

ОСВРТ НА ИСПИТИВАЊА КОЧНИЦЕ БОЖИЋ – 9 ДЕЦЕНИЈА КАСНИЈЕ

Горан Симић¹, Драган Милковић², Саша Радуловић³

¹ Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16,
11022 Београд, gsimic@mas.bg.ac.rs

² Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16,
11022 Београд, dmilkovic@mas.bg.ac.rs

³ Машински факултет Универзитета у Београду, Краљице Марије 16,
11022 Београд, sradulovic@mas.bg.ac.rs

Резиме: У току 1927. и 1928. године, под надзором Међународне железничке уније обављена су испитивања у циљу одобравања кочнице Божич за примену на возилима у међународном железничком саобраћају. Она су довела до светских патената, производње и коришћења те кочнице на великом броју шинских возила, од којих су нека са Божич кочницом у саобраћају и данас. У раду су приказани најзанимљивији делови из извештаја о испитивањима. Оцењени су постигнути резултати и јединствени домет у историји железничког машинства Србије.

Кључне речи: Тематски скуп, Добривоје Божич, кочење, постепено откочивање, неусцрпна кочница, типска испитивања.

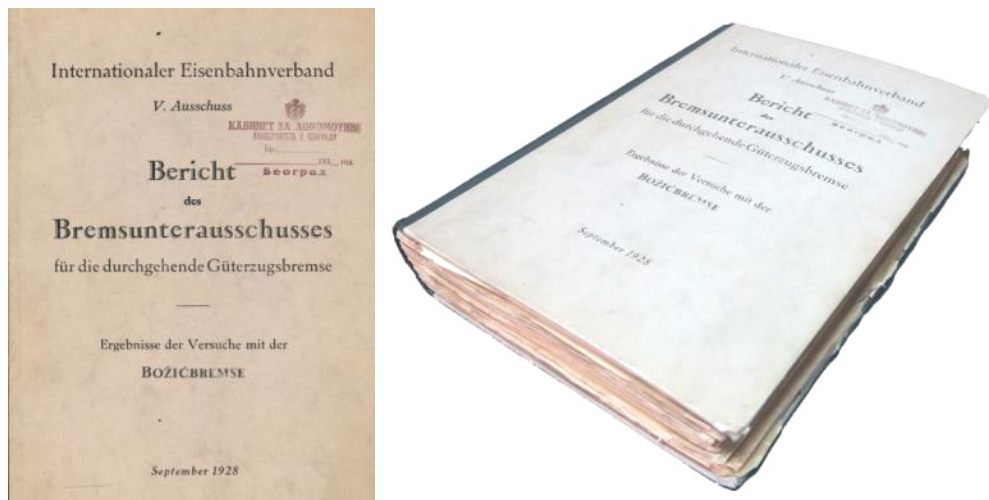
1. УВОД

У библиотеци Катедре за шинска возила на Машинском факултету Универзитета у Београду налази се један веома драгоцен документ за историју железничког машинства Србије: Извештај поткомитета за продужну теретну кочницу Међународне железничке уније о резултатима испитивања кочнице Божич [1], слика 1. На основу тог извештаја је кочница Божич 1928. године одобрена за употребу у међународном железничком саобраћају.

Претраживањем података на интернету може се пронаћи податак о једном патенту Добривоја Божича [2] пријављеном 1913. године, када је имао непуних 28 година и две године пошто се после дипломирања запослио на Железницама Краљевине Срба, Хрвата и Словенаца. Патент чији наслов у преводу гласи "Распоредник за једнокоморну кочницу са збијеним ваздухом" је одобрен са приличним закашњењем, тек 1920. године, вероватно због избијања првог светског рата. Без увида у садржај патента, на жалост, не можемо оценити да ли је већ у њему било речи о распореднику са три радна притиска, али свакако сведочи о веома раном озбиљном истраживачком, инжењерском и проналазачком раду Добривоја Божича.

Из литературе [3] је познато да је принцип распоредника са три радна притиска који омогућава постепено кочење и постепено откочивање железничких возила

патентирао Енглеz Хамфри (Humpfrey) још 1892. године. Међутим, практична реализација тог принципа је остварена тек кроз рад Божића [4, 5, 6, 7, 8] и Дролсхамера (Drolshammer) [9, 10, 11] који су паралелно, на различите конструктивне начине, развили железничку кочницу на том принципу.



Слика 1. Извештај са испитивања кочнице "Божић"

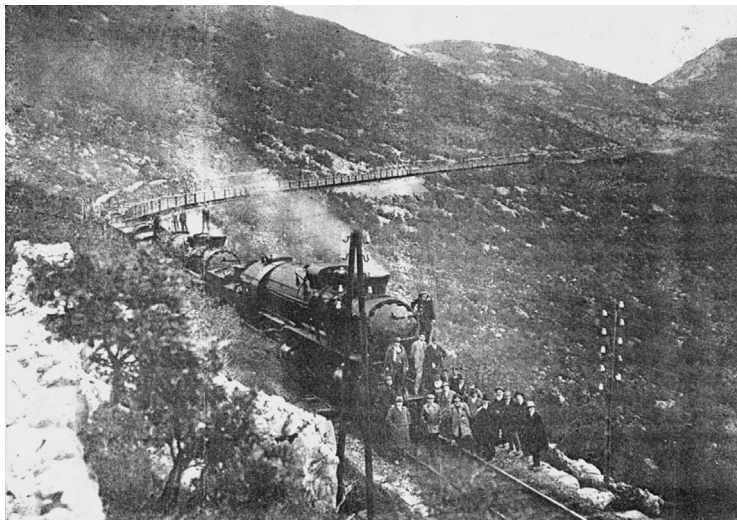
Из документације Међународне железничке уније [12] се види да је кочница Дролсхамер прихваћена од стране пете комисије Међународне железничке уније за употребу на возилима у међународном железничком саобраћају, само шест месеци пре кочнице Божић. Без обзира на ту чињеницу, кочница Добровоја Божића представља инвентивно техничко достигнуће светских размера. Готово деведесет година после тог догађаја, можемо са изузетним дивљењем и поштовањем да анализирамо извештај о испитивањима кочнице Божић и да констатујемо да је Добровоје Божић, под покровитељством и уз потпору Железница Краљевине Срба, Хрвата и Словенаца тада реализовао један грандиозан подухват, какав је и у данашњим условима, мерен и сопственим искуством [13, 14, 15, 16, 17], тешко замислив.

2. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ

Званичан захтев за испитивање кочнице Божић су поднеле Железнице Краљевине Срба, Хрвата и Словенаца Међународној железничкој унији током 1925. године, на бази спроведених претходних интерних испитивања. Са тих испитивања потиче фотографија на слици 2. Из извештаја [1] се види да је Поткомисија за продужну теретну кочницу пете Комисије 1926. године тај захтев прихватила.

Програм за испитивања је базиран на ранијим испитивањима кочница типа Westinghaus и Kunze-Knorr које су у то време биле једине одобрене кочнице за међународни железнички саобраћај у Европи. Кочница Westinghaus је била исцрпна кочница са једностепеним откочивањем. Кочница Kunze-Knorr је била

условно неисцрпна кочница, која је радила на принципу два радна притиска. Степенато откочивање је код ове кочнице било могуће захваљујући гломазном систему са двокоморним цилиндром. У случају слабе заптивености кочног цилиндра, ова кочница је такође била исцрпна.



Слика 2. Композиција са испитивања 23.10.1925. на прузи Лич-Сушак¹

У мају 1927. поткомисија је дефинисала 33 захтева које мора да испуни продужна кочница за теретне вагоне. Да би одређена конструкција кочнице била прихваћена у међународном железничком саобраћају, испуњење наведених услова морало је да се докаже испитивањима.

Постављени технички захтеви су били примерени тадашњем стању технике где је брзина теретних возова била до 60 km/h. Било је уобичајено да значајан проценат вагона у композицији буде опремљен само главним ваздушним водом, тј. да их коче они вагони који су опремљени кочницом. Осовинско оптерећење теретних вагона је било 15 t.

Од будућих теретних кочница се тражило да задовоље следеће:

1. Расположена количина ваздуха под притиском мора бити довољна да омогући функционисање кочнице.
2. Кочница мора бити функционална ако је један део вагона снабдевен комплетном кочном опремом, док остали вагони имају само главни ваздушни вод.
3. Кочница мора функционисати тако да на вагонима који имају само главни ваздушни вод нема потребе за додатном опремом, посебно нису потребни преносни вентили.
4. На вагонима који имају комплетну кочну опрему мора постојати могућност искључивања кочнице тако да ти вагони тада раде само са главним ваздушним водом.

¹ Сliku је уступио дипл. инг. Ђорђе Кржић, а потиче из књиге "Frein Воžić / Воžić Bremse" о којој немамо ближих података.

5. Нормални радни (над)притисак износи 5 bar^2 . Кочница треба да ради без проблема и при притиску $0,5 \text{ bar}$ вишем или нижем од нормалног. И при притиску нижем од $4,5 \text{ bar}$, све до 2 bar , мора кочница још увек да ступи у дејство.
6. Кочница треба да буде спремна за рад и откочена, када је нормални радни притисак успостављен у целој композицији. Кочење треба да се спроводи смањењем притиска у главном ваздушном воду, а откочивање – повећањем притиска.
7. Пробојна брзина кочнице треба да износи најмање 100 m/s при брзом кочењу из нормалног радног притиска за возове било које врсте и састава до 200 осовина.
8. Кочница мора да омогући, како брзо кочење путем брзог и значајног испуштања ваздуха из главног ваздушног вода тако и степенасто експлоатационо кочење до потпуног кочења и потпуно кочење, без степена, путем лаганог испуштања ваздуха из главног ваздушног вода.
9. Нормално кочење се мора пренети до краја композиције од 200 осовина када се притисак у главном ваздушном воду обори за $0,5 \text{ bar}$, при било каквом распореду кочених и нековених вагона у композицији.
10. За постизање потпуног кочења мора се оборити притисак у главном ваздушном воду најмање за 1 bar , а највише за $1,5 \text{ bar}$ када је вагон празан и највише $1,7 \text{ bar}$ када је натоварен.
11. При нормалном или брзом кочењу притисак у кочном цилиндру мора брзо да нарасте тако да буде довољан да папуче налегну на точак. Остварени притисак папуча не сме прећи 20% од највишег притиска који се при том кочењу остварује. Одмах потом треба притисак постепено да расте тако да се 95% од максималне вредности достигне не за мање од 28 s када је ход клипа кочног цилиндра минималан и највише за 60 s када је ход клипа максималан, рачунато од тренутка почетка пораста притиска у кочном цилиндру.
12. Код вагона који се могу различито кочити зависно од тога да ли су празни или натоварени, потребно је да сила притиска папуча на точак за време целог процеса потпуног кочења код товареног вагона и код празног вагона буде приближно у пропорцији са оптерећењем. Времена до постизања максималне силе притиска треба да буду у оба случаја приближно једнака.
13. Када се кочи празан вагон, при највећем ходу клипа кочног цилиндра и нормалном радном притиску од 5 bar , притисак папуча на точкове у односу на сопствену тежину вагона (коченост), мора да износи најмање 50% . При најмањем ходу клипа кочног цилиндра притисак папуча не сме прећи 85% сопствене тежине вагона.
14. Када се кочи натоварен вагон, при највећем ходу клипа кочног цилиндра и нормалном радном притиску од 5 bar , притисак папуча на точкове мора да износи најмање 50% од тежине вагона са теретом. При најмањем ходу

² У то време јединица за притисак се изражавала као $\text{kg/cm}^2 \approx \text{bar}$

- клипа кочног цилиндра притисак папуча не сме прећи 85% од тежине вагона са теретом.
15. Највећи дозвољени ход кочног цилиндра за празан вагон који нема аутоматски регулатор кочног полужја, подељен са преносним односом кочног полужја од клипне полуге до кочних папуча, сме да износи највише 20.
 16. При потпуном и континуалном откочивању појединачног вагона, после потпуног кочења, мора притисак у кочном цилиндру да опада постепено на тај начин да су папуче отпуштене (рачунајући од тренутка почетка пада притиска у кочном цилиндру) најраније за „а“ секунди при најмањем ходу папуча и најкасније за „б“ секунди при највећем ходу папуча, како при кочењу празног тако и натовареног вагона. Ако кочница нема мењач за вожње у равници и на паду, наведене границе су $a=45$ и $b=110$ секунди. Ако кочница поседује мењач равница-пад, границе су:
 - за вожњу у равници $a = 25$ и $b = 60$ секунди
 - за вожњу на паду $a = 45$ и $b = 110$ секунди
 17. Време пуњења кочнице једног вагона треба да буде тако димензионисано да се не ремети пуњење помоћних резервоара и откочивање ни на крају дугих композиција и да у главном ваздушном воду не дође до великих и наглих промена притиска које би могле да изазову ненамерно кочење у суседним вагонима.
 18. Кочница мора да има две конструктивне варијанте: прва варијанта треба да одговара за примену само на теретним вагонима; друга варијанта треба да има две могућности, једна за примену у теретним возовима, друга за примену у брзотеретним или путничким возовима. У другој варијанти се захтева само кочење празних теретних вагона.
 19. Руковање кочницом мора да буде једноставно. Евентуални мењачи на вагону морају бити лако уочљиви и лако приступачни са обе стране вагона.
 20. Светли отвор главног ваздушног вода треба да буде између 25 и 30 mm.
 21. Кочница мора бити тако конструисана да се на најмању меру ограничи опасност од оштећења или мањкавости у раду – посебно опасност да не кочи и недовољно или ненамерно откочи.
 22. Код вагона са продужном кочницом који имају и ручну кочницу, мора свака од ових кочница да се активира независно. Ручно кочени вагони (који се коче са вагона) морају имати опрему за активирање кочнице у случају опасности.
 23. За кретање возова треба да се користе локомотиве и тендери који су опремљени како са аутоматском кочницом тако и са директном кочницом.
 24. Кочница треба да омогући превоз потпуно натоварених возова од најмање 1500 t и приближно 100 осовина, делимично натоварених возова од најмање 1200 t и приближно 150 осовина и празне композиције до 150 осовина у равници и на великим падовима. Превоз празних возова од 200

осовина треба да се обезбеди на равничарским пругама. Све ове композиције треба да буду састављене претежно од двоосовинских вагона.

25. Мора бити могуће распоредити вагоне који коче и вагоне који не коче, као и празне и натоварене вагоне према саставима који су уобичајени у експлоатацији, на што је могуће неправилнији начин. Посебно мора бити могућа било која позиција групе некочених вагона, која, код возова са ниским учешћем вагона који се коче, треба да има до 15 вагона.
26. При брзом кочењу на равној и правој прузи, из брзина које треба да буду између 30 и 60 km/h, под претпоставком да су локомотива и тендер кочени само са аутоматском кочницом истовремено са композицијом, уз толеранцију од 3%, али најмање 10 m, зауставни пут треба да да буде највише једнак дужини L:

$$L = \frac{4,25V^2}{40 \cdot a \frac{13,6 + 40a}{0,6 + 40a} \cdot \frac{V}{V + 30} + 0,0006V^2 + 3,6} \quad (1)$$

при чему је:

L – максимални зауставни пут у m,

V – брзина на почетку кочења у km/h,

a – коченост воза укључујући локомотиву и тендер, т.ј. однос укупне тежине кочених вагона према укупној тежини воза.

Код вагона који се коче према сопственој тежини, узима се сопствена тежина. Код вагона који се коче према терету кочена тежина се узима као прекретна тежина. Код локомотива и тендера је кочена тежина једнака највећој сили притиска кочних папуча.

27. Кочница треба при свим условима да делује без штетних удара и напрезања за особље, терет и возила. При томе се претпоставља да одстојање одбојничких тањира у најнеповољнијем случају не прелази 10 cm и у просеку за цео воз износи 3,5 cm.

Кочење треба да протекне мирно и у случају кад су сви вагони воза од 1500 t и са приближно 100 осовина натоварени и у случају делимично натовареног или празног воза до 150 осовина када се сви вагони коче или када је приближно 75% осовина празног воза од 200 осовина кочено.

28. Штетна дејства на воз се не смеју појавити ни када се током интензивног кочења заведе брзо кочење.
29. Кочница мора да при откочивању за време вожње делује без штетних удара и напрезања.
30. Резерва кочне способности ни при вожњи на дугим падовима не сме бити исцрпљена.
31. Кочница мора бити тако направљена да се најдужи и највећи падови који се могу појавити на главним пругама могу превести са минималним колебањима прописане брзине.

32. Проба кочнице треба да буде могућа на једноставан начин и да обезбеди машиновођи сигурност да је главни ваздушни вод целог воза повезан и делотворан.
33. Нове теретне кочнице које се одобравају за возила у међународном саобраћају морају без проблема да раде са већ одобреним теретним кочницама.

3. ПРИПРЕМА ИСПИТИВАЊА 1927. ГОДИНЕ

Прва серија испитивања Божић кочнице је обављена у априлу и мају 1927. године. За спровођење испитивања је Поткомитет за теретну продужну кочницу саставио програм, чији је циљ био провера да ли кочница испуњава све прописане захтеве. У том циљу је требало припремити следеће вагоне опремљене Божић кочницом:

- 75 двоосовинских отворених вагона за угалъ,
- 10 затворених двоосовинских вагона,
- 5 вагона са обртним постољима,
- 3 двоосовинска вагона за посматраче,
- 1 вагон са обртним постољима са мерном опремом,
- 3 локомотиве,
- неколико резервних вагона,
- 48 осовина путничких вагона са брзодејствујућом ("Р") кочницом са распоредницима Westinghaus.

Осим тога је било потребно још:

- 75 осовина вагона опремљених Kunze-Кногт кочницом (половина једне композиције),
- 75 осовина вагона опремљених Westinghaus кочницом (половина једне композиције),
- око 1000 t терета и одговарајућа опрема за утовар и истовар терета према захтевима програма испитивања,
- особље потребно за манипулацију теретом, формирање композиција, организацију саобраћаја итд.

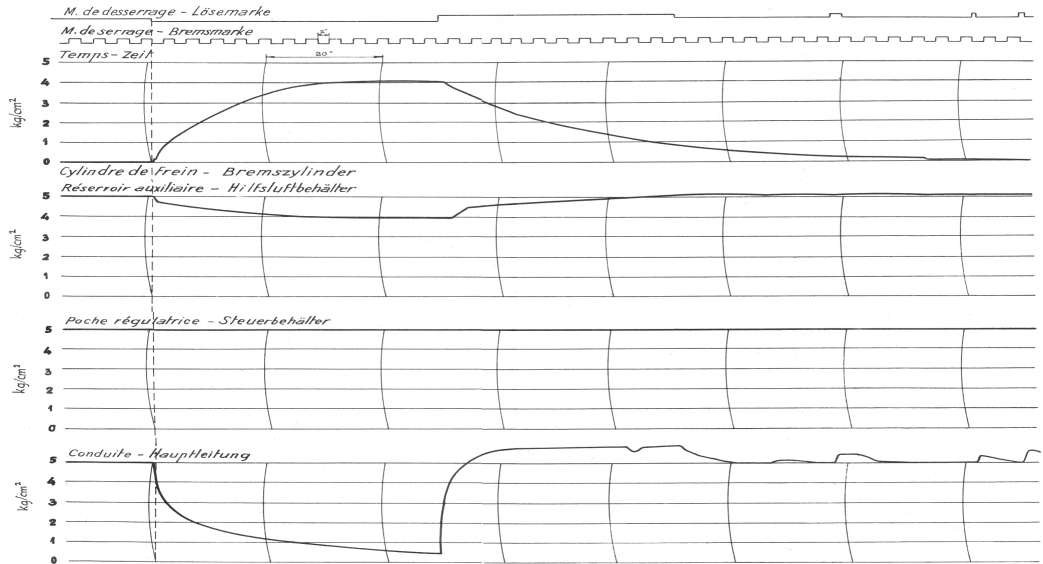
Испитивањима је руководио представник поткомисије за теретне кочнице. На локомотиви, у три посматрачка вагона и у мерним колима налазили су се посматрачи поткомисије који су водили свако посматрачко место са једним асистентом, два радника и особљем које је вршило мерење. Из сваке земље која је била чланица поткомитета, на сваком посматрачком месту је могао да буде још по један представник.

4. МЕРНА ОПРЕМА

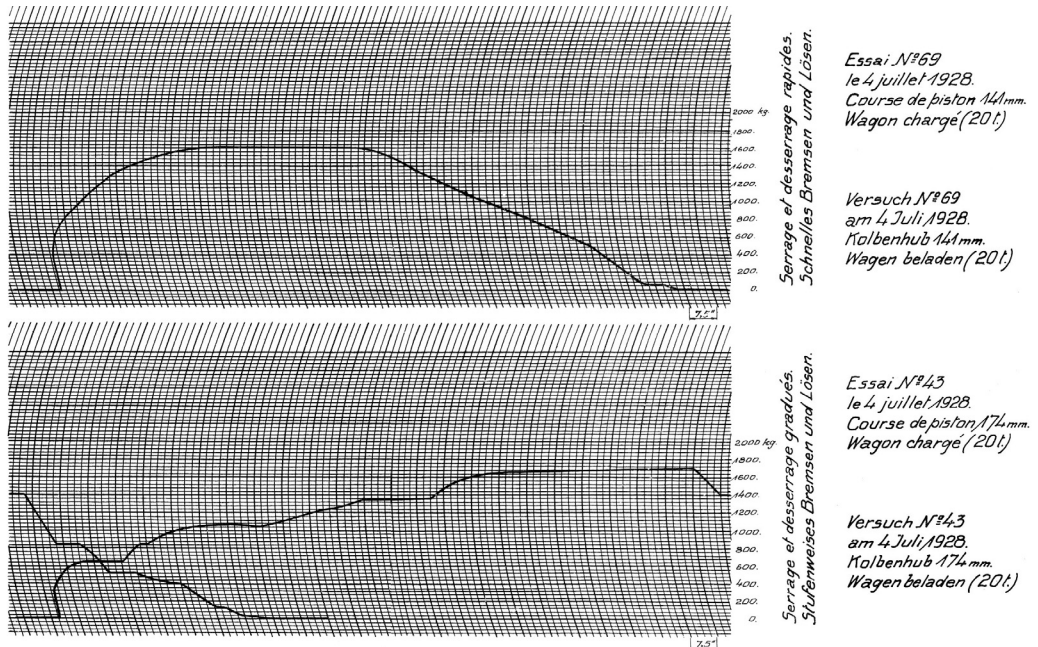
Мерна опрема се састојала од већег броја преносних мерача притиска са записивањем на покретној траци са временском скалом. Пример записа из извештаја је на слици 3. У мерним колима која су увек била на крају композиције је мерена још и брзина и зауставни пут. Од локомотиве до сваког посматрачког, тј. мерног места је доведен електрични сигнал којим је на

покретној траци записиван тренутак завођења кочења и тренутак завођења откочивања на кочнику локомотиве. Сва мерна места су била повезана телефонском везом међусобно и са локомотивом.

Из извештаја се види да су за мерење силе притиска кочних папуча на точак коришћена два типа мерних уређаја: један који је припадао Југословенским железницама и други који је припадао Француским железницама. Пример једног оригиналног записа је приказан на слици 4.



Слика 3. Притисци у главним просторима кочнице – брзо кочење и откочивање



Слика 4. Сила притиска папуча на точак при брзом (горе) и постепеном кочењу (доле)

Сва мерна места су примала различите звучне сигнале који су служили за сигнализирање разних догађаја везаних за испитивање, пре свега када треба покренути, а када зауставити писаче мерних апаратура. У сваком од ових вагона су били постављени и манометри који су перманентно показивали притиске у главном ваздушном воду, радној комори, кочном цилиндру и помоћном резервоару.

Са данашње тачке гледишта је интересантно да у то време нису постојали давачи за мерење убрзања. Уместо тога су уздужни поремећаји при кочењу оцењивани помоћу једног постоља са металним куглама. Кугле су биле тако постављене да је, зависно од величине удара, инерцијална сила избацивала из лежишта различити број кугли. Бележен је број испалих кугли и страна на коју су избачене (напред или назад), што је служило за приближну оцену насталих уздужних реакција, пошто у програму испитивања критеријуми за то нису били дефинисани.

5. САСТАВ ИСПИТНИХ КОМПОЗИЦИЈА

Од наведених вагона је током испитивања формирано осам различитих састава композиција према табели 1.

Табела 1. Преглед главних карактеристика композиција за испитивање

Ознака композиције	Број осовина	Маса (t)	Расподела терета дуж композиције	Опремљеност кочницом
A ₂	150	1200	приближно равномерно	Божић
A ₃	150	1200	приближно равномерно	Божић
A ₄	150	750	сви вагони празни	Божић
A ₅	100	1500	макс. натоварени (20 t) вагони за превоз угља	Божић
A ₆	200	1050	сви вагони празни	Божић
A ₂ T ₂	150	1200	приближно равномерно	1/2 кочница Божић 1/2 кочница Westinghaus
A ₂ Z ₂	150	1200	приближно равномерно	1/2 кочница Божић 1/2 кочница Westinghaus
A ₇	48+12		напред путнички вагони, позади празни теретни	Брзодејствујућа ("P") кочница 48 осов. W , 12 осов. Божић

За сваку од композиција је требало испитивање спровести са 2 до 4 комбинације распореда кочених и нековених вагона, укључујући и композиције са групама до 26 узастопних нековених осовина. Пример прописаног састава и распореда вагона у композицији A₂ је дат на слици 5.

Расподела растојања одбојничких тањира у композицијама је била 0 cm, 3 cm, 6 cm, 0 cm, 3 cm, 6 cm..., с тим да између десетог и једанаестог, двадесетог и двадест првог итд. вагона растојање буде 10 cm.

Расподела ходава кочних цилиндара за сваких пет вагона редом дуж композиције је била 100 mm, 120 mm, 140 mm, 160 mm и 180 mm.

Слика 5. Састав и кочење композиције А₂

6. ИСПИТИВАЊА У МЕСТУ

Испитивања у месту су вршена пре одговарајућих испитивања на прузи:

- тродневна испитивања на празној композицији А₆ (200 осовина),
- дводневна испитивања на делимично натовареној композицији А₂ (150 осовина).

Током ових испитивања су мерењима проверавани:

- Време пуњења ваздушне инсталације композиције са различитим бројем вагона са укљученом и искљученом кочницом. Време пуњења комплетне инсталације композиције није било прописано, већ је бележено као информација.
- Заптивеност комплетне инсталације је проверавана мерењем карактеристичних притисака на пет произвољно изабраних вагона током једног сата после заведеног брзог кочења кад је главни ваздушни вод потпуно испражњен и у откоченом стању када је главни ваздушни вод напуњен и затворена чеона славина ка локомотиви.
- Кочење и откочивање је проверавано мерењима на пет одабраних вагона у композицији. Мерења су спроведена и делимичним утоваром и истоваром вагона ради провере зависности кочне силе и времена кочења и откочивања од оптерећења вагона.
- Мерење пробојне брзине је вршено са различитим бројем укључених и искључених кочница у композицији почев од кочења само првог и последњег вагона до кочења целе композиције.
- Постепеност кочења и откочивања је мерена на пет одабраних вагона у композицији.
- Утицај номиналног притиска у главном ваздушном воду на процес кочења и откочивања је мерен при номиналном притиску од 2, 4 и 6 бар. Испитивање при номиналном притиску у главном ваздушном воду од само 2 бар је са данашње тачке гледишта неуобичајено, ако се има у виду да актуелни прописи захтевају нормалан рад кочнице у области 5±1 бар.
- Утицај разних могућих сметњи, пре свега незаптивности инсталације, је вршен на начин договорен током испитивања, јер у захтевима нису били постављени фиксни критеријуми.

- Утицај некочених вагона на рад кочнице је требало испитати да би се утврдила најдужа група некочених вагона која не омета нормалан рад кочнице на осталим вагонима.
- Мерење стварних притисака кочних папуча на точак на одабраним вагонима са различитим степеном товарења и на сваком од тих вагона по два мерења са сваким од три подешена хода клипа: најкраћим, средњим и најдужим.

7. ИСПИТИВАЊА НА РАВНИЧАРСКОЈ ПРУЗИ

Ова испитивања су обављана на прузи Загреб – Јастребарско – Карловац и назад, током девет радних дана са свих осам састава возова наведеним у табели 1 и са свим предвиђеним комбинацијама укључених и искључених кочница.

Југословенске државне железнице су морале да израде ред вожње тако да се испитивања у правцу Карловца, потпуно несметано могу обављати од 9 до 12:30h, а у повратку у правцу Загреба између 14 и 17:30h. Оне су такође биле задужене да после сваког кочења, у року од 3 минута свим члановима поткомисије доставе резултате: брзину из које је кочено, зауставни пут или растојање од задатог места заустављања, пробојну брзину, време кочења и број кугли које су пале. На тај начин је требало да се уз многобројна кочења одржи предвиђена сатница испитивања.

На сваком мерном месту је посматрач из поткомисије на крају сваке вожње стављао свој печат, узимао траке и формуларе са записима резултата и предавао их руководиоцу испитивања.

Са сваком композицијом је при томе изведено по 31 кочење према унапред утврђеном плану. Од тога је било по 17 брзих кочења, 9 нормалних кочења и 5 регулационих кочења са задатим смањењем брзине, без заустављања. Брзине из којих се кочи су биле дефинисане за свако кочење и износиле су од 10 до 60 km/h.

Дуж пруге су на местима почетка сваког планираног кочења постављене одговарајуће табле, а почев од тог места су постављене ознаке на сваких 25 m које су служиле за допунско мерење зауставног пута. На местима почетка кочења је локомотива морала да буде са што отворенијим регулатором, тј. са што већом вучном снагом. У случају брзог кочења, машиновођа је у тренутку проласка његове кабине крај табле са ознаком, брзо окретао кочник у положај брзог кочења и иза тога враћао регулатор у нулти положај, тј. искључивао вучу. Учешће било какве допунске кочнице није било дозвољено, а све ручне кочнице су морале бити пломбиране у откоченом положају.

По заустављању је метарском пантљиком утврђен положај кабине машиновође од најближе 25-метарске ознаке како би се утврдио зауставни пут. Зауставни пут који су измерила мерна кола је служио за контролу. Запис брзине са локомотиве у тренутку завођења кочења је такође поређен са брзином која је измерена са мерним колима.

У случају нормалног кочења, такође је постојала табла за почетак кочења и циљ је био да машиновођа заустави композицију на жељеном, обележеном месту. По заустављању је мерено растојање кабине машиновође од жељене тачке заустављања.

Током заустављања излазак из композиције је био дозвољен само члановима поткомисије који су вршили мерење зауставног пута. Такође, без одобрења руководиоца испитивања, нису смеле да се на вагонима врше никакве интервенције током испитивања.

При регулационом кочењу је воз поред одговарајуће табле морао са откоченом кочницом да прође задатом брзином и до друге задате ознаке је машиновођа морао да смањи брзину на задати ниво, без заустављања.

Осим тога изведено је неколико кочења у случају опасности. Ова кочења су вршена без знања машиновође и вршио их је руководиоца испитивања на местима где се остала мерења нису реметила.

8. ИСПИТИВАЊА НА ПАДУ

Ова испитивања су изведена на прузи Загреб – Сушак (данашња Ријека), на деоници између станица Лич и Сушак. Одлика ове деонице, дуге 35 km, је да на готово целој дужини има пад од 25%.

Испитивања су састављена од две групе:

- четири испитивања са четири потпуна кочења и три брза кочења током вожње. У оквиру тога, иза једног потпуног кочења из 30 km/h се воз што брже откочује и не кочи се даље до постизања 35 km/h, када се заводи брзо кочење. Индиректна кочница локомотиве је искључена. Директна кочница, ако је могуће, не треба да се користи. Прописане су брзине 15, 30 или 35 km/h, које машиновођа на одређеним деловима пруге треба да одржава и из којих се спроводе кочења.
- пет испитивања током којих се брзина све време током спуштања одржава на 35 km/h, са само једним брзим кочењем на пад од 25 %. Индиректна кочница локомотиве је искључена. Употреба директне кочнице локомотиве је забрањена.

У оба случаја је по једно испитивање било спроведено са кочником Божић, а остала са кочником Westinghaus. На појединим вагонима су уз пломбиране ручне кочнице били распоређени кочничари. Они су смели да активирају ручне кочнице само на специјални знак са локомотиве (практично, само у случају непредвиђене ситуације).

За разлику од вожњи на равничарској прузи, мерења на првом и последњем вагону се врше све време испитивања. Евидентира се број кугли које падну током сваког кочења, као и време када је дошло до пада. Одмах потом се кугле враћају на своје место.

Током испитивања са једним брзим кочењем, мери се време откочивања тј. минимално време за које машиновођа може поново да покрене композицију. Такође, током тог времена треба измерити температуре на што више точкова.

9. НАЈВАЖНИЈИ РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА 1927. ГОДИНЕ

Током испитивања 1927. године, од 33 постављена захтева описана у поглављу 1, више захтева није испуњено или делимично није испуњено, а и у неколико

случајева, где је захтев формално био испуњен, поткомисија је коментарисала нежељена одступања која су се појављивала.

При смањеном номиналном притиску (захтев бр. 5) се догађало да и до 30% празних вагона на крају композиције не закочи. У више случајева је констатовано препуњавање радне коморе, после чега се ти вагони нису могли откочити враћањем притиска у главном ваздушном воду на номинални (везано за захтев бр. 6).

Приликом испитивања у месту, на композицији празних вагона, зависно од броја укључених кочница, добијене су пробојне брзине од 75 m/s до 98 m/s. Током испитивања у возњи пробојне брзине су се кретале од 76 m/s у случају композиције празних вагона до 100 m/s у случају делимично или потпуно натоварене композиције. Поткомисија је констатовала да су распоредници били мање осетљиви у случају празних вагона, што је утицало на мање пробојне брзине. Констатовано је да скоро у свим случајевима пробојна брзина лежи испод прописаног минимума од 100 m/s (захтев бр. 7).

Захтев бр. 11 да брзи наскок притиска не сме да пређе 20% од максималног притиска, као и да време кочења треба да износи од 28 до 60 s, није испуњен. Код товарених вагона наскок је често износио и до 30%. Код празних вагона наскок је био спор и код неких вагона је постизан тек после 25 s. Због тога се време кочења протезало и до 110 s.

Поткомисија је сматрала да је то последица чињенице да се регулација максималног притиска у цилиндру врши калибрисаним отвором променљивог прстенастог пресека. Тиме се постизала врло добра пропорционалност крајње кочне силе са оптерећењем вагона. Међутим, из истог разлога је време протичања ваздуха такође било обрнуто пропорционално оптерећењу, па су времена до наскока и до постизања максималног притиска у цилиндру код празних вагона била сувише дуга. То је практично утицало и на неиспуњење неколико других захтева.

Није испуњен ни други део захтева број 12, где се тражило да времена до постизања максималног притиска у кочном цилиндру буду приближно једнака за празан и товарен вагон.

Није испуњен захтев број 13 о минималној кочености од 50% код празних вагона. Код товарених вагона (захтев бр. 14) је било варијација у кочености код једнаких оптерећења вагона.

Време откочивања (захтев бр. 16) је код појединачних празних вагона било знатно дуже него код товарених и износило је и до 150 s, што је изнад захтеване горње границе од 110 s. Откочивање је од почетка према крају композиције било све дуже, што је машиновођа морао да решава таласима надпритиска и за целу композицију је трајало 4 до 5 минута. Таласи надпритиска су, међутим, доводили до препуњавања радних комора на челу воза, што је био још један значајан проблем током испитивања 1927. године. У неким случајевима се догађало да поједини празни вагони уопште до краја не откоче.

Захтев 19 да сви пребацивачи буду лако доступни са обе стране вагона делимично није испуњен, јер је кочница имала један са једне стране вагона неприступачан пребацивач са положајима „искључена кочница“, „кочник

Божић“ и „кочник Westinghaus“. Осим тога је поткомисија сматрала да је постојање таквог пребацивача начелно проблематично, пошто железничко особље по правилу не зна који кочник има локомотива. Пошто се показало да кочница са распоредником Божић може да ради несметано у положају Westinghaus, препоручено је да се положај ручице „Божић“ избаци, тј. да остану само положаји „кочница укључена“ и „кочница искључена“.

У погледу захтева 21 који се односи на неправилности у раду кочнице, подкомисија је оценила да распоредник Божић садржи неколико осетљивих делова. Детаљно је анализирао елементе распоредника и констатовала да неки од њих могу да се делимично или потпуно запуше при раду, код неких су често биле присутне незаптивености итд., због чега је у току испитивања у неким случајевима долазило до неправилности у раду кочнице.

Захтев 23 везан за кочну опрему локомотиве делимично није био испуњен јер је у вожњи прекорачено захтевано време кочења. Такође је кочни цилиндар имао један преструјни канал, што захтевима није било дозвољено и у једном случају је водило отказивању кочнице због истицања ваздуха.

Изузев јаких трзаја код композиције са празним вагонима захтев 24 је испуњен. Захтев 27 да кочница не сме да изазове јаке уздужне трзаје у неким случајевима возова са празним вагонима није био задовољен. Ово је повезано са већ наведеним проблемима око кочења празних вагона.

Захтев 29 да кочница не сме да изазове штетне ударе је сматран испуњеним, мада се у току испитивања два пута догодило кидање вучне опреме. Констатовано је да примењена вучна опрема није имала довољну чврстоћу на кидање јер је покидана при сили од приближно 540 kN.

Поткомисија је истакла добру особину кочнице Божић да аутоматски надокнађује губитке ваздуха у кочном цилиндру и помоћном резервоару. Такође је у закључку извештаја констатовано да су испитивања на паду показала врло добре резултате.

С друге стране, комисија је у закључку недостатке објединила на следећи начин:

- недовољан наскок, кашњење или чак изостанак кочења на крају композиције са празним вагонима,
- сувише мала пробојна брзина у случају празних вагона,
- прекорачење времена кочења и откочивања у неким случајевима, нарочито код празних вагона,
- лоша видљивост искључне славине и проблем због три положаја у односу на уобичајена два,
- проблеми у регулисању кочнице (због осетљивих делова) и честе незаптивености.

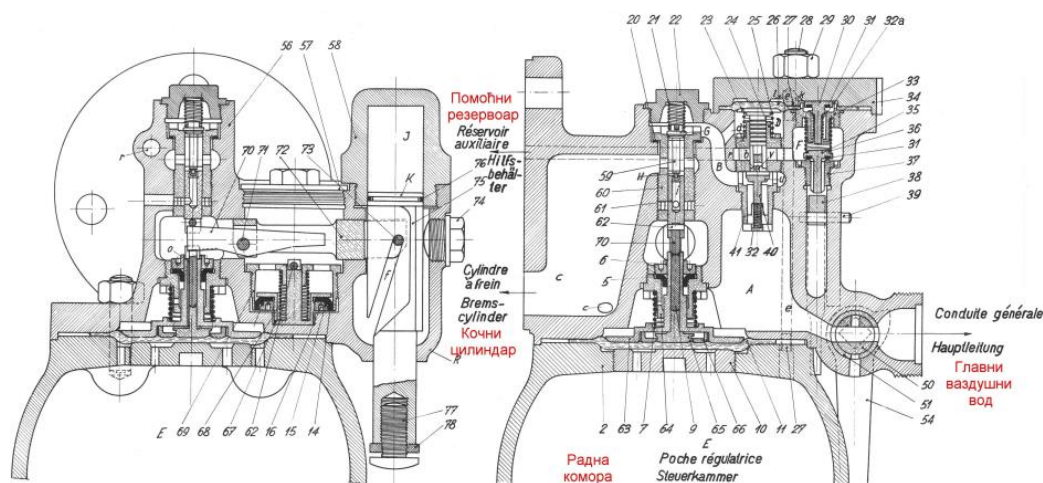
Због тога поткомисија није могла да дâ предлог за прихватање кочнице у тадашњем облику, али је предложила да се изведу побољшања и да се потом спроведу допунска испитивања.

10. ИЗМЕНЕ У КОНСТРУКЦИЈИ РАСПОРЕДНИКА

Кочница Божић која је испитивана, као главне подклопове је имала кочник Божић тип А, и три типа распоредника: тип С – са мењачем "Теретни-56

Путнички", тип D – са аутоматским прилагођавањем кочне силе оптерећењу и тип F – са троположајним ручним пребацивачем ("Празан – Полунатоварен – Натоварен").

Мада многобројни недостаци наведени у претходном поглављу делују озбиљно, очигледно је да је Божић веома добро разумео све механизме који су доводили до проблема. Он је успео у току само неколико месеци после испитивања 1927. године да осмисли и спроведе измене на конструкцији распоредника, како би се сви наведени проблеми решили. Распоредник типа D са изменама је приказан на слици 6. Главне измене су биле на улазном вентилу – 40 и на вентилу за пуњење радне коморе – 30.



Слика 6. Кочник Божић, типа D

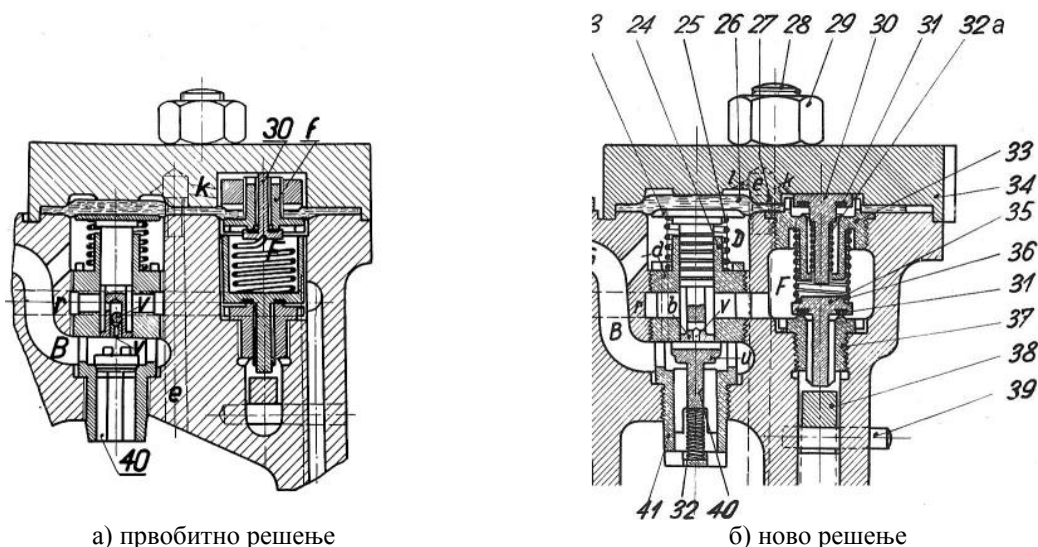
У првобитном решењу (слика 7а) је ваздух из главног ваздушног вода преко улазног вентила – 40 пролазио кроз канал "v" преко неповратног лоптастог вентила "V", а онда каналом "r" пунио с једне стране помоћни резервоар, а са друге простор "F". Вентил "f" се подизао и преко канала "k" и "e" пунио радну комору. Када се заврши пуњење и притисци у главном ваздушном воду, помоћном резервоару и радној комори изједначе, затварали су се улазни вентил – 40, вентил "V" и вентил "f". У случају препуњавања, повишени притисак у радној комори се због затворених вентила није могао спустити обарањем притиска у главном ваздушном воду, већ само повлачењем ручице за откочивање на вагону.

У новом решењу (слика 7б) се помоћу еластичне опруге – 32 улазни вентил – 40 малом силом држи у отвореном стању. Кроз калибрисани канал "v" који сада нема лоптасти неповратни вентил, пуни се помоћни резервоар на једној и простор "F" на другој страни. Пречник овог канала је повећан у односу на претходну верзију. Вентил – 30 се у новом решењу такође држи отворен малом силом помоћу нове слабе опруге – 32а. Преко њега се кроз канале "k" и "e" пуни радна комора.

После препуњавања се у овом случају лаганим обарањем притиска у главном ваздушном воду смањује притисак и у радној комори, пошто опруга – 32 држи

вентил – 30 у отвореном стању, а опруга – 32а улазни вентил према главном ваздушном воду. Пошто у каналу "v" нема више лоптастог вентила, преко њега се при препуњавању лагано изједначава и притисак у помоћном резервоару.

У случају кочења је пад притиска у главном ваздушном воду бржи и већи, па разлика притисака затвара вентил – 32 и тада распоредник нормално ради на принципу три распоредна притиска.



а) првобитно решење

б) ново решење

Слика 7. Измене на распореднику

Друга измена је додата опруга – 68 са слике 6, чиме је умањен негативан утицај противклипа – 67 на распоредни клип 63 на почетку кочења. На тај начин је значајно повећана осетљивост кочнице нарочито у случају празних вагона.

Преструјни канали који су постојали у кочном цилиндру при испитивањима 1927. године су затворени.

Пребацивач „Укључено-Искључено“, који је при првим испитивањима имао и трећи положај који се користио само када је на локомотиви кочник „Божић“, сада је изостављен, јер се показало да распоредник и са кочником „Божић“ у положају „Укључено“ ради без сметњи.

У Јануару 1928. су Југословенске државне железнице обавестиле поткомисију да су припремиле ново испитивање са наведеним изменама и побољшањима којима се недостаци наведени у извештају из 1927. године отклањају.

11. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА 1928. ГОДИНЕ

Поткомитет је саставио програм допунских испитивања у коме су углавном поновљена општа испитивања кочнице у месту и она испитивања у возњи којима је требало доказати да су ранији недостатци отклоњени. Ова испитивања су обављена између 3. и 13. јула 1928. године, на истим деоницама пруге као и годину дана раније.

Као резултат тих испитивања поткомисија је у свом извештају детаљно коментарисала све тачке у којима су се при претходним испитивањима појавили недостаци.

Захтев 5: Измене на распореднику су повећале наскок и неосетљивост у случају кочења празних вагона. При притисцима у главном ваздушном воду између 2 и 6 bar, ни у једном случају се више није догодило да изостане наскок и да кочница не закочи.

Захтев 6: Констатовано је да је проблем препуњавања радне коморе решен применом двостраног вентила који повезује радну комору са главним ваздушним водом и захваљујући еластичним опругама које држе вентил у полуотвореном стању, дозвољавајући изједначавање притиска у радној комори при довољно лаганом обарању притиска у главном ваздушном воду после таласа надпритиска.

Захтев 7: Захваљујући мерама на смањењу унутрашњих отпора у распореднику, повећана је осетљивост и пробојна брзина. При испитивањима у месту су сада постигнуте средње пробојне брзине између 114 и 140 m/s у случају композиција са празним вагонима и 151 m/s када је воз састављен од натоварених вагона. У возњи су измерене средње пробојне брзине од 115 m/s у случају празних вагона до 136 m/s у случају делимично натовареног воза.

Захтев 8: Наведене мере су довеле до тога да је максимални притисак при брзом кочењу и постепеном кочењу до потпуног кочења био готово идентичан.

Захтев 9: Разлика у потребном паду притиска да би се остварило степенасто кочење у случају празног и натовареног вагона сада је била приближно једнака. Ни у једном случају се није појавило нежељено кочење неког вагона.

Захтев 11: Наскок код празних и натоварених вагона се мало разликовао и сведен је у захтевану границу од 20%. Раније велике разлике у временима кочења које су при првим испитивањима биле изван задатих граница су сведене у дозвољене оквире, тако да је овај Захтев испуњен. Поткомисија је приметила да регулација времена кочења мора да се обавља веома пажљиво.

Захтев 12: Поткомисија је констатовала веома добру пропорционалност између оптерећења и максималног притиска у кочном цилиндру. И ако су времена кочења на истом вагону варијирала зависно од хода клипа и степена натоварености, констатовано је да су те варијације биле у дозвољеним границама.

Захтев 13: Коченост празних вагона је постигнута унутар захтеваних граница.

Захтев 14: Коченост натоварених вагона, изузев ретких изузетака, је постигнута унутар захтеваних граница.

Захтев 16: Констатовано је знатно побољшање у односу на прва испитивања, мада је примећена и разлика између вагона са идентичним оптерећењем и ходовима клипа. Времена откочивања појединачних вагона су сведена у дозвољене границе. Времена откочивања воза су са 4-5 минута смањена на нешто више од 3 минута. Посебно је констатовано да нема више препуњавања радне коморе које је имало раније нежељене последице.

Захтев 17: Повећањем калибрисаног отвора за прво пуњење помоћног резервоара и другим мерама је време првог пуњења сведено на 5 минута.

Захтев 19: Одбацивањем посебног положаја за укључену кочницу када се управља Божић кочником и променом положаја ручица овај захтев је испуњен. У погледу полужног уређаја за подешавање кочног притиска од оптерећења вагона, поткомисија је констатовала мање недостатке и препоручила да се они у будућности отклоне.

Захтев 21: Спроведеним изменама је неправилан рад распоредника сведен на појединачне изузетке.

Захтев 24: Захтев је испуњен и за возове са празним вагонима.

Захтев 25: Захваљујући повећаној пробојној брзини заставни путеви су били краћи него при првим испитивањима и знатно испод граничних вредности.

Захтев 26: Захваљујући повећаној пробојној брзини и равномернијем кочењу вагона уздужни трзаји су знатно смањени упркос чињеници да су заставни путеви били краћи.

Захтев 29: Није било штетних утицаја.

На основу ових резултата поткомитет је констатовао да кочница Божић задовољава постављене захтеве, сама или у комбинацији са Westinghaus или Kunze-Кнопг кочницом и да се може одобрити за примену на теретним вагонима у међународном саобраћају.

Мада је током испитивања провераван и рад брзодејствујуће "Р" кочнице, у извештају она није посебно обрађена. Пошто за ту врсту кочнице нису постојали прописани захтеви за испитивање све до после другог светског рата, подразумевало се да је и та врста кочнице Божић одобрена.

12. ЗАКЉУЧАК

Извештај о типском испитивању кочнице Божић представља техничко сведочанство о једном изузетном проналазачком и инжењерском подухвату. Пре готово деведесет година Добривоје Божић се захваљујући сарадњи и подршци Југословенских државних железница упустио у један грандиозан подухват какав је био примерен само технички много развијенијим земљама. Колико су била напредна техничка решења Божић кочнице сведочи чињеница да се возила опремљена овом кочницом још и данас могу користити у железничком саобраћају.

Том врстом кочнице се додуше данас не могу више опремати нова или реконструисана возила, јер су пнеуматске кочнице у протеклим деценијама значајно напредовале. Тај напредак је великим делом остварен на бази решења кочнице Божић, која на жалост касније није усавршавана. Остаје међутим у историји железничке кочне технике забележено да је код кочнице Божић:

- први пут практично реализован принцип рада са три радна притиска, који је основа свих модерних кочница (истовремено са кочницом Drolshammer),
- повећана пробојна брзина до 150 m/s,
- постигнуто постепено откочивање воза,
- постигнута неисцрпност кочнице при узастопним кочењима на дугим падовима,
- решен проблем препуњавања радне коморе,

- постигнуто аутоматско прилагођавање силе кочења у зависности од оптерећења,
- конструисан кочник веома лак за употребу и фино регулисање кочне силе.

Са данашње тачке гледишта, патентирање идеје како практично реализовати принцип кочнице са три радна притиска, затим развој свих подсклопова кочнице – посебно више варијанти распоредника, реализација прототипова, производња и уградња кочнице на 100 двоосовинских вагона, спровођење обимних и дуготрајних испитивања, измене у конструкцији после прве серије испитивања, добијање одобрења за употребу у међународном железничком саобраћају и на крају примена на великом броју железничких возила, стављају Добривоја Божића на пиједестал убедљиво најзначајнијег инжењера и проналазача у области железничког машинства Србије и једног од уопште најзначајнијих машинских инжењера у Србији.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bericht des Bremsunterausschusses für die durchgehende Güterzugbremse, Ergebnisse der Versuche mit der Božićbremse, Internationaler Eisenbahnverband, V Ausschuss, Bern, September 1928.
- [2] Патент: DE322153C , Steuerventil fuer Einkammer-Druckluftbremsen, Publication date 21 Jun 1920, Filing date 4 Nov 1913, Dobriwoje Bozitsch Dipl Ing
- [3] Јосип Швагел, Кочнице на железничким возилима, Завод за новинско издавачку и пропагандну делатност ЗЈЖ, Београд 1962.
- [4] Патент: US 1420237 A compressed air continuous brake system for passenger or freight trains. Publication date June 20, 1922., Filing date Mar. 1, 1922,- Dobriwoje Bozic
- [5] Патент: US 15336922 A Accelerator, Publication date April 14, 1925., Filing date Nov 5, 1923,- Dobriwoje Bozic
- [6] Патент: US 1571506 A Quick-action triple valve, Publication date Feb 2, 1926, Filing date Oct 4, 1923, Dobriwoje Bozic
- [7] Патент: AU 1923014908 Improvements in valves for fluid pressure railway brakes, Filed on 24/10/1923, Dobriwoje Bozic
- [8] Патент: US 1679 348 Distributor for fluid-pressure brakes, Publication date Aug 7 1928, 1927, Filing date Feb 23, 1927, Dobriwoje, Bozic
- [9] Патент: US 1527127 Compressed-air brake for railway vehicles and the like, Publication date Feb 17, 1925, Filing date Aug 16, 1924, Ivar Drolshammer
- [10] Патент: US 1536 527 Railway brake, Publication date May 5, 1925, Filing date May 26, 1923, Ivar Drolshammer
- [11] Патент: US 1602 656 Compressed air brake, Publication date Oct 12, 1926, Filing date Aug 27, 1925, Ivar Drolshammer
- [12] UIC 543, Brakes - Regulations governing the equipment of trailing stock, Edition no.14, February 2014, Appendices A.1 and A.2, Updated 1.2.2016.
- [13] Simić, G., Milković, D., Radulović, S., Report of brake performance test of Sdggmrss wagon, No: 13.04-125, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, March 2016.
- [14] Simić, G., Milković, D., Failure analysis of block brake unit support of EMU, 26th DanubiaAdria, Symposium, Proceedings, pp 215-216, Montanuniversitat, Leoben, Austria, 2009.

- [15] Radulović, S., Simić, G., Milković, D., Lučanin, V., Tanasković, J., Influence of measurement method and data processing on the results of brake performance test, Railcon 16, Niš, 13-14.10.2014; in „Proceedings“, Faculty of mechanical engineering Niš, pp. 33-36.
- [16] G. Simić, V. Lučanin, J. Tanasković, M. Radović, Experimental research of characteristics of shock absorbers of impact energy of passenger coaches, Experimental Techniques, (2009) vol. 33, br. 4, str. 29-35.
- [17] Milković, D., Simić, G., Jakovljević, Ž., Tanasković, J., Lučanin, V., Wayside system for wheel–rail contact forces measurements, Measurement 46, pp. 3308-3318, 2013