки кочни систем јесте да уз максималну могућу ефикасност не угрози стабилност кретања и управљивост возила при кочењу [1]. Ово ће бити остварено само у случају када се при кочењу не угрози основна функција точка (његово котрљање по подлози).

При кочењу возила могуће је остварити четири карактеристична режима:

- кочење у случају изненадне опасности (нагло кочење),
- нормално кочење,
- делимично кочење и
- кочење возила у стању мировања.

Приликом кочења у случају изненадне опасности, неопходно је обезбедити минимални кочни пут (максимално успорење) без губитка стабилности (заношења) возила. Кочење у случају изненадне опасности има веома велико значење јер одређује безбедно кретање, иако се употребљава веома ретко (од 3% до 5% од укупног броја кочења).

Нормално кочење има за циљ смањење брзине возила са нормалним успорењем које не утиче на удобност вожње. Овај режим кочења је највише заступљен режим у односу на укупан број кочења.

Режим делимичног кочења са малим или средњим интензитетом користи се пре свега на терену са падом чије дужине могу бити од неколико стотина метара до неколико километара.

Кочење возила које се налази у стању мировања мора обезбедити да возило стоји неограничено дуго на таквом успону који се може савладати у најнижем степену преноса.

У енергетском смислу процес кочења је крајње нерационалан јер се кинетичка енергија возила, добијена на рачун трансформације енергије горива у мотору, троши на трење и хабање кочних облога и добоша.

Кочни систем мора испунити одређене услове као:

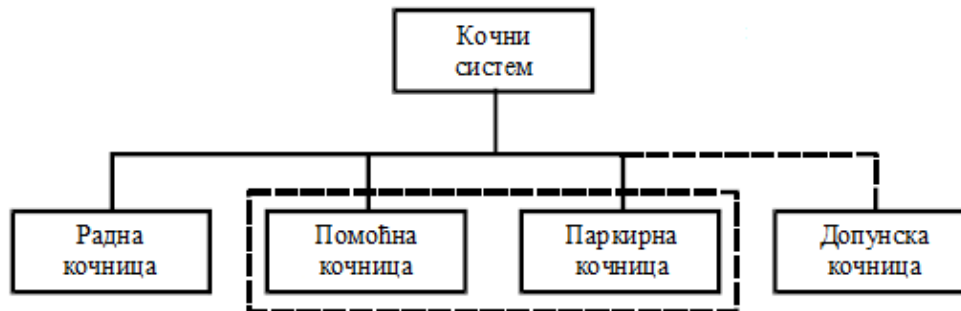
- Обезбедити минимални кочни пут или максимално могуће успорење при наглом кочењу. Да би се овај услов испунио мора се обезбедити кратак одзив кочног система на команду, истовремено кочење свих точкова и потребна прерасподела кочних сила по мостовима.
- Обезбедити стабилност возила при кочењу.
- Обезбедити потребан конфор путника при кочењу. Да би се овај захтев испунио потребно је обезбедити равномеран пораст кочне силе који је пропорционалан притиску на педали.
- Обезбедити добро функционисање кочног система и при учесталом кочењу, што је везано са добрим одвођењем топлоте, пошто у том случају не долази до знатних промена коефицијента трења између облога и добоша.
- Дуг век трајања.
- Сигуран рад без обзира на услове експлоатације. Овај захтев је испуњен ако на возилу постоје два или више кочних система, који дејствују независно један од другог или ако постоји више система за активирање кочних механизма независних један од другог.

1.1 ПОДСИСТЕМИ КОЧНИХ СИСТЕМА

Због комплексности задатака и оштрине захтева, кочни системи представљају сложене системе, састављене од више подсистема, који обједињују већи број склопова и елемената. Најшире посматрано, кочни систем има следеће основне подсистеме:

- радна кочница,
- помоћна кочница,
- паркирна кочница и
- допунска кочница (успорач).

Ова основна структура кочног система шематски је приказана на слици 1.1.



Слика 1.1 Структура кочног система [1]

Радна кочница преузима извршавање најважнијих задатака кочних система, односно кочење возила максималним успорењима (у случају опасности) и сва блажа, краткотрајна кочења, у нормалним условима кретања. Она, стога, представља најважнији део кочног система, коме се обраћа посебна пажња.

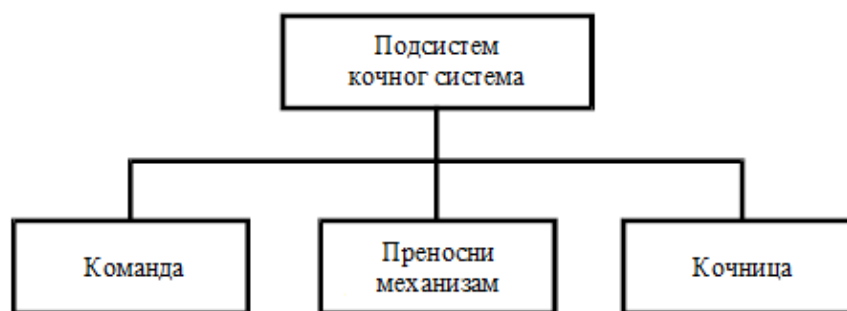
Помоћна кочница се уводи искључиво ради повећања безбедности возила у саобраћају, односно у циљу остваривања веће поузданости кочног система. Њен је задатак да обезбеди могућност кочења возила и у случају да дође до отказа у подсистему радне кочнице. Прописи, међутим дозвољавају да перформансе помоћне кочнице буду у одређеном степену ниже него радне кочнице.

Паркирна кочница, као што и име говори, има задатак да обезбеди трајно кочење возила у месту, тј. паркирно кочење. Уколико се ова кочница реши тако да се може активирати и при кретању возила, што се најчешће и ради, паркирна кочница може да преузме и задатке помоћне кочнице. У том случају помоћна и паркирна кочница су један исти подсистем, што је на блок шеми на слици 1.1 и назначено.

Допунска кочница превасходно је намењена благом, дуготрајном кочењу, при кретању возила на дужим падовима. У том смислу њено обавезно постојање прописано је само за возила већих укупних маса (што је на слици 1.1 назначено испрекиданим линијама). Међутим, ако возило има допунску кочницу, она се често користи и за сва блага успоравања, дакле у многим случајевима кочења, која се нормално остварују радном кочицом.

Сваки од наведених подсистема, структурно се решава у основи на исти начин, односно укључује исте функционалне елементе (слика 1.2):

- команда,
- преносни механизам и
- кочница.



Слика 1.2 Подсистем кочног система [1]

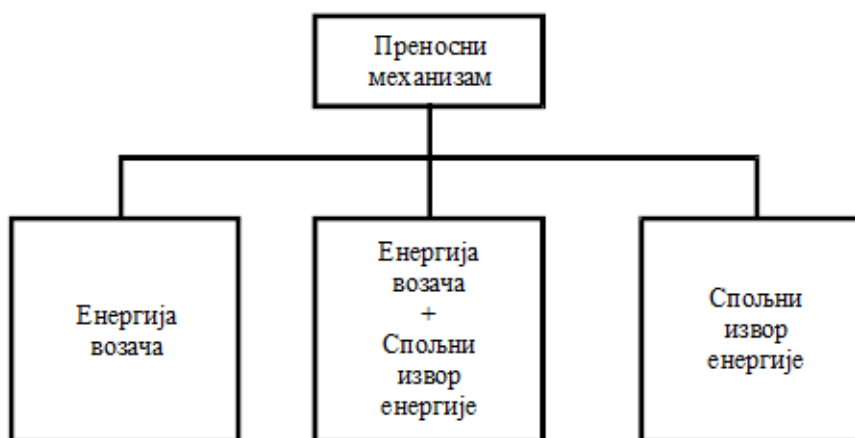
Команда служи за активирање одговарајућег подсистема, тј. радне, помоћне и других кочница. Сваки подсистем мора да има, дакле, своју команду, постављену тако да возач лако може да је активира. Команда радне кочнице је изведена као папучица која је постављена непосредно испред седишта возача, тако да возач може да је активира не скидајући руке са точка управљача. За помоћну и паркирну кочницу команда је обично ручна, тј. у облику ручице која је, такође, постављена уз седиште возача, тако да при њеном активирању возач једну руку може да држи на точку управљача.

Када су помоћна и паркирна кочница решене конструкцијски јединствено, онда је и њихова команда, очигледно, једна иста ручица. Команда допунске кочнице је најчешће, такође, ручна (ручица, полуга), али често се изводи и као ножна (понекад непосредно уз команду радне кочнице, уз истовремено активирање).

Преносни механизам има задатак да добијени импулс од команде пренесе до кочница. Ово је битна функција кочног система, која значајно утиче на укупне перформансе возила у погледу кочења. Испуњење ових задатака је начелно сложено, посебно код радне кочнице возила великих укупних маса.

Преносни механизми кочних система решавају се на различите начине. У основи постоје три принципијелна решења (слика 1.3):

- преношење енергије возача,
- преношење енергије возача уз делимично коришћење спољног енергетског извора (или резервоара) и
- преношење енергије из других, тј. спољних извора, а на основу импулса који потичу од возача.



Слика 1.3 Преносни механизам [1]

Уобичајно је да се прва решења називају преносни механизми без серво-дејства, друга са серво-појачањем (или са серво-појачивачима), а трећа са потпуним серво-дејством. Према врсти преносних елемената, преносни механизми могу бити:

- механички,
- хидраулички,
- пнеуматички и
- комбиновани.

Код возила најчешће се употребљавају кочнице које раде на принципу механичког трења (фрикционе кочнице).

2 ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА

2.1 ПРАВИЛНИК О ПОДЕЛИ МОТОРНИХ И ПРИКЉУЧНИХ ВОЗИЛА И ТЕХНИЧКИМ УСЛОВИМА ЗА ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ НА ПУТЕВИМА

Захтеви који се односе на кочне системе утврђени су у више чланова овог Правилника, који има обавезну примену у Републици Србији [2, 3]. Захтеви се односе на сва возила у јавном саобраћају. Ово значи да се они проверавају за време редовних техничких прегледа, али ти захтеви морају бити задовољени у било ком тренутку, тј. и при ванредним прегледима возила.

У делу Правилника који се бави Уређајима на моторним и прикључним возилима под тачком 2 (Уређаји за заустављање возила - кочни систем), следећим члановима одређују се сва битна питања која се односе на кочне системе. Дефинише се задатак и основна структура кочног система (радна, помоћна и паркирна кочница). Поставља се и захтев да разлика кочних сила на точковима једне осовине не сме бити већа од 20%, рачунајући у односу на већу измерену силу. Овде је дат и захтев да у случају отказа радне кочнице возило може да кочи помоћном кочницом, као и захтев да паркирна кочница мора бити таква да се помоћу ње паркирно возило може осигурати у закоченом положају одговарајућим механичким уређајем.

Члан 26.

(1) Уређаји за заустављање (кочни систем) мора да омогући возачу да на безбедан, брз и ефикасан начин прогресивно смањује брзину кретања возила, или да заустави возило или да задржи возило у месту ако је оно већ заустављено, без обзира на брзину којом се оно креће и оптерећење возила ако је оно у декларисаним границама, а на путу са уздужним нагибом на коме је предвиђено кретање тог возила.

(2) Кочни систем мора да задовољи техничке услове прописане једнообразним техничким условима, односно услове прописане овим Правилником.

Члан 27.

Кочне облоге не смеју да садрже азбест.

Члан 29. ближе одређује захтеве за извођење кочних система. Основу овога чини захтев да радна, помоћна и паркирна кочница моторног и прикључног возила, морају бити уграђене и изведене тако да на поуздан и безбедан начин зауставе возило. У складу са тим захтева се да постоје најмање две команде, а одређују се и могућности повезивања ова два подсистема кочног система. Посебно се одређују захтеви у односу на кочење вучних возова, као и захтеви у односу на регулацију кочних сила. Овај члан садржи и одредбе о допунској кочници, тј. успорачу и о структури кочног система у односу на број грана, односно водова.

Члан 29.

(1) Кочни систем остварује следеће функције, под условима предвиђеним у овом Правилнику, и то:

- 1) радно кочење,
- 2) помоћно кочење,
- 3) паркирно кочење и
- 4) дуготрајно успоравање.

(2) Радно кочење омогућава возачу да може на безбедан, брз и ефикасан начин прогресивно да смањује брзину кретања возила, или да га заустави, без обзира на брзину којом се оно креће и оптерећење возила ако је оно у декларисаним границама, а на путу са уздужним нагибом на коме је предвиђено кретање тог возила. Кочно дејство радног кочења мора бити такво да омогућава постепено мењање тог кочног дејства. Кочно дејство мора да буде такво да возач оствари ово кочно дејство са свог седишта, без скидања руку са команде уређаја за управљање.

(3) Помоћно кочење омогућава да се возило успори и заустави ако дође до највише једног отказа у преносном систему радног кочења, са регулисаним интензитетом кочења, при чему једна рука возача мора бити слободна ради управљања возилом.

(4) Паркирно кочење омогућава, да се помоћу одговарајућег механичког уређаја, спречи покретање заустављеног возила, при чему се на моторном возилу изводи тако да га возач може употребити са возачког места, а на прикључном возилу тако да га возач може употребити са возачког места или помоћу команде на прикључном возилу.

(5) Дуготрајно успоравање возила омогућава успоравање возила при кретању возила на путу са уздужним падом, и изводи се тако да га возач може употребити са возачког места, при чему једна рука возача мора бити слободна ради управљања возилом.

Члан 30.

(1) Против блокирајући систем део је радног кочења који аутоматски регулише проклизавање точкова, у правцу обртања, за време кочења. У случају отказа против блокирајућег система, радно кочење мора обезбедити прописане функције и задовољити прописане нормативе кочења.

(2) Сва серијски произведена возила врста N2, N3, O3 и O4 регистрована први пут у Републици Србији након 1. марта 2011. године, морају да буду опремљена против блокирајућим системима.

(3) Контрола исправности против блокирајућег система мора бити обезбеђена путем оптичког индикатора који мора бити у видном пољу возача.

(4) Моторно возило, са против блокирајућим системом, које је предвиђено да вуче прикључно возило мора да буде опремљено и оптичким индикатором, који се налази у видном пољу возача за контролу исправности против блокирајућег система прикључног возила.

Члан 31. утврђује захтеве који морају да се задовоље извођењем и уградњом кочних система прикључних возила.

Члан 31.

(1) Радно кочење морају имати сва возила осим прикључних возила врсте O1.

(2) Радно кочење са инерционом командом на прикључним возилима, осим на полуприколицама, може бити изведено за врсте O1 и O2.

(3) Помоћно кочење морају имати сва возила врсте N.

(4) Паркирно кочење морају имати сва возила, осим возила врсте O1.

И, на крају, у члану 41. дефинишу се минималне кочне перформансе за поједине врсте возила. Ови захтеви су дати у вид минималних вредности кочних коефицијената, за одређене највеће силе за активирање.

Захтеви су дати у облику који омогућава њихову проверу и на лабораторијским ваљцима, какви се користе за техничке прегледе.

Члан 41.

(1) Кочни коефицијент означава процентуални однос успорења возила и убрзања земљине теже. За потребе овог Правилника усваја се да убрзање земљине теже износи 10 m/s^2 .

(2) Кочни коефицијент возила израчунава се као однос збира свих сила остварених током мерења на уређају за мерење кочних сила и укупне масе возила помножене са 10 m/s^2 а изражава се у процентима.

(3) Прописане најмање вредности кочног коефицијента, које су наведене у табели 2.1, морају се остварити при дејству силе на команду кочног система која не сме прећи прописану силу за активирање дату у табели 2.1.

Табела 2.1 Прописане најмање вредности кочног коефицијента

Врста возила	Радно кочење			Помоћно кочење**		
	Кочни коефицијент	Сила за активирање		Кочни коефицијент	Сила за активирање	
		Ножно активирање	Ручно активирање		Ножно активирање	Ручно активирање
		$K_r \geq [\%]$	$F \leq [\text{daN}]$		$K_p \geq [\%]$	$F \leq [\text{daN}]$
N	45	70	-	20	70	60
O	40	PK $\leq 6,5$ bar*	-	-	-	-

* "PK" је притисак у командном воду приликом кочења у двоводним пнеуматичким системима.

** Вредности за "Помоћно кочење" у табели 2.1 дате су за случај када је помоћно кочење изведено као посебан систем.

(4) Нормативи кочног коефицијента из става 3. овог члана морају се остварити у свим дозвољеним условима оптерећења возила, без обзира да ли се испитивање врши уређајем за мерење успорења на путу када је возило у покрету или уређајем за мерење кочних сила са обртним ваљцима.

(5) Паркирна кочница моторног возила, мора обезбедити кочење са кочним коефицијентом од 15%. Паркирна кочница прикључног возила, кад је прекинута веза кочног система вучног и прикључног возила, односно кад се ручно активира команда паркирног кочења мора обезбедити кочење са кочним коефицијентом од 15%.

(6) Сила којом се дејствује на команду паркирне кочнице моторних возила не сме бити већа од 60 daN.

(7) Највећа дозвољена разлика кочних сила за радно кочење, на точковима исте осовине, у било ком тренутку од када прва кочна сила достигне једну трећину своје максималне вредности, до тренутка када су на оба точка постигнуте највеће кочне силе, износи 30%. За основицу израчунавања процента разлике кочне силе на точковима исте осовине, у сваком тренутку, узима се већа кочна сила у том тренутку.

(8) Нормативи из става 3. и 5. овог члана примењују се, приликом испитивања уређајем за мерење кочних сила, при чему се кочни коефицијент рачуна као однос збира највећих кочних сила (измерених, односно измерених и коригованим односом тренутног и највећег притиска у кочном систему појединачних осовина и припадајућих измерених сила) по обиму сваког од точкова и укупне масе возила, и изражава се у процентима.

(9) Неуједначеност кочне силе по обрту точка не сме бити већа од 20%. Проценат неуједначености кочне силе израчунава се на приближно половини највеће кочне силе. За основицу израчунавања процента неуједначености кочне силе узима се највећа кочна сила измерена при томе.

(10) Систем радног кочења, на возилима са ножном командом кочења, мора да издржи силу на команди кочења од 100 daN.

(11) Тачка кључања течности у кочном систему не сме да буде нижа од 155 °C, односно кочна течност не сме да има више од 4% влаге.

2.2 ПРАВИЛНИК ЕСЕ 13

Правилник ЕСЕ 13 (Економске комисије за Европу Уједињених нација - United Nations Economic Commission for Europe) је једнообразни пропис за хомологацију возила који се односи на кочење [2, 4]. Правилник ЕСЕ 13 има основни текст и прилоге.

Основни текст Правилника ЕСЕ 13 има следећа поглавља [5]:

1. Обухватање,
2. Дефиниције,
3. Изјава за одобрење,
4. Одобрење,
5. Спецификације,
6. Испитивања,
7. Измена типа возила или кочног система и продужетак одобрења,
8. Саобразна производња,
9. Казне за несаобразну производњу,
10. Тачно прекидање производње,
11. Имена и адресе техничких служби које спроводе одобрена испитивања и власти које одобравају тип и
12. Прелазне одредбе.

Прилози Правилника ЕСЕ 13 су:

1. Кочна опрема, уређаји, методе и услови који нису обухваћени Правилником ЕСЕ 13,
2. Саопштење,
3. Споразуми за одобравање знакова,
4. Испитивања кочења и перформансе кочних система,
5. Додатне одредбе које важе за одређена возила као што је наведено у Европском споразуму о међународном друмском транспорту опасног терета,
6. Метода мерења времена одзива код возила опремљених са пнеуматичким кочним системима,
7. Одредбе које се односе на изворе енергије и уређаје за чување енергије (акумулатори за енергију),
8. Одредбе које се односе на посебне услове за опруге кочних система,

9. Одредбе које се односе на паркирне кочнице опремљене са блокирајућим уређајима са механичким кочним цилиндрима (блокирајући актуатори),
10. Кочна расподела између осовина возила и захтеви за усаглашавање између вучних возила и приколица,
11. Случајеви у којима тип I и/или тип II (или тип IIА) или тип III испитивања не морају бити извршена,
12. Услови који утичу на испитивања возила опремљених са инерционим кочним системима,
13. Захтеви испитивања за возила опремљена са против блокирајућим системима,
14. Услови испитивања за приколице са електро-пнеуматичким кочним системима,
15. Метода испитивања инерционим динамометром за кочне облоге,
16. Усаглашеност између вучних возила и приколица која се односи на стандард ISO 11992 (Међународне организације за стандардизацију) за пренос података,
17. Поступак испитивања процене функционалне усаглашености возила опремљених са електричним контролним водовима,
18. Посебни захтеви који се односе на сигурносне аспекте сложених електронских контролних система возила,
19. Испитивање перформанси елемената кочног система,
20. Алтернативни поступак за одобрене типове приколица и
21. Посебни захтеви за возила опремљена са функцијом стабилност возила.

1. Обухватање

1.1. Правилник ЕСЕ 13 важи за возила врста М2, М3, N и О и односи се на кочење.

Кочни захтеви за возила врсте М1 су искључиво обухваћени у Правилнику ЕСЕ 13-Н. За возила врсте N1, уговорне стране које су потписале Правилник ЕСЕ 13-Н и Правилник ЕСЕ 13 признају да одобрења оба Правилника једнако важе.

1.2. Правилник ЕСЕ 13 не обухвата:

1.2.1. Возила код којих пројектована брзина не прелази 25 km/h,

1.2.2. Приколице које не могу да се споје са вучним возилима код којих пројектована брзина прелази 25 km/h,

1.2.3. Возила прилагођена за возаче са инвалидитетом.

1.3. У складу са важећим одредбама Правилника ЕСЕ 13, опрема, уређаји, методе и услови наведени у прилогу 1 нису обухваћени Правилником ЕСЕ 13.

Прилог 1

Кочна опрема, уређаји, методе и услови који нису обухваћени Правилником ЕСЕ 13

1. Метода мерења реакције (одзив) у периоду код кочница које су другачије од пнеуматичких кочница.

Прилог 4

Испитивања кочења и перформанси кочних система

1. Испитивања кочења

1.4. Испитивање типа 0 (обично испитивање перформансе са хладним кочницама)

1.4.1. Основно

1.4.1.1. Кочнице морају бити хладне, сматра се да је кочница хладна када је температура измерена на диску или на спољашњој страни добоша испод 100 °C.

1.4.2. Испитивање типа 0 са неповезаним мотором

Испитивање мора бити извршено при брзини прописаној за врсту којој возило припада. Минимална перформанса прописана за сваку врсту мора бити постигнута.

1.4.3. Испитивање типа 0 са повезаним мотором

1.4.3.1. Испитивања морају такође бити извршена при различитим брзинама, најнижа је једнака 30% максималне брзине возила и највиша је једнака 80% те брзине. У случају возила опремљених са ограничавачем брзине, овај ограничавач брзине мора бити узети као максимална брзина возила. Максимална реална перформанса мора бити измерена и понашање возила мора бити записано у извештају испитивања.

1.4.3.2. Додатна испитивања морају бити извршена са повезаним мотором, са брзином прописаном за врсту којој возило припада. Минимална перформанса прописана за сваку врсту мора бити постигнута.

1.4.4. Испитивање типа 0 за возила врсте О, опремљена са пнеуматичким кочницама

1.4.4.1. Кочна перформанса приколице може бити израчуната са сваким кочним коефицијентом вучног возила плус приколица и измерени притисак на спојници или, у одређеним случајевима, са кочним коефицијентом вучног возила плус приколица само са кочењем приколице. Мотор вучног возила мора бити неповезан током испитивања кочења.

1.5. Испитивање типа I (слаб тест)

1.5.1. Са поновљеним кочењем

1.5.1.1. Радне кочнице свих вучних возила морају бити испитиване узастопним притискањем и пуштањем кочница неколико пута, возило је оптерећено, услови су приказани у табели 2.2.

Табела 2.2 Услови испитивања за радне кочнице

Врста возила	Услови			
	v_1 [km/h]	v_2 [km/h]	Δt [s]	n
N1	$80\% v_{max} \leq 120$	$1/2 v_1$	55	15
N2, N3	$80\% v_{max} \leq 60$	$1/2 v_1$	60	20

Где је:

v_1 - почетна брзина, на почетку кочења,

v_2 - брзина на крају кочења,

v_{max} - максимална брзина возила,

n - број употреба кочнице и

Δt - трајање кочног циклуса.

1.5.2. Са сталним кочењем

1.5.2.1. Радне кочнице врста О2 и О3 морају бити испитиване на следећи начин, возило је оптерећено, улазна енергија кочница је једнака оној забележеној у истом временском периоду са оптерећеним возилом возеним при сталној брзини од 40 km/h, на низбрдици нагиба од 7% и растојању од 1,7 km.

1.6. Испитивање типа II (испитивање понашања на низбрдици)

1.6.1. Оптерећена вучна возила морају бити испитивана на такав начин да је улазна енергија једнака оној забележеној у истом временском периоду са оптерећеним возилом воженим при просечној брзини од 30 km/h, на низбрдици нагиба од 6% и растојању од 6 km, са одговарајућом употребљеном опремом и издржљивим кочним системом, ако је возило опремљено са једним који се користи. Употребљена опрема мора бити таква да брзина мотора (min^{-1}) не прелази максималну вредност прописану од произвођача.

1.7. Испитивање типа III (слабо испитивање за оптерећена возила врсте O4 или алтернативно за врсту O3)

1.7.1. Испитивање на путу

1.7.1.1. Кочнице се морају подешавати, пре испитивања типа III.

1.7.1.2. За испитивање на путу услови морају бити као у табели 2.3.

Табела 2.3 Услови испитивања на путу

Број употреба кочнице	20
Трајање кочног циклуса	60 s
Почетна брзина на почетку кочења	60 km/h
Кочење	У овим испитивањима, сила употребљена за контролу мора бити тако подешена да се постигне средње потпуно развијено успорење од 3 m/s^2 у односу на масу приколице при првој употреби кочнице, ова сила мора остати константна током следећих употреба кочнице.

1.8. Испитивање типа ПА (кочна перформанса издржљивости)

1.8.2. Услови испитивања и захтеване перформансе

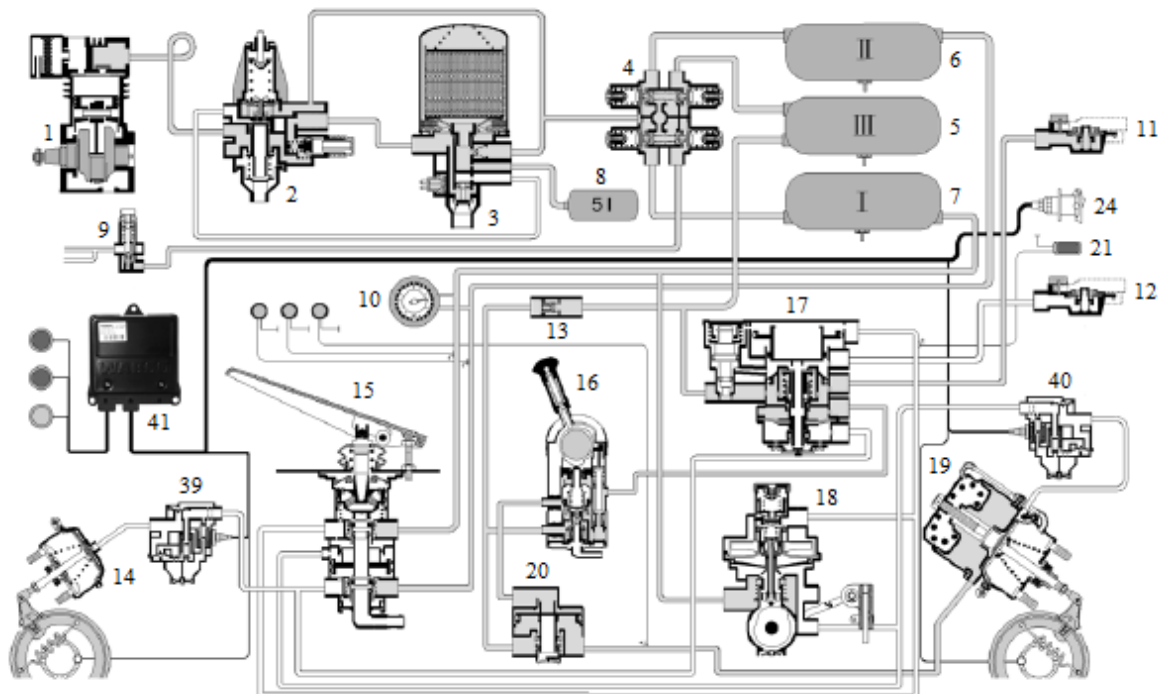
1.8.2.1. Перформанса издржљивости кочног система мора бити испитивана при максималној маси возила или вучног воза.

1.8.2.2. Оптерећена возила морају бити испитивана на такав начин да је улазна енергија једнака оној забележеној у истом временском периоду са оптерећеним возилом воженим при просечној брзини од 30 km/h, на низбрдици нагиба од 7% и растојању од 6 km. Током испитивања, радна, помоћна и паркирна кочница не морају бити употребљене. Употребљена опрема мора бити таква да брзина мотора (min^{-1}) не прелази максималну вредност прописану од произвођача.

3 ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМИ

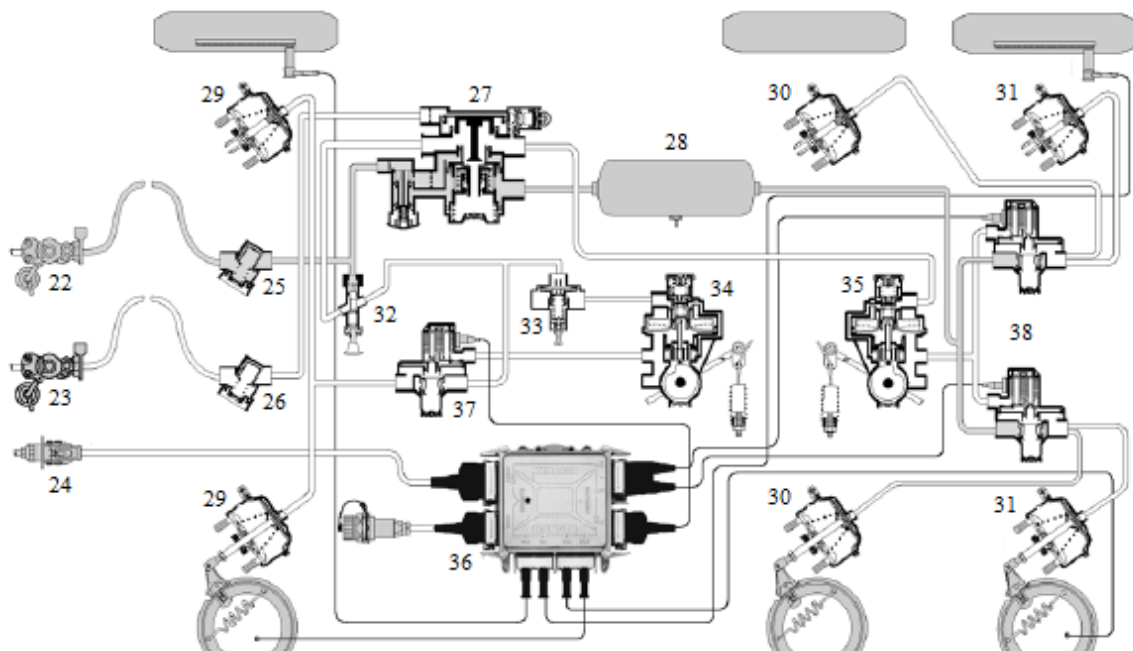
3.1 ПРИНЦИП РАДА ПНЕУМАТИЧКИХ КОЧНИХ СИСТЕМА

Пнеуматички кочни систем вучног возила је приказан на слици 3.1 [6].



Слика 3.1 Пнеуматички кочни систем вучног возила [6]

Пнеуматички кочни систем приколице је приказан на слици 3.2.



Слика 3.2 Пнеуматички кочни систем приколице [6]

3.1.1 СНАБДЕВАЊЕ САБИЈЕНИМ ВАЗДУХОМ

Компресор (1) обезбеђује сабијени ваздух који струји у сушача ваздуха (3) преко регулатора (2) који аутоматски контролише притисак унутар система, нпр. у опсегу између 7,2 bar и 8,1 bar. У сушачу ваздуха, водена пара се издваја из ваздуха и потискује се кроз отвор сушача ваздуха. Осушени ваздух онда струји у четворокружни заштитни вентил (4) који, ако један или неколико кругова откажу, осигурава исправне кругове од сваког губитка притиска. Унутар радних кочних кругова (I) и (II), ваздух за снабдевање из резервоара за ваздух (6) и (7) струји у кочни вентил (15). У кругу (III) ваздух за снабдевање из резервоара за ваздух (5) струји кроз 2/2 - једносмерни вентил који је интегрисан у контролни вентил за приколицу (17) у црево аутоматске спојнице (11) и у контролни вентил (13), ручни кочни вентил (16) и релејни вентил (20) и у оптерећену опругу која је део Тристоп кочног актуатора са опругом (19). Круг (IV) снабдева ваздухом све помоћне потрошаче, у овом случају допунску кочницу.

Кочни систем приколице добија сабијени ваздух кроз црево спојнице (11) са којим је његово црево за снабдевање повезано. Овај ваздух онда пролази вод филтера (25) и хитни релејни вентил (27) пре доласка у резервоара за ваздух (28) и такође струји у прикључке релејних вентила против блокирајућег система за снабдевање (38).

3.1.2 ПРИНЦИП РАДА

3.1.2.1 Радна кочница

Када се кочни вентил (15) активира, сабијени ваздух струји преко контролног вентила против блокирајућег система са соленоидом (39) у кочне коморе предње осовине (14) и у вентил оптерећено-осетљиво (18). Овај вентил га обрће и ваздух струји преко контролног вентила против блокирајућег система са соленоидом (40) у део радне кочнице Тристоп кочни актуатор са опругом (19). Притисак у кочним цилиндрима ствара силу потребну за кочницу која зависи од интензитета употребљене силе на кочном вентилу, и од оптерећења возила. Овај кочни притисак се контролише са вентилом оптерећено-осетљиво (18) који је повезан са задњом осовином. Свака промена растојања између шасије возила и његове осовине изазвана оптерећењем или растерећењем возила изазива стално подешавање кочног притиска. Истовремено, преко управљачког вода, на вентил оптерећено-празно који је интегрисан у кочни вентил утиче вентил оптерећено-осетљиво. Тако се кочни притисак предње осовине такође подешава за оптерећено возило.

Два радна кочна круга која активирају контролни вентил за приколицу (17) притискују управљачку везу хитног релејног вентила (27) након проласка црева спојнице (12) и повезивања црева за контролу. Ваздуху за снабдевање из резервоара за ваздух (28) је тако дозвољено да прође кроз хитни релејни вентил, испусни вентил приколице (32), вентил адаптер (33) и у вентил оптерећено-осетљиво (34) и релејни вентил против блокирајућег система (37). Вентил оптерећено-осетљиво (34) активира релејни вентил против блокирајућег система (37) и сабијени ваздух струји у кочне коморе предње осовине (29). Вентил оптерећено-осетљиво (35) активира релејне вентиле против блокирајућег система (38), и сабијеном ваздуху је дозвољено да прође у кочне коморе (30) и (31). Радни притисак приколице, који је сличан излазном притиску вучног возила, се аутоматски подешава са вентилима оптерећено-осетљиво (34) и (35) за оптерећену приколицу.

Да би се спречило прекомерног кочење кочнице предње осовине у делимичном кочном опсегу, вентил адаптер (33) смањује радни притисак. Релејни вентили против блокирајућег система (приколица) и контролни вентили против блокирајућег система са соленоидима (вучно возило) се користе за контролу (пораста притиска, одржавања притиска и испуштања притиска) кочних цилиндара. Ако се ови вентили активирају са електронском контролном јединицом против блокирајућег система (36) или (41), овај контролни процес се постиже без обзира на дозвољени притисак који пролази до кочног вентила или хитног релејног вентила.

Када они нису потребни (соленоиди су искључени), вентили раде као релејни вентили и брзо постижу повећање или смањење притисак за кочне цилиндрице.

3.1.2.2 Паркирна кочница

Када је ручни кочни вентил (16) активиран и закључан, оптерећена опруга је део Тристоп кочног актуатора са опругом (19) које је потпуно испразњен. Силу потребну за кочницу сада обезбеђује тешка оптерећена опруга Тристоп кочног актуатора са опругом. Истовремено, притисак у воду који води од ручног кочног вентила (16) до контролног вентила за приколице (17) се смањује. Кочење приколице почиње када се повећава притисак у повезаном цреву за снабдевање.

3.1.2.3 Помоћна кочница

Због осетљивости ручног кочног вентила (16) вучно возило може да кочи помоћу делова оптерећене опруге чак и ако радне кочнице (I) и (II) нису кочиле. Кочну силу за кочницу производи сила оптерећене опруге Тристоп кочног актуатора са опругом (19) као што је описано код паркирне кочнице иако делови оптерећене опруге нису потпуно искоришћени већ само у мери којој је то потребно за кочне перформансе.

3.1.3 АУТОМАТСКО КОЧЕЊЕ ПРИКОЛИЦЕ

У случају повезивања поломљеног вода за снабдевање, притисак брзо пада и хитни релејни вентил (27) изазива пуну употребу кочница приколице. У случају повезивања поломљеног вода за контролу, 2/2 - једносмерни вентил који је интегрисан у контролни вентил за приколицу (17), када је радна кочница активирана, регулише пролажење у воду за снабдевање који води до црева спојнице (11) у таквој мери да лом вода за снабдевање изазива брзи пад притиска у воду за снабдевање и хитни релејни вентил (27) изазива аутоматско кочење приколице у законски предвиђеном времену не више од 2 s. Контролни вентил (13) осигурава паркирну кочницу од сваког ненамерног активирања ако притисак падне у воду за снабдевање који води до приколице.

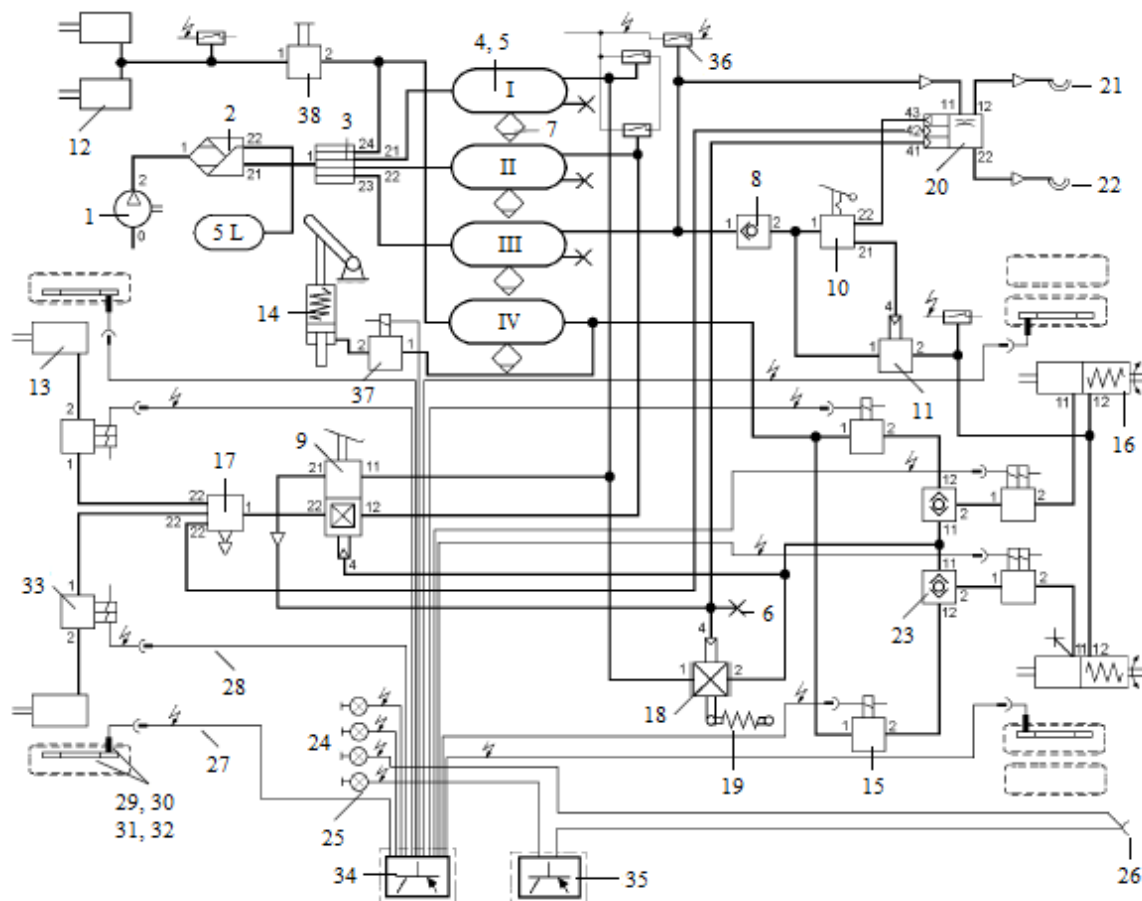
3.1.4 ЕЛЕМЕНТИ ПРОТИВ БЛОКИРАЈУЋЕГ СИСТЕМА

Вучно возило обично има три сигналне лампе (регулација против клизања има једну додатну лампу) подешене за показивање функција и за стално праћење система. Оно такође има релеј, модул за обавештавање и утичницу против блокирајућег система (24).

Након укључивања прекидача, жута сигнална лампа се укључује ако приколица нема против блокирајући систем или ако веза није успостављена. Црвена лампа се искључује када возило пређе брзину од приближно 7 km/h и сигурносно коло електронике против блокирајућег система не открије грешку.

3.2 ЕЛЕМЕНТИ ПНЕУМАТИЧКОГ КОЧНОГ СИСТЕМА ВУЧНОГ ВОЗИЛА

Пнеуматички кочни систем вучног возила са против блокирајућим системом и регулацијом против клизања је приказан на слици 3.3.

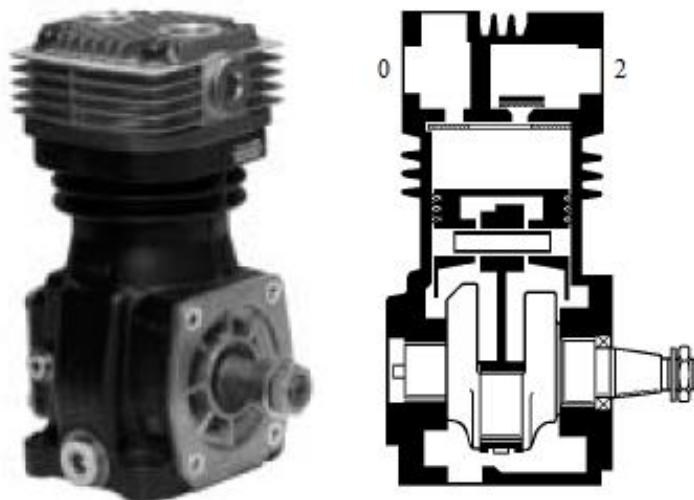


Слика 3.3 Пнеуматички кочни систем вучног возила са против блокирајућим системом и регулацијом против клизања [6]

1 - компресор, 2 - сушач ваздуха са комбинованим регулатором, 3 - четворокружни заштитни вентил, 4 - резервоар за ваздух, 5 - стега, 6 - спојница за проверу, 7 - дренажни вентил, 8 - контролни вентил, 9 - кочни вентил са интегралним оптерећеним пропорционалним вентилом, 10 - ручни контролни вентил са контролом за приколицу, 11 - релејни вентил, 12 - клип цилиндра, 13 - кочна комора, 14 - контролни цилиндар регулације против клизања, 15 - 3/2 - вентил са соленоидом, 16 - Трестоп кочни актуатор, 17 - брзоиспусни вентил, 18 - вентил оптерећено-осетљиво, 19 - зглоб за спајање, 20 - контролни вентил за приколицу, 21 - црево спојнице за снабдевање, 22 - црево спојнице за контролу, 23 - двосмерни вентил, 24 - лампа против блокирајућег система за упозорење, 25 - лампа против блокирајућег система за обавештавање, 26 - утичница против блокирајућег система, 27 - продужни кабал сензора, 28 - кабал соленоида, 29 - утичница, 30 - сензор, 31 - сензор са каблом, 32 - точак, 33 - вентил против блокирајућег система са соленоидом, 34 - електронска контролна јединица, 35 - модул за обавештавање, 36 - прекидач за притисак, 37 - пропорционални вентил, 38 - 3/2 - контролни вентил за усмеравање

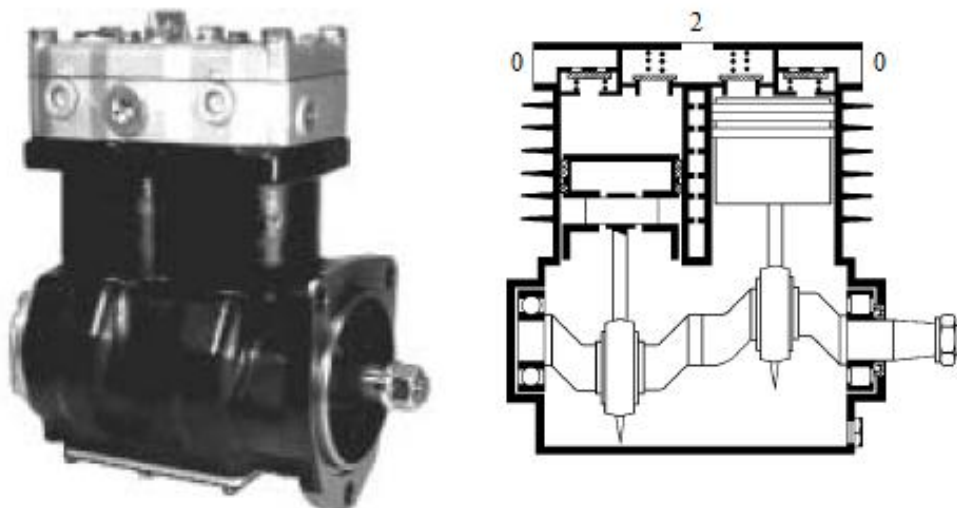
3.2.1 КОМПРЕСОР

Производи сабијени ваздух. Компресор са једним цилиндром је приказан на слици 3.4.



Слика 3.4 Компресор са једним цилиндром [6]

Компресор са два цилиндра је приказан на слици 3.5.



Слика 3.5 Компресор са два цилиндра [6]

Мотор возила покреће каиш који ротира точак на крају коленастог вратила. Ова ротација покреће клипаче које померају клипове. Како клип иде на доле чисти ваздух из сваког пречистача мотора за ваздух или влажног филтера за ваздух се изобличава у удубљену улазног отвора вентила. Како се клип помера нагоре, улазни отвор вентила се затвара, и ваздух се пумпа кроз вентил за снабдевање у резервоар за ваздух.

Тип подмазивања зависи од конструкције компресора, и може бити прскајући или довођењем притиска.

3.2.2 СУШАЧ ВАЗДУХА

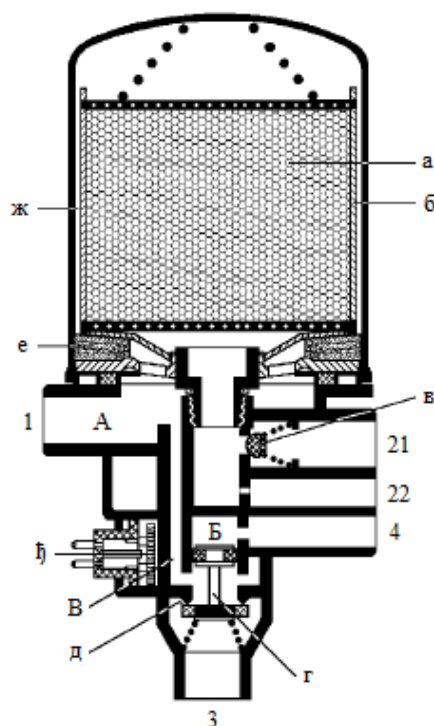
Суши сабијени ваздух који обезбеђује компресор издвајањем влаге присутне у ваздуху. Сушач ваздуха је приказан на слици 3.6.



Слика 3.6 Сушач ваздуха [6]

3.2.2.1 Сушач ваздуха са контролом преко одвојеног регулационог вентила

Сушач ваздуха са контролом преко одвојеног регулационог вентила је приказан на слици 3.7.



Слика 3.7 Сушач ваздуха са контролом преко одвојеног регулационог вентила [6]

У фази снабдевања, сабијеним ваздух који обезбеђује компресор струји преко прикључка (1) у комору (А). Овде се кондензат скупља због смањења температуре, и стиже у излазни отвор (д) преко канала (В).

Преко танког филтера (е), интегрисаног у чаури, и преко прстена (ж), ваздух стиже до горње стране чауре за сушење (б), хлади се у процесу, и додатни кондензат се таложи. Влага се издваја из ваздуха како он пролази кроз грануле (а) ову влагу упијају површине и танки канали (пречник $4 \text{ \AA}$ (Ангстром)) веома порозних гранула.

Како су молекули уља већи од $4 \text{ \AA}$ они не могу ући у танке канале гранула. Ово чини грануле чвршћим. Део паре од уља није упијен. Осушени ваздух стиже у резервоар за ваздух преко контролног вентила (в) и прикључка (21). Истовремено, осушени ваздух такође стиже у резервоар за регенерацију преко регулационог прикључка и прикључка (22).

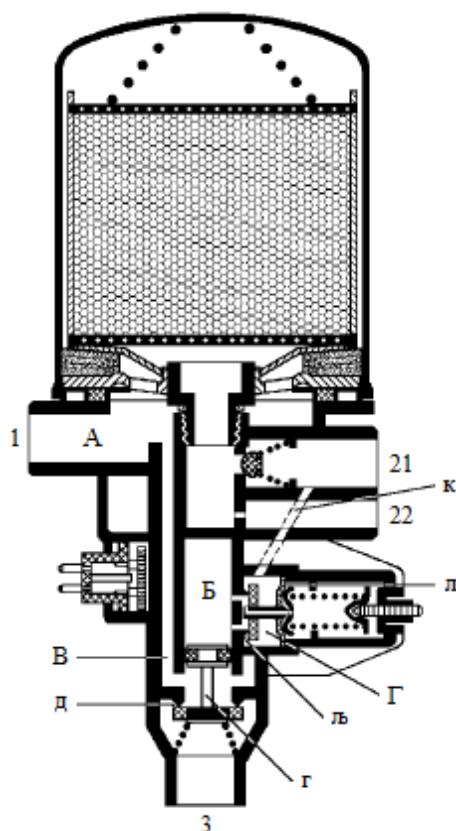
Када је спољашњи притисак у систему достигнут, регулациони вентил притиска комору (Б) преко прикључка (4). Клип (г) се помера надоле, отвара излазни отвор (д). Ваздух, кондензат плус свака нечистоћа и уље угљеника из коморе (А) се испуштају преко канала (В) и излазног отвора (д).

Када је унутрашњи притисак у регулационом вентилу достигнут, комора (Б) се празни поново. Излазни отвор (д) се затвара и процес сушења почиње као што је описано.

Свако лоше функционисање због залеђивања у крајњим условима рада клипа (г) може спречити подешена грејна чаура (е) која се укључује када је температура испод $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и искључује поново када температура достигне приближно $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.2.2.2 Сушач ваздуха са контролом преко интегралног регулационог вентила

Сушач ваздуха са контролом преко интегралног регулационог вентила је приказан на слици 3.8.



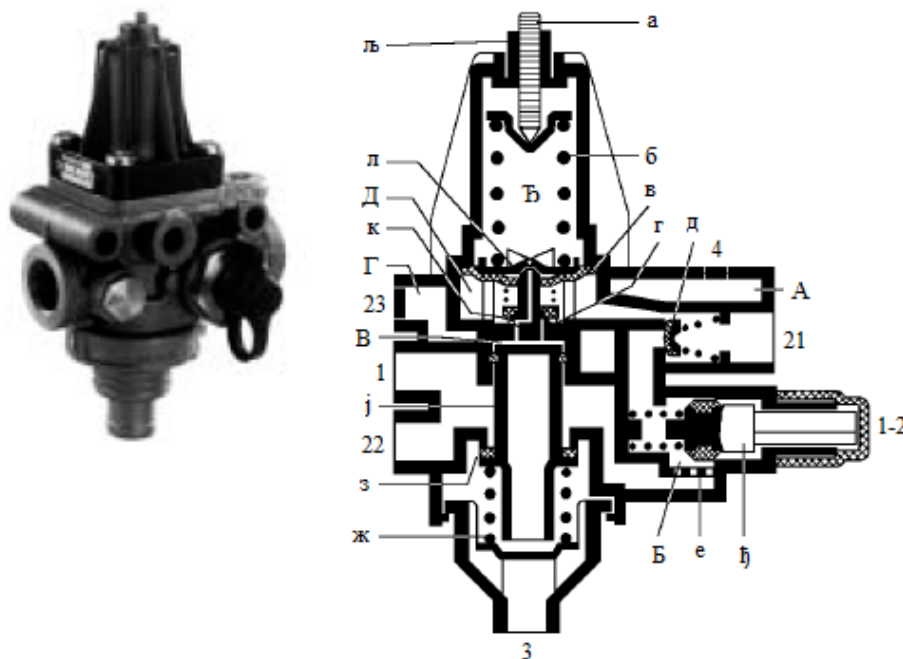
Слика 3.8 Сушач ваздуха са контролом преко интегралног регулационог вентила [6]

Процес сушења ваздуха је описан под 3.2.2.1. Код ове варијанте, међутим, спољашњи притисак долази у комору (Г) преко отвора (к), делује на мембрану (л). Након савлађивања отпора опруге, улазни отвор (љ) се отвара, и клип (г), сада притиснут, отвара излазни отвор (д).

Ваздух који обезбеђује компресор сада се испушта преко коморе (А), канала (В) и отвора (З). Клип (г) такође ради као притисни испусни вентил. У случају сваког повећања притиска, клип (г) аутоматски отвара излазни отвор (д). Ако, због потрошње ваздуха, притисак за снабдевање у систему падне на вредност мању од унутрашњег притиска, улазни отвор (љ) се затвара и притисак из коморе (Б) се смањује преко отвора регулационог вентила. Излазни отвор (д) се затвара и процес сушења почиње поново.

3.2.3 КОМБИНОВАНИ РЕГУЛАТОР

Аутоматски контролише радни притисак у пнеуматичком кочном систему и штити његове цеви и вентиле од загађења. Комбиновани регулатор је приказан на слици 3.9.



Слика 3.9 Комбиновани регулатор [6]

3.2.3.1 Регулатор

Сабијени ваздух који обезбеђује компресор струји преко прикључка (1) и филтера (е) у комору (Б). Када је контролни вентил (д) отворен, он струји кроз вод који води од прикључка (21) до резервоара за ваздух и у комору (Д). Прикључак (22) је намењен за контролу низводно од антифриз пумпе.

Притисак се повећава у комори (Д), делује на доњу страну мембране (в). Убрзо је тај притисак већи него сила сабијене опруге (б), подешена помоћу завртња (а), мембрана (в) се савија нагоре, подиже клип (л). Излазни отвор (к) се затвара и улазни отвор (г) се отвара, дозвољава се сабијеном ваздуху да пређе из коморе (Д) у комору (В), клип (ј) се потискује надоле са силом сабијене опруге (ж). Излазни отвор (з) се отвара и сабијени ваздух који обезбеђује компресор се испушта у околину преко испусне цеви (3). Када падне притисак у комори (Б) затвара се контролни вентил (д), тако се осигурава притисак у систему.

Компресор сада наставља рад у празном ходу док притисак унутар система пада испод унутрашњег притиска регулатора. Притисак у комори (Д) испод мембране (в) наставља да пада. Сила сабијене опруге (б) гура мембрану, заједно са клипом (л), надоле.

Улазни отвор (г) се затвара, излазни отвор (к) се отвара и ваздух из коморе (В) се испушта у околину кроз испусну цев (3) након проласка коморе (Ђ) и отвора за повезивање. Сабијена опруга (ж) потискује нагоре клип (ј) и излазни отвор (з) се затвара. Ваздух који обезбеђује компресор сада струји у комору (Б), пролази филтер (е), и отвара контролни вентил (д). Систем се поново пуни док се притисак регулатора за искључивање достигне.

3.2.3.2 Регулатор са управљачком везом 4 и прикључком 23

Овај тип регулатора се разликује од типа описаног под 3.2.3.1 само у начину контролисања притиска за искључивање. Притисак за искључивање се не узима из унутрашњости регулатора већ из вода за снабдевање низводно од сушача ваздуха. Пролаз од коморе (Б) до коморе (Д) је затворен, и овде нема контролног вентила (д). Преко прикључка (4) и коморе (А), ваздух из резервоара за ваздух струји у комору (Д), делује на мембрану (в). Након тога се наставља рад као што је описано под 3.2.3.1. Пролаз између комора (В) и (Г) се отвара, дозвољава регулисање притиска из коморе (В) који се узима из прикључка (23) за активирање сушача ваздуха са једном комором.

3.2.3.3 Регулатор са надуваном гумом за везу

Након уклањања заштитног поклопца, надувано гумено црево се причвршћује помоћу навртке клина (ђ). Пролаз између коморе (Б) и прикључка (21) је затворен. Ваздух који обезбеђује компресор сада струји из коморе (Б) у надувано гумено црево, пролази клин (ђ). У случају да притисак у систему прелази 12 bar или 20 bar током овог процеса, клип (ј) који је пројектован да ради као сигурносни вентил отвара излазни отвор (з) и притисак се испушта у околину преко испусне цеви (3).

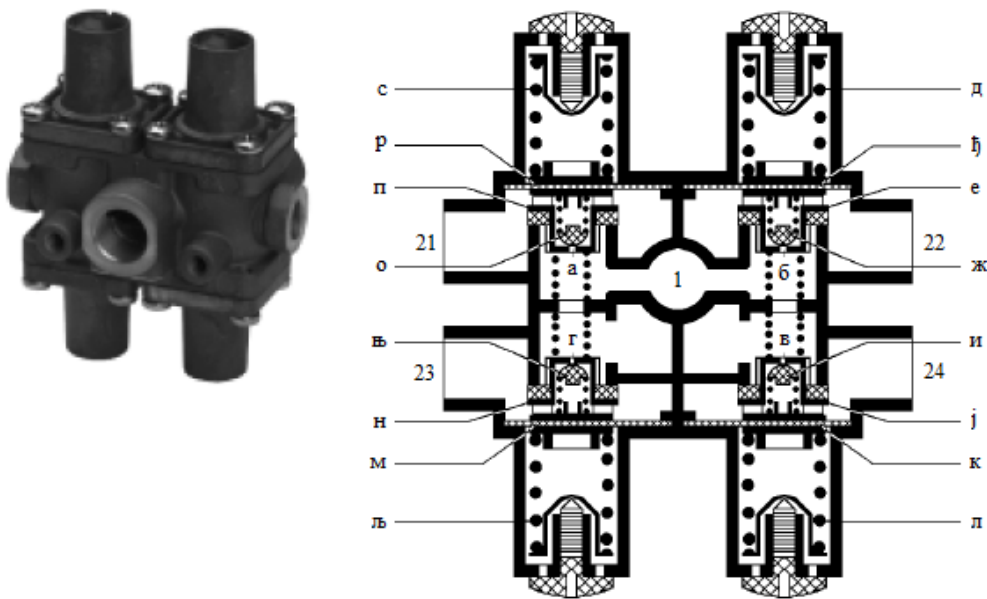
Пре коришћења инсталације са надувеном гумом, притисак у резервоару за ваздух мора бити смањен на вредност мању од унутрашњег притиска регулатора јер се ваздух не може издвојити док компресор ради у празном ходу.

3.2.4 ЧЕТВОРОКРУЖНИ ЗАШТИТНИ ВЕНТИЛ

Задржава притисак у исправним кочним круговима у случају отказа једног или више кругова у четворокружном пнеуматичком кочном систему.

Зависно од варијанте која се користи, четири круга су повезана паралелно и сва четири круга се пуне једнако, или су кругови (3) и (4) секундарни у односу на кругове (1) и (2). Четворокружни заштитни вентил може, зависно од варијанте, имати обилазне отворе у свим круговима који обезбеђују пуњење кочног система од 0 bar када један круг откаже.

Сабијени ваздух струји из регулационог вентила кроз прикључак (1) у заштитни вентил и кроз обилазне отворе (а), (б), (в) и (г). Ово се наставља кроз контролне вентиле (ж), (и), (њ) и (о) у четири круга система. Истовремено, притисак се повећава испод вентила (е), (ј), (н) и (п), отвара вентиле након достизања подешеног притиска за отварање (заштитни притисак). Такође, мембране (ђ), (к), (м) и (р) се подижу са силама сабијених опруга (д), (л), (љ) и (с). Сабијени ваздух онда струји кроз прикључке (21) и (22), у резервоаре за ваздух у круговима радне кочнице (1) и (2), и кроз прикључке (23) и (24) у кругове (3) и (4). Круг (3) обезбеђује сабијени ваздух за хитне случајеве, паркирну кочницу вучног возила и вод који снабдева приколицу, круг (4) снабдева помоћне системе. Четворокружни заштитни вентил је приказан на слици 3.10.



Слика 3.10 Четворокружни заштитни вентил [6]

Ако један од радних кочних кругова (нпр. круг (1)) откаже, ваздух струји из остала три круга у отказали круг док се динамички притисак вентила за затварање достигне. Силе сабијених опруга (д), (л), (љ) и (с) изазивају затварање вентила (е), (ј), (н) и (п). Ако је ваздух у круговима (2), (3) и (4) потрошен, пуњење се врши до нивоа подешеног притиска отказалог круга за отварање (1). Заштита притисак исправних кругова се врши на исти начин ако још један круг откаже.

Ако један круг (нпр. круг (1)) откаже, и додатно, из било ког разлога притисак падне на 0 bar унутар исправних кругова, онда, када се кочни систем пуни, на почетку сабијени ваздух струји кроз обилазне отворе (а), (б), (в) и (г) у сва четири круга. Настали притисак се повећава испод мембрана (ђ), (к) и (м) исправних кругова и смањује притисак вентила за отварање (е), (ј) и (н). Даље повећавање притиска у прикључку (1) изазива отварање вентила (е), (ј) и (н). Исправни кругови (2), (3) и (4) се пуне до нивоа подешеног притиска отказалог круга за отварање (1) и заштићени су на том нивоу.

3.2.5 РЕЗЕРВОАР ЗА ВАЗДУХ

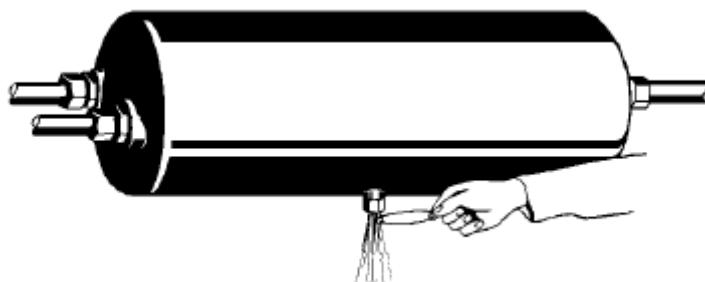
Чува сабијени ваздух добијен од компресора. Резервоар за ваздух је приказан на слици 3.11.



Слика 3.11 Резервоар за ваздух [6]

Резервоар за ваздух се састоји од централног цилиндричног дела са завареним лучним базама и уских завртања за повезивање цеви.

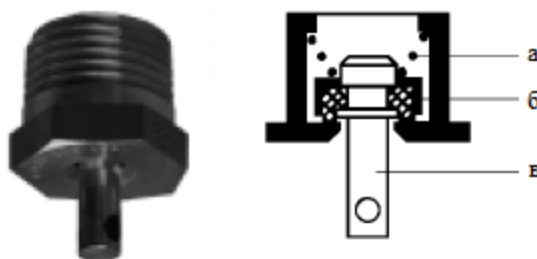
Резервоар за ваздух треба редовно дренирати да би се уклонили сви кондензати. Препоручљиво је користити дренажне вентиле који имају ручно и аутоматско активирање. Редовно треба контролисати монтирани рам и стеге за спајање. Дренажање резервоара за ваздух са дренажним вентилом је приказано на слици 3.12.



Слика 3.12 Дренажање резервоара за ваздух са дренажним вентилом [6]

3.2.6 ДРЕНАЖНИ ВЕНТИЛ

Дренира кондензовану воду из резервоара за ваздух и, ако је потребно, испушта сабијени ваздух из водова и резервоара за ваздух. Дренажни вентил је приказан на слици 3.13.

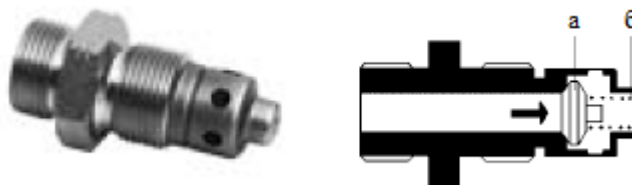


Слика 3.13 Дренажни вентил [6]

Опруга (а) и притисак у резервоару за ваздух држе вентил (б) затвореним. Повлачењем или гурањем се активира клин (в) који у попречном правцу отвара коси вентил (б). Ово дозвољава сабијеном ваздуху и кондензованој води да изађу из резервоара за ваздух. Пуштањем активiranог клина (в), вентил (б) се затвара.

3.2.7 КОНТРОЛНИ ВЕНТИЛ

Осигурава да се притисак у резервоару за ваздух ненамерно не смањи. Контролни вентил је приказан на слици 3.14.



Слика 3.14 Контролни вентил [6]

Сабијени ваздух из цеви за снабдевање отвара вентил (а) и стиже у резервоар за ваздух само ако је његов притисак већи него онај у резервоару за ваздух. Вентил (а) остаје отворен док су притисци у цеви за снабдевање и резервоару за ваздух једнаки.

Када се притисак у цеви за снабдевање смањи, сабијена опруга (б) и већи притисак у резервоару за ваздух затварају вентил.

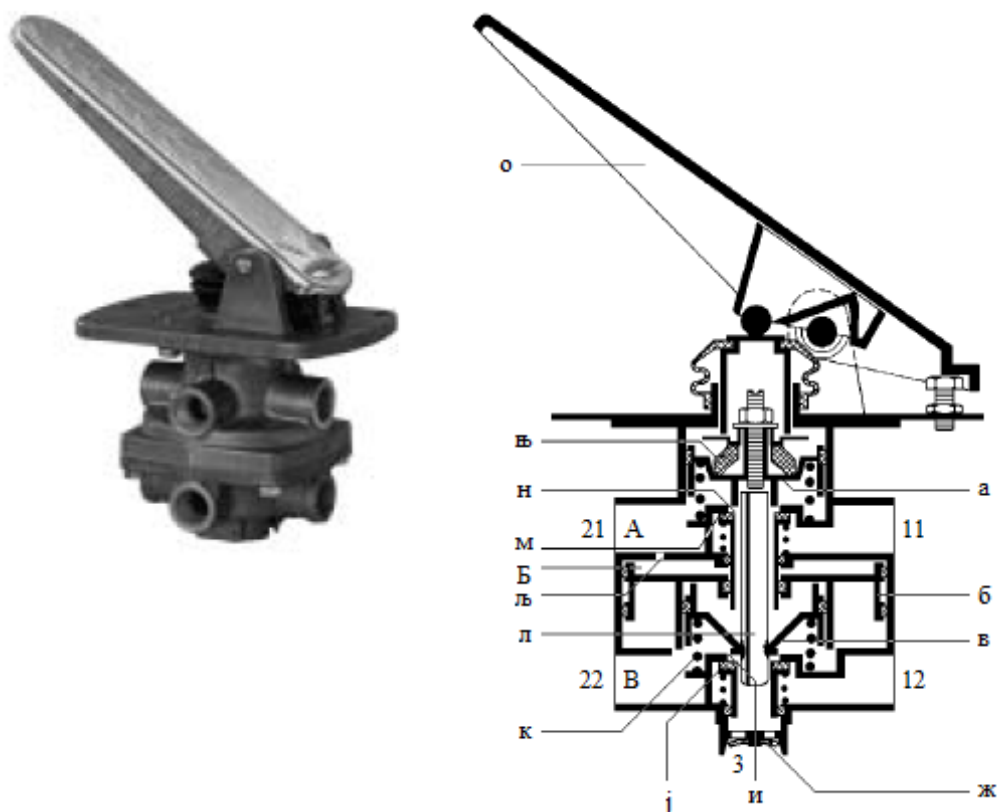
Ваздух може проћи кроз контролни вентил само у правцу од цеви за снабдевање ка резервоару за ваздух.

3.2.8 КОЧНИ ВЕНТИЛ

Повећава и смањује притисак у двокружној радној кочници вучног возила.

3.2.8.1 Кочни вентил са папучом

Кочни вентил са папучом је приказан на слици 3.15.



Слика 3.15 Кочни вентил са папучом [6]

Када се папуча (о) гурне надоле, завршни клип (а) се креће надоле, затвара излазни отвор (н) и отвара улазни отвор (м). Ово изазива потпуно или делимично повећање притиска за кочне цилиндри круга (1) и контролни вентил за приколицу из прикључка за снабдевање (11) преко прикључка (21), зависно од интензитета употребљене силе.

У овом процесу, на почетку притисак у комори (А) се повећава испод завршног клипа (а) и такође, кроз отвор (љ), у комори (Б), делује на релејни клип (б) круга (2). Релејни клип (б) се потискује надоле са силом опруге (к), и спушта клип (в). Ово такође изазива затварање излазног отвора (и) и отварање улазног отвора (ј). Сабијени ваздух струји из прикључка (12) преко прикључка (22) у кочне цилиндри круга (2) који су притиснути у складу са контролним притиском у комори (Б).

Због силе опруге (к), притисак у комори (Б) је увек незнатно нижи него онај у коморама (А) и (Б).

Притисак који се повећава у комори (А) такође делује на доњу страну завршног клипа (а) који је тако потиснут нагоре са силом гумене опруге (њ) док се силе на обе стране завршног клипа (а) уравнотеже. У овом положају, улазни отвор (м) и излазни отвор (н) су затворени (неутралан положај).

Слично, како се притисак повећава у комори (В), делује на доњу страну релејног клипа (б) и клипа (в), заједно са опругом (к), ови клипови се потискују нагоре и они такође достижу њихове неутралне положаје, тј. док су улазни отвор (ј) и излазни отвор (и) затворени.

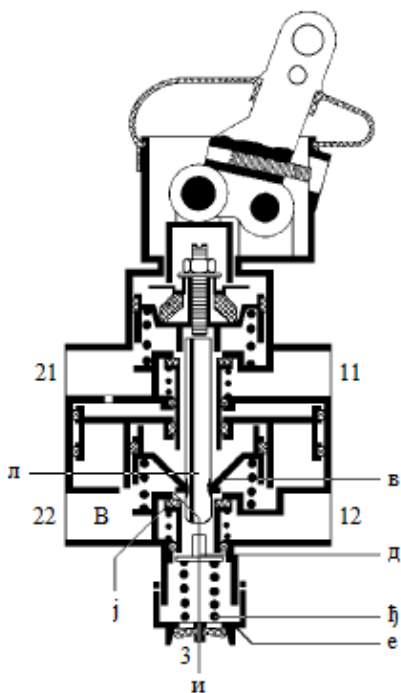
Када су кочнице потпуно активирани, завршни клип (а) се креће ка свом нижем неутралном положају и улазни отвор (м) остаје отворен. Пун притисак сада присутан у комори (Б) потискује релејни клип (б) ка његовом нижем неутралном положају, и клип (в) држи улазни отвор (ј) отвореним. Пуна количина ваздуха за снабдевање струји у оба радна кочна круга.

Када се кочнице пуне, тј. притисак у оба круга се смањује, овај процес је обрнут и може такође бити достигнут постепено. Притисак у оба круга се смањује кроз испусни вентил (ж).

У случају отказа круга (2), круг (1) наставља да ради као што је описано. Када круг (1) откаже, релејни клип (б) није више активиран, круг (2) онда ради механички на следећи начин. Када су кочнице активирани, завршни клип (а) се потискује надолу. Убрзо након што он направи контакт са уметком (л) који је чврсто повезан са клипом (в), овај клип (в) се такође гура надолу током свог хода надолу, излазни отвор (и) се затвара и улазни отвор (ј) се отвара. Тако круг (2) наставља да буде потпуно функционалан чак и ако круг (1) откаже одтад клип (в) ради као завршни клип.

3.2.8.2 Кочни вентил са полугом

Кочни вентил са полугом је приказан на слици 3.16.



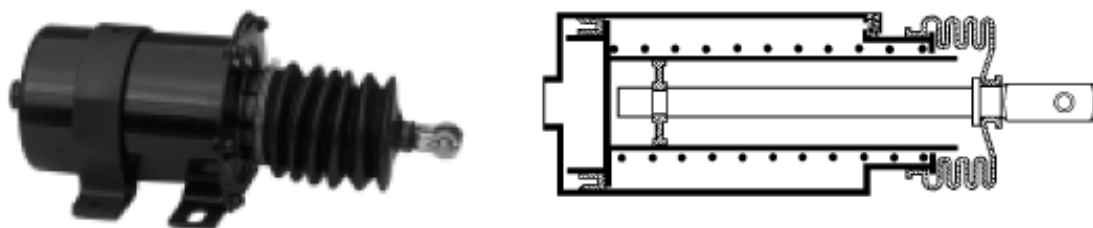
Слика 3.16 Кочни вентил са полугом [6]

3.2.9 РУЧНИ КОЧНИ ВЕНТИЛ

Ручни кочни вентил може имати функцију која дозвољава закључавање ручне полуге у различитим положајима. Закључавање или откључавање ове функције се постиже притискањем дугмета (б).

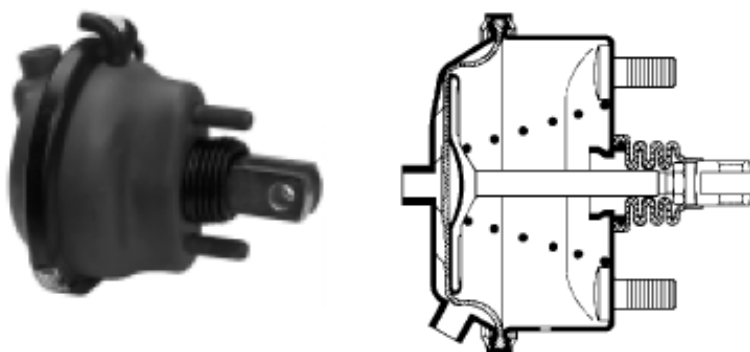
3.2.10 КОЧНИ АКТУАТОР СА ЈЕДНОМ КОМОРОМ

Производи кочну силу код кочнице користећи сабијени ваздух. Клип цилиндра је приказан на слици 3.18.



Слика 3.18 Клип цилиндра [6]

Кочна комора је приказана на слици 3.19.

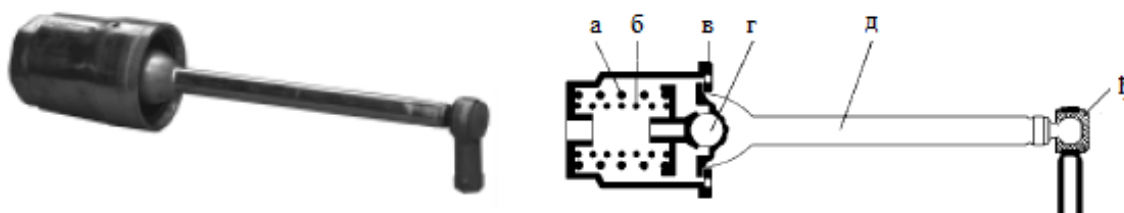


Слика 3.19 Кочна комора [6]

Убрзо након уласка ваздуха у актуатор, сила клипа се преноси преко гурнутог штапа на кочну полуку (или хидраулични главни цилиндар). Када се притисак испусти, опруга гура клип (или мембрану) назад у његов радни положај.

3.2.11 ЗГЛОБ ЗА СПАЈАЊЕ

Спречава оштећење аутоматског вентила оптерећено-осетљиво. Зглоб за спајање је приказан на слици 3.20.



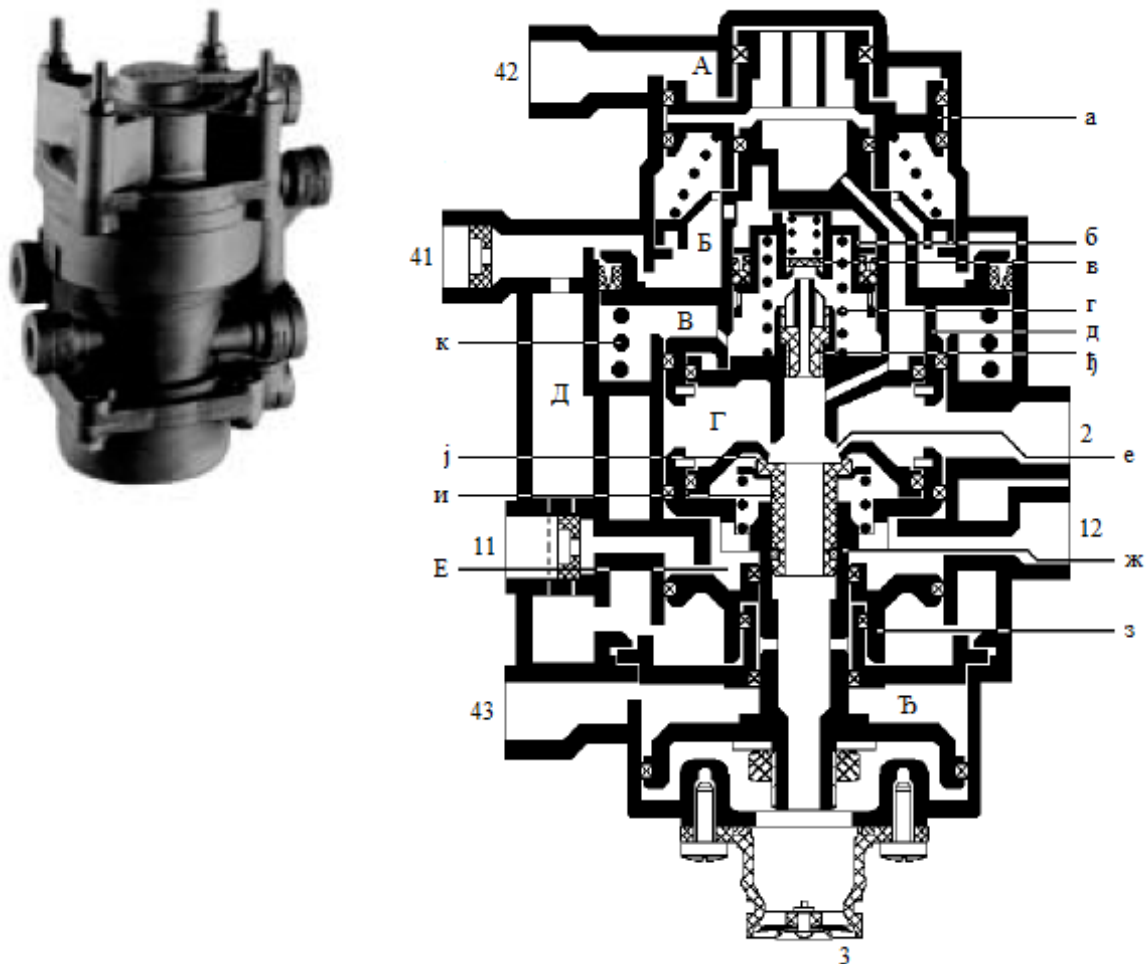
Слика 3.20 Зглоб за спајање [6]

У случају великих кретања осовине већих од опсега кретања аутоматског вентила оптерећено-осетљиво, полука (д), која је хоризонтална док мирује, скреће око непокретне тачке у кућишту (в). Притисне опруге (а) и (б) врше притисак на лопту (г) и обезбеђују константан затезни контакт са кућиштем (в) док се полука (д) поново враћа у свој нормални хоризонтални положај где је она поново у пуном контакту са предњом страном кућишта.

Деформацију споја аутоматског вентила оптерећено-осетљиво спречава лопта за спајање (ђ) или гумени ослоњени елемент причвршћен за полуку (д).

3.2.12 КОНТРОЛНИ ВЕНТИЛ ЗА ПРИКОЛИЦУ СА ПРЕОВЛАДАВАЊЕМ

Контролише двокружни кочни систем приколице заједно са двокружним кочним вентилом и ручним кочним вентилом за кочне актуаторе са опругом. Контролни вентил за приколицу са преовладавањем је приказан на слици 3.21.



Слика 3.21 Контролни вентил за приколицу са преовладавањем [6]

3.2.12.1 Активирање двокружним кочним вентилом

Када се кочни вентил вучног возила активира, сабијени ваздух струји из радног кочног круга (1) кроз прикључак (41) у комору (Б), делује на клип (д). Овај се креће нагоре, затвара излазни отвор (е) и отвара улазни отвор (ј) и седе на вентил (и). Ваздух за снабдевање из прикључка (11) струји кроз комору (Е) у прикључак (2) и притиснути вод који контролише приколицу, притисак је сличан оном у радном кочном кругу (1), са преовладавањем (максимално 1 bar) подешеним помоћу завртња за подешавање (ђ).

Притисак који се повећава у комори (Г) делује на доњу страну клипа (д). Због разлика код корисних површина клипа (д), притисак за активирање у комори (В) и сила притисне опруге (к) изазивају кретање нагоре тог клипа. Вентил (и) прати клип (д) затвара улазни отвор (ј) и достиже неутралан положај.

Код пуне употребе кочнице, притисак који делује на горњу страну клипа (д) је већи и улазни отвор (ј) остаје отворен.

Када се притисак у комори (Б) повећа, клип (б) се потискује надоле са притиском контролне опруге (г). Завртањ за подешавање (ђ) отвара вентил (в) и притисак за активирање се онда повећава у комори (В) и подржава контролу клипа (д). Ово може изазвати излазни притисак у прикључку (2) који је ниже него притисак за активирање у прикључку (41). Када се завртањ за подешавање (ђ) okreће супротно од смера кретања казальке на сату, нпр. притисак у комори (В) се смањује, и одржава се равнотежа, излазни притисак се повећава.

Истовремено са процесом у прикључку (41), радни кочни круг притиска комору (А) преко прикључка (42). Одтад, међутим, притиснуте коморе (Б) и (В) стварају већу силу која делује на горњу страну клипа (д), положај клипа (а) је неважан. Ако недостатак изазове отказ радног кочног круга (1), радни кочни круг (2) само притиска прикључак (42). Притисак се тако повећава у комори (А) потискује клип (а) надоле и гура клип (д) напред, и вод који контролише приколицу добија свој притисак као што је описано, без преовладавања.

3.2.12.2 Активирање ручним кочним вентилом

Постепено пражњење кочних актуатора са опругама преко ручног кочног вентила изазива смањење притиска у комори (Ђ) преко прикључка (43). Притисак за снабдевање у прикључку (11) сада више потискује клип (ж) нагоре. Прикључак (2) је онда притиснут као и комора (А) ако радни кочни круг (1) откаже.

Када се процес кочења заврши, прикључци (41) и (42) се поново празне, или се прикључак (43) притиска. Ово клипове (а) и (д), и клип (ж) (помоћу притиска у комори (Г)) враћа у њихове првобитне положаје. Излазни отвор (е) се отвара и сабијени ваздух у прикључку (2) се празни у околину преко клипа (ж) и отвора (3).

3.2.12.3 Заштита од лома управљачког вода

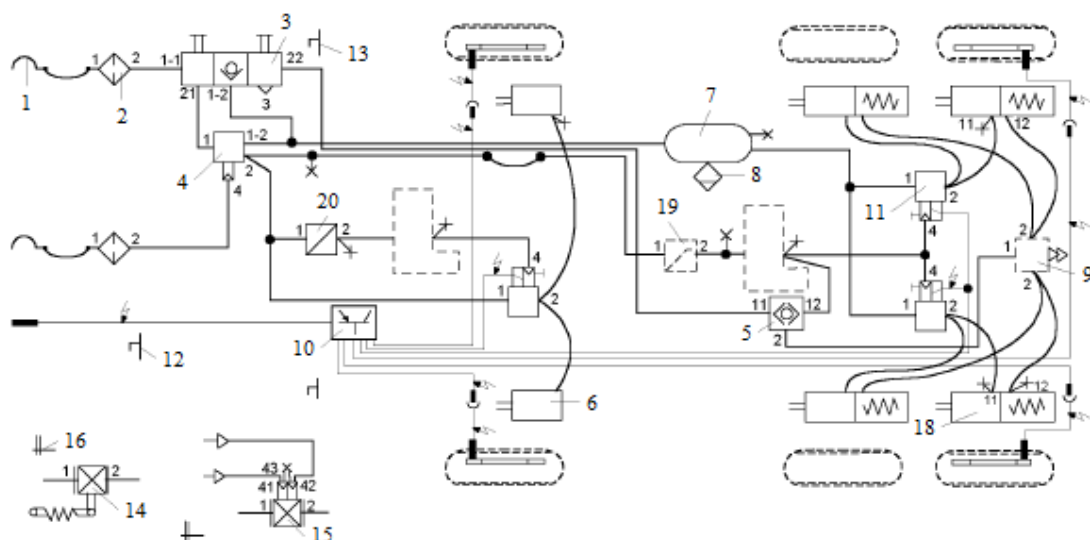
Када се кочни систем напуни са сабијеним ваздухом, ваздух за снабдевање струји кроз прикључак (11) и комору (Е) у прикључак (12) и одатле у црево аутоматске спојнице за снабдевање.

Када се кочнице активирају, притисак за активирање се повећа преко прикључка (2) у воду који води до црева спојнице за контролу, потребан ваздух се доводи из прикључка (11). Ово изазива да притисак изнад клип (з) мало падне. Истовремено, сабијени ваздух из прикључка (41) се доводи испод клипа (з) кроз канал (Д). Притисак у комори (Е) се поново повећава, изазива потискивање клипа надоле.

Ако лом вода који контролише приколицу спречи повећање притиска у прикључку (2), клип (з) остаје у свом горњем положају и блокира пролаз који води у комору (Е). Ваздух за снабдевање из прикључка (11) се регулише у прикључку (12) и притисак у воду који снабдева приколицу се смањује преко отвореног улазног отвора (ј) на месту лома вода који контролише приколицу, тако се изазива аутоматско кочење приколице.

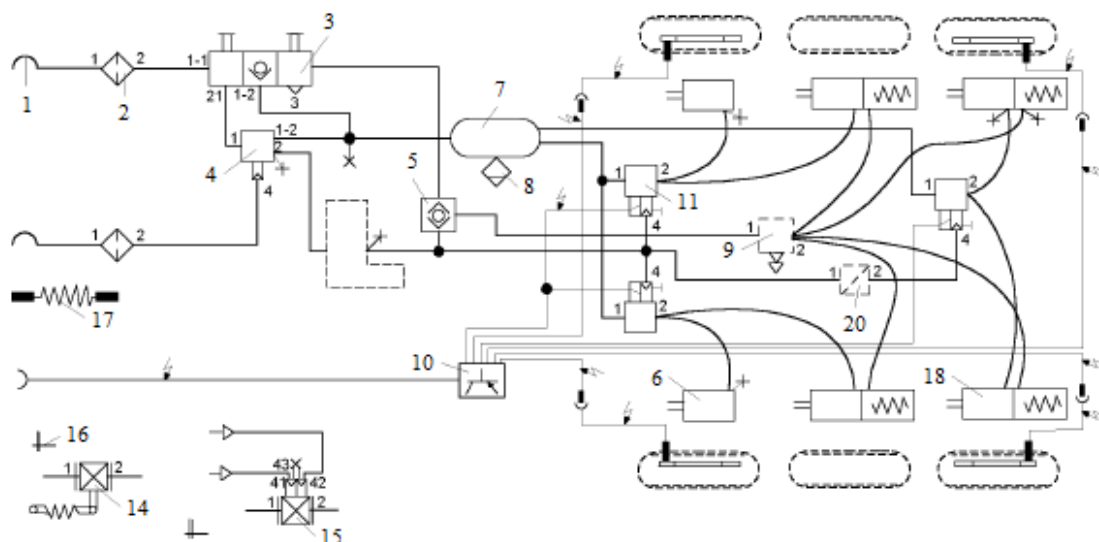
3.3 ЕЛЕМЕНТИ ПНЕУМАТИЧКИХ КОЧНИХ СИСТЕМА ПРИКЉУЧНИХ ВОЗИЛА

Двокружни пнеуматички кочни систем приколице је приказан на слици 3.22.



Слика 3.22 Двокружни пнеуматички кочни систем приколице [6]

Двокружни пнеуматички кочни систем полуприколице је приказан на слици 3.23.

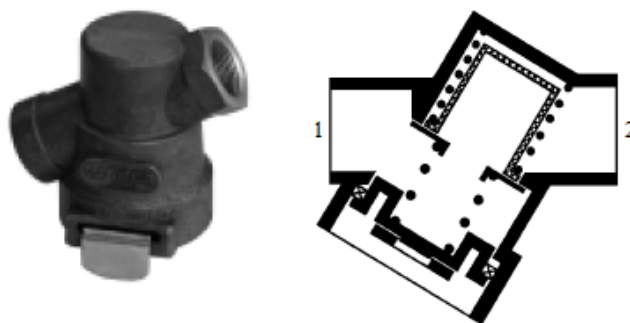


Слика 3.23 Двокружни пнеуматички кочни систем полуприколице [6]

1 - цево спојнице, 2 - вод филтера, 3 - двоструки испусни вентил са контролним вентилом, 4 - хитни релејни вентил, 5 - двосмерни вентил, 6 - кочна комора, 7 - резервоар за ваздух, 8 - дренажни вентил, 9 - брзоиспусни вентил, 10 - електроника против блокирајућег система, 11 - релејни вентил против блокирајућег система, 12 - утичница против блокирајућег система, 13 - празна спојница са причвршћивачем, 14 - вентил оптерећено-осетљиво са интегралним зглобом за спајање, 15 - вентил оптерећено-осетљиво са интегралним вентилом за проверу, 16 - плоча, 17 - електроусмерач против блокирајућег система, 18 - Тристоп кочни актуатор са опругом, 19 - вентил за ограничење притиска, 20 - вентил за подешавање

3.3.1 ВОД ФИЛТЕРА

Штити пнеуматички кочни систем од прљавштине. Вод филтера је приказан на слици 3.24.



Слика 3.24 Вод филтера [6]

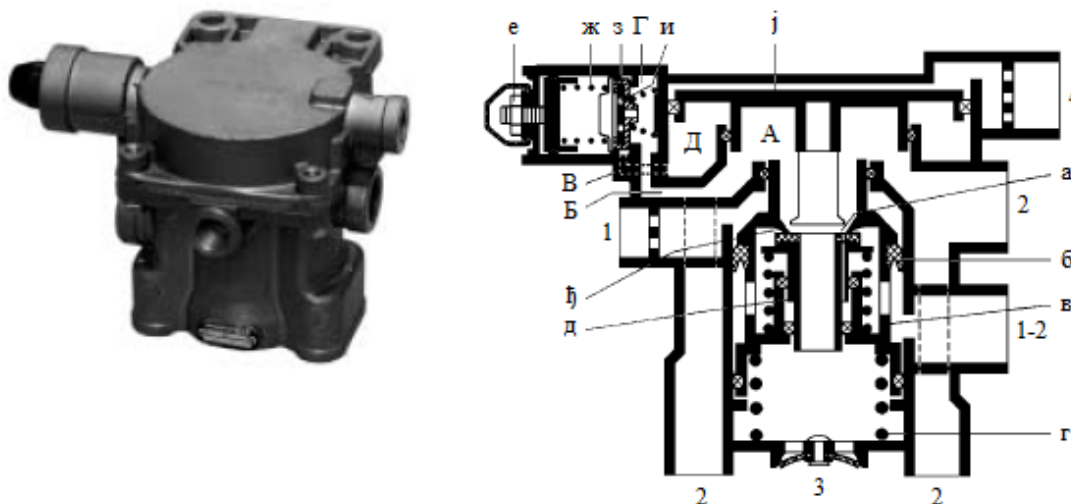
Сабијени ваздух долази у вод филтера преко прикључка (1) пролази кроз чауру филтера која сваку честицу прљавштине задржава, сабијени ваздух је очишћен пре доласка у све уређаје низводно од прикључка (2).

Ако је вод филтера блокиран, чаура филтера је гурнута нагоре са силом притисне опруге и сабијени ваздух пролази кроз вод филтера без чишћења.

Ако је прикључак (1) испражњен док је чаура филтера блокирана, притисак у прикључку (2) може гурати чауру надоле са силом сабијене опруге. Ово дозвољава повратно струјање из прикључка (2) у прикључак (1).

3.3.2 ХИТНИ РЕЛЕЈНИ ВЕНТИЛ СА ПОДЕСИВИМ ПРЕОВЛАДАВАЊЕМ

Контролише двокружни кочни систем приколице када је кочни систем вучног возила активиран. Хитни релејни вентил са подесивим преовладавањем је приказан на слици 3.25.



Слика 3.25 Хитни релејни вентил са подесивим преовладавањем [6]

3.3.2.1 Употреба радне кочнице

Сабијени ваздух полази из вучног возила кроз вод за снабдевање, цево спојнице у прикључак (1), пролази прстен са удубљењем (б) и наставља кроз прикључак (1-2) у резервоар приколице за ваздух. Истовремено, сабијени ваздух из вода за снабдевање потискује надоле клип (в) и вентил (д) на оптерећену притисну опругу (г). Излазни отвор (а) се отвара и прикључци (2) су повезани са испусном цеви (3).

Након активирања кочница вучног возила, сабијени ваздух струји преко црева спојнице у вод за контролу и прикључак (4) на горњу страну клипа (j). Клип се потискује надоле и седа на вентил (д) затвара излазни отвор (а) и отвара улазни отвор (ђ). Ваздух из резервоара приколице за ваздух сада струји преко прикључака (2) низводно у кочне актуаторе и у комору (Г) преко пролаза (Б). Притисак се повећава са вентилом (з). Убрзо након што притисак у комори (В) преовлада, вентил (з) се отвара са силом притисне опруге (ж). Ваздух струји у комору (Д) преко пролаза (В), делује на доњу страну клипа (j). Као резултат спајања сила у коморама (А) и (Д), управљачки притисак који делује на горњу страну клипа (j) је савладан и клип (j) је потиснут нагоре.

У случају делимичне употребе кочнице, вентил (д) затвара улазни отвор (ђ) и достиже неутралан положај. У случају пуне употребе кочнице, клип (j) држи улазни отвор (ђ) отвореним током целог процеса кочења.

Максимално преовладавање 1 bar може бити успостављено између прикључака (2) и (4) помоћу подешавања затегнутости притисне опруге (ж) коришћењем подешеног завртња (е).

Када се кочнице вучног возила пуне, прикључак (4) се празни и притисак у прикључцима (2) потискује клип (j) нагоре до врха његовог хода. Улазни отвор (ђ) остаје затворен и излазни отвор (а) се отвара. Сабијени ваздух у прикључцима (2) се празни у околину кроз вентил (д) и испуну цев (3). Због пада притиска у комори (А), сабијени ваздух у комори (Д) струји преко отвора (и) вентила (з) у комору (Г) и у испусну цев (3).

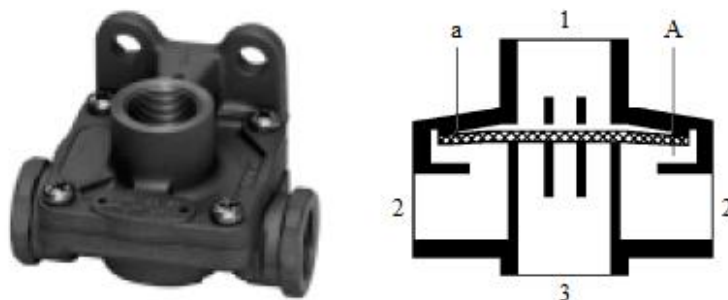
3.3.2.2 Аутоматско кочење

Када приколица није спојена, или у случају лома воду за снабдевање, прикључак (1) се празни и притисак који делује на горњу страну клипа (в) се смањује. Оптерећена притисна опруга (г) и притисак из резервоара приколице за ваздух у прикључку (1-2) потискују нагоре клип (в), и вентил (д) затвара излазни отвор (а). Како клип (в) наставља кретање нагоре, он се удаљава од вентила (д) и улазни отвор (ђ) се отвара. Преко прикључака (2), притисак из резервоара приколице за ваздух струји у кочне коморе у односу 1:1.

У случају лома вода за контролу, аутоматско кочење се активира као што је описано одтад притисак у воду за снабдевање се смањује убрзо након кочења вучног возила.

3.3.3 БРЗОИСПУСНИ ВЕНТИЛ

Брзо празни дуге контролне или управљачке водове, и кочне актуаторе. Брзоиспусни вентил је приказан на слици 3.26.



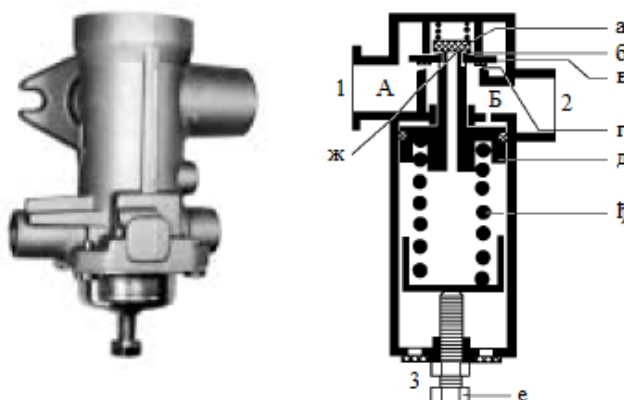
Слика 3.26 Брзоиспусни вентил [6]

Када нема ваздуха у вентилу, спољашња ивица мембране (а) коју је мало напрегло седиште на испусну цев (3), затвара пролаз од прикључка (1) до коморе (А). Сабијени ваздух из прикључка (1) гура назад спољашњу ивицу и стиже низводно у кочне актуаторе преко прикључака (2).

Када се притисак у прикључку (1) смањи, виши притисак у комори (А) приморава мембрану (а) да се извије нагоре. Зависно од смањења притиска, низводно се кочни актуатори сада делимично или потпуно празне преко испусне цеви (3).

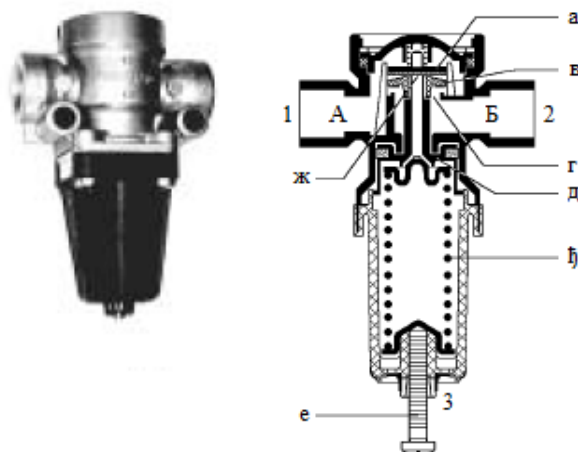
3.3.4 ВЕНТИЛ ЗА ОГРАНИЧАВАЊЕ ПРИТИСКА

Ограничава излазни притисак на подешени ниво. Вентил за ограничавање притиска (варијанта 1) је приказан на слици 3.27.



Слика 3.27 Вентил за ограничавање притиска (варијанта 1) [6]

Вентил за ограничавање притиска (варијанта 2) је приказан на слици 3.28.



Слика 3.28 Вентил за ограничавање притиска (варијанта 2) [6]

Код варијанте 1, ваздух који се доводи у комору (А) преко прикључка (1) (високи притисак) струји кроз улазни отвор (г) у комору (Б) и у прикључак (2) (ниски притисак). Истовремено, клип (д) је притиснут али се у почетку држи притисном опругом (ђ) на врху његовог хода.

Убрзо након што притисак у комори (Б) достигне подешени ниво излазног притиска, клип (д) савлађује оптерећену притисну опругу (ђ) и креће се надоле. Вентили (а) и (в) затварају улазне отворе (б) и (г).

Ако се притисак у комори (Б) повећа изнад подешеног нивоа, клип (д) наставља своје кретање надоле, тако отвара излазни отвор (ж). Сувишни ваздуха се испушта у околину преко клип (д) и испусне цеви (3). Када је подешени ниво притиска достигнут, излазни отвор (ж) се затвара још једном.

У случају пропуштања у вод за ниски притисак долази до губитка притиска, клип (д) подиже вентил (а). Улазни отвор (б) се отвара и потребна количина ваздуха се доводи. Код варијанте 2, клип (д) подиже вентил (в), тако затвара улазни отвор (г).

Када је прикључак (1) испразњен, виши притисак у комори (Б) подиже вентиле (в) и (а). Улазни отвор (г) се отвара и вод за ниски притисак се празни преко коморе (А) и прикључка (1). У процесу, оптерећена притисна опруга (ђ) враћа клип (д) до краја његовог хода.

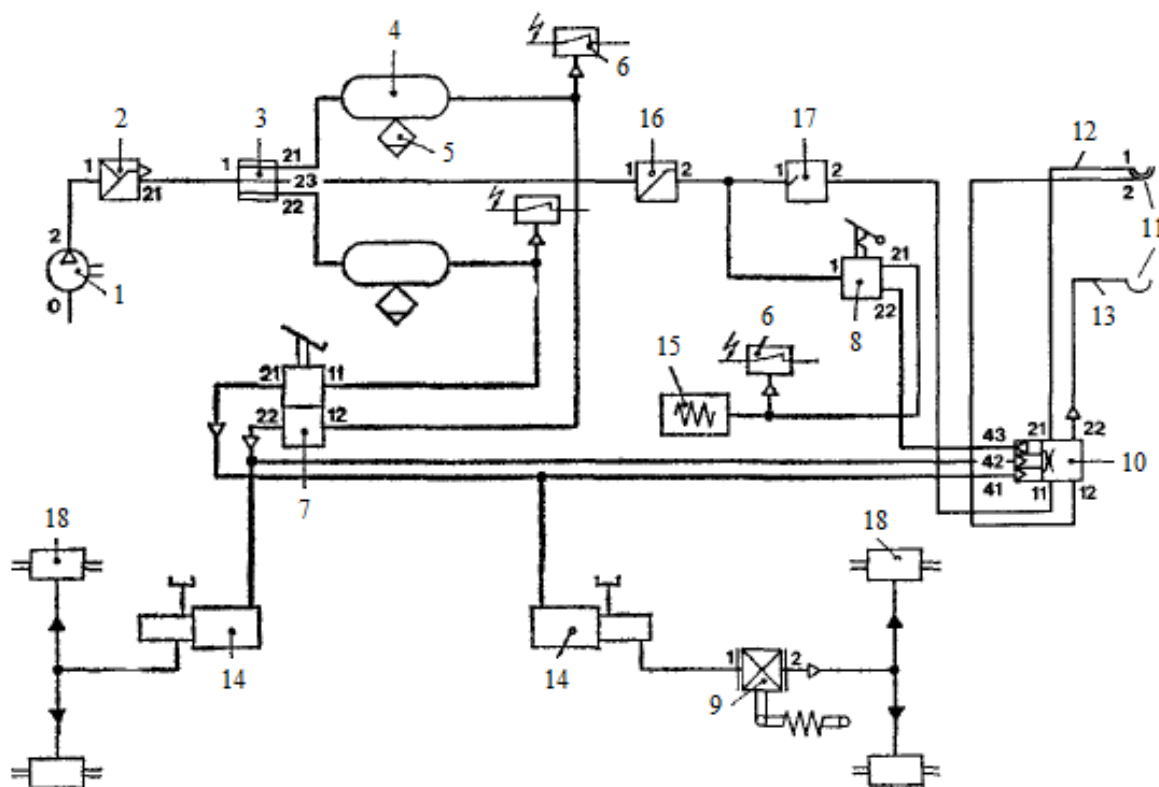
Ограничење подешеног притиска се може променити унутар одређеног опсега променом сабијености опруге (ђ) помоћу завртња за подешавање (е).

4 КОМБИНОВАНИ КОЧНИ СИСТЕМИ

Код многих теретних возила, односно возила великих укупних маса, осим пнеуматичких често се користе и комбиновани, хидро-пнеуматички и електро-пнеуматички кочни системи [2]. Кочни системи ове врсте дају краће време одзива, што се повољно одражава на карактеристике безбедности возила. Повезивање хидрауличног и пнеуматичког кочног система могуће је, међутим, пре свега у оквиру самог возила, а значајно теже ако се ради о кочним системима вучног воза. Због тога је уобичајно да се код теретног возила које има хидро-пнеуматички кочни систем приколица кочи искључиво пнеуматички. Електро-пнеуматички кочни системи, не подлежу оваквим ограничењима.

4.1 ХИДРО-ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМИ

Један типични хидро-пнеуматички кочни систем теретног возила, намењеног и вучи приколице, дат је на слици 4.1.

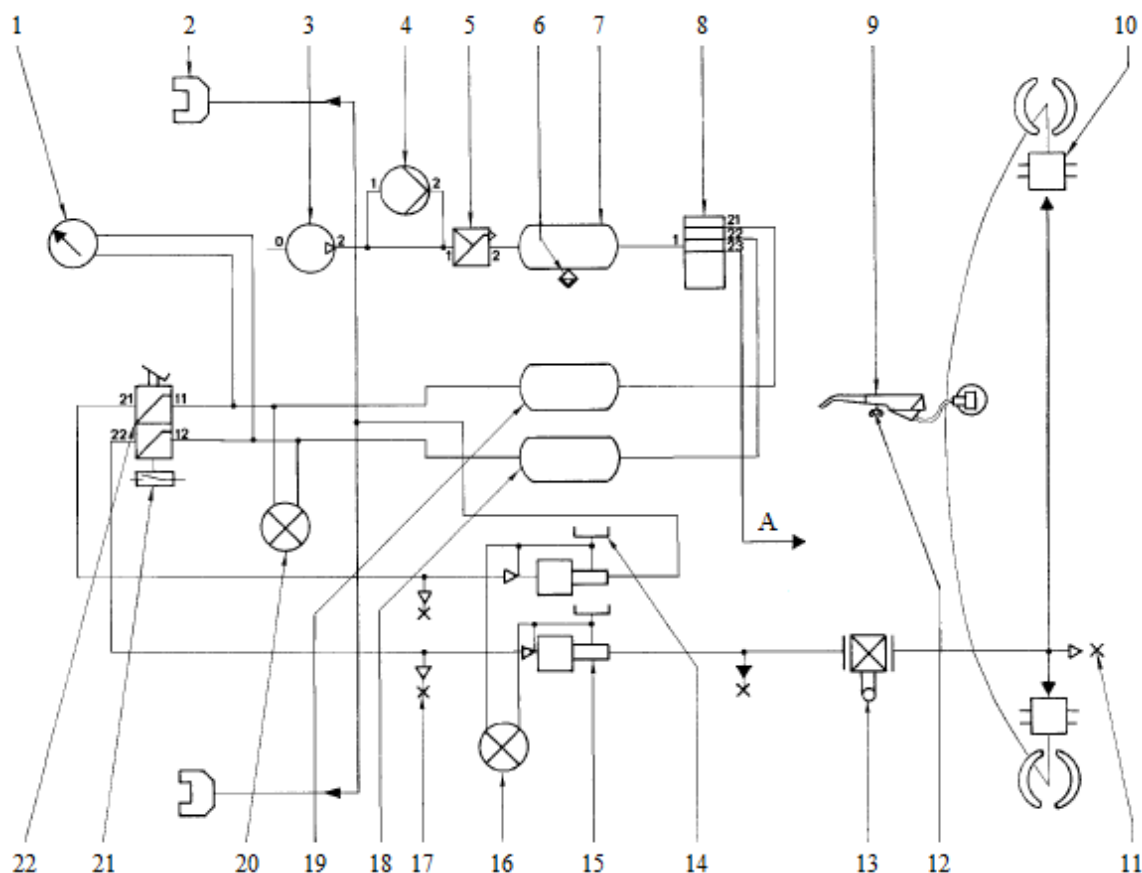


Слика 4.1 Типични хидро-пнеуматички кочни система теретног возила [2]

1 - компресор, 2 - регулатор, 3 - четворокружни заштитни вентил, 4 - резервоар за ваздух, 5 - дренажни вентил, 6 - електро-пнеуматички прекидач, 7 - кочни вентил, 8 - ручни кочни вентил, 9 - аутоматски регулатор кочних сила, 10 - контролни вентил за приколицу, 11 - глава спојнице, 12 - црево за повезивање, 13 - црево за повезивање, 14 - хидро-пнеуматички претварач, 15 - опружно-акумулациони цилиндар, 16 - редуктор за притисак, 17 - преливни вентил, 18 - хидраулички кочни цилиндар

Код овог кочног система постоје два сасвим независна круга (пнеуматички и хидраулички). Кочнице се код оваквог кочног система активирају хидраулички.

Хидро-пнеуматички кочни систем теретног возила Турбо Зета 65.12 је приказан на слици 4.2 [7].



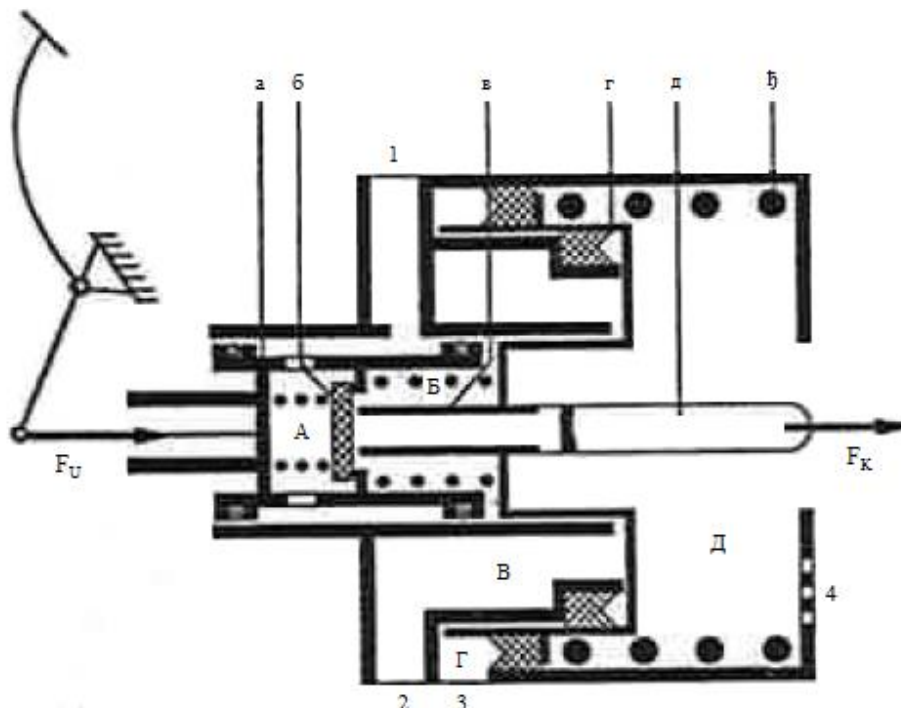
Слика 4.2 Хидро-пнеуматички кочни систем теретног возила Турбо Зета 65.12 [7]

1 - манометар, 2 - кљешта за диск кочницу, 3 - компресор, 4 - антифризер, 5 - регулатор за притисак, 6 - дренажни вентил, 7 - резервоар за ваздух, 8 - заштитни вентил, 9 - паркирна кочница, 10 - хидраулички цилиндар, 11 - хидрауличка утичница за контролу притиска, 12 - прекидач за показивање укључене паркирне кочнице, 13 - кочни коректор, 14 - резервоар за течност, 15 - пнеуматичко-хидраулички претварач, 16 - сигнал за показивање недовољног притиска течности и ваздуха, 17 - пнеуматичка утичница за контролу притиска, 18 - резервоар задњих кочница за ваздух, 19 - резервоар предњих кочница за ваздух, 20 - сигнал за притисак ваздуха у резервоару за ваздух, 21 - прекидач стоп светла, 22 - разводник (кочни вентил)

4.1.1 ХИДРО-ПНЕУМАТИЧКИ ЦИЛИНДАР

Деловањем на педалу радне кочнице помера се клип (а) надесно, тако да се затвара пролаз (в) [2]. Даљим кретањем педале, односно клипа (а), отвара се улаз (б), тако да се сабијени ваздух, који се доводи у прикључак (1) одводи у комору (А), а затим и у коморе (Б) и (В). Притисак ваздуха у комори (В) изазива силу на главном клипу, која се сабира са силом притиска која се доводи са педале, тако да се на клипњачи (д) развија знатно већа сила којом се делује на хидраулички кочни цилиндар. Довођењем притиска у комору (В) истовремено се остварује притисак и у цреву прикљученом на прикључак (2), које се користи за кочење приколице. Спољашњом везом се из прикључка (2) притисак доводи и у прикључак (3), односно у прстенасту комору (Г).

Ово изазива додатну силу на главном клипу. Све док се клип помера надесно, ваздух под притиском струји у уређају. Када се у хидрауличком кочном цилиндру испуне све потребне запремине (у кочним цилиндрима, у свим кочницама), струјање ваздуха престаје и сила на главном клипу зависи надаље само од притиска ваздуха и притиска на педали кочнице. Хидро-пнеуматички цилиндар је приказан на слици 4.3.



Слика 4.3 Хидро-пнеуматички цилиндар [2]

При откочивању хидро-пнеуматички цилиндар се понаша на обрнути начин. Клип (а) се помера налево, помогнут и повратном опругом (ђ). Тако се из радног простора преко вентила (в) испушта ваздух под притиском, најпре у простор (Д), а затим кроз отворе (4) у околину.

4.2 ЕЛЕКТРО-ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМИ

4.2.1 ЕЛЕКТРО-ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМ ВУЧНОГ ВОЗИЛА

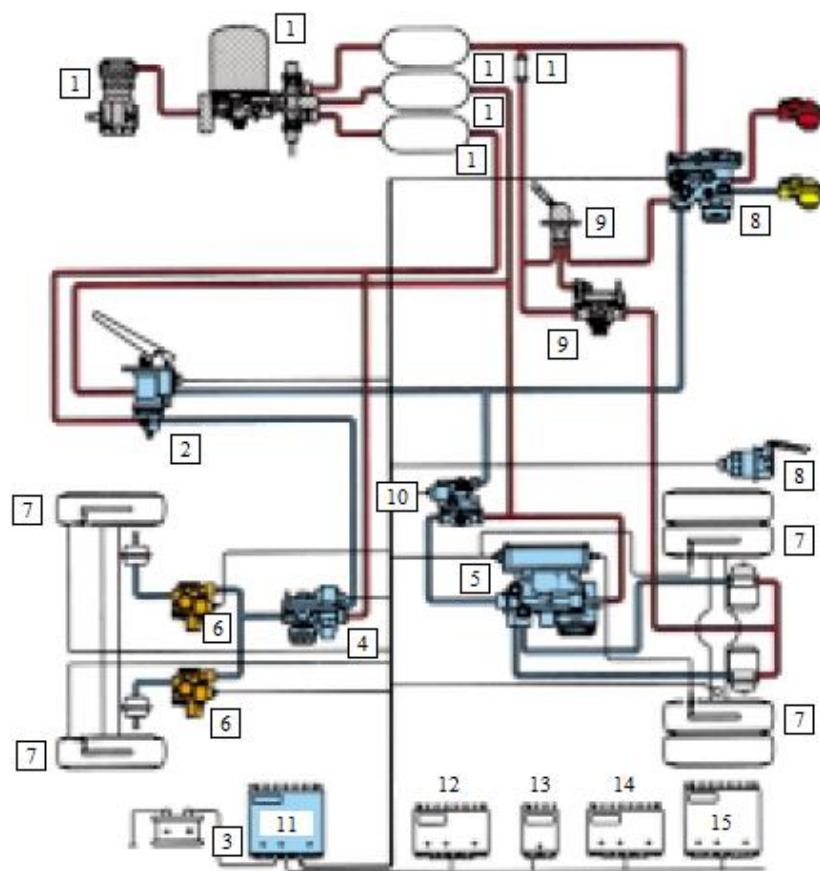
Електро-пнеуматички кочни систем вучног возила електронски контролише предњу осовину, задњу осовину и активирање приколице [8]. Додатно електронски контролише кочни притисак, пнеуматичка сигурност се примењује код предње осовине, задње осовине и активирања приколице (секундарни сигурносни круг).

Електро-пнеуматички кочни систем има:

- ножни генератор кочне снаге који генерише електричну и пнеуматичку вредност индекса сигнала када се кочна педала активира,
- пропорционални релејни вентил који активно контролише кочни притисак предње осовине и контролне вентиле против блокирајућег система који контролишу против блокирајући систем предње осовине у складу са напредном контролном логиком,
- компактни модулатор осовине са интегрисаном електроником модула задње осовине који контролише притисак и који одабира и процењује сигнале сензора, брзине точка и хабање кочне облоге,

- сигурносни вентил задње осовине,
- електро-пнеуматички контролни вентил за приколицу који побољшава активирање конвенционалне приколице, дозвољава повећавање притиска приколице за активирање, смањење или аутоматско започињање, нпр. контроле циклуса изазване динамичном вожњом, зависно од вредности индекса,
- интерфејс за дигиталне податке који активира нову приколицу која има електро-пнеуматички кочни систем и
- централни модул који управља функцијама кочнице, контролише предњу осовину и притисак приколице за активирање, одабира и процењује сигнале сензора предње осовине и размењује податке са модулатором осовине преко магистрале система за податке, и са другим контролним системима возила преко магистрале возила.

Електро-пнеуматички кочни систем вучног возила је приказан на слици 4.4.



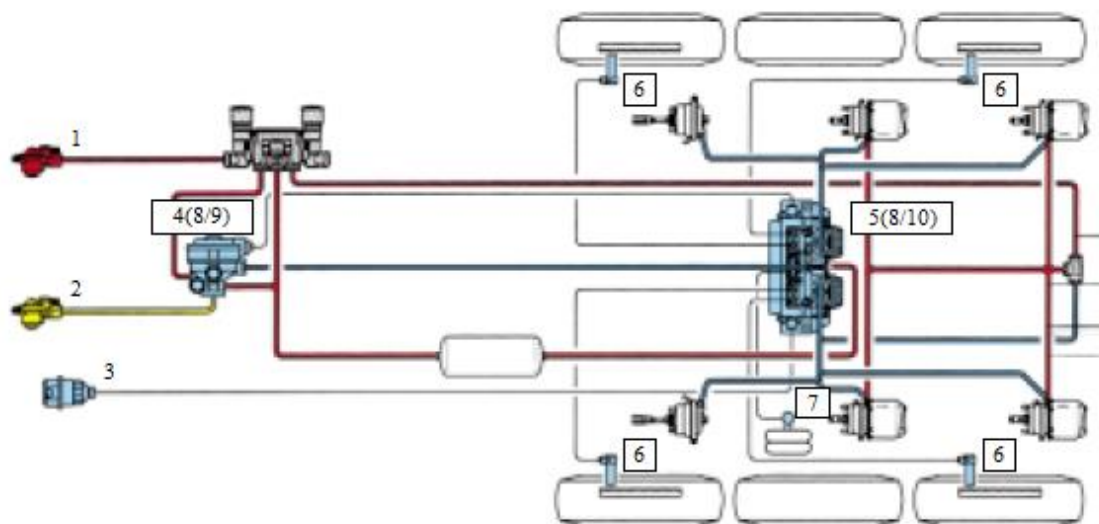
Слика 4.4 Електро-пнеуматички кочни систем вучног возила [8]

1 - систем за сабијени ваздух, 2 - генератор кочне снаге, 3 - централна контролна јединица, 4 - пропорционални релејни вентил, 5 - модулатор за притисак, 6 - против блокирајући систем, 7 - сензор, 8 - контрола за приколицу, 9 - помоћна/паркирна кочница, 10 - сигурносни вентил, 11 - електро-пнеуматички кочни систем, 12 - трансмисија, 13 - електронски контролисано ваздушно ослањање, 14 - допунска кочница, 15 - мотор

4.2.2 ЕЛЕКТРО-ПНЕУМАТИЧКИ КОЧНИ СИСТЕМИ ПРИКЉУЧНИХ ВОЗИЛА

Електро-пнеуматички кочни систем полуприколице електронски контролише споредне кочне притиске.

Систем има компактни двокружни модулатор полуприколице са интерфејсом за дигиталне податке који се повезује са стандардом ISO 11992 односно електро-пнеуматичким кочним системом вучног возила, хитни релејни вентил електро-пнеуматичког кочног система, сензор осовине за оптерећење и сензоре против блокирајућег система. Електро-пнеуматички кочни систем полуприколице је приказан на слици 4.5.



Слика 4.5 Електро-пнеуматички кочни систем полуприколице [8]

1 - резерва, 2 - кочница, 3 - стандард ISO 7638 и контролна мрежа, 4 - хитни релејни вентил електро-пнеуматичког кочног система, 5 - модулатор електро-пнеуматичког кочног система полуприколице, 6 - сензор против блокирајућег система, 7 - сензор осовине за оптерећење, 8 - сензор за притисак, 9 - прекидач за притисак, 10 - сигурносни вентил

Приколица са електро-пнеуматичким кочним системом мора бити усаглашена са конвенционалним вучним возилом и вучним возилом које има електро-пнеуматички кочни систем, дозвољавајући сигурносно пнеуматичко кочење у случају отказа електро-пнеуматичког кочног система. Ово дозвољава три могућа типа рада:

- са новим вучним возилом са електро-пнеуматичким кочним системом и стандардом ISO 7638 продужене везе са интерфејсом контролне мреже,
- са конвенционалним вучним возилом са стандардом ISO 7638 везе која снабдева против блокирајући систем приколице али без интерфејса контролне мреже и
- сигурносни.

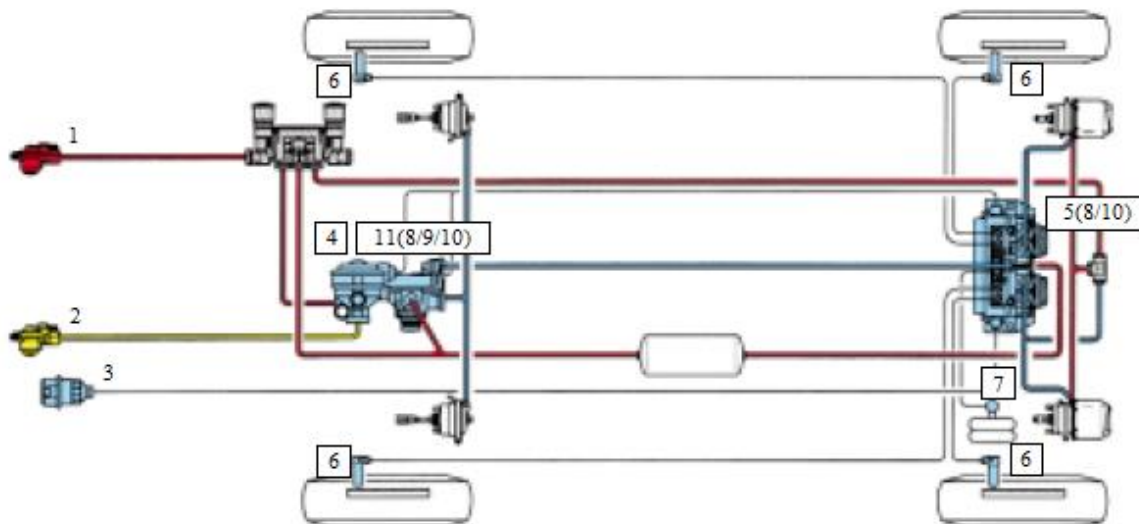
Први тип рада, све функције електро-пнеуматичког кочног система могу бити употребљене. Приколица добија вредности индекса од вучног возила преко интерфејса за податке.

Други тип рада, све функције електро-пнеуматичког кочног система могу бити употребљене, са изузетком преношења вредности индекса преко интерфејса контролне мреже за податке. Вредности индекса обезбеђује сензор за притисак у хитном релејном вентилу који одабира притисак који активира приколицу.

Трећи тип рада, у случају нестанка електричног напона за снабдевање, обично пнеуматичко кочење може бити увек остварено, иако без функција против блокирајућег система.

Код сигурносног рада, време одзива је слично ономе код данашњих конвенционалних кочних система. Када се користи са електро-пнеуматичким кочним системом вучног возила и активира преко контролне мреже, притисак у електро-пнеуматичком кочном систему приколице се повећава скоро истовремено са оним у вучном возилу.

Електро-пнеуматички кочни систем приколице је приказан на слици 4.6.

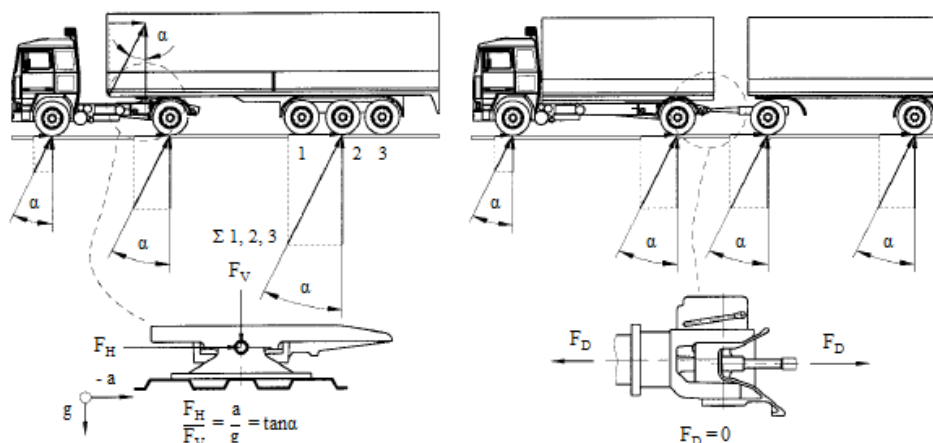


Слика 4.6 Електро-пнеуматички кочни систем приколице [8]

1 - резерва, 2 - кочница, 3 - стандард ISO 7638 и контролна мрежа, 4 - хитни релејни вентил електро-пнеуматичког кочног система, 5 - модулатор електро-пнеуматичког кочног система приколице, 6 - сензор против блокирајућег система, 7 - сензор осовине за оптерећење, 8 - сензор за притисак, 9 - прекидач за притисак, 10 - сигурносни вентил, 11 - релејни вентил електро-пнеуматичког кочног система

5 АНАЛИЗА ПРОЦЕСА СИНХРОНИЗАЦИЈЕ КОЧНИХ СИСТЕМА ВУЧНИХ ВОЗОВА

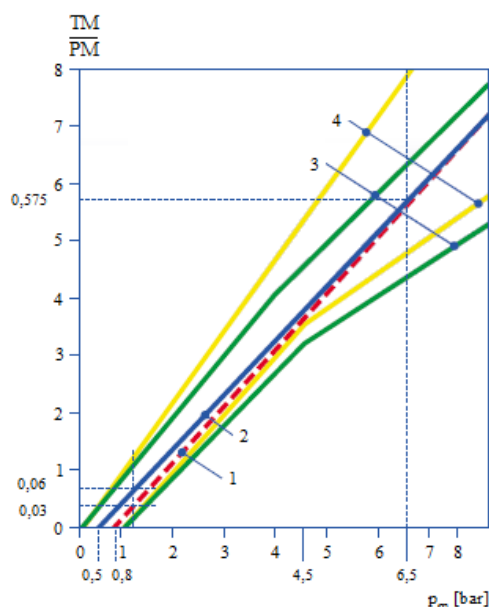
Због сигурности и економичности, кочне силе вучног возила и његове приколице морају бити синхронизоване све време. Кочни системи вучног воза вучно возило-приколица се сматрају добро синхронизованим ако се свака разлика између кочења вучног возила и времена кашњења приколице, посматрано преко одзива притиска, држи на потпуном минимуму, и ако се кочне силе расподељују сагласно оптерећењу. Расподела кочних сила је идеална када је динамичко успорење осовина вучног воза вучно возило-приколица идентично, тј. свака осовина вучног воза успорава свој део динамичких маса сагласно нивоу кочења који обезбеђује возач. На слици 5.1 је приказана таква идеална расподела кочних сила.



Слика 5.1 Идеална расподела кочних сила између осовина вучног воза [8]

Као што је приказано на слици 5.1, однос кочне силе и осовинског оптерећења, или кочног угла α , је идентичан на свим осовинама [8, 9]. У таквој ситуацији, идеалне сложене силе су достигнуте за вучно возило и његову приколицу. Код вучних возова, сила руде $F_D = 0$, и однос хоризонталне силе F_H насупротив вертикалне силе F_V на седлу једнак је кочном углу α . Да би се обезбедила одговарајућа синхронизација кочних сила вучног возила и његове приколице, примењују се прописи за кочне системе, Правилник ЕСЕ 13 и Директива ЕЕС 71/320 (Европске економске заједнице - European Economic Community).

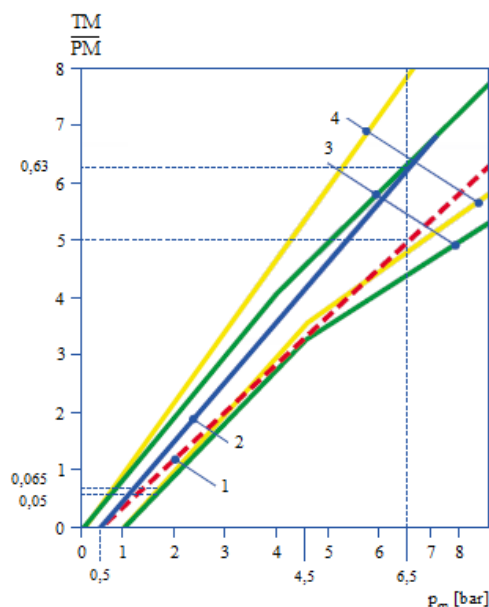
Иако нова возила са против блокирајућим системом морају бити у складу са усаглашеним опсегом само када су потпуно оптерећена, произвођачи возила покушавају да достигну висок степен усаглашености за свако оптерећење настављајући коришћење вентила оптерећено-осетљиво [8]. У распону у којем је ово технички могуће, пожељан је положај око средине опсега. Ако се возила у вучном возу често мењају (различити типови прикључних возила), овим се постиже задовољавајући просечни образац хабања за сва укључена возила. Додатно, постиже се добро избалансирано понашање при кочењу са великим успорењем за вучни воз. У стварним условима експлоатације, међутим, често се јавља незадовољавајућа усаглашеност вучног воза вучно возило-приколица. Ово се испољава углавном само у већим разликама у интензитету хабања кочних облога. За образац хабања вучног воза, важно је успорење сваког возила у вучном возу при ниским притисцима, тј. унутар опсега $p_m = 0,2 \div 1,5$ bar. На слици 5.2 је приказано вучно возило са одзивом притиска од 0,5 bar и приколица са одзивом притиска од 0,8 bar.



Слика 5.2 Пример за положај возила унутар усаглашеног опсега [8]

1 - приколица, 2 - вучно возило, 3 - полуприколица (оптерећена), 4 - вучно возило за полуприколицу (оптерећено)

Оба возила постижу исто успорење при прорачунском притиску. У делимичном кочном опсегу при $p_m = 1,2 \text{ bar}$, међутим, разлика у одзиву притисака доводи до 50% мањег кочења приколице у поређењу са одговарајућим вучним возилом. На слици 5.3 су приказана два возила чије кочнице имају идентичне одзиве притисака, али са великом разликом у њиховој конструкцији. При $p_m = 6,5 \text{ bar}$, вучно возило успорава од 0,63, а приколица од 0,5. Разлика између кочних сила унутар делимичног кочног опсега при $p_m = 1,2 \text{ bar}$ је само 23%.



Слика 5.3 Пример за положај возила унутар усаглашеног опсега [8]

1 - приколица, 2 - вучно возило, 3 - полуприколица (оптерећена), 4 - вучно возило за полуприколицу (оптерећено)

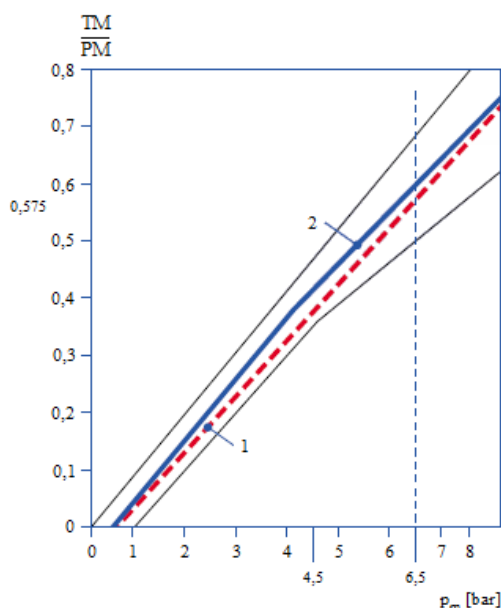
Најгори случај је ако приколица такође има висок одзив притиска. Овај пример показује да проблеми хабања нису толико изазвани различитим нагибима карактеристика појединих возила унутар усаглашеног опсега, већ су углавном изазвани прекомерним разликама у одзивима притисака.

Додатне проблеме могу изазвати вучно возило и његова приколица који имају различите типове кочница. Све више вучних возила имају диск кочнице, док већина приколица још увек имају добош кочнице. Пошто диск кочнице показују мању склоност губљењу ефикасности са порастом температуре него добош кочнице, њихова кочна сила се смањује спорије при високим температурама. Продужена употреба кочница онда изазива повећано преношење кочне енергије са приколице са добош кочницама на вучно возило са диск кочницама.

Због овог разлога, један од главних циљева развоја електро-пнеуматичког кочног система је постизање високог степена синхронизације вучног воза вучно возило-приколица, тј. побољшавање његове усаглашености.

Ово се постиже помоћу следеће три мере.

Прва мера, код основне конструкције електро-пнеуматичког кочног система вучног возила цео кочни опсег се налази на средини опсега за оптерећено возило, слика 5.4.



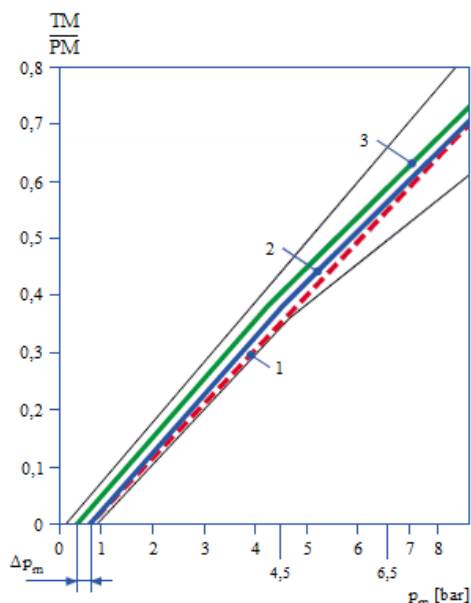
Слика 5.4 Положај вучног и прикључног возила унутар усаглашеног опсега [8]

1 - електро-пнеуматички кочни систем приколице, 2 - електро-пнеуматички кочни систем вучног возила

Друга мера, основна конструкција приколице са електро-пнеуматичким кочним системом се налази око средине опсега, слично приколици без електро-пнеуматичког кочног система. Почетна тачка унутар ЕЕС опсега, тј. одзив притиска, је дефинисан при 0,7 bar.

Трећа мера, препознавање одзива притиска (развио произвођач Wabco) је резултат аутоматског запажања сваке разлике између одзива притисака вучног возила и његове приколице, и свака разлика се додаје притиску црева спојнице p_m да би се обезбедило повећање притиска, као што је приказано на слици 5.5. Радни опсег се налази унутар граница ЕСЕ опсега, тј. између 0,2 bar и 1 bar.

Када се одзив притиска примети, кочнице свих точкова вучног воза праве контакт истовремено када се кочнице први пут употребе. Напредна функција контролног вентила за конвенционалну приколицу се тако замењује електричном напредном функцијом која се аутоматски подешава када се вучном возилу прикачи другачија приколица.



Слика 5.5 Подешавање положаја опсега помоћу препознавања одзива притиска [8]

1 - конвенционална приколица, 2 - прилагођени електро-пнеуматички кочни систем вучног возила, 3 - електро-пнеуматички кочни систем вучног возила

Комбинација ових мера, идентичан одзив притиска и положај средњег опсега, доводе до тога да карактеристично успорење појединачних делова вучног воза буде скоро идентично унутар опсега нижих кочних притисака, чиме се постиже веома уједначено хабање облога оба возила код вучног воза вучно возило-приколица. Додатно, укупно хабање се смањује како се средњи ниво температуре кочница смањује оптимизацијом расподеле кочне силе. Побољшана синхронизација кочења преко електро-пнеуматичког кочног система се такође постиже помоћу динамичке промене положаја опсега, укључујући прилагођавање одзива притиска током процеса кочења, иако се поједини делови основне конструкције вучног воза вучно возило-приколица још увек налазе унутар усаглашеног опсега. Због боље синхронизације, нови прописи за електро-пнеуматички кочни систем дозвољавају динамичку промену само положаја опсега вучног возила, тј. положај приколице унутар усаглашеног опсега не сме бити подложен свакој динамичкој промени током процеса кочења.

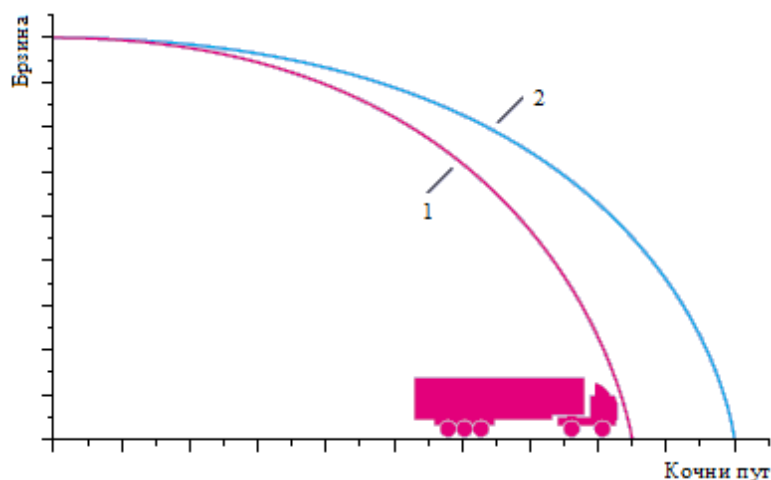
Промена положаја опсега вучног возила може бити постигнута контролисањем притисака кочног цилиндра и/или притиска црева спојнице.

Информација о притиску црева спојнице се такође односи и на електричне вредности индекса за приколицу. Лакши начин синхронизације кочних сила вучног возила и његове приколице је повећање или смањење кочног притиска осовина вучног возила као однос притисака црева спојнице док се контрола за приколицу одржава преко контролног вентила за конвенционалну приколицу. Ово се међутим, одражава на тај начин да цео вучни воз вучно возило-приколица преузима подешавања од дела са најгорим временом одзива и кочним перформансама.

Због овог разлога, ефикасније решење се обезбеђује помоћу електро-пнеуматичког круга унутар ког је контролни вентил за приколицу који дозвољава да се притисак црева спојнице повећава или смањује у односу на кочну перформансу приколице.

Нова вучна возила са електро-пнеуматичким кочним системима, обично обезбеђују веће кочне силе него конвенционална возила. Ово се не постиже, међутим, стрмијим нагибом карактеристике у ЕЕС опсегу, већ сталним повећањем доступног притиска за снабдевање преко увођења система за константни притисак. Тако се карактеристика проширује изнад прорачунског притиска од 6,5 bar до 8,5 bar. Све приколице које се користе са овим новим вучним возилима, чак и оне произведене ранијег датума, такође производе веће кочне силе јер оне добијају константан притисак од 8,5 bar, и код пуне употребе кочнице оне обезбеђују приближно 8 bar.

"Електрична кочна линија" и електронска контрола могу значајно побољшати време одзива и тиме допринети смањењу кочног пута и побољшању стабилности вучног воза вучно возило-полуприколица, слика 5.6.



Слика 5.6 Поређење кочног пута електро-пнеуматичког и конвенционалног кочног система [8]

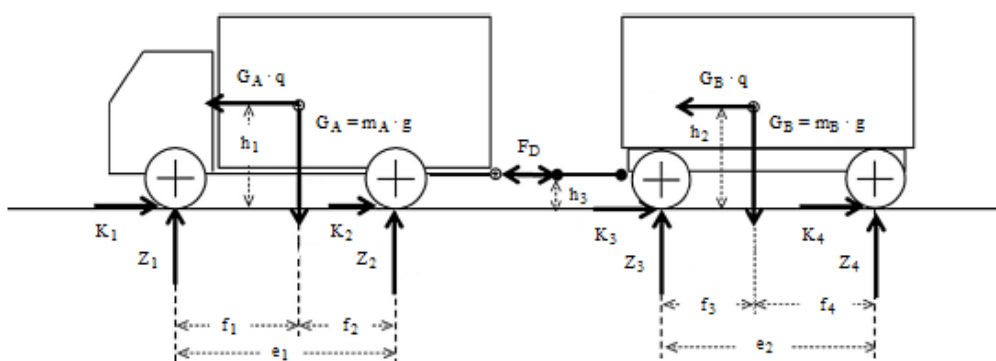
1 - електро-пнеуматички кочни систем, 2 - конвенционални кочни систем

6 ПРОРАЧУН КОЧНИХ СИСТЕМА ВУЧНИХ ВОЗОВА

6.1 ПРОРАЧУН КОЧНИХ СИСТЕМА ВУЧНОГ ВОЗА ВУЧНО ВОЗИЛО-ПРИКОЛИЦА

Приколица приказана као на слици 6.1 је у суштини одвојено возило конструисано да пренесе само силе изазване кочењем (а не део масе приколице) на вучно возило преко окретне руде, за коју се претпоставља да је паралелна са подлогом [10]. Поново је руда затегнута када вучно возило вуче приколицу, али може бити затегнута или сабијена када вучно возило и приколица коче. На слици 6.1 је приказана сабијена руда, тј. приколица мање кочи у односу на вучно возило.

Систем сила вучног возила и приколице је приказан на слици 6.1. Сила спојнице између вучног возила и приколице је дефинисана као сила руде F_D .



Слика 6.1 Систем сила под динамичким кочним условима вучног воза вучно возило-приколица [10]

Кочна расподела вучног возила X_1/X_2 се може оптимизовати за самостални рад, али када се оно споји са приколицом, сила руде утиче на искоришћено пријањање сваког дела вучног воза. Слично, кочна расподела приколице X_3/X_4 се може такође оптимизовати за самостални рад, али поново, када се она споји са вучним возилом, сила руде утиче на искоришћено пријањање сваког дела вучног воза. Ово значи да је идеално кад се кочи, да сила руде буде нула или што је ближе могуће њој, што је такође пожељно са гледишта корисника, јер сила руде која није нула значи да вучно возило доприноси кочењу приколице или обрнуто, са последичним ефектом на хабање и издржљивост елемената кочнице.

Да би се израчунао искоришћено пријањање различитих осовина овог типа вучног воза, потребно је посматрати вучно возило и приколицу као два одвојена возила повезана силом руде F_D . Претпоставља се да је вучни воз опремљен пнеуматичким системом за активирање, и да притисак ваздуха којим се снабдева приколица преко главе спојнице може бити подешен пропорционално притиску ваздуха вучног возила за активирање како би се мењала кочна сила коју стварају кочнице приколице. Ово контролише кочну прераспodelу коју обезбеђују вучно возило и приколица за успорење вучног воза, која може бити дефинисана као Y_1/Y_2 где је:

$$Y_1 = \frac{K_1 + K_2}{q \cdot (G_A + G_B)}, \quad (6.1)$$

$$Y_2 = \frac{K_3 + K_4}{q \cdot (G_A + G_B)}, \quad (6.2)$$

где је:

$$Y_1 + Y_2 = 1. \quad (6.3)$$

Сматра се да је вучно возило део вучног воза.

Решавају се вертикалне силе:

$$Z_1 + Z_2 - G_A = 0. \quad (6.4)$$

Решавају се хоризонталне силе:

$$K_1 + K_2 - G_A \cdot q - F_D = 0. \quad (6.5)$$

Узимају се моменти око тачке контакта између предњих точкова и површине пута:

$$G_A \cdot f_1 - Z_2 \cdot e_1 - G_A \cdot q \cdot h_1 - F_D \cdot h_3 = 0. \quad (6.6)$$

Из једначина (6.1) и (6.3):

$$Z_1 = \frac{G_A \cdot (f_2 + q \cdot h_1) + F_D \cdot h_3}{e_1} = G_1 + \frac{G_A \cdot q \cdot h_1}{e_1} + \frac{F_D \cdot h_3}{e_1}, \quad (6.7)$$

$$Z_2 = \frac{G_A \cdot (f_1 - q \cdot h_1) - F_D \cdot h_3}{e_1} = G_2 - \frac{G_A \cdot q \cdot h_1}{e_1} - \frac{F_D \cdot h_3}{e_1}, \quad (6.8)$$

G_1 и G_2 су статичке нормалне реакције на предњим и задњим точковима вучног возила. Ове једначине су исте као оне за самостално возило (статичко нормално оптерећење плус члан преноса тежине) са додатним чланом за силу руде, што смањује нормалну реакцију задње осовине и повећава нормалну реакцију предње осовине када се руда сабије.

Слично, за приколицу која је део вучног воза:

$$Z_3 + Z_4 - G_B = 0, \quad (6.9)$$

$$K_3 + K_4 - G_B \cdot q + F_D = 0, \quad (6.10)$$

$$G_B \cdot f_3 - Z_4 \cdot e_2 - G_B \cdot q \cdot h_2 + F_D \cdot h_3 = 0. \quad (6.11)$$

Из једначина (6.9) и (6.11):

$$Z_3 = \frac{G_B \cdot (f_4 + q \cdot h_2) - F_D \cdot h_3}{e_2} = G_3 + \frac{G_B \cdot q \cdot h_2}{e_2} - \frac{F_D \cdot h_3}{e_2}, \quad (6.12)$$

$$Z_4 = \frac{G_B \cdot (f_3 - q \cdot h_2) + F_D \cdot h_3}{e_2} = G_4 - \frac{G_B \cdot q \cdot h_2}{e_2} + \frac{F_D \cdot h_3}{e_2}, \quad (6.13)$$

G_3 и G_4 су статичке нормалне реакције на предњим и задњим точковима приколице. И поново ове једначине су исте као оне за самостално возило (статичко нормално оптерећење плус члан преноса тежине) са додатним чланом за силу руде, што повећава нормалну реакцију задње осовине и смањује нормалну реакцију предње осовине када се руда сабије.

Из једначина (6.1) и (6.5):

$$F_D = K_1 + K_2 - G_A \cdot q = q \cdot (Y_1 \cdot (G_A + G_B) - G_A), \quad (6.14)$$

и из једначина (6.2) и (6.10):

$$F_D = G_B \cdot q - K_3 - K_4 = q \cdot (G_B - (Y_2 \cdot (G_A + G_B))). \quad (6.15)$$

Из једначине (6.1), кочна сила вучног возила са силом руде која није нула је:

$$K_A = K_1 + K_2 = Y_1 \cdot q \cdot (G_A + G_B). \quad (6.16)$$

Онда је:

$$K_1 = X_1 \cdot K_A, \quad (6.17)$$

$$K_2 = X_2 \cdot K_A, \quad (6.18)$$

$$K_1 = X_1 \cdot Y_1 \cdot q \cdot (G_A + G_B), \quad (6.19)$$

$$K_2 = X_2 \cdot Y_1 \cdot q \cdot (G_A + G_B). \quad (6.20)$$

Слично из једначине (6.2), кочна сила приколице са силом руде која није нула је:

$$K_B = K_3 + K_4 = Y_2 \cdot q \cdot (G_A + G_B). \quad (6.21)$$

Онда је:

$$K_3 = X_3 \cdot K_B, \quad (6.22)$$

$$K_4 = X_4 \cdot K_B, \quad (6.23)$$

$$K_3 = X_3 \cdot Y_2 \cdot q \cdot (G_A + G_B), \quad (6.24)$$

$$K_4 = X_4 \cdot Y_2 \cdot q \cdot (G_A + G_B). \quad (6.25)$$

Пример је дат за наведени вучни воз у табели 6.1.

Табела 6.1 Подаци вучног возила и приколице

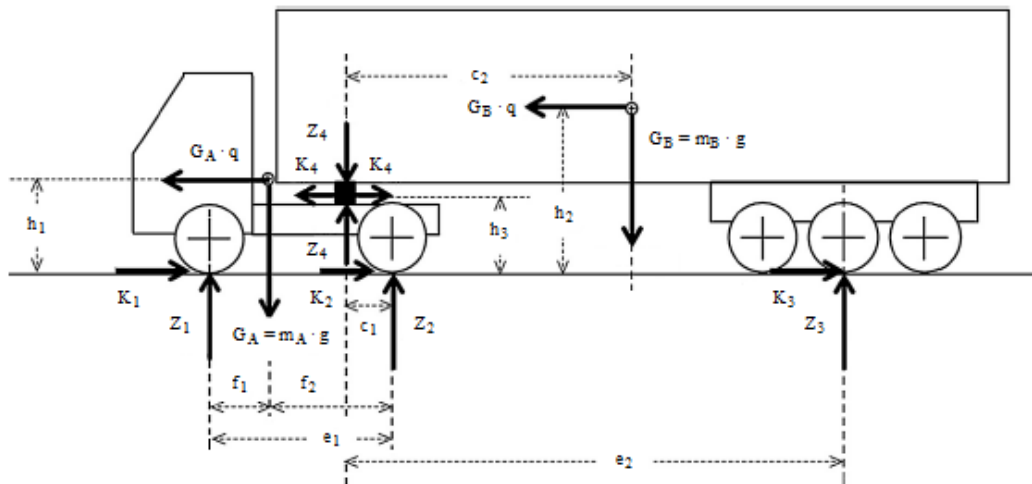
Параметар	Вучно возило		Приколица	
	Неоптерећено	Оптерећено	Неоптерећена	Оптерећена
Осовинско растојање, e_1 [mm] и e_2 [mm]	5000	5000	4500	4500
Висина тежишта, h_1 [mm] и h_2 [mm]	950	1600	900	1500
Положај тежишта иза предње осовине, f_1 [mm] и f_3 [mm]	2357	3397	2250	2250
Положај тежишта испред задње осовине, f_2 [mm] и f_4 [mm]	3143	2103	2250	2250
Тежина, G_A [N] и G_B [N]	70000	170000	40000	160000
Маса, m_A [kg] и m_B [kg]	7136	17329	4077	16310
Висина куке за вучење изнад пута, h_3 [mm]	600	600	600	600

6.2 ПРОРАЧУН КОЧНИХ СИСТЕМА ВУЧНОГ ВОЗА ВУЧНО ВОЗИЛО-ПОЛУПРИКОЛИЦА

Вучни воз вучно возило-полуприколица представља велику групу тешких комерцијалних возила на модерним путевима.

Обично он укључује полуприколицу коју вуче наменски конструисано вучно возило, и иако вучно возило може да се креће самостално, ово је ретко јер оно нема способност ношења терета (оно ипак мора испуњавати прописе за кочење када је самостално). Вучно возило и полуприколица се повезују помоћу седла које преноси хоризонталне и вертикалне силе између два дела возила. Вучно возило је конструисано да носи знатну тежину полуприколице преко седла, и силе за успоравање које се обезбеђују његовим кочницама морају бити способне да успоре масу вучног возила и ову масу полуприколице.

Систем сила вучног воза вучно возило-полуприколица је приказан на слици 6.2. Овај посебан вучни воз обухвата полуприколицу са три осовине на колицима. Код анализе се претпоставља да су три осовине "блиско спојене" и могу се сматрати као једна осовина са шест точкова и шест кочница, која делује на попречној средишњој линији ове три осовине на колицима. У пракси нормалне реакције пнеуматик/пут на свакој осовини могу бити различите, али како ово зависи од конструкција колица и ослањања, због једноставности се претпоставља да су нормалне реакције пнеуматик/пут на свакој осовини исте.



Слика 6.2 Систем сила под динамичким кочним условима вучног воза вучно возило-полуприколица [10]

Сматра се да је вучно возило део вучног воза.

Решавају се вертикалне силе:

$$Z_1 - G_A + Z_2 - Z_4 = 0. \quad (6.26)$$

Решавају се хоризонталне силе:

$$K_1 + K_2 - G_A \cdot q - K_4 = 0. \quad (6.27)$$

Узимају се моменти око тачке контакта између предњих точкова и површине пута:

$$Z_4 \cdot (e_1 + c_1) + G_A \cdot f_1 - Z_2 \cdot e_1 - G_A \cdot q \cdot h_1 - K_4 \cdot h_3 = 0. \quad (6.28)$$

Ово " c_1 " је негативно у овом случају, тј. спајање између вучног возила и полуприколице је испред задњих точкова вучног возила.

Сматра се да је полуприколица део вучног воза.

Решавају се вертикалне силе:

$$Z_4 + Z_3 - G_B = 0. \quad (6.29)$$

Решавају се хоризонталне силе:

$$K_4 + K_3 - G_B \cdot q = 0. \quad (6.30)$$

Узимају се моменти око седла:

$$G_B \cdot c_2 - Z_3 \cdot e_2 - K_3 \cdot h_3 - G_B \cdot q \cdot (h_2 - h_3) = 0. \quad (6.31)$$

Најбољи приступ је базирати анализу на оптималној кочној расподели, тј. када је кочење сваке осовине пропорционално нормалном оптерећењу осовине и кочна ефикасност η је зато 1. За систем сталне кочне расподеле, ово се може само десити при једном кочном коефицијенту, који је наведен као $q = q_1$:

$$\frac{K_1}{Z_1} = \frac{K_2}{Z_2} = \frac{K_3}{Z_3} = q_1. \quad (6.32)$$

Ако је кочна расподела између осовина наведена као $X_1/X_2/X_3$, где је $X_1 + X_2 + X_3 = 1$, онда је:

$$K_1 = X_1 \cdot (G_A + G_B) \cdot q_1 = Z_1 \cdot q_1, \quad (6.33)$$

$$K_2 = X_2 \cdot (G_A + G_B) \cdot q_1 = Z_2 \cdot q_1, \quad (6.34)$$

$$K_3 = X_3 \cdot (G_A + G_B) \cdot q_1 = Z_3 \cdot q_1. \quad (6.35)$$

Из једначина (6.31) и (6.35):

$$Z_3 = \frac{G_B \cdot c_2 - Z_3 \cdot q_1 \cdot h_3 - G_B \cdot q \cdot (h_2 - h_3)}{e_2}. \quad (6.36)$$

Тако је:

$$Z_3 = \frac{G_B \cdot (c_2 - q \cdot (h_2 - h_3))}{e_2 + (q_1 \cdot h_3)}. \quad (6.37)$$

При изабраном кочном коефицијенту за $\eta = 1$, $q = q_1$:

из једначине (6.35):

$$K_3 = Z_3 \cdot q_1, \quad (6.38)$$

из једначине (6.29):

$$Z_4 = G_B - Z_3, \quad (6.39)$$

из једначине (6.30):

$$K_4 = G_B \cdot q_1 - K_3, \quad (6.40)$$

из једначине (6.28):

$$Z_2 = \frac{G_A \cdot (f_1 - q_1 \cdot h_1) + Z_4 \cdot (e_1 + c_1) - K_4 \cdot h_3}{e_1}, \quad (6.41)$$

из једначине (6.26):

$$Z_1 = G_A - Z_2 + Z_4, \quad (6.42)$$

K_1 и K_2 се могу израчунати из једначина (6.33) и (6.34).

Како је $X_1 + X_2 + X_3 = 1$, кочна расподела при изабраном кочном коефицијенту $q = q_1$ се може израчунати из једначина (6.33), (6.34) и (6.35), и користи се за израчунавање нормалних реакција и кочних сила на свакој осовини изнад захтеваног опсега успорења возила.

Са сталном кочном расподелом $X_1/X_2/X_3$, једначина (6.31) је:

$$Z_3 = \frac{G_B \cdot c_2 - G_B \cdot q \cdot (h_2 - h_3) - X_3 \cdot (G_A + G_B) \cdot q \cdot h_3}{e_2} \quad (6.43)$$

Пример је дат за наведени вучни воз у табели 6.2.

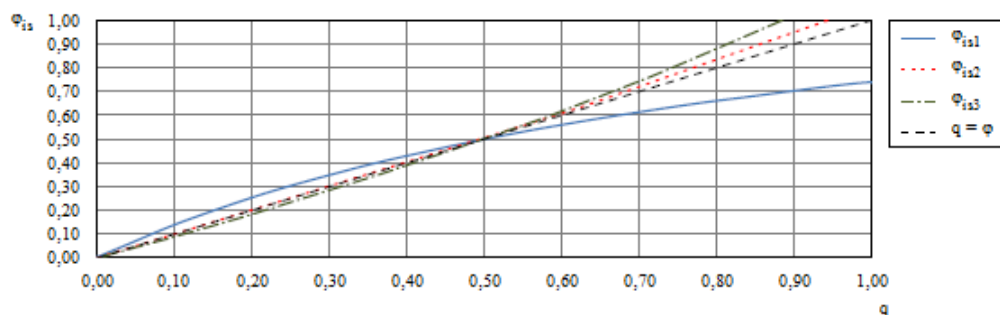
Табела 6.2 Подаци вучног возила и полуприколице

Параметар	Вучно возило	Полуприколица	
	Неоптерећено	Неоптерећена	Оптерећена
Осовинско растојање, e_1 [mm]	3800	-	-
Висина тежишта, h_1 [mm]	750	-	-
Положај тежишта иза предње осовине, f_1 [mm]	1150	-	-
Положај тежишта испред задње осовине, f_2 [mm]	2650	-	-
Положај седла (негативан зато што је испред задње осовине), c_1 [mm]	-660	-	-
Тежина, G_A [N] и G_B [N]	66200	60000	330000
Маса, m_A [kg] и m_B [kg]	6748	6116	33639
Растојање тежишта иза куке за вучу, c_2 [mm]	-	5760	4800
Висина тежишта, h_2 [mm]	-	900	1800
Растојање од седла до средишње осовине, e_2 [mm]	-	7200	7200
Висина седла изнад пута, h_3 [mm]	-	1300	1300

Графици искоришћеног пријањања φ_{is} за овај пример који се односи на вучни воз са сталном кочном расподелом подешеном за вучно возило са оптерећеном полуприколицом да би се обезбедила максимална кочна ефикасност при $q = 0,5$, су приказани на слици 6.3. Кочна расподела $X_1/X_2/X_3$ је 0,254/0,263/0,483, и треба да се промени на 0,457/0,182/0,361 за вучни воз са неоптерећеном полуприколицом. За разлику од тога, кочна расподела за вучно возило које ради самостално је $X_1/X_2 = 0,80/0,20$.

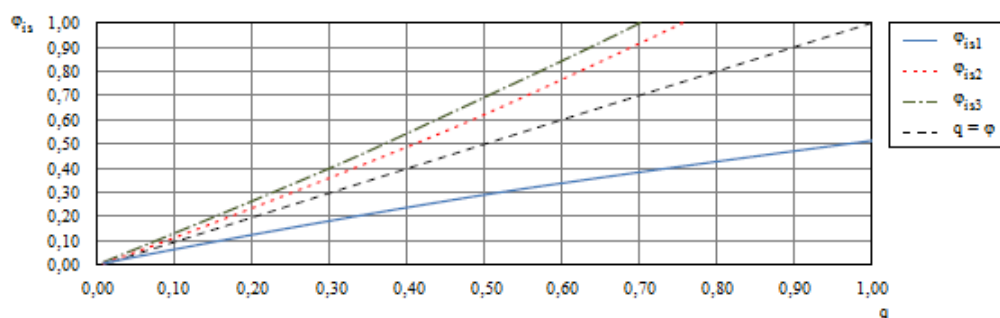
Слика 6.3 приказује да на површини пута са коефицијентом пријањања φ од 0,5, максимални кочни коефицијент је $q = 0,5$, тј. кочна ефикасност је 100%. На површинама са нижим пријањањем точкови предње осовине вучног возила су први који достижу границу пријањања, и на путу са врло ниским пријањањем где је $\varphi = 0,15$, кочни коефицијент је нешто виши од 0,1 и може се достићи, што је једнако ефикасности од око 72%. Овде се претпоставља да нема бочних промена код нормалних реакција пнеуматик/пут или кочних сила. Као што је предходно објашњено, полуприколица у овом примеру има три осовине "блиско спојене" на колицима, што се моделира као једна осовина где се претпоставља да су нормалне реакције пнеуматик/пут и кочне силе исте за свих шест точкова и суме ових сила делују на геометријској попречној средишњој линији.

Када треба кочни коефицијент је већи од 0,5, точкови полуприколице први блокирају, скоро одмах их прате задњи точкови вучног возила.



Слика 6.3 Искоришћено пријањање за вучно возило које вуче полуприколицу у типичном вучном возу (оптерећеном) [10]

Комерцијална возила раде у много ширем опсегу оптерећења него путнички аутомобили и сталном кочном расподелом између осовина сваког вучног воза комерцијално возило-полуприколица који не може да обезбеди стабилно кочење без неког облика контроле кочне расподеле у зависности од услова оптерећења. На пример, ако овај вучни воз ради неоптерећен са кочном расподелом за оптерећени вучни воз од 0,254/0,263/0,483, слика 6.4 јасно приказује да пренагло блокирања осовине полуприколице одмах пратити задња осовина вучног возила, и да предња осовина вучног возила значајно мање кочи.



Слика 6.4 Искоришћено пријањање за неоптерећени вучни воз вучно возило-полуприколица са кочним расподелама за оптерећени [10]

Ово је неприхватљиво, веома је нестабилно и опасно стање које јасно приказује потребу за неком методом подешавања кочне расподеле у зависности од стања оптерећења вучног воза. Поновно рачунање кочне расподеле за неоптерећени вучни воз да би се добила кочна ефикасност 100% при $q = 0,5$ захтева да кочне расподеле буду 0,457/0,182/0,361. Ако је технологија оптерећено-осетљиво примењена у пнеуматичком кочном систему за контролу интензитета кочења на задњој осовини вучног возила и осовинама полуприколице али не на предњој осовини вучног возила, онда се притисак за активирање којим се снабдева задња осовина вучног возила и осовине полуприколице може подесити помоћу вентила за смањење притиска. Односи вентила R_2 и R_3 (дефинисани као улазни притисак насупрот излазном притиску за задњу осовину вучног возила и осовине полуприколице) се рачунају на следећи начин:

$$\frac{X_{2(\text{неоптерећено})}}{\frac{X_{2(\text{оптерећено})}}{R_2}} = \frac{X_{1(\text{неоптерећено})}}{X_{1(\text{оптерећено})}}. \quad (6.44)$$

Онда је:

$$R_2 = \frac{X_{1(\text{неоптерећено})} \cdot X_{2(\text{оптерећено})}}{X_{1(\text{оптерећено})} \cdot X_{2(\text{неоптерећено})}}, \quad (6.45)$$

$$R_3 = \frac{X_{1(\text{неоптерећено})} \cdot X_{3(\text{оптерећено})}}{X_{1(\text{оптерећено})} \cdot X_{3(\text{неоптерећено})}}. \quad (6.46)$$

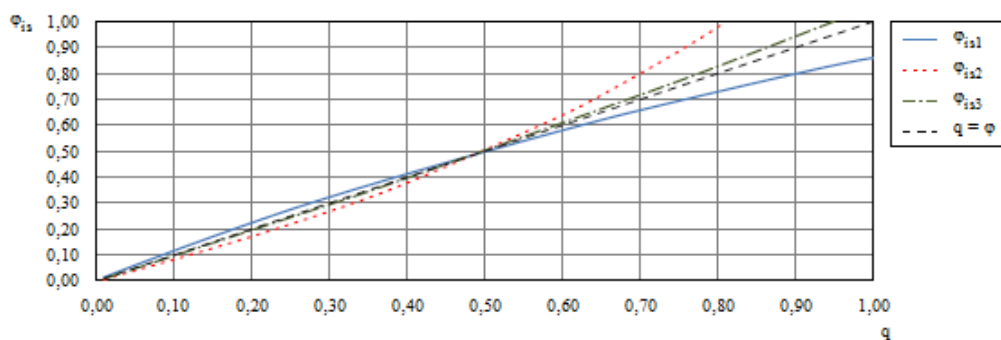
За овај случај:

$$R_2 = \frac{0,457 \cdot 0,264}{0,254 \cdot 0,182} = 2,61, \quad (6.47)$$

и слично:

$$R_3 = \frac{0,457 \cdot 0,483}{0,254 \cdot 0,361} = 2,41. \quad (6.48)$$

Слика 6.5 приказује искоришћено пријањање неоптерећеног вучног воза подешеног на овај начин.

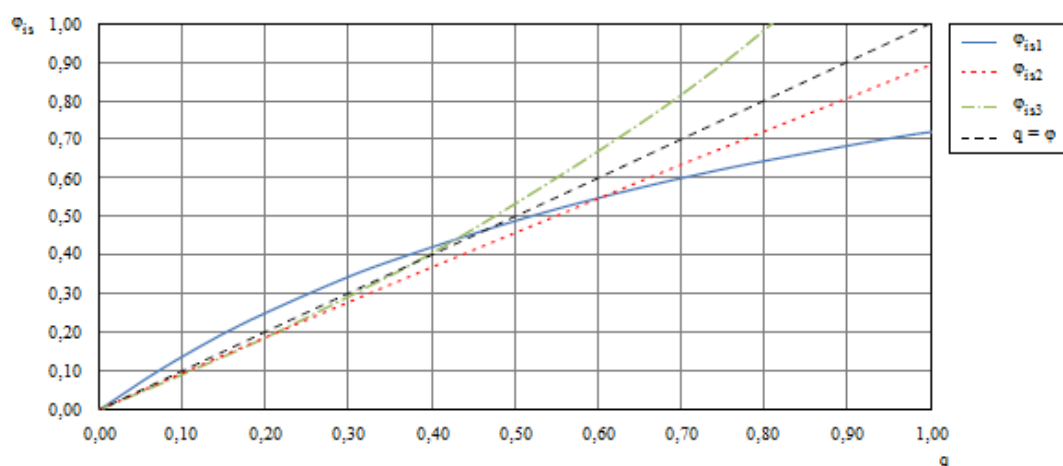


Слика 6.5 Искоришћено пријањање за неоптерећени вучни воз вучно возило-полуприколица са подешеним кочним расподелама [10]

Као што је претходно поменуто, већина комерцијалних возила у пракси често ради делимично оптерећена, и од њих се захтева да носе различите врсте терета. У случају вучног воза вучно возило-полуприколица, обезбеђивање вентила оптерећено-осетљиво на задњој осовини вучног возила и осовинама полуприколице може бити врло ефикасно за исправљање кочне расподеле на основу статичких оптерећења осовина, али су мање ефикасни у надокнађивању неубичајених или великих динамичких прерасподела тежина код мањег кочења, нпр. када терет на полуприколицу доводи до веома високог тежишта. Висина тежишта типичне полуприколице за коју се претпоставља да носи нормални пуни терет износи 1,8 m. Исто возило, потпуно оптерећено са теретом високе густине, нпр. челични лимови, може имати нижу висину тежишта од око 1,35 m, али ако носи терет ниске густине исте укупне тежине висина тежишта може бити 2,3 m, повећава се висина и зато је динамичка прерасподела тежине 70%. За разлику од тога, додавање кровног носача носивости 75 kg код путничког аутомобила може повећати висину тежишта за око 10%.

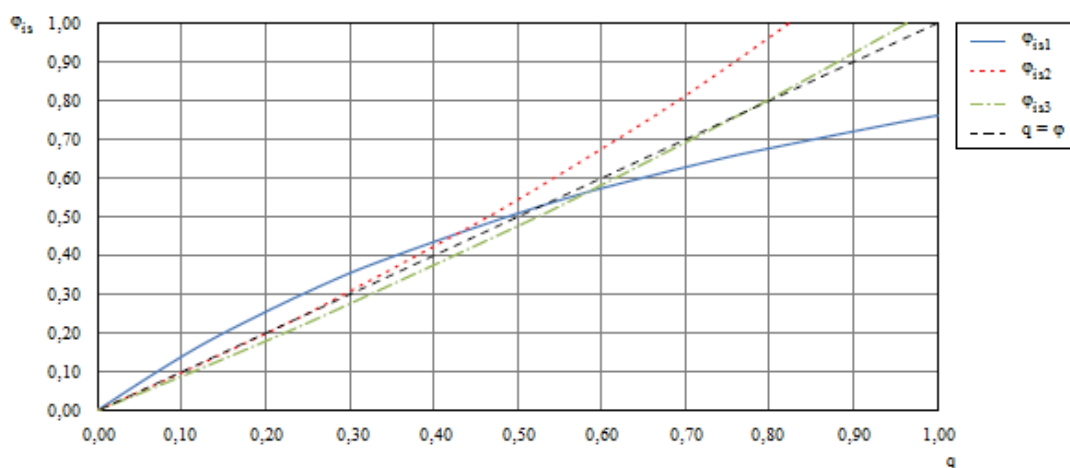
Ефекти ова два услова оптерећења на искоришћено пријањање су приказани на сликама 6.6 и 6.7. На слици 6.6, точкови полуприколице прво блокирају изнад кочног коефицијента од око 0,44, што изазива нестабилност познату као "пливање полуприколице" јер блокирани точкови полуприколице не обезбеђују стабилност одржавања правца полуприколице.

У пракси, наравно, свих шест точкова ове полуприколице ретко долазе до тачке блокирања истовремено.



Слика 6.6 Искоришћено пријањање за вучни воз вучно возило-полуприколица (кочне расподеле су наведене за стандардне услове оптерећења) са теретом ниске густине, тј. високим тежиштем од 2,3 m [10]

На слици 6.7, задњи точкови вучног возила прво блокирају изнад кочног коефицијента од око 0,44, што изазива нестабилност познату као "цепни нож" јер блокирани точкови не обезбеђују стабилност одржавања правца вучног возила, које покушава да плива брзо око вертикалне осе Z око задњег блокираног точка, али достиже нагло границу када кабина вучног возила удар у полуприколицу. Ово се брзо дешава чак и при малим брзинама кретања и изузетно је опасна и штетна нестабилност. Савремени кочни системи са против блокирајућим системима за комерцијална возила значајно смањују случај нестабилности "цепни нож" код вучних возова, али конструктори кочног система још увек морају да размотре најгори случај, нпр. у случају делимичног отказа система. Ове две слике приказују како се понашање возила код хитног кочења може променити од "пливања приколице" до "цепног ножа" зависно једино од врсте терета који се превози, и наглашавају важност против блокирајућег система у одржавању стабилности возила код различитих услова рада комерцијалних возила.



Слика 6.7 Искоришћено пријањање за вучни воз вучно возило-полуприколица (кочне расподеле су наведене за стандардне услове оптерећења) са теретом високе густине, тј. ниским тежиштем од 1,35 m [10]

7 ЗАКЉУЧАК

Повећање конкуренције у области транспорта робе доводи до сталног повећања захтева који се постављају пред кочне системе у погледу поузданости, смањења кочног пута и стабилности возила. Увођење електро-пнеуматичког кочног система је логичан корак којим се испуњавају ови и други захтеви. Електро-пнеуматички кочни систем дозвољава сталну оптимизацију равнотеже кочних сила између појединих кочница, и вучног возила и његове приколице.

Електро-пнеуматички кочни систем побољшава возило и безбедност на путу помоћу смањења кочног пута, постиже се побољшавање кочне стабилности и праћење кочног система. Додатно, електро-пнеуматички кочни систем значајно побољшава економску ефикасност и удобност током вожње.

Електро-пнеуматички кочни систем има велики број функција. Циљ је смањење трошкова одржавања док се повећава кочна сигурност, нпр. смањивањем хабања облога кочница. Појединачном контролом се у складу са критеријумом хабања на предњој и задњој осовини усклађује хабање облоге. Равномерним ширењем оптерећења преко свих кочница, укупно хабање се смањује. Додатно, одржавање и интервали промене облоге се подударају.

Вучни воз вучно возило-полуприколица представља велику групу тешких комерцијалних возила на модерним путевима. Обично он укључује полуприколицу коју вуче наменски конструисано вучно возило, и иако вучно возило може да се креће самостално, ово је ретко јер оно нема способност ношења терета. Вучно возило је конструисано да носи знатну тежину полуприколице преко седла, и силе за успоравање које се обезбеђују његовим кочницама морају бити способне да успоре масу вучног возила и ову масу полуприколице.

У раду је извршена анализа искоришћеног пријањања за терете различите густине и висине тежишта за вучни воз вучно возило-полуприколица. Разматран је утицај редоследа блокирања осовина на стабилност вучног воза и истакнуте су најкритичније ситуације.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Филиповић И., Мотори и моторна возила, Машински факултет Универзитета у Тузли, Тузла, 2006.
- [2] Тодоровић Ј., Кочење моторних возила, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1988.
- [3] Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима, Интернет адреса: <http://www.mgsi.gov.rs>, приступљено 08.12.2016
- [4] Mission, Интернет адреса: <https://www.unecese.org>, приступљено 05.05.2017
- [5] Addendum 12: Regulation No. 13, Revision 8, Интернет адреса: <https://www.unecese.org>, приступљено 21.12.2016
- [6] Systems and components for commercial vehicles, Интернет адреса: <http://inform.wabco-auto.com>, приступљено 21.12.2016
- [7] Сервисно упутство Зета 50.9 - 55.9 - 65.9 Турбо Зета 65.12 - 79.12 - 80.12 - 83.12, Застава камиони, Крагујевац, 1992.
- [8] Electronically controlled braking systems for trailers, Интернет адреса: <http://inform.wabco-auto.com>, приступљено 21.12.2016
- [9] Council Directive (71/320/EEC), Интернет адреса: <http://eur-lex.europa.eu>, приступљено 30.06.2017
- [10] Day A., Braking of road vehicles, Elsevier inc., 2014.