

МІНІСТЕРСТВО ПРОМИСЛОВОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ  
Державне підприємство  
“Український науково-дослідний інститут вагонобудування”

Збірник наукових праць  
**РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ  
СКЛАД**

Випуск 9

Кременчук 2013

## Зміст

### РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

<i>А.В. Донченко</i> Стратегія розвитку транспортного машинобудування для залізниць України.....	4
<i>В.С. Олещак</i> Определение потребности в грузовых вагонах на перспективу в условиях современных рыночных отношений.....	13
<i>І.В. Гладких</i> Тенденції у створенні екологічно безпечного рухомого складу у 2012 році або екологічні переваги залізничного транспорту.....	19
<i>Г.С. Игнатов, А.А. Мельник, А.А. Сулим, В.Р. Распопин, П.А. Хозя, В.В. Федоров</i> Электрооборудование двухсистемного электропоезда ЕКр1 для межрегионального сообщения.....	24
<i>В.Р. Распопин, А.С. Сиора, А.А. Мельник, П.А. Хозя, В.В. Федоров</i> Разработка программного обеспечения для измерения и анализа гармонических составляющих рельсовых токов.....	31
<i>В.С. Василенко, Ю.Я. Водяников</i> Программный комплекс для экспериментального исследования тормозных систем единиц подвижного состава железных дорог..	38
<i>Ю.Я. Водяников, Т.В. Шелейко, А.М. Сафронов</i> Автоматизация расчета неопределенности измерений характеристик тормозной эффективности вагонов.....	48
<i>А.В. Донченко, Ю.Я. Водяников, А.В. Гречко, О.Л. Корабельников</i> До питання оцінки надійності гальмівних систем рухомого складу залізниць.....	57
<i>І.В. Музыка, В.О. Подзоров</i> Побудова внутрішнього госпрозрахунку в сучасних умовах.....	60
<i>Ю.Я. Водяников, С.А. Павлов, А.Е. Можейко, Д.А. Донченко</i> Учет переходных процессов торможения пассажирских вагонов с колодочными тормозами.....	63
<i>А.В. Донченко, Д.В. Федосов-Никонов, О.В. Орлов, М.И. Соляник, С.В. Долинский</i> Экспериментальное исследование конструкции длиннобазной платформы.....	71
<i>О.В. Орлов, А.В. Донченко, Д.В. Федосов-Никонов, М.И. Соляник</i> Исследования конструкции полувагонов при ресурсных испытаниях соударением.....	74
<i>Д.В. Федосов-Никонов, А.В. Донченко, О.В. Орлов, А.Н. Стринжа, И.И. Федорак</i> О ресурсе вагонов-хопперов.....	78

УДК 629.04

*А.В. Донченко*

### СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

*В статті наведені стратегічні напрямки розвитку вітчизняного транспортно-машинобудування на перспективу.*

Транспорт відіграє одну з ключових ролей у стратегії розвитку держави. Стійкість економічного зростання може бути досягнута тільки при стабільній чіткій взаємодії усіх ланок, а саме, виробництва рухомого складу, інфраструктури, логістичних процесів, в тому числі і перевізного процесу. В Україні транспортна діяльність робить суттєвий вклад у створення валової додаткової вартості. Згідно даних, наведених у [1], частка валової доданої вартості становить 13%, а вартість основних засобів виробництва – біля 35 % від загальної вартості потенціалу країни, середньооблікова чисельність штатних працівників галузі складає понад 935 тис. осіб. Наведені дані свідчать про нагальну необхідність проведення комплексних заходів стосовно розвитку транспортної галузі.

Стратегія розвитку залізничної галузі передбачає реалізацію цілого ряду інфраструктурних і транспортних проектів, у першу чергу розмежування пасажирських і вантажних залізничних маршрутів, створення та впровадження високошвидкісного руху, продовження розбудови транспортних коридорів, що забезпечать більш ефективне сполучення між Європою та Азією через територію України.

Основним завданням сьогодення є інтегрування залізничної галузі України в європейську та світову мережу. Для цього необхідним стає виконання вимог євростандартів, застосування електронного документообігу та електронного підпису при залізничних міжнародних і внутрішніх перевезеннях. У зв'язку з цим особливо актуальним є питання модернізації залізничної галузі України з метою відповідності її європейським стандартам щодо рухомого складу для експлуатації як на колії 1520 мм, так і на колії 1435 мм. При цьому основними вимогами до рухомого складу є швидкість та якість перевезення вантажів, особливо тих, що швидко псуються. На новий рівень необхідно піднімати вимоги щодо пасажирського рухомого складу. До основних завдань щодо рухомого складу, окрім різкого підвищення швидкості руху та комфортності, з метою збільшення його надійності та економічності й збереження, а також гарантування безпеки руху при цьому належить розмежування вантажного та пасажирського рухомого складу залізниць. У теперішній час актуальними є питання оновлення рухомого складу, який знаходиться у вкрай зношеному робочому стані. За даними різних офіційних джерел інформації, зношеність основних засобів досягла близько 90%, знос тепловозів досягає 97-99 %, електровозів - понад 90 %, така ж зношеність і приміського рухомого складу. На рівні 85-90 % знаходиться зношеність вантажного рухомого складу.

© *А.В. Донченко, 2013*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Вищевикладене свідчить, що відповідним чином повинен перебудовуватися і машинобудівний комплекс України для задоволення нових потреб залізничного транспорту. Як відомо, сьогодні машинобудівна галузь для залізничного транспорту зорієнтована на експорт. Обсяги експорту рухомого складу підприємств України складають понад 80 %. У машинобудівному комплексі України були зосереджені значні промислові потужності для виготовлення продукції вагонобудування та тепловозобудування. Близько 60 % від загального обсягу виробництва вантажних вагонів та близько 80% тепловозів у СРСП поставлялись виробничим комплексом України.

Завдання галузі полягає в забезпеченні виробництва сучасного рухомого складу та іншого обладнання для залізничного транспорту і міського господарства, в тому числі в перспективі для швидкісного та високошвидкісного залізничного транспорту, модернізації інфраструктури залізниць для забезпечення швидкісного руху поїздів.

Необхідно відзначити, що як власне збереження галузі транспортного машинобудування, так і політика в сфері управління якістю на підприємствах цієї галузі переживають етап становлення і цей процес неперервно зв'язаний зі створенням та освоєнням нової продукції.

У розвинутих країнах світу саморозвиток транспортного комплексу відбувається за наступними напрямками:

- створення високими темпами нових моделей та поколінь продукції;
- ефективне застосування принципово нових машин, матеріалів, комплектуючих, технологічних систем;
- випуск конкурентоспроможної продукції, здатної задовольнити потреби секторів економіки, від яких залежить безпека держави та споживчого ринку, і одним з найбільших секторів, що забезпечує їх надійне функціонування, є залізничний транспорт;
- здатність виробництва до широкого впровадження науково-технічних досягнень, високий рівень транснаціональної інтеграції науки, технологій та промислового виробництва, домінування наукоємних галузей;
- забезпечення значного рівня розвитку інформаційної, впроваджувальної, транспортної, постачально-збутової інфраструктури;
- раціональне впровадження ресурсозберігаючих та відновлювальних технологій;
- забезпечення високого рівня екологічної безпеки;
- досягнення оптимального співвідношення ефективного функціонування державного і приватного секторів промисловості.

Основними принципами державної політики в секторі транспортного машинобудування є:

- забезпечення національних інтересів;
- соціальна й економічна спрямованість реформування транспортного машинобудування;
- поєднання державного регулювання з ринковими механізмами саморегуляції;
- програмно-цільовий підхід до вирішення завдань щодо політики транспортного машинобудування;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

- поглиблення процесів інтеграції у світову економіку, насамперед євроінтеграції.

Реалізація викладених принципів полягає у створенні належних умов для розвитку сектора транспортного машинобудування, де ринкові механізми діють неефективно, на ринкових засадах із одночасним посиленням державного регулювання.

Передбачається:

- прискорити інституційні перетворення по утвердженню конкурентного середовища;

- забезпечити конкурентоспроможність залізничної техніки через реалізацію її інноваційного шляху розвитку, формування нових технічних укладів, підтримку розвитку наукоємних виробництв;

- прискорити та забезпечити збільшення обсягу експорту, в першу чергу наукоємної продукції;

- провести структурну перебудову виробництва, стимулювати його оновлення, забезпечити випереджаючий розвиток широкомасштабної модернізації шляхом оновлення основних засобів транспортної галузі.

Зростаючий попит на транспортні послуги з боку вітчизняних та іноземних користувачів за даними, наведеними у [1], не може бути повністю задоволений без кардинального оновлення рухомого складу. Реальне оновлення парку вантажних вагонів (сьогодні інвентарний парк налічує близько 120 тис. вантажних вагонів), навіть при падінні обсягів перевезень вантажів у найближчі роки, призведе до їх дефіциту, а при збільшенні обсягів перевезень у перспективі - до невикористання потенційних можливостей, особливо щодо експортних вантажних перевезень. Так, наприклад, тільки у першому півріччі 2011 р. ДП «Свердловськантрацит» недоотримало 6650 вагонів або 15,4 % від планової цифри. Внаслідок цього підприємство самостійно здійснювало ремонт вагонів та нерационально витрачало великі обсяги матеріальних ресурсів.

За оцінками експертів станом на кінець 2011 р. 6000 піввагонів необхідно було замінити новими. Окрім того, значна кількість вагонів не може експлуатуватися внаслідок незадовільного технічного стану та потребує оновлення.

На підставі викладеного знаходить підтвердження вимога якомога скорішої реалізації завдань, поставлених у роботах [2, 3]. Ними були розроблені вимоги до конструкцій рухомого складу нового покоління, а саме:

- підвищення продуктивності на 18-20 %;
- збільшення осьового навантаження не менше ніж на 7 %;
- зменшення питомої металоконструкції на 10 %;
- економія енерговитрат на експлуатацію до 20 %;
- зменшення капітальних вкладень на закупівлю рухомого складу з одночасним освоєнням планових перевезень не менше ніж на 5 %;
- економія експлуатаційних витрат не менше ніж на 5 %;
- підвищення надійності конструкцій, широке застосування технічної діагностики і неруйнівного контролю, збільшення міжремонтних пробігів та мото-ресурсу.

Провідними машинобудівними підприємствами України, насамперед такими, як ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», ПАТ «Стаханівський вагонобудівний завод», ПАТ «Дніпровагонмаш», ПАТ «Азовмаш», протягом 2009 – 2012 рр.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

створені конструкції вагонів, що відповідають зазначеним вимогам. Технічні характеристики вагонів нового покоління України наведені в табл. 1. Але для серійного виробництва зазначених вагонів промисловість України повинна найближчим часом виконати роботи за наступними напрямками:

- освоїти нові конструкційні сталі;
- освоїти нові ливарні сталі, які повинні мати стабільний коефіцієнт запасу міцності на втому 2,0 та зменшити масу візка на 15 %;
- налагодити серійний випуск вітчизняних касетних підшипників та інших конструкцій підшипників з аналогічними характеристиками;
- освоїти сучасне виробництво зносостійких елементів візків, фрикційних клинів та ковзунів з термічно обробленого високоміцнісного чавуна;
- освоїти виробництво поліуретанових деталей візків;
- освоїти виробництво зносостійких полімерних втулок важільної передачі з пробігом 800 тис. км;
- створити сучасні автозчепи, що вирішуватимуть проблему різниці осей та надійності зчеплення;
- опрацювати технології захисту від зносу тертям елементів вагона (автозчеп, хомут, клин, центруюча балочка і т. і.);
- розробити та освоїти виробництво поглинальних апаратів;
- розробити та освоїти виробництво нових гальмівних систем вагонів;
- розробити та освоїти сімейство візків вантажних вагонів для різних типів вагонів.

*Таблиця 1. Технічні характеристики вагонів України нового покоління*

Найменування параметрів та розмірність	Напів-вагон ПАТ «КВБЗ»	Вагон для зерна ПАТ «КВБЗ»	Напів-вагон ПАТ «СВЗ»	Напів-вагон ПАТ Дизельний завод»	Напів-вагон ПАТ «Дніпро-вагон-маш»	Напів-вагон ТОВ «Софія-Інвест»	Напів-вагон ПАТ «Азов-маш»	Вагон-цистерна ПАТ «Азов-маш»
	Значення параметра							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажо-підйомність, т	≥75	≥75	77	≥75,5	≥73,5	75	77	73,5
Маса тари, т	24	24	23	24,5	24	24,5	23	26
Максимальне розрахункове навантаження від колісної пари на рейку, кН	245,25	245	245,25	245,25	245,25	245,25	245,25	245
Об'єм кузова, м <sup>3</sup>	90	116	90	90	90	90	95	86,5
Довжина по осям зчеплення, мм	13920	14720	13920	13930	13920	13920	13920	12020

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Габарит за ГОСТ 9238	1-ВМ	1-ВМ	1-ВМ	1-ВМ	1-Т	1-ВМ	1-Т	1-ВМ
Конструкційна швидкість, км/год	120	120	120	120	120	120	120	120

Сьогодні частина перелічених напрямків виконана повністю або частково, частину необхідно виконати. Промисловість України досягла значних успіхів у плані розвитку та освоєння конструкцій пасажирських вагонів. Загальними вимогами для всіх типів пасажирських вагонів передбачено:

- створення вагонів в габариті 1-ВМ;
- довжина кузова – 26100 мм, база – 19000 мм;
- швидкість руху – від 160 до 200 км/год;
- коефіцієнт плавності руху – не вище 2,8;
- мінімальний термін служби – 30 років, із кузовом з нержавіючої сталі – 40 років;
- міжремонтний пробіг – 450 000 км до першого деповського ремонту, а після побудови - до 900 000 км.

Сьогодні ПАТ «КВБЗ» створений ряд пасажирських поїздів з технічними характеристиками, що перевищують за своїм рівнем наведені вимоги та характеристики ВАТ «Тверський вагонобудівний завод» (ВАТ «ТВЗ»). Технічні характеристики окремих типів пасажирських вагонів виробництва ПАТ «КВБЗ» та ВАТ «ТВЗ» наведені в табл. 2.

**Таблиця 2. Технічні характеристики окремих типів пасажирських вагонів виробництва ПАТ «КВБЗ» та ВАТ «ТВЗ»**

Найменування показника та розмірність	Купейний спальний 61-779 ЭГ	Купейний спальний СВ 61-779 ЭГА	Купейний спальний 61-788А	Купейний спальний 61-788Б	Відкритий з сидіннями 61-779Д	Вагони пасажирські 61-7062-7065	Купейний спальний 61-4179 (РФ)	Відкритий з сидіннями 61-828 (РФ)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Довжина вагона по осям автотягачу, мм	25696	26696	26696	26696	26696	26696	24536	24536
Ширина кузова, мм	3021	3021	3021	3021	3021	3420	3105	3105
Конструктивна швидкість, км/год	160	160	160	160	160	160/200	160	160
Маса тари	59	59	59	59	59	55	56,7	50,3
Кількість купе	10	10	9	9	немає	немає	9	немає
Місце	40	20	36	18	68	60-112	36	60
Тип візка	68-007/ (13)	68-007/ (13)	68-007/ 13	68-007/ 7013	68-065/ 4066	-	68-065/ 4066	68-875/ 876
Плавність руху	2,8	2,8	2,8	2,8	3,0	2,8	3,1	3,1
Термін служби	30	30	30	30	30	50	28	28

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Як видно з табл. 2, технічні характеристики вагонів ПАТ «КВБЗ» переважають аналогічні показники вагонів виробництва ВАТ «ТВЗ».

Сьогодні на ПАТ «КВБЗ» створений двохсистемний електропоїзд, що може розвивати швидкість до 200 км/год і більше. Основні технічні характеристики цього поїзда наведені в табл. 3 [4].

**Таблиця 3. Технічні характеристики двохсистемного електропоїзда виробництва ПАТ «КВБЗ»**

Найменування параметрів, розмірність	Нормативні значення для моделей вагонів поїзда				
	62-7066	62-7067	62-7068	62-7069	62-7070
1	2	3	4	5	6
Кількість вагонів в поїзді, шт.	2	2	3	1	1
Маса тари, т	80	57			
Маса поїзда, т	560				
Питома матеріалоємність вагона, т/місце	4	0,859	0,585	1,1	0,491
Довжина вагона, мм	26696				
База вагона, мм	19000				
База візка, мм	2560				
Габарит	Т				
Конструктивна швидкість, км/год	160/200				
Плавність руху	2,8 (норма) 2,3 (фактично)				
Загальна чисельність пасажирських місць, з них	20	64	94	47	112
місць бізнес класу	-	64	-	-	-
місць економ класу	20	-	94	45	-
місць для перевезення пасажирів-інвалідів в колясках	-	-	-	2	-
Привід: тип кріплення потужність (тривала), кВт передавальне відношення	Опорно-рамне 500-550 4,8309				
Гальмо	Дискове				

Актуальною залишається проблема оновлення локомотивного парку, при цьому в першу чергу необхідно вирішувати питання щодо створення сучасних електровозів подвійного живлення. Найближчим часом необхідно виконати в повному обсязі заходи, зазначені в Постанові КМУ від 01.08.11 № 840 [5], щодо планів оновлення парку локомотивів у період до 2016 р. Згідно з цією програмою до 2016 р. необхідно буде придбати 509 одиниць тягового рухомого складу. Станом на 01.01.12 р. передбачалось списати біля 80% електропоїздів та 93% дизель-поїздів.

Стратегічним напрямком розвитку транспорту є також мультимодальні перевезення. Цей вид перевезень є важливим як для внутрішніх вантажних перевезень, так і для міжнародних. Основна роль тут відводиться контрейлерним перевезенням. Слід відзначити, що контрейлерні перевезення дорожчі за перевезення вантажів в контейнерах, але в перспективі вони будуть складати серйозну конкуренцію іншим



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

видам залізничних вантажних перевезень. Разом із тим, розвитку контрейлерних та контейнерних перевезень необхідно приділяти належну увагу, так як майбутнє саме за цим видом вантажних перевезень.

Застосування перспективних конструкційних матеріалів для виробництва сучасних локомотивів та вагонів є одним з визначальних факторів підвищення вантажопідйомності, надійності, терміну служби та міжремонтних періодів експлуатації, а також зменшення експлуатаційних витрат на утримання рухомого складу.

Стратегічними напрямками в галузі створення і освоєння нових марок сталей для виробництва рухомого складу слід вважати наступні:

- створення литих та прокатних сталей з підвищеною втомною міцністю, високою експлуатаційною надійністю, а для елементів візків - зносостійкістю та коефіцієнтом запасу на втому не менше 2,0;
- створення металопрокату підвищеної міцності (клас міцності не нижче 450) і корозійної стійкості з метою збільшення терміну служби та підвищення маси тари вантажних вагонів без збільшення маси тари;
- розробка та освоєння виробництва економно легованих нержавіючих сталей підвищеної міцності.

Для створення конструкцій вагонів нового покоління, підвищення їх міцносних показників, зокрема втомної міцності, пропонується створення економічних конструкційних сталей з необхідними міцносними характеристиками (гарантованим класом міцності 420) з використанням азотних лігатур на базі феросплавів та отримання прокату підвищеної міцності на металургійних підприємствах України. Прокат із карбонітридним зміцненням призначається для виготовлення вантажних вагонів нового покоління, які повинні мати підвищену міцність та корозійну стійкість. Прокат повинен бути розрахований на використання в галузі вагонобудування в межах країн СНД без обмежень.

В подальшому необхідно продовжити дослідження по використанню бейнітних сталей та суперсплавів на основі нікелю або нікелю і заліза. Останні дослідження дозволять підвищити надійність та якість коліс і рейок, що є головними складовими в комплексі забезпечення безпечної експлуатації рухомого складу залізниць, та підвищити в декілька раз довговічність коліс і рейок, збільшити на 15-20% контактнотомлену міцність та зменшити на 20-30% опір їх зносу.

Стратегічним напрямком є продовження робіт щодо освоєння матеріалів для локомотивобудування, виробництва пасажирських вагонів і моторвагонного рухомого складу, передусім пасажирського парку, а саме: виробів складного геометричного поперечного профілю, облицювальних панелей опорядження салонів, каркасних елементів крісел, підлокітників, столиків тощо, вентиляційних решіток, елементів опорядження душових модулів і туалетів, лотків кабельних трас, елементів монтажу трубопроводів, щільникових панелей, оглядових люків, панелей-розсіювачів люмінесцентного освітлення, матеріалів для створення метало-пластикових композицій та металоармованих конструкцій тощо. Специфічними вимогами є: екологічна, санітарно-гігієнічна та пожежна безпека; здатність зберігати властивості, мінімум до капітального ремонту рухомого складу; висока механічна міцність; вібраційна стійкість; стійкість до дії світла, пилу і вологи; збереження декоративно-естетичних якостей; здатність до безпечної утилізації після закінчення терміну служби.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Стратегічно важливими є напрямки освоєння промислового виробництва визначеної номенклатури довгомірних екструдованих профілів зі складним поперечним перерізом з алюмінієвих сплавів, а також відпрацювання технологій, що дозволяють перейти до виробництва широкоформатних екструдованих профілів з алюмінієвих сплавів для зовнішніх несучих елементів кузовів пасажирських вагонів та вагонів моторвагонного рухомого складу. Виробництво вітчизняної імпортозамінюючої продукції, створення технологій виробництва склопакетів, а також використання нових технологій в санітарно-гігієнічних модулях, технологій підготовки поверхонь кородуючих металевих матеріалів до склеювання як з металевими, так і з неметалевими матеріалами, а також підготовки до нанесення лакофарбових, гальванічних та полімерних покриттів, технологій нерознімних з'єднань на основі клейових композицій.

На підставі викладеного можна сформулювати стратегічні напрямки по забезпеченню безпеки на об'єктах залізничного транспорту, а саме:

- удосконалення основних положень державної політики та нормативно-правової бази гарантування безпеки інфраструктури залізничного транспорту та їх реалізація;
- розробка комплексу заходів з реалізації положень державної політики та пріоритетних напрямків гарантування безпеки на залізничному транспорті України;
- визначення негативних явищ безпеки об'єктів залізничної техніки;
- розробка системних вимог щодо гарантування безпеки об'єктів інфраструктури залізничного транспорту;
- розробка методичних, методологічних та практичних методів вирішення завдань щодо гарантування безпеки функціонування транспортної системи України;
- розробка переліку критеріїв для поєднання об'єктів залізничного транспорту в групи з метою зниження витрат на забезпечення безпеки шляхом типізації та стандартизації;
- розробка заходів щодо мобілізаційної готовності об'єктів інфраструктури залізничного транспорту на випадок надзвичайних ситуацій;
- розробка та адаптація новітніх технологій та програмно-апаратних засобів гарантування безпеки, у тому числі пасивних та активних засобів захисту критично важливих об'єктів та об'єктів інфраструктури залізничного транспорту, які можуть створити загрозу, та створення автоматизованої системи моніторингу стану управління безпекою таких об'єктів.

Стратегічно важливими залишаються питання щодо принципів та механізмів державного регулювання в монопольному, тимчасово монопольному та конкурентному сегментах ринків послуг на залізничному транспорті, що є невід'ємним елементом забезпечення економічної і політичної незалежності держави.

Стратегія розвитку наукових досліджень залізничного транспорту повинна рухатися за наступними напрямками:

- розробка комплексу технічних регламентів, які мають вимоги щодо гарантування безпеки та охорони навколишнього середовища, до об'єктів технічного регулювання на залізничному транспорті;
- розробка нормативно-методичної бази розрахунків параметрів експлуатаційної готовності, міцності, надійності та безпеки ресурсу рухомого складу та інфраструктури транспортно-логістичного комплексу залізниць;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

- розробка нових технічних вимог на продукцію та до нормативної бази взаємодії з виробниками (постачальниками) на основі менеджменту управління якістю.

Для цього необхідно в першу чергу передбачити:

- роботи щодо розробки математичних моделей розвитку інфраструктури залізничного транспорту;

- створення нормативної бази збереження та експлуатації об'єктів інфраструктури залізничного транспорту;

- розробку комплексних перспективних рішень щодо реконструкції інфраструктури залізниць України для допуску до експлуатації рухомого складу з осьовим навантаженням 25тс;

- застосування комплексних рішень щодо об'єктів, які рідко обслуговуються, за допомогою систем автоматизації, зв'язку та систем енергозабезпечення;

- зниження питомих витрат на обслуговування інфраструктури залізничного транспорту понад 20%.

Управління рухом поїздів з одночасним гарантуванням безпеки передбачає виконання наступних робіт:

- управління рухом на основі супутникових технологій та автоматичної ідентифікації рухомого складу;

- впровадження комп'ютерних систем управління у взаємодії з цифровими радіоканалами;

- автоматичне управління локомотивами при проведенні маневрових робіт;

- впровадження діагностичних станцій та діагностичних систем у пунктах обслуговування та на межі кінцевих маршрутів;

- забезпечення названих систем програмним забезпеченням в частині безпеки на відповідність міжнародних стандартів.

Стратегічним напрямком є розділення залізниць на окремі колії для перевезення вантажів та пасажирів швидкісним транспортом. З метою забезпечення високошвидкісного руху необхідно передбачити системи технічного обслуговування швидкісної та високошвидкісної інфраструктури й рухомого складу шляхом створення відповідних сервісних центрів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Прейгер Д.К. Стратегічні напрямки розвитку транспортної галузі України у післякризовий період. Аналітична доповідь / Д.К. Прейгер, О.В. Собкевич, О.Ю. Ємельянов. – К.: Національний інститут стратегічних досліджень, 2011. - 48 с.

2. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки. Затверджена наказом Мінтрансзв'язку України від 14.10.2008 р. № 1259.

3. Державна програма розвитку машинобудування на 2008-2011 рр. Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 18.04.2006 р. № 516. - 9 с.

4. Програма оновлення локомотивного парку залізниць України на 2012-2016 рр. Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.2011 р. № 840. - 2 с.

5. Игнатов Г.С. Межрегиональный двухсистемный электропоезд / Г.С. Игнатов, В.В. Пронин, П.М. Томица, А.А. Гречкин, С.В. Бондаренко, О.О. Пятаков, С.А. Охматенко. – Кременчуг: ВАТ «Крюківський вагонобудівний завод», 2012. - 345 с.

УДК 629. 463. 658. 711. 2

**В.С. Олещак**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ГРУЗОВЫХ ВАГОНАХ НА ПЕРСПЕКТИВУ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ

*Рассматривается вариант определения потребности в вагонах на ближайшую перспективу с учетом изменения средней статической нагрузки по типу вагона и выбыванию из парка вагонов с законченным сроком службы после технического диагностирования, а также предлагается учитывать ошибку прогноза при определении объемов перевозок на перспективу.*

С ростом валового внутреннего продукта (ВВП) в Украине, объемов транзитных перевозок, грузооборот постоянно возрастает, что обуславливает необходимость повышения эффективности использования подвижного состава. В последнее время грузовой вагонный парк пополнялся за счет резерва с длительного хранения. Однако, в вагонном парке страны около 80% подвижного состава с законченным сроком службы. После проведения технического диагностирования вагонов с законченным нормативным сроком службы и выполнения соответствующего ремонта, необходимое количество вагонов поступало в эксплуатационный парк. Однако в ближайшее время парк длительного хранения в основном будет ликвидирован (часть вагонов будет списана по техническому состоянию и сроку службы, часть после технической диагностики и соответствующего ремонта пойдёт в эксплуатацию). Поэтому уже сейчас актуальным стоит вопрос пополнения рабочего парка подвижным составом нового поколения.

В условиях сложившихся рыночных отношений - конкуренции, резких колебаний объемов производства, эффективность перевозочного процесса во многом зависит от правильно выбранного оптимального количества единиц подвижного состава и эффективности его использования.

В статье предлагается один из вариантов определения потребности в вагонах на перевозку грузов на ближайшую перспективу с учетом изменения средней статической нагрузки по типу вагона.

Величина потребности в вагонах выражается функциональной зависимостью от основных параметров – объема перевозок  $V(T)$ , средней статической нагрузки  $P_{ст}(T)$ , оборота вагона  $Q(T)$  и глубины прогнозируемого периода  $T$ :

$$N(T) = f(V(T), P_{ст}(T), Q(T)) . \quad (1)$$

В свою очередь, период  $T$  представляется в виде суммы интервалов  $\Delta t$ , определяющих минимальную величину отчетного периода (1 год)

$$T = k \times \Delta t , \quad (2)$$

где:  $k$  - число временных интервалов,

© **В.С. Олещак, 2013**

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

тогда количество поставок вагонов на конец периода  $T$  определится в соответствии с формулой:

$$\Pi(T) = \sum_{i=1}^K \left[ \frac{N_i(\Delta t) - \Pi_{ин.г}^i(\Delta t)}{1 - 0,5/T} - \Pi_{ис.г}^i(\Delta t) \right], \quad (3)$$

где:  $N_i(\Delta t)$  - потребность вагонов на планируемый период, ед.;

$\Pi_{ин.г}^i(\Delta t)$  - инвентарное наличие вагонов на  $i$ -ом интервале;

$\Pi_{ис.г}^i(\Delta t)$  - количество вагонов, намечаемое к исключению на планируемый период в  $i$ -ом интервале из инвентарного парка в связи с техническим состоянием по истечению срока службы или срока технического диагностирования.

Величина  $N_i(\Delta t)$  определяется из учёта общего размера среднесуточной погрузки по вагонам различных типов, времени оборота вагона в данном интервале  $\Delta t$  и потребности в них для прочих нужд.

После несложных математических преобразований выражение для  $N_i(\Delta t)$  может быть представлено в виде:

$$N_i(\Delta t) = \frac{Q_i(\Delta t)}{365 \cdot p_{icm}^{cp}} \times A_i(\Delta t), \quad (4)$$

где:  $Q_i(\Delta t)$  - объём перевозок груза в  $i$ -ом интервале;

$P_{icm}^{cp}(\Delta t)$  - средняя статическая нагрузка, соответствующая  $i$ -му интервалу;

$$A_i(\Delta t) = 1,145 \cdot K_{np} \cdot Q_i(\Delta t) + 0,018 \cdot Q_i(\Delta t) + 0,042, \quad (5)$$

где:  $K_{np}$  - коэффициент неравномерности использования вагонов ( $K_{np} = 1,2$ );

$Q_i(\Delta t)$  - оборот вагона, соответствующий  $i$ -му интервалу.

Средняя статическая нагрузка устанавливается расчётным путём и определяется, в зависимости от универсальности вагона, по формуле:

$$P_{icm}^{cp} = \frac{\sum_K a_{ik}(\Delta t)}{P_i(\Delta t) \sum_K \frac{a_{ik}(\Delta t)}{\lambda_i(\Delta t)}}, \quad (6)$$

где:  $a_{ik}(\Delta t)$  - абсолютное количество или доля  $k$ -го груза;

$P_i(\Delta t)$  - грузоподъёмность  $i$ -го типа вагона;

$\lambda_i(\Delta t)$  - коэффициент использования грузоподъёмности.

Для определения объёма перевозок  $i$ -ым типом вагона со средней статической нагрузкой  $P_{icm}$  на планируемый период  $\Delta t$  требуется анализ динамики изменения объёма перевозок за предшествующие периоды основываясь на [1].

В этой связи рекомендуется определять объёмы перевозок на перспективный период аналитическим методом, исходя из общей концепции развития ВВП и соответственно объёма перевозок с учетом характера прошлого развития прогнозируемого ВВП.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Прогноз объёма перевозок на глубину 5-10 лет базируется на анализе изменения объёмов производства отдельных видов грузов за предшествующий период, при этом достигается точная количественная оценка тенденции на основе математико-статистических методов. Основываясь на анализе развития основных отраслей ВВП, устанавливался характер изменения тенденции на прогнозируемый период, на основании которого в первоначальный прогноз вносились соответствующие качественные коррективы.

Так, для случая, когда проявляется сильная корреляционная связь между фактором-аргументом (годом) и прогнозируемым показателем (объёмом перевозок), линия регрессии значима, а отклонение последних наблюдений от прогнозируемой линии регрессии не существенно. Обработка ведётся известными статистическими методами [2].

Уравнение линии регрессии определяется по формуле:

$$Y = B_0 + B_1 \cdot X, \quad (7)$$

где:  $B_0$ ,  $B_1$  - расчетные коэффициенты линии регрессии.

Предварительно проверяется по критерию  $\chi^2$  соответствие распределения фактических объёмов перевозок нормальному закону. «Оценкой сверху» прогнозируемого объёма служит верхний 70%-ный доверительный интервал, а «оценкой снизу» - нижний 70%-ный доверительный интервал.

Однако, в случае, когда корреляционная связь сильна, линия регрессии значима, но последние наблюдения (фактические данные) существенно отличаются от прогнозируемых, информационная ценность исходных данных неравнозначна. Для придания последним наблюдениям наибольшего веса используется процедура экспоненциального сглаживания за счёт одного параметра  $\alpha$ , который вычислялся как функция длины предыстории LP, на которой зарегистрировано устойчивое изменение интенсивности роста исследуемой переменной. При этом наблюдаемый переменный ряд разбивается на два периода. На длине первого периода (так называемая длина предыстории LP=1) определяется тенденция изменения объёмов перевозок. И далее с помощью этой модели осуществляется прогнозирование переменной на длине второго периода (K). Сравнение фактических уровней с прогнозируемыми позволяет оценить относительную величину ошибки прогноза, представленную в виде:

$$\Delta_k^n = (Y_{i-p} - Y_{i-p}^{ip}) / Y_{i-p}^{ip}, \quad (8)$$

которая является величиной случайной и определяется соответствующим законом распределения, характер и параметры которого устанавливаются при достаточно большом числе наблюдений.

Для получения исходной информации устанавливаем длину предыстории LP, равную, например, пяти годам. По данным этого периода рассчитывается линия регрессии по формуле (7). Подставляя в это уравнение значение t, равное LP+1, LP+2,... LP+K (K-глубина прогноза) получаем прогнозируемые значения объёмов перевозок на все последующие годы второго периода. Зная фактические уровни объёмов перевозок, получим K = i-LP значений ошибки прогноза  $\Delta_k^n$ . Сдвигая период предыстории последовательно на один год, определяется прогноз на первый, второй и т.д. годы

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

до конца исследуемого периода. Соответствующие им значения ошибки прогноза составляют матрицу относительных ошибок размерностью  $i_x(i - LP + 1)$ . Такая матрица составляется для каждого из рассматриваемых значений  $LP$ .

Среднее значение ошибки прогноза  $\Delta^n = (\sum_{k=i-LP}^i \Delta_k^n) / K$  в соответствии с соответствующим значением длины прогноза ( $K$ ) составляет временный ряд, статистическая обработка которого позволяет вычислить оценки его параметров:

$$q_{LP}^n = q_{LP}^a (1 + \alpha K) \quad , \quad (9)$$

$$\text{где: } q_{LP}^n = B_a^{LP} \quad ; \quad \alpha = B_1^{LP} / B_0^{LP} \quad . \quad (10)$$

Дальнейшая процедура уточнения значений объёмов перевозок на перспективу осуществляется следующим образом:

- вычисляется ошибка прогноза по формуле:

$$q_K^n = q_{LP}^a (1 + \alpha K) \quad , \quad (11)$$

где: индекс  $LP$  обозначает период фактически наблюдаемых объёмов перевозок, на котором интенсивность роста получила устойчивое изменение.

$$q_{LP}^a = \sum \frac{Y_{ip} - Y_{i-ip}}{Y_{ip}} \times \frac{100}{LP} \quad , \quad (12)$$

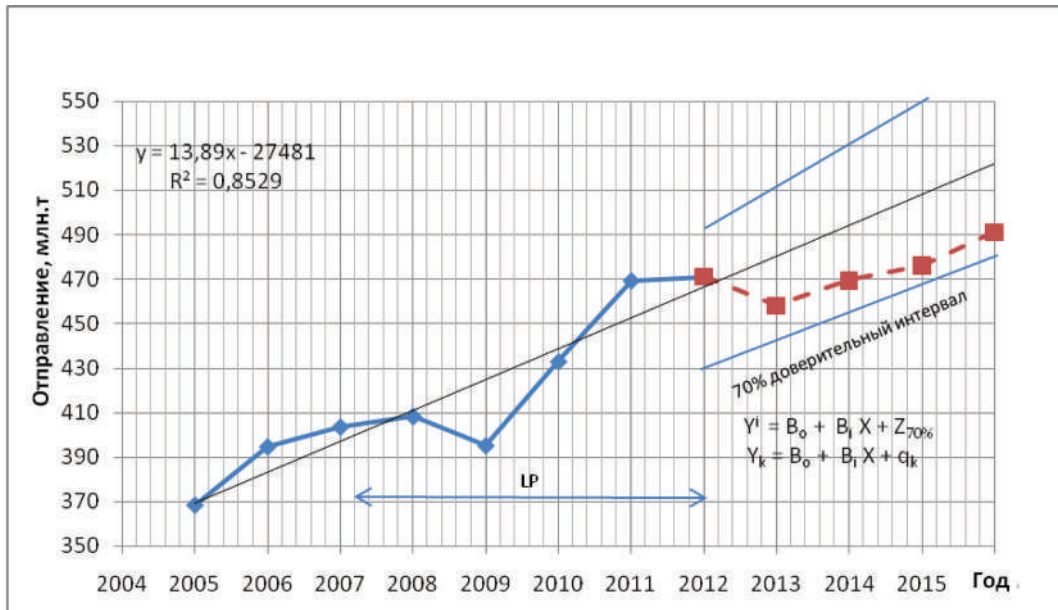
- прогнозируемые значения объёмов перевозок, скорректированные на ошибку  $q_K^n$ . Отсюда, для прогноза на глубину до 5 лет используется модель

$$Y_K = B_0 + B_i X_K + q_K^n \quad . \quad (13)$$

Прогноз на более отдалённую перспективу осуществляется по значениям 70% доверительного интервала выражения (13).

Количественный прогноз более отдалённой перспективы в связи с возможными непредсказуемыми структурно-качественными изменениями ВВП затруднён. Поэтому используются вероятностные оценки качественных изменений тенденций. На рис.1 представлена динамика изменения объёмов перевозок на перспективу.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



*Рис.1. Динамика объемов перевозок на перспективу*

После определения значений перспективных объёмов перевозок предложенным методом и, располагая динамикой изменения времени оборота вагона, расчёт потребности в вагонах может быть представлен в виде следующего алгоритма:

- определяется приращение объёма перевозок груза в  $i$ -ом временном интервале, исходя из запланированного превышения объёма и количества груза, которое было бы перевезено вагонами, подлежащими списанию:

$$\Delta Q = \Delta Q_{nl}^i + \Delta Q_{cn}^i \quad , \quad (14)$$

где:  $\Delta Q_{nl}^i$  - плановое превышение объёма перевозок.

$$\Delta Q_{nl}^i = \Delta Q_i - \Delta Q_{i-1} \quad , \quad (15)$$

$\Delta Q_{cn}^i$  - количество груза, которое было бы перевезено вагонами, подлежащими списанию.

$$\Delta Q_{cn}^i = \Pi_{uc.z}^i \times P_{cm}^{cp}(\Delta t_{i-1}) \times 365 \times A_i \quad , \quad (16)$$

где:  $\Pi_{uc.z}^i$  - количество вагонов, подлежащих списанию в  $i$ -ом интервале в связи с истечением срока службы;

$P_{cm}^{cp}(\Delta t_{i-1})$  - средняя статическая нагрузка в  $i-1$  интервале.



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

$$P_{cm}^{cp}(\Delta t_{i-1}) = \frac{N_{i-1} \times 365}{Q_{i-1} \times A_{i-1}}, \quad (17)$$

здесь  $N_{i-1}$  – потребность вагонов в  $i-1$  интервале;  
 $\Delta Q_{i-1}$  – объём перевозок в  $i$ -ом интервале;  
 $A_{i-1}$  – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки, оборот вагона при известной статической нагрузке вновь изготавливаемых вагонов в  $(P_{cm}^n)$   $i$ -ом интервале.

Потребность в поставках в рассматриваемом интервале определится по формуле:

$$N_n = \frac{\Delta Q_i \times A_i}{P_{cm}^n \times 365} \quad (18)$$

Предложенный расчет потребности в поставках грузовых вагонов на ближайшую перспективу с учетом изменения средней статической нагрузки позволит скорректировать предполагаемые затраты на перевозку грузов железнодорожным транспортом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки : отчет оНИР: ДП «ДНДЦ УЗ», ДП «УкрНДІВ»; – Киев, 2008. – 654 с.
2. Митропольский А.К., Техника статистических вычислений, М. Наука, 1971. 576 с.

УДК 629.4.016.3+504.05

*І.В. Гладких*

### ТЕНДЕНЦІЇ У СТВОРЕННІ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ У 2012 РОЦІ АБО ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

*Приведені результати аналізу тенденцій поліпшення екологічних характеристик залізничного транспорту. Представлено огляд інноваційних розробок компаній виробників у 2012 році для підвищення енергоефективності та зменшення впливу на навколишнє середовище залізничного транспорту.*

Питання скорочення витрат енергетичних ресурсів та зменшення шкідливого впливу залізниць на навколишнє середовище зберігають актуальність протягом кількох десятиліть. Поліпшення екологічних характеристик залізничного транспорту, безумовно, має велике значення.

Залізниці України завдяки енергозберігаючим технологіям за 11 місяців 2012 року заощадили 22,9 тис. тонн енергоресурсів в умовному обчисленні [1]. Як повідомили у Державній адміністрації залізничного транспорту України («Укрзалізниця»), зокрема, зекономлено 37900000 кВт/год електроенергії, 5,5 тис. тонн дизельного палива, 602 тис. куб. м природного газу, 1,7 тис. тонн вугілля, 1,3 тис. Гкал теплової енергії сумарною вартістю 106 900 000 грн. Нагадаємо, Програма енергозбереження на залізничному транспорті України на 2012 рік передбачає економії 24,9 тис. тонн енергоресурсів в умовному обчисленні. «Укрзалізниця» здійснює системну роботу над підвищенням енергоефективності галузі в рамках Комплексної державної програми енергозбереження. У структурі експлуатаційних витрат галузі енергоресурси складають до 21 %, при цьому залізничники мають намір зменшити цей показник до 10 %. У структурі витрат основних видів енергоресурсів переважають електроенергія і дизельне паливо. 73,7 % витрат енергоресурсів галузі припадає на тягу поїздів.

Одна з характерних тенденцій сучасного ринку локомотивів - розширення використання альтернативних джерел енергії та гібридного тягового приводу. Інноваційні розробки у цій галузі ведуть, зокрема, компанія Alstom і оператор інфраструктури залізниць Нідерландів Strukton Rail [2], що експлуатує парк тепловозів.

За даними Alstom, використання гібридного локомотива на базі тепловоза VI00 дозволить скоротити на 30 - 50 % споживання енергії, зменшити на 50 % емісію вуглекислого газу і знизити рівень шуму за рахунок зменшення потужності дизеля і скорочення часу його роботи на холостому ході. Моніторинг та оцінка експлуатаційних показників невеликого парку експериментальних локомотивів будуть мати важливе значення для створення гібридного рухомого складу нового покоління. Реалізація цього проекту була розпочата компанією Alstom в 2009 р.

© *І.В. Гладких, 2013*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

У результаті було розроблено сімейство тривісних локомотивів НЗ, що складається з чотирьох типів: локомотив, який працює тільки від акумуляторних батарей; гібридний локомотив потужністю 700 кВт; локомотив потужністю 700 кВт з двома дизелями та локомотив потужністю 1000 кВт з одним дизелем. Технічні характеристики локомотивів наведено в [3].

Застосування компоновки з трьома моторними осями дозволяє створити локомотив, який має меншу масу, дешевше в експлуатації та обслуговуванні. Однак у зв'язку з особливостями ходових характеристик тривісних локомотивів можливості їх експлуатації обмежені. З урахуванням результатів, проведених фахівцями компанії Alstom досліджень ходової частини зчленованих електропоїздів S-Train, була розроблена ходова частина тривісного локомотива досить великої довжини, здатного розвивати швидкість до 100 км/год (що прийнятно при його використанні і як магістрального) і при цьому вписуватися в криві з мінімальним радіусом 60 м. Сила тяги локомотива досягає 240 кН, що істотно більше в порівнянні з гібридним локомотивом V100 і тим більше з будь-яким з наявних на ринку тривісних маневрових локомотивів. Вартість нового гібридного локомотива вище, однак додаткові витрати компенсуються скороченням експлуатаційних витрат. За оцінками фахівців Alstom, зниження витрати палива перевищить 25 тис. л на рік на один локомотив.

У Нідерландах компанія Strukton Rail Equipment почала експерименти по застосуванню сонячної енергії на рухомому складі залізничного транспорту. Розроблено концепцію використання сонячних батарей на локомотивах. Є кілька вагомих причин для дослідження можливостей застосування сонячної енергії на локомотивах. Екологічні проблеми набувають все більшого значення, в тому числі на залізничному транспорті. Економія енергії і відсутність шкідливих впливів на навколишнє середовище стають важливими факторами, нехтування якими може знизити шанси на отримання нових контрактів. Компанія Strukton Rail розглядає поліпшення екологічних характеристик як шлях до підвищення ефективності використання енергії та скорочення витрат, а випробування сонячних батарей - як новий крок на цьому шляху. Метою випробувань була оцінка скорочення емісії вуглекислого газу, зменшення витрат палива, зниження рівня шуму, підвищення надійності та експлуатаційної готовності.

Протягом декількох місяців після завершення випробувань будуть проведені обробка та аналіз їх результатів, на підставі чого може бути прийняте рішення про оснащення сонячними батареями частини парку локомотивів Strukton Rail, що залишилися. Фахівці компанії розглядають шляхи подальшого розширення використання сонячної енергії на рухомому складі, зокрема на колійних машинах, де широко застосовується живлення від акумуляторних батарей. Залежно від результатів випробувань з 2013 р. може бути розпочато встановлення сонячних батарей на колійних машинах під час їх капітального ремонту.

У рамках інвестиційної програми з впровадження ресурсозберігаючих технологій на залізничному транспорті на вокзалі станції Анапа введена в експлуатацію система сонячних модулів [4], спроектована на базі уніфікованих тонкоплівкових фотоелектричних елементів. На даху вокзальної будівлі розміщені 560 модулів загальною потужністю 70 кВт. Тут же планується впровадити вітряно - генераторну установку номінальною потужністю 50 кВт. При нарощуванні потужності акумуляторних батарей, енергія яких використовується в темний час доби, установки дозволять перетворити міський вокзал в повністю незалежний від зовнішніх джерел енергопостачання.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Використання сонячних панелей і накопичувачів енергії є обов'язковим елементом 46 проєктів міських транспортних адміністрацій США, які отримують гранти за федеральною інвестиційною програмою TIGGER (заходи по зниженню викидів парникових газів та скороченню енергоспоживання) [5].

Зокрема, гранти отримали ряд транспортних адміністрацій міського рейкового транспорту:

- METRO (Фенікс) – 2700000 доларів на пристрій блоку сонячних панелей загальною площею 1300 м<sup>2</sup> на даху навісу над коліями відстою і технічного обслуговування. Навіс закрий вагони трамвая, а сонячні панелі забезпечать більшу частину потреби в енергії;

- TriRail (Південна Флорида) -5700000 доларів на облаштування «зеленої станції» Помпано - Біч сонячними панелями потужністю, що перевищує власні потреби в енергії станційних пристроїв;

- Metra (Чикаго) - 2,2 млн доларів на оснащення 10 пасажирських локомотивів пристроями, що обмежують тривалість роботи на холостому ходу;

- SEPTA (Філадельфія) - 1,4 млн доларів на установку стаціонарних накопичувачів енергії рекуперативного гальмування на підземній лінії Маркет-Франкфорд;

- Sound Transit (Сіетл) - 1,6 млн доларів на монтаж бортових накопичувачів енергії на п'яти вагонах трамвая.

Компанії Linde Material Handling і Zwiehoff отримали третю премію ÖkoGlobe в категорії «Концепція екіпажу» за розробку маневрового тягача Rotrac E2 на комбінованому ході з живленням від акумуляторної батареї [6]. ÖkoGlobe - це перша міжнародна екологічна премія в галузі транспортного машинобудування. Вона оголошується щорічно з 2007 р. по 10 категоріям. «Концепція екіпажу» - це категорія, що охоплює екологічні прогресивні рішення для легкових і вантажних автомобілів, а також для двоколісних транспортних засобів, які не випускаються великими серіями. Тягач, розроблений консорціумом компаній, є першим досвідом створення транспортного засобу на електричній тязі. У маневровій роботі тягач може переміщувати причіпну масу до 250 т.

Norfolk Southern (NS), одна з північноамериканських залізниць першого класу, розглядає різні способи зниження споживання енергоресурсів на тягу поїздів та зменшення виділення шкідливих речовин у навколишнє середовище. У зв'язку з цим фахівці залізниці проявляють цікавість до електричного тягового приводу в різних варіантах виконання.

Між тим, протягом багатьох років експлуатуючи тягові двигуни постійного струму, NS в даний час має тепловози і з двигунами змінного струму. З початку 2011 р. залізниця отримала від компанії Electro Motive Diesel 25 локомотивів типу SD70ACe, а перед цим протягом 3 років компанія General Electric Transportation поставила 91 тепловоз типу ES44ACs. Крім того, у NS залишилося досить велике число тепловозів типу SD80s, що раніше належали колишній залізничній компанії Conrail. Акумуляторні технології і тяговий привід змінного струму лідирують у переліку інновацій, які NS розглядає в якості основи своєї перспективної стратегії енергозбереження. Енергозбереження є нагальною потребою для залізниць Північної Америки, оскільки ціни на паливо неухильно ростуть і в довгостроковій перспективі можлива ситуація глобальної нестачі нафти. Поки цього ще не сталося, але фахівці NS вважають, що для зменшення залежності від дизельного палива необхідний пошук як аль-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

тернативних джерел енергії, так і способів підвищення ефективності використання енергії, вже наявної. В роботі [7] надано детальний опис.

Національне товариство залізниць Франції (SNCF) і підвідомчий йому Центр інжинірингу по рухомому складу (СІМ), що базується в Ле-Мані, вперше в Європі провели в 2007-2010 рр.. великомасштабні експерименти з метою вивчення доцільності застосування біопалива марки В30 [8], як джерела енергії для дизельного рухомого складу за умови збереження тих же експлуатаційних характеристик, що і при роботі на звичайному дизельному паливі. Проведені SNCF експерименти не вирішили всіх поставлених проблем, але дали великий обсяг кількісних і якісних даних, які дозволили прийти до висновку, що біопаливо марки В30 може використовуватися в якості джерела енергії для рухомого складу з дизелями з класичним уприскуванням палива при дотриманні наступних умов:

- встановлення додаткових фільтрів для відокремлення води в паливній системі двигунів;
- забезпечення постійного контролю якості біопалива по всьому логістичному ланцюжку аж до паливного бака;
- часткову зміну набору та обсягу робіт з технічного обслуговування дизельного рухомого складу.

Результати порівняльних випробувань біопалива марки В30 до і після експериментів наведені в роботі [8].

Незважаючи на трохи більшу агресивність біопалива марки В30 у відношенні деяких матеріалів, його застосування не пов'язане з істотними ризиками і не потребує внесення змін у конструкцію двигунів і їх систем.

Екологічні переваги залізничного транспорту недооцінюються, хоча результати численних досліджень показують, що по шкідливим викидам і ефективності споживання енергії він має кращі показники серед усіх видів транспорту. Поки що програє залізничний транспорт лише по одній позиції-рівню випромінюваного шуму.

Над вирішенням цієї проблеми ведуться роботи за декількома напрямками. Незалежна компанія Allianz pro Schiene, що пропагує розвиток екологічного і надійного залізничного транспорту [9], Союз транспортних підприємств (VDV) і Союз підприємств транспортного машинобудування (VDB) Німеччини уклали угоду про спільне створення банку даних «Навколишнє середовище та транспорт», щоб зібрати обґрунтовані показники екологічності кожного з видів транспорту і зробити їх наочно порівнянними. Це дозволить залізничній галузі оперувати єдиними даними і вести будь-які дискусії з використанням незаперечної доказової бази. Банк даних надає ексклюзивно учасникам цих трьох організацій повну інформацію. У банку даних найважливіші екологічні показники по кожному виду транспорту представлені роздільно для пасажирських і вантажних перевезень. У ньому наведено конкретні дані по енергоспоживанню, викидам CO<sup>2</sup>, окислів азоту, неметанових вуглеводнів, SO<sup>2</sup>, частинок сажі, а також дрібнодисперсного пилу. З вантажних перевезень дано показники для залізничного, автомобільного, водного та повітряного транспорту, по пасажирським - для залізничного, автомобільного та повітряного.

Додатково передбачено категорію приміського транспорту. Тут маються на увазі усереднені значення для приміських і регіональних поїздів, трамваїв, вагонів-метро та маршрутних автобусів.

---

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Банк даних «Навколишнє середовище та транспорт» незаперечно свідчить про те, що практично за всіма екологічними показниками залізничний транспорт має переваги. Це відноситься як до вантажних, так і до пасажирських перевезень. Лише за рівнем шуму, який створюється під час руху вантажними поїздами, залізниці не мають переваг: вони мають приблизно такі ж показники, як вантажний автотранспорт. Звідси випливає висновок про необхідність зниження рівня шуму, випромінюваного вантажним залізничним транспортом. Для вирішення цієї проблеми поряд з існуючими шумозахисними заходами (наприклад, зведенням шумозахисних стінок) необхідно забезпечити поглинання шуму в місці його виникнення, а саме в зоні контакту коліс з рейкою при русі рухомого складу. Найбільші можливості відкриває заміна чавунних гальмівних колодок на композиційні. В даний час в Німеччині прийнято рішення про федеральну фінансову підтримку дослідницької програми, у ході якої новими колодками будуть обладнані 5000 вантажних вагонів в основному на лініях в долині Рейну. Актуальна дискусія і про модернізацію залізничної колії з метою зниження до мінімуму шумового випромінювання, а також про введення бонусних виплат за переоснащення рухомого складу.

Дані банку «Навколишнє середовище та транспорт» говорять про те, що вже сьогодні понад 88 % вантажних залізничних перевезень виконуються електричною тягою. У пасажирських залізничних перевезеннях цей показник становить 86 %, а на метрополітені та в системі трамвая - всі 100 %. Значний потенціал поліпшення екологічного балансу в транспортній сфері буде використаний в разі перерозподілу вантажопотоків на користь залізничного транспорту. Міждержавна комісія по контролю за змінами клімату (ІРСС) у звіті за 2007 р. логічно відносить перерозподіл навантаження з автомобільного на залізничний і водний транспорт до найважливіших, швидко здійснених ключових технологічних заходів щодо мінімізації екологічно шкідливих викидів. Для залізничної галузі це означає необхідність реалізації заходів з підвищення ефективності власних технологій і впровадження інновацій.

У зв'язку з цим в галузі транспортної та природоохоронної політики необхідно визначити чіткі цілі - зниження рівня створюваного транспортом шуму, зменшення обсягу шкідливих викидів, підвищення частки енергоефективних і більш екологічних видів транспорту в загальному обсязі перевезень. При цьому необхідно прагнути до поліпшення взаємодії видів транспорту.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Железные дороги Украины за 11 месяцев сэкономили 22,9 тыс. тонн энергоресурсов в условном исчислении. - <http://www.unian.net/products/65>.
2. Альтернативные источники энергии для локомотивов. - Железные дороги мира. - 2012. - № 12. - С. 32 - 36.
3. Аналіз стану світових тенденцій і перспектив розвитку галузі з науково-технічного напрямку „Рейковий рухомий склад залізниць та міського господарства” // Звіт / ДП «УкрНДІВ» - науковий кер. теми Донченко А. В. - м. Кременчук. - 2013 р. - частина 1-5. - 959 с.
4. Солнечные модули в Анапе. - Железные дороги мира. - 2012. - № 8. - С. 1.
5. США: гранты на мероприятия по экономии энергии. - Железные дороги мира. - 2012. - № 3. - С. 3-4.
6. Премия за экологичность маневровому тягачу. - Железные дороги мира. - 2012. - № 12. - С. 8.
7. Электрический тяговый привод по-североамерикански. - Железные дороги мира. - 2012. - № 2. - С. 29-33.
8. Применение биотоплива на железных дорогах Франции. - Железные дороги мира. - 2012. - № 2. - С. 34-39.
9. Железнодорожный транспорт и проблемы экологии. - Железные дороги мира. - 2012. - № 7. - С. 15-18.

УДК 629.423.2-9

*Г.С.Игнатов, А.А.Мельник, А.А.Сулим, В.Р.Распопин, П.А.Хозя, В.В.Федоров*

## ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДВУХСИСТЕМНОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЕКР1 ДЛЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО СООБЩЕНИЯ

*В данной работе рассмотрен состав и особенности основных элементов тягового и вспомогательного электрооборудования.*

В 2012 г. на Публичном акционерном обществе «Крюковский вагоностроительный завод» (далее – ПАО «КВСЗ») создан первый в Украине межрегиональный электропоезд, которому присвоено название ЕКр1 (Электропоезд Крюковский 1-й). Этот современный поезд отвечает требованиям технического задания и действующих нормативных документов. Эксплуатация его на линиях, рассчитанных на движение с эксплуатационной скоростью до 160 км/ч, с уклонами, достигающими 30 ‰, предъявляет высокие требования к электрической части поезда, особенно к системе тягового привода.

Для преодоления расстояния между большими городами, особенно если это расстояние в несколько сотен километров, наиболее приемлемым транспортом по критериям цена, скорость, комфорт и безопасность является железнодорожный транспорт. К сожалению, в Украине на сегодняшний день железнодорожный парк пока не отвечает практически ни одному из данных критериев. Поэтому создание нового, комфортного и, главное, безопасного подвижного состава было приоритетным для отечественного производителя.

К тому же, создание межрегионального электропоезда является первым этапом инвестиционного проекта «Создание ряда (линейки) межрегиональных двухсистемных электропоездов со скоростью движения 160 – 250 километров в час», который Постановлением Кабинета Министров № 839 от 10.09.2012 года [1] включен в «Государственную программу развития внутреннего производства».

### Концепция поезда

Учитывая все требования к инфраструктуре железных дорог Украины, а также принимая во внимание возможности, в первую очередь, отечественных производителей оборудования для подвижного состава, ПАО «КВСЗ» положило в основу проекта хорошо себя зарекомендовавшего в эксплуатации – межрегиональный поезд локомотивной тяги собственного производства.

Электропоезд ЕКр1 представляет собой отдельную мотор-вагонную единицу с питанием от сети переменного тока напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц или от сети постоянного тока напряжением 3 кВ. ЕКр1 рассчитан на эксплуатацию со скоростями до 160 км/ч, с возможностью увеличения эксплуатационной скорости до 200 км/ч.

© *Г.С. Игнатов, А.А. Мельник, А.А. Сулим, В.Р. Распопин, П.А. Хозя, В.В. Федоров, 2013*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

При разработке технического задания ПАО «КВСЗ» особое внимание уделялось высокому уровню комфорта в поезде, в состав которого входят вагоны трех классов: с открытым салоном первого класса (вагоны мод. 62-7067), с открытым салоном второго класса (вагоны мод. 62-7068) и с открытым салоном третьего класса (вагон мод. 62-7070), а также вагон с открытым салоном второго класса с буфетом-баром и с местами для перевозки инвалидов в коляске (вагон мод. 62-7069). В девятивагонном поезде общее количество пассажирских мест составляет 629.

Все вагоны имеют улучшенную тепло- и звукоизоляцию, установки кондиционирования воздуха, в том числе и в кабинах управления.

### **Тяговое электрооборудование**

Тяговое оборудование поезда ЕКр1 сосредоточено лишь в двух головных вагонах с кабинами управления. Данное решение позволяет снизить затраты, а также массу поезда в целом. Также, в случае отказа тягового электрооборудования одного из вагонов, существует возможность продолжить движение с 50 %-ной установленной тяговой мощностью.

Для обеспечения эксплуатационной скорости до 160 км/ч, на электропоезде установлены тяговые электродвигатели суммарной мощностью 4 МВт в номинальном режиме работы и до 5,28 МВт при разгонах в кратковременном режиме [2] (на испытаниях получена мощность 5,36 МВт в кратковременном режиме).

Реализована возможность рекуперативного торможения при наличии на линии потребителей и реостатного торможения при отсутствии таких потребителей.

На рис. 1 приведена принципиальная схема тягового электрооборудования одного головного вагона поезда ЕКр1.

### **Высоковольтное электрооборудование**

Высоковольтное электрооборудование рассчитано на номинальные напряжения 3 кВ постоянного тока и 25 кВ частотой 50 Гц переменного тока. Головной вагон оснащен двумя токоприемниками, соединенными между собой крышевым кабелем. Крышевой кабель имеет ответвления к вакуумному и быстродействующему выключателям, защищающих соответствующие электрические цепи в аварийных ситуациях.

На каждом головном вагоне электропоезда установлены универсальные однорычажные токоприемники типа DSA 250.32 фирмы «STEMMANN-TECHNIK GmbH», Германия. Токоприемники предназначены для эксплуатации со скоростью до 200 км/ч на электрифицированных участках напряжением в сети 3 кВ постоянного тока и 25 кВ частотой 50 Гц. Токоприемники могут работать при движении в обоих направлениях, т.е. коленом вперед или назад, во всем диапазоне скорости. Это свойство обеспечивает высокую эксплуатационную готовность электропоезда.



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

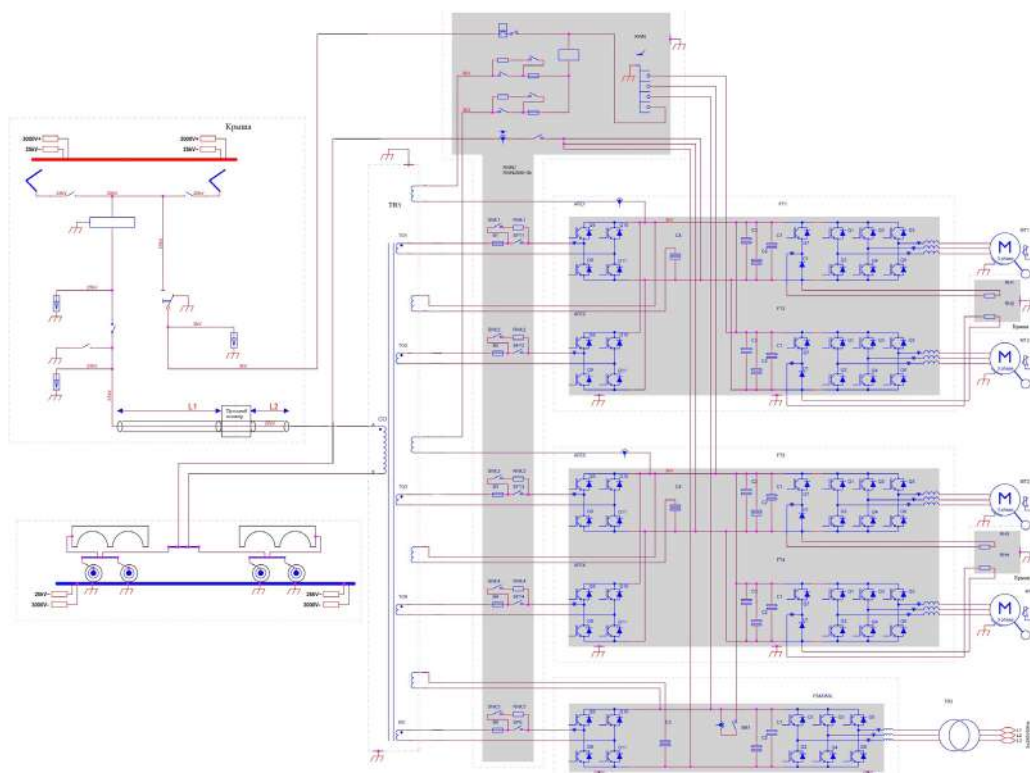


Рис. 1. Принципиальная схема тягового электрооборудования:

TR1 –тяговый трансформатор; СО – сетевая обмотка тягового трансформатора; TO1, TO2, TO3, TO4 – тяговые обмотки тягового трансформатора; ВО – вспомогательная обмотка тягового трансформатора; RWN – распределитель высокого напряжения; AFE – управляемые выпрямители; FT – тяговые инверторы; PSM350 – статический преобразователь напряжения; TR2 – трансформатор собственных нужд; МТ – тяговые электродвигатели; RH – тормозные резисторы

### Тяговый трансформатор

Под кузовом головного вагона установлен тяговый трансформатор типа ОНДЦЭР – 3000/25 – У1 производства ПАО «Укрэлектроапарат», Украина. Несмотря на высокую установленную мощность трансформатора (3000 кВА), его потери относительно невелики. В связи с этим КПД трансформатора высок и составляет 96 %.

Трансформатор имеет четыре вторичные тяговые обмотки (ТО1 – ТО4) и одну вторичную вспомогательную обмотку ВО. Трансформатор обеспечивает понижение высокого напряжения контактной сети до расчетного напряжения (2083 В), которое используется тяговыми инверторами для получения необходимого трехфазного напряжения с изменяемой частотой для питания тяговых электродвигателей, а также преобразователем для получения напряжения  $3 \times 380$  В, 50 Гц для собственных нужд электропоезда [2].

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

### Тяговый инвертор

В машинном отделении головного вагона расположены инверторы для питания тяговых электродвигателей. Они расположены в металлических шкафах и объединены в две группы – для питания 1-го и 2-го двигателей передней тележки, и 3-го и 4-го двигателей задней тележки.

Функционально инвертор состоит из управляемого выпрямителя AFE и непосредственно инвертора FT= $\sim$  3 фазы тока с изменяемым напряжением и частотой. Инвертор включает в себя устройство для обеспечения реостатного торможения, электронный блок управления и диагностики, а также измерительные датчики.

Инвертор имеет разделенные входы: при питании от контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ и при питании от контактной сети постоянного тока напряжением 3 кВ.

Особенностью устройства инвертора является наличие схемы «мягкого» пуска, когда на некоторое время, необходимое для внутренней диагностики и зарядки емкостей, входное напряжение вначале подается через контактор и ограничительный резистор. Если при диагностировании все проверяемые параметры находятся в норме, замыкается линейный контактор и на инвертор подается все входное напряжение [2].

На входе инвертора установлен управляемый выпрямитель AFE, который выпрямляет переменный ток, получаемый из вторичной тяговой обмотки тягового трансформатора.

При рекуперативном торможении управляемый выпрямитель работает как преобразователь  $\sim/\sim$  под управлением блока управления и диагностики. Напряжение подается на вторичную обмотку тягового трансформатора, трансформируется в первичную обмотку и через коммутационную высоковольтную крышевую аппаратуру и токоприемник возвращается в контактную сеть.

При разработке защиты тягового инвертора реализована концепция, заключающаяся не только в контроле температуры компонентов, но и в отслеживании рабочих режимов, не допускающих возникновения перенапряжений и токовых перегрузок.

### Тяговая передача

Блок тяговой передачи состоит из трехфазного асинхронного тягового двигателя TMF 59-39-4 производства австрийской фирмы «TSA», муфты клинового типа с двумя ступенями сцепления для передачи крутящего момента на приводную ось и редуктора «SZH-595» производства немецкой фирмы «VOITH».

Каждый моторный вагон оснащен четырьмя такими тяговыми блоками. Каждая колесная пара вагона имеет свой тяговый двигатель.

Установленная мощность одного тягового электродвигателя равна 500 кВт. Для охлаждения тяговых двигателей передней тележки используются центробежные вентиляторы, которые установлены в машинном отделении. Для обеспечения охлаждения двигателей задней тележки используются подобные вентиляторы, которые установлены на крыше головного вагона в задней части.

В зависимости от теплового режима работы тяговых электродвигателей автоматически изменяется интенсивность подачи охлаждающего воздуха на тяговые электродвигатели, не допускающая перегрев их обмоток. Питание двигателей вен-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

тиляторов каждой тележки осуществляется через преобразователи «OMRON», мощностью 7,5 кВт производства «Hitachi Industrial Equipment Systems», Япония. Управление преобразователями происходит в зависимости от температурных показателей датчиков тяговых электродвигателей.

### **Тормозной резистор**

На крыше головного вагона установлены два блока резисторов, в каждом из которых по два резисторных модуля. Таким образом, на каждый инвертор двигателя используется по одному резистору. Максимальная мощность рассеивания каждого резистора составляет 500 кВт.

Электрический рекуперативный тормоз используется в качестве штатного, а реостатный включается лишь в том случае, если контактная сеть не может принимать рекуперированную энергию, а также при отсутствии электрического соединения с контактной сетью или в моменты нахождения поезда в зоне нейтральной вставки. Тормозные резисторы также используются в системе защиты от перенапряжения.

Резистор состоит из сборок нихромовых лент, которые соединены в серию точечной сваркой. Ленты установлены на изолирующих направляющих с керамическими изоляторами.

### **Вспомогательное электрооборудование**

Вспомогательное электрооборудование обеспечивает: работу тягового электрооборудования в соответствии с их заданными характеристиками; питание цепей управления, питание систем жизнеобеспечения и сервиса; учет потребленной электроэнергии.

Для обеспечения электроэнергией нетягового электрооборудования в электропоезде ЕКр1 используются статические преобразователи и трансформаторы собственных нужд.

Функциональная схема обеспечения электроэнергией нетяговых потребителей представлена на рис. 2.

На каждом головном вагоне имеется преобразователь PSM-350. Преобразователь предназначен для генерации напряжения  $3 \times 380$  В, 50 Гц, необходимого для питания потребителей из подвагонной межвагонной магистрали, а также для потребителей в головных вагонах.

Преобразователь обеспечивает высокую стабильность выходных параметров. Используемые в устройстве полупроводниковые элементы по своим параметрам обеспечивают работоспособность преобразователя при перегрузках. Устройство полностью необслуживаемое – система управления контролирует параметры выходного напряжения и защищает преобразователь в случае продолжительной перегрузки или короткого замыкания в выходных цепях.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

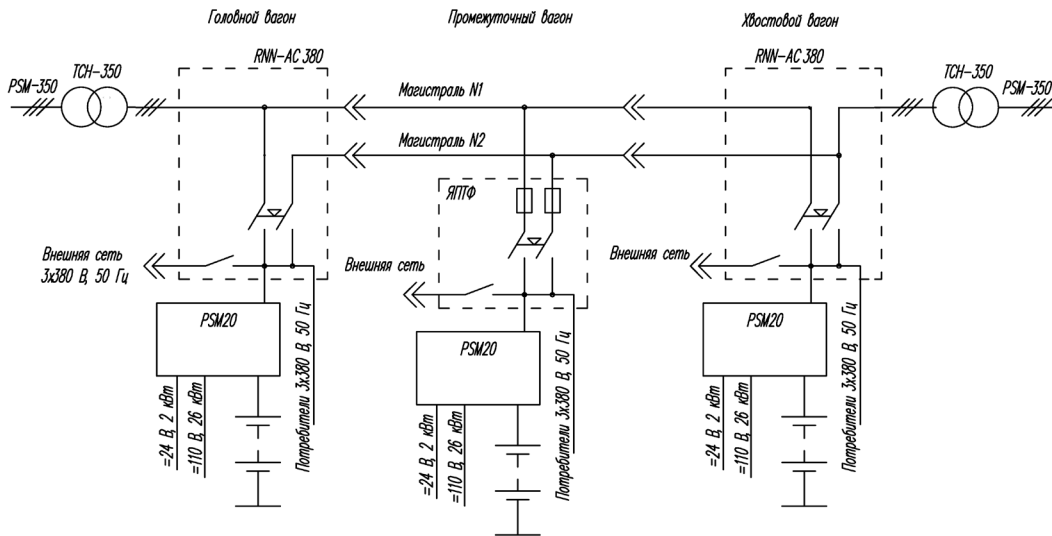


Рис. 2. Функціональна схема забезпечення електроенергією нетягових потребителів

Електрична міжвагонна магістраль подвійна і виконана таким образом, що от преобразователя, расположенного на первом головном вагоне, получает питание одна ветвь магистрали 1, а от преобразователя, установленного на втором головном вагоне, вторая ветвь 2 (см. рис. 2).

На каждом вагоне имеется защитно-коммутационная аппаратура, которая исключает возможность одновременной работы контакторов внешней сети, магистрали 1 и магистрали 2.

Нормальным является режим, когда к одной магистрали подключено пять вагонов, а к другой – четыре вагона.

В случае выхода из строя одного из преобразователей PSM-350, есть возможность подключить все вагоны к одной рабочей магистрали (на испытаниях данный режим был реализован, при этом электрооборудование всех девяти вагонов было в работоспособном состоянии).

Для преобразования напряжения сети 3 фазы 380 В переменного тока с частотой 50 Гц в напряжения 110 В и 24 В постоянного тока предназначен преобразователь напряжения PSM-20, установленный на каждом вагоне поезда. Преобразователь также используется для заряда аккумуляторных батарей.

Трёхфазное напряжение 380 В, 50 Гц от одной из подвагонных магистралей или от промышленной сети на стоянке, через коммутационное устройство подается на вход преобразователя PSM-20. Функционально преобразователь PSM-20 состоит из двух преобразователей AC/DC и DC/DC.

Выходное напряжение преобразователя 110 В поступает через распределительное устройство к потребителям вагона, а также обеспечивает зарядку аккумуляторных батарей.

От батареи вагона через входные фильтры питается преобразователь – DC/DC. Он имеет гальваническую развязку между входом и выходом и питает цепь 24 В.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

### Выводы

ПАО «КВСЗ» совместно с рядом других организаций создало современный поезд ЕКр1. Удачный выбор конструкции для нового поезда, а также эффективное согласование ее с инфраструктурой создали предпосылки для разработки концепции поезда, который, как показали результаты испытаний, можно безопасно и успешно эксплуатировать на существующих железнодорожных путях Украины с максимально допустимыми скоростями.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України «Про внесення змін у додаток 2 до Державної програми розвитку внутрішнього виробництва» від 10 вересня 2012 р. № 839.
2. Игнатов Г.С., Пронин В.В., Томица П.М., Гречкин А.А., Бондаренко С.В., Пятаков О.О., Охматенко С.А. Межрегиональный двухсистемный электропоезд. ПАО «Крюковский вагоностроительный завод», Кременчуг, 2012, 345 с.

УДК 004.4'2

*В.Р. Распопин, А.С. Сиора, А.А. Мельник, П.А. Хозя, В.В. Федоров*

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ РЕЛЬСОВЫХ ТОКОВ

*Приведены алгоритмы совместного частотно-временного анализа, которые могут быть использованы при исследовании гармонических составляющих рельсовых токов. Разработано специализированное программное обеспечение (ПО), которое позволяет проводить измерение и анализ гармонических составляющих рельсовых токов с одновременным сравнением полученных результатов с нормативно допустимыми значениями. Проведены экспериментальные исследования уровня мешающего влияния электрооборудования на рельсовые цепи, путевые устройства сигнализации с использованием предложенного ПО.*

### **Введение**

Гармонические составляющие тока, которые возникают в сети системы тягового электроснабжения, заслуживают особого внимания исследователей. Среди основных причин появления гармонических составляющих в обратном тяговом токе выделяют работу выпрямителей тяговых подстанций постоянного тока и электродвигателей подвижного состава, коммутационные переключения на тяговых подстанциях, смена рода тока, регулирование силы тяги, а также пробой изоляции стационарных питающих кабелей. Гармонические помехи могут привести к ложной свободности (занятости) секций станции, сбоя кодов и других аварийных ситуаций при исправности оборудования рельсовой цепи.

Согласно [1] гармонические составляющие тока электровоза или электропоезда определяют в динамическом спектральном анализе тока, результатом которого является дискретный спектр усредненных за время 300 мс, значимых гармонических составляющих тока в полосе частот 19-5593 Гц.

Вышесказанное свидетельствует о большой актуальности задачи исследования гармонических составляющих тока в рельсовых цепях с усреднением за определенный временной диапазон и обеспечением электромагнитной совместимости устройств автоматики с системой тягового электроснабжения на заданном участке.

### **Постановка задачи**

Таким образом, необходимо разработать специализированное программное обеспечение для обработки и спектрального анализа гармонических составляющих рельсовых токов в системе электроподвижного состава, которое бы обеспечило анализ сигнала при непрерывном и импульсном воздействии тока.

### **Основной материал**

Разрабатываемое программное обеспечение должно обеспечить анализ сигнала во временном и частотном диапазоне с обеспечением минимального шага по обеим шкалам. Преобразование Фурье, в том числе быстрое и дискретное преобразование не могут обеспечить поставленное условие, поскольку у них размер шага во временной и частотной области взаимосвязаны и уменьшение шага по частоте, например до 1Гц, приводит к увеличению шага по времени и наоборот.

© *В.Р. Распопин, А.С. Сиора, А.А. Мельник, П.А. Хозя, В.В. Федоров, 2013*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Очевидно что программное обеспечение должно основываться на одном из алгоритмов совместного частотно-временного анализа [2, 3], среди которых различают: линейные и квадратичные. Классификация существующих алгоритмов совместного частотно-временного анализа (Joint Time-Frequency Analysis) приведена на рис.1.

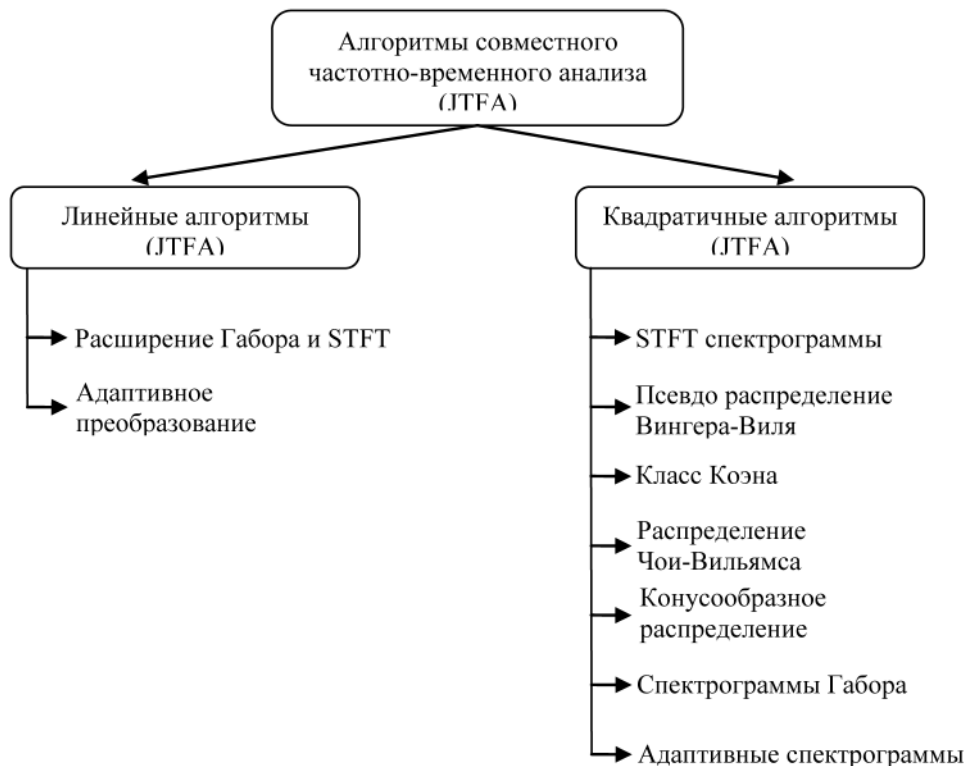


Рис.1. Классификация алгоритмов JTFA

Все перечисленные методы имеют как преимущества, так и недостатки, главным из них является сложность интерпретации полученных результатов. Кроме перечисленных алгоритмов JTFA и Фурье-преобразования, некоторые авторы [4] для эффективного выявления локальных особенностей анализируемого сигнала кривой тягового тока, определяемых характером воздействия высших гармоник, предлагают использовать непрерывное Вейвлет преобразование. Однако, мы считаем, что данный метод не может в полной мере заменить гармонический анализ тока в рельсовых цепях и оценить его распределение по частоте с шагом 1Гц на протяжении всей длительности записи.

На основе изучения описанных выше методов нами было разработано программное обеспечение RailAmp, предназначенное для обработки и анализа гармонических составляющих рельсовых токов.

Для использования в программном обеспечении нами был выбран метод STFT спектрограмм (Short-Time Fourier Transform), поскольку он позволяет извлечь информацию о частоте как о функции времени прямо из интересующего сигнала. Результаты STFT преобразования обычно отображаются в виде спектрограмм или графиков интенсивности. Преобразование STFT позволяет вычислять множествен-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ное преобразование Фурье на сигналах временной области с наложением или без него и определяется по формуле:

$$SP[m\Delta M, n] = \left| \sum_{i=0} s[i]\gamma[i - m\Delta M]e^{-j2\pi ni/N} \right|^2$$

где  $N$  – число частотных бинов;

$\Delta M$  – интервал выборки;

$s[i]$  – функция сигнала;

$\gamma[i]$  – взвешенная сумма частотно-модулированной функции со сдвигом во времени.

Преобразование STFT простое и быстрое, тем не менее, оно подвержено влиянию оконного эффекта, для компенсации которого может быть использован программный сдвиг по времени.

На рис.2 представлена процедура вычисления STFT и построения соответствующей спектрограммы. Сначала вычисляется STFT от  $s[i]$  при помощи скользящего окна, которое делит сигнал на несколько блоков данных. Выделяется  $N$  точек для быстрого преобразования Фурье блока данных, чтобы получить частоты, содержащиеся в каждом блоке. STFT центрирует первое скользящее окно на первом отсчете сигнала  $s[i]$  и расширяет начало сигнала путем добавления нулей. Затем скользящее окно перемещается на временной шаг к следующему блоку данных.

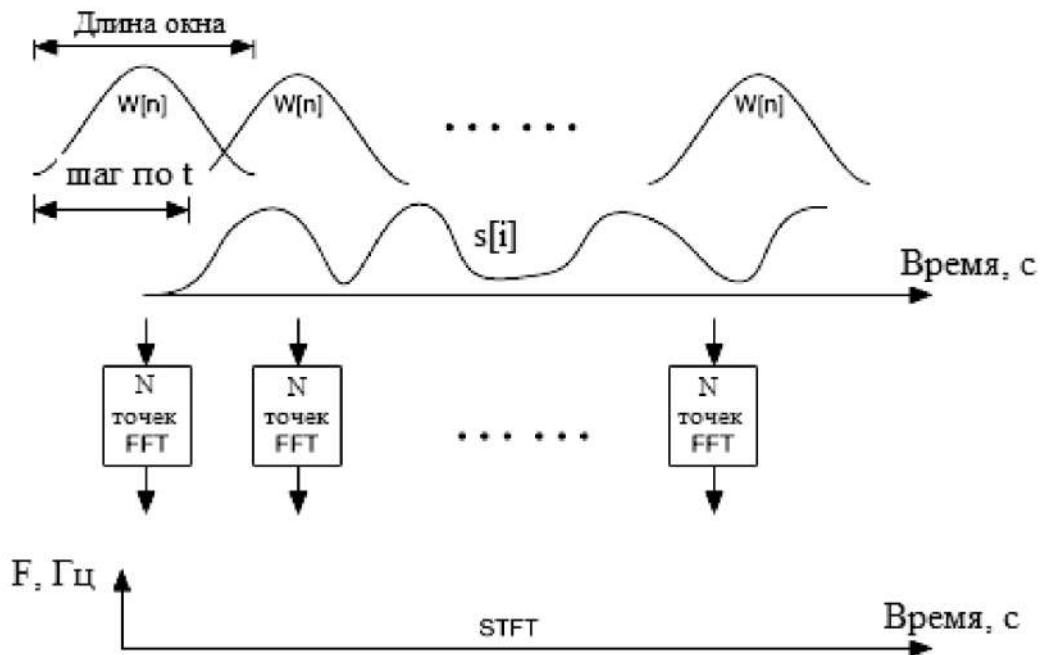


Рис.2. Процедура вычисления STFT

С помощью графического языка программирования LabView [5] для решения поставленной задачи было разработано специализированное программное обеспечение RailAmp. Входными параметрами программного обеспечения RailAmp являются:



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

- исходный сигнал, записанный во внешний файл данных при помощи АЦП LCARD E14-440;

- временной интервал обработки;
- тип оконной обработки (прямоугольное окно, Ханна, Хамминга и др.);
- режим перекрытия окон при обработке (0, 25, 30, 50%).

В процессе работы программное обеспечение рассчитывает и определяет следующие выходные параметры:

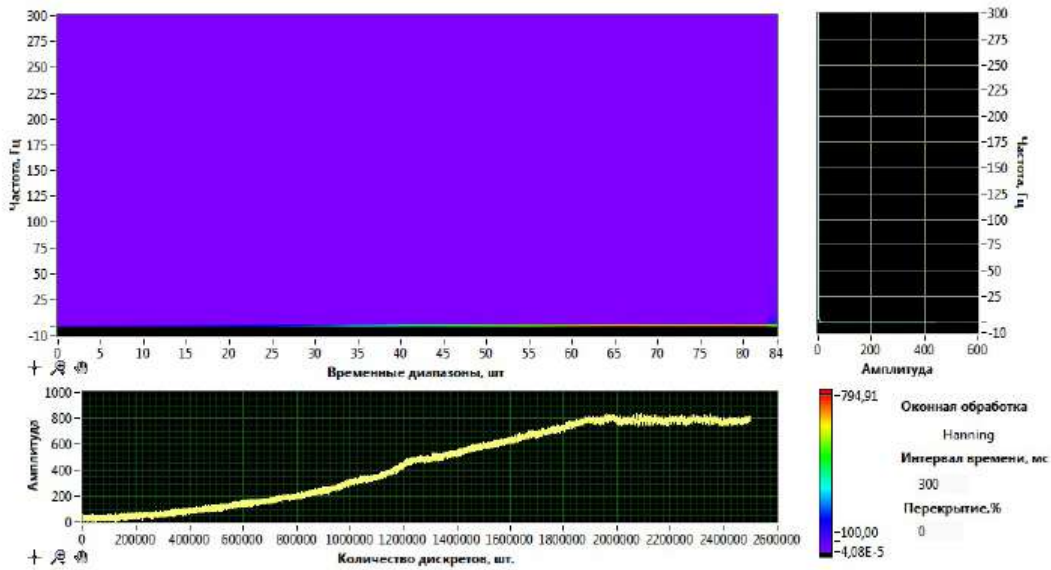
- действующее значение тока в заданных частотных полосах;
- среднеквадратичное значение тока;
- амплитуда, максимальный и минимальный уровни тока;
- основная частота токового сигнала;
- постоянная составляющая токового сигнала;
- коэффициент нелинейных искажений;
- коэффициент гармонических искажений.

Интерфейс разработанного программного обеспечения представлен на рис. 3. Основную часть интерфейса занимает спектрограмма интенсивности, которая является результатом STFT преобразования входного сигнала, внешний вид которого представлен на графическом индикаторе (рис.3). Спектрограмма представляет собой двумерный массив данных, где строки – это частоты с шагом 1Гц, а столбцы – временные отрезки заданной длительности. Справа от спектрограммы размещен результат разложения в частотный спектр входного сигнала.

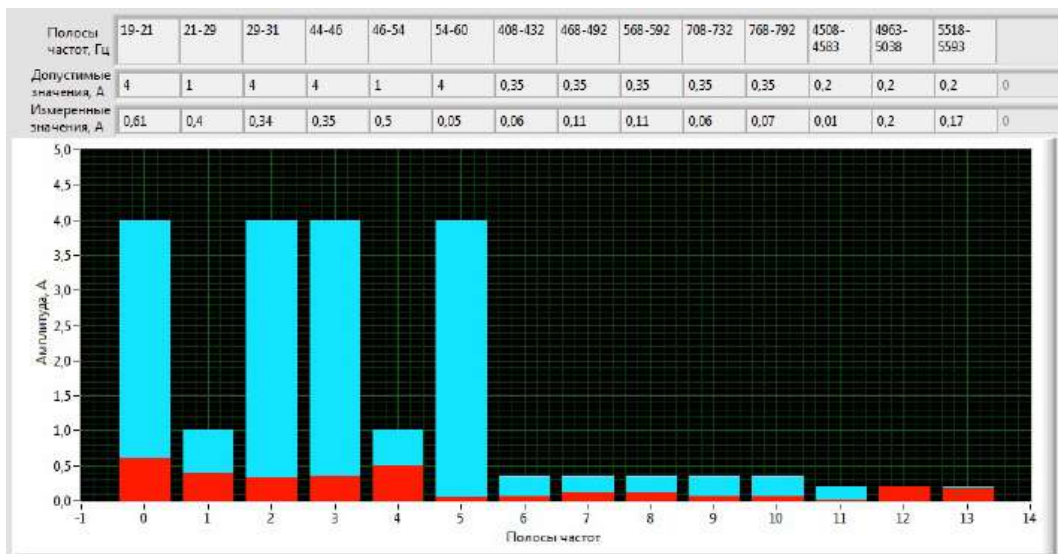
### Экспериментальные исследования

Нами были проведены исследования по определению уровня мешающего влияния при работе электрооборудования головного вагона двухсистемного электропоезда для межрегионального сообщения ЕКр1 на рельсовые цепи, путевые устройства сигнализации на участках железной дороги между ст. Люботин и ст. Огульцы и между ст. Огульцы и ст. Ковяги. Первый участок электрифицирован постоянным током с напряжением питающей сети 3 кВ. На рис. 3 показаны осциллограмма тягового тока, а также его спектрограмма и спектральные составляющие. Обработка проводилась на временных интервалах 300 мс с применением окна Ханнинга и 0% -перекрытием. На рис. 4 представлены результаты исследования постоянного тока рельсовой цепи в виде гистограммы распределения тока по полосам частот. На результирующей гистограмме синим цветом показаны нормы, указанные в нормативных документах, а красным – рассчитанные программным обеспечением по реальным входным данным.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



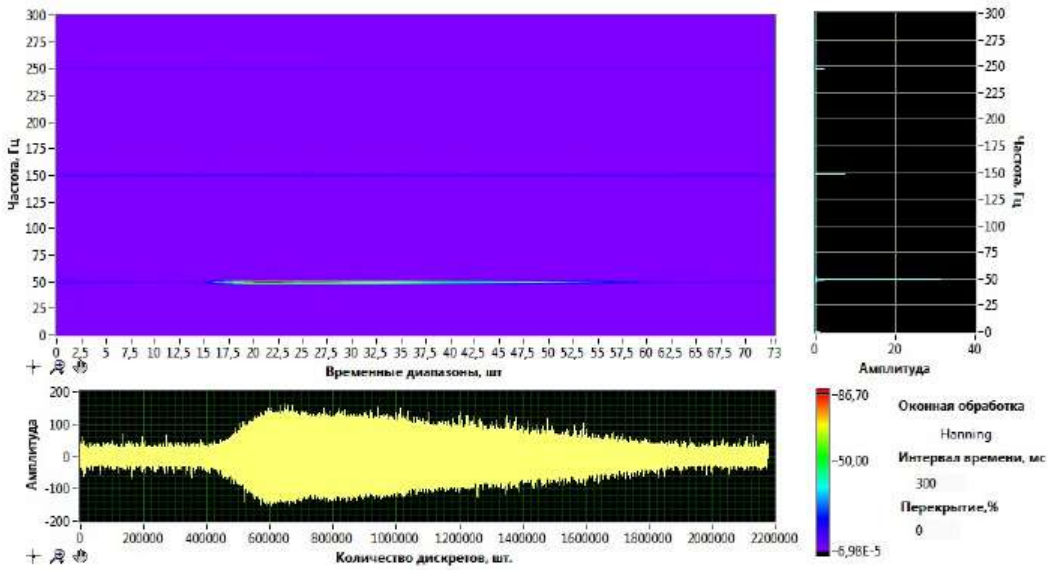
**Рис. 3. Интерфейс программного обеспечения при исследовании постоянного тока**



**Рис. 4. Результаты исследования гармонических составляющих в постоянном токе питающей сети 3кВ согласно ДСТУ 4049-2001**

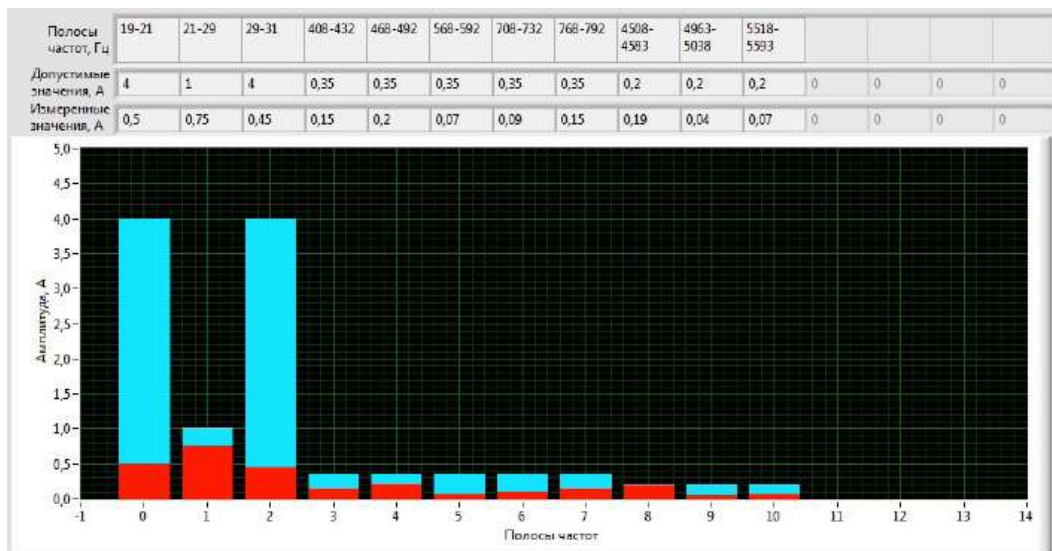
Сигнал со второго участка, электрифицированного переменным током с напряжением питающей сети 25 кВ и частотой 50 Гц, снимался в режиме торможения электропоезда. На рис. 5 показаны осциллограмма тягового тока, а также его спектрограмма и спектральные составляющие. Обработка проводилась аналогичному постоянному току.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 5. Интерфейс программного обеспечения при исследовании переменного тока**

Исследование показало присутствие гармонических составляющих кратных 50 Гц, с амплитудой в 3-5 раз меньше основной гармоник. Результат исследования гармонических составляющих с помощью разработанного программного обеспечения представлен на рис. 6.



**Рис. 6. Результаты исследования гармонических составляющих в переменном токе питающей сети 25кВ согласно ДСТУ 4049-2001**

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

### Выводы

Разработано программное обеспечение для обработки и спектрального анализа гармонических составляющих рельсовых токов в системе электроподвижного состава. В процессе работы ПО используется алгоритм STFT спектрограмм, который позволяет проводить измерение и анализ гармонических составляющих в полосе частот 19-5593 Гц. Данное программное обеспечение было использовано при экспериментальных исследованиях электрооборудования головного вагона двухсистемного электропоезда для межрегионального сообщения ЕКр1 и прошло апробацию на перегонах с постоянным и переменным рельсовым током.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки: ДСТУ 4049-2001. – [Чинний від 2001-08-29]. – К.: Дежстандарт України 2001. – 13 с. (Національний стандарт України).
2. Joint Time Frequency and Order Analysis Tool for DIAdem. [Интернет ресурс]. – Режим доступу. - <http://www.ni.com/white-paper/3549/en>.
3. STFT Spectrogram (Advanced Signal Processing Toolkit). [Интернет ресурс]. – Режим доступу. - [http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372656A-01/lvasptconcepts/aspt\\_stft\\_spectrogram](http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372656A-01/lvasptconcepts/aspt_stft_spectrogram).
4. Щуров Н.И. Вейвлет-преобразование как метод спектрального анализа тока тяговой сети в системе электрического транспорта /Н.И. Щуров, В.Б. Филипп // Сборник научных трудов НГТУ. – 2006. - № 3(45) с. 79-84.
5. Блюм П. LabView стиль программирования. [Пер. с англ. Под ред. Михеева П.] – М.: ДМК Пресс, 2008 – 400 с. Библиогр. в подрядк. прим. - ISBN 978\_5\_94074\_444\_3.

УДК 629.4.077-592.117.001.4

*В.С. Василенко, Ю.Я. Водяников*

### ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ЕДИНИЦ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

*Описан программный комплекс для исследования тормозных систем единиц подвижного состава. Показаны его основные достоинства, состоящие в дружественном для пользователя интерфейсе, а также возможности расширения диапазона исследуемых параметров.*

При проектировании и выборе основных рациональных параметров и характеристик новой конструкции единиц подвижного состава железных дорог параллельно с расчетными проводятся экспериментальные исследования в лабораториях на моделях, макетах, натуральных узлах и опытных образцах вагонов.

Наиболее полная и достоверная информация о технических характеристиках и свойствах вагона может быть получена в процессе испытаний на эксплуатационных участках железнодорожного пути различного состояния или специально приспособленных для этих целей испытательных полигонах.

Важнейшей составной частью вагона является тормозная система, а ее важнейшим показателем – тормозная эффективность. Окончательная оценка тормозной эффективности вагона осуществляется по результатам ходовых тормозных испытаний. При этом актуальными остаются проблемы получения достоверных результатов испытаний.

Повышение достоверности результатов испытаний достигается применением более совершенных методов записи и обработки результатов.

Наиболее перспективным является автоматизация проведения испытаний, которая позволяет свести к минимуму количество ошибок, вызванных человеческим фактором, повысить точность вычислений и сократить время на проведение испытаний.

Как правило, ходовым тормозным испытаниям подвергается один образец.

Такие испытания проводятся методом «бросания», а тормозной путь исследуемого вагона определяется как разность расстояний, проходимых вагоном лабораторией при прямом и обратном движении (рис. 1).

© *В.С. Василенко, Ю.Я. Водяников, 2013*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 1. Определение тормозного пути опытного вагона методом «бросания»

Указанный метод позволяет получить тормозные пути одиночного вагона в заданном диапазоне скоростей в начале торможения. Вместе с тем, для более углубленного исследования характеристик тормозной системы опытного вагона возникает необходимость анализа процессов торможения во временной области при заданной скорости в начале торможения: тормозного пути, скорости и замедления вагона.

Кроме того, в процессе проведения испытаний возникает необходимость исследования различных по своей физической природе характеристик (рис. 2).

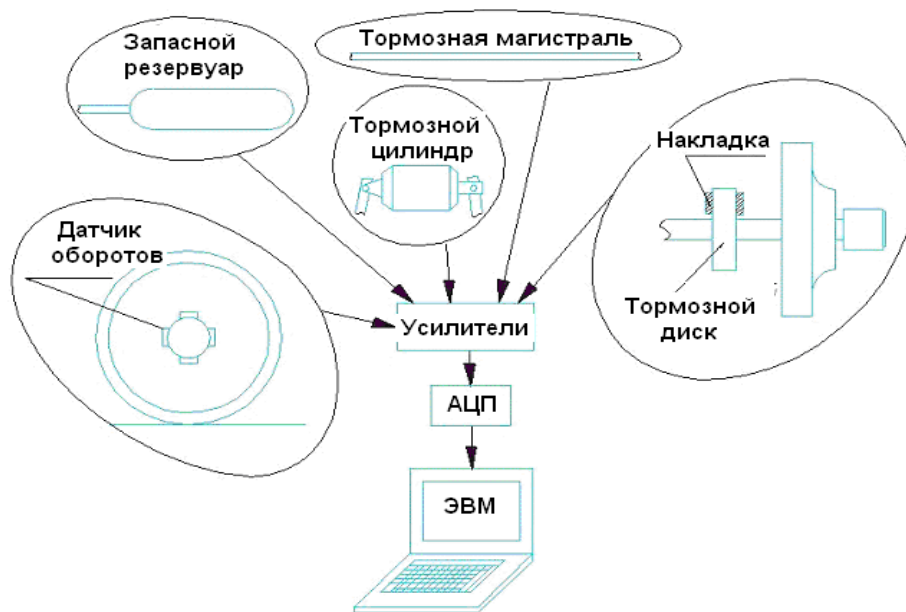


Рис. 2. Схема установки датчиков

Для решения указанных задач в Государственном предприятии «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» разработан и успешно апробирован программно-аппаратный комплекс. Аппаратная часть комплекса для проведения испытаний состоит из механизма расцепления вагонов, датчика оборотов колеса, АЦП, ПК (ноутбук). Программная часть комплекса - компьютерная программа «DynamicBrake», которая зарегистрирована в Государственной службе интеллектуальной собственности Украины (Свидетельство о регистрации авторского права на произведение № 46909, дата регистрации 24.12.2012 г.).

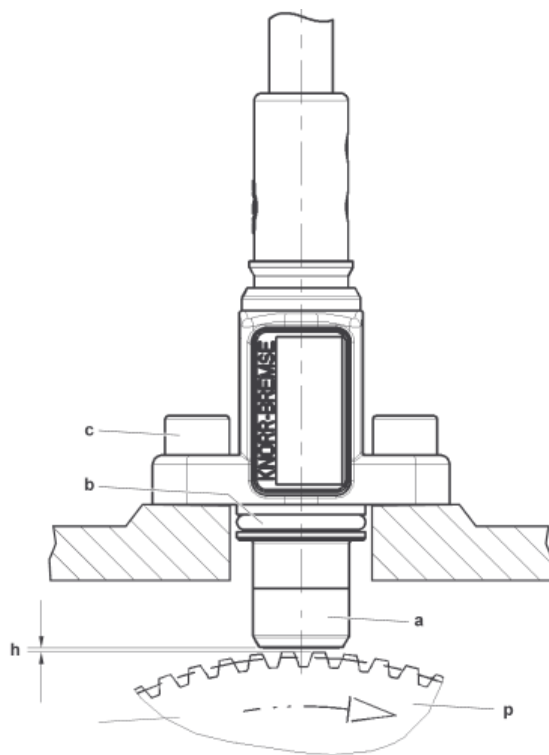
Компьютерная программа «DynamicBrake» функционирует в среде выполнения NET Framework версий 3.5 и выше, что позволяет использовать ее на всех аппаратных и программных платформах, на которые портирована данная среда вы-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

полнения. Программа позволяет записать сигнал от механизма расцепления вагонов и датчика оборотов колеса, обработать их, определив скорость опытного вагона в момент начала торможения и его тормозной путь, а также проанализировать работу противоюзного устройства вагона. Результаты расчетов могут быть выведены в формате MS Excel.

Программа имеет максимально упрощенный графический интерфейс, что обеспечивает работу с ней без специальной подготовки оператора. Работа с программой организована таким образом, что оператор лишен возможности модифицировать исходные данные или каким-то образом вмешиваться в алгоритм вычисления необходимых параметров.

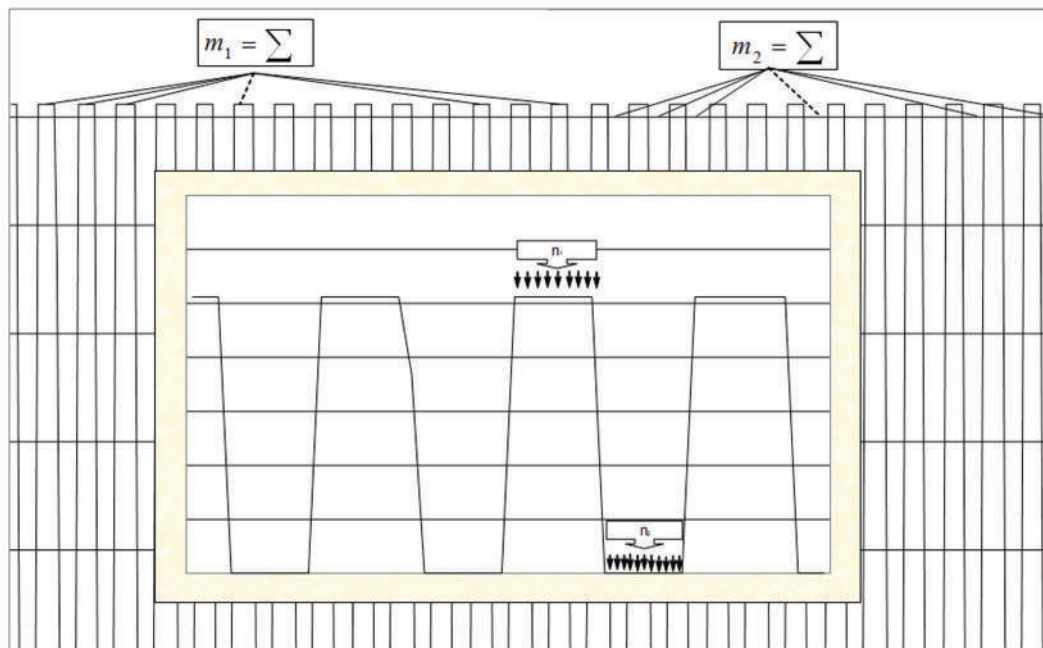
Для определения скорости и тормозного пути используется датчик оборотов колеса, устанавливаемый на оси колесной пары (рис. 3), который генерирует сигнал пилообразной формы (рис. 4).



- a - датчик импульсов  
b - уплотнительное кольцо круглого сечения  
c - винт с цилиндрической головкой  
p - индуктор  
h - расстояние между индуктором и датчиком импульсов (0,4 - 1,4 мм)

*Рис. 3. Датчик импульсов в собранном состоянии*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Начало торможения фиксируется либо по сигналу, поступающему от расцепного устройства вагона лаборатории, либо от начала снижения давления сжатого воздуха в тормозной магистрали.

Непосредственно перед началом процесса записи оператором указывается или создается корневая папка для опытов, а также вводятся обязательные параметры проведения испытаний (рис. 5). Во время записи опытов оператору доступен интерфейс с элементами для управления процессом фиксации данных в файл и для мониторинга времени записи сигнала. Этот интерфейс исключает возможность нажатия оператором неправильной кнопки в процессе записи, так как принудительно делает недоступными элементы управления, которые не должны быть задействованы в каждый конкретный момент времени (рис. 6).

Начальная скорость торможения рассчитывается по времени оборота колеса, которое определяется заданной частотой опроса АЦП и длиной окружности поверхности катания колеса (рис. 7), а тормозной путь при испытаниях методом «бросания» - как разность оборотов колеса при прямом и обратном ходе вагона лаборатории.

Для экспресс анализа предусмотрена возможность обработки экспериментальных данных без закрытия программы.

Итоговые вычисления могут быть выполнены в двух режимах: в стандартном режиме для определения начальной скорости вагона и тормозного пути (рис. 8), а также в режиме анализа юзовой ситуации - срабатывания противоюзного устройства (рис. 9-11). Для начала вычислений в любом из режимов оператору необходимо выбрать соответствующий пункт меню в главном окне программы. В обоих режимах оператору потребуется указать папку с записанными опытами и указать граничные значения напряжения сигналов от механизма расцепления вагонов и датчика оборотов колеса, которые будут использованы при расчете параметров. В режиме анализа работы противоюзного устройства необходимо будет дополнительно указать параметры расчета конкретно для этого режима.



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Программой предусмотрен режим просмотра записанных файлов, интерфейс которого представлен на рис. 12-13.

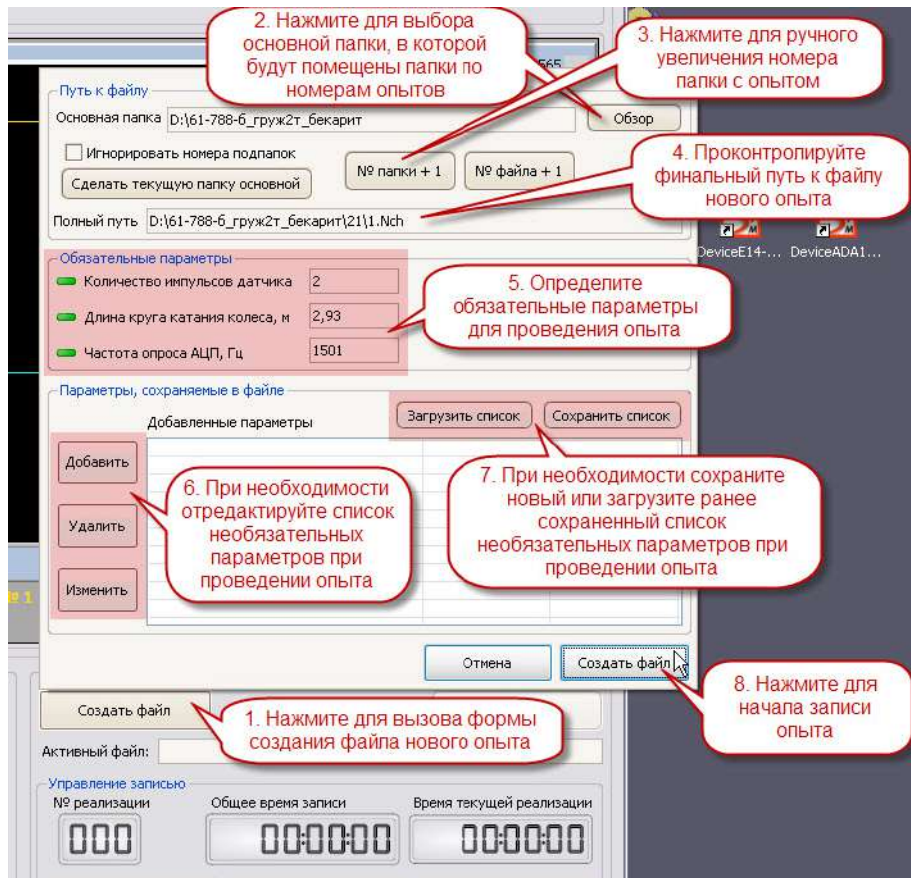


Рис. 5. Процесс начального ввода параметров для записи сигнала

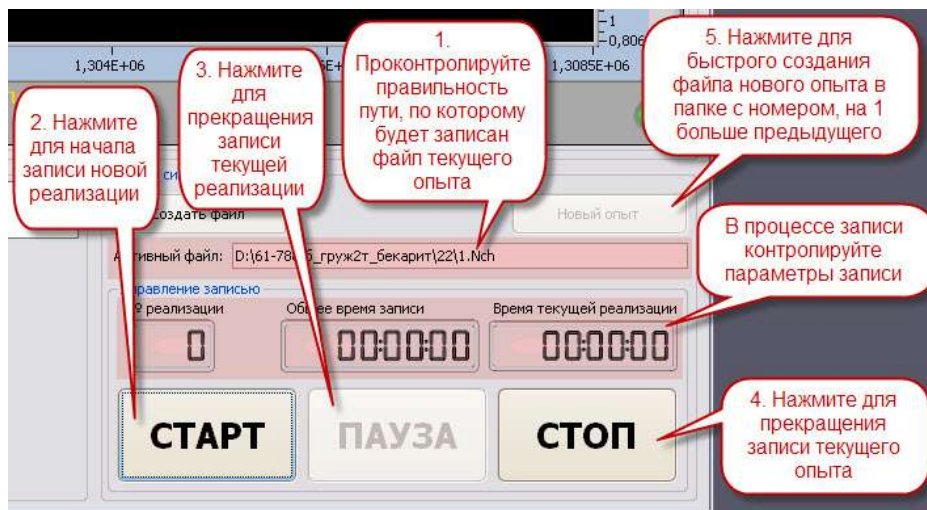
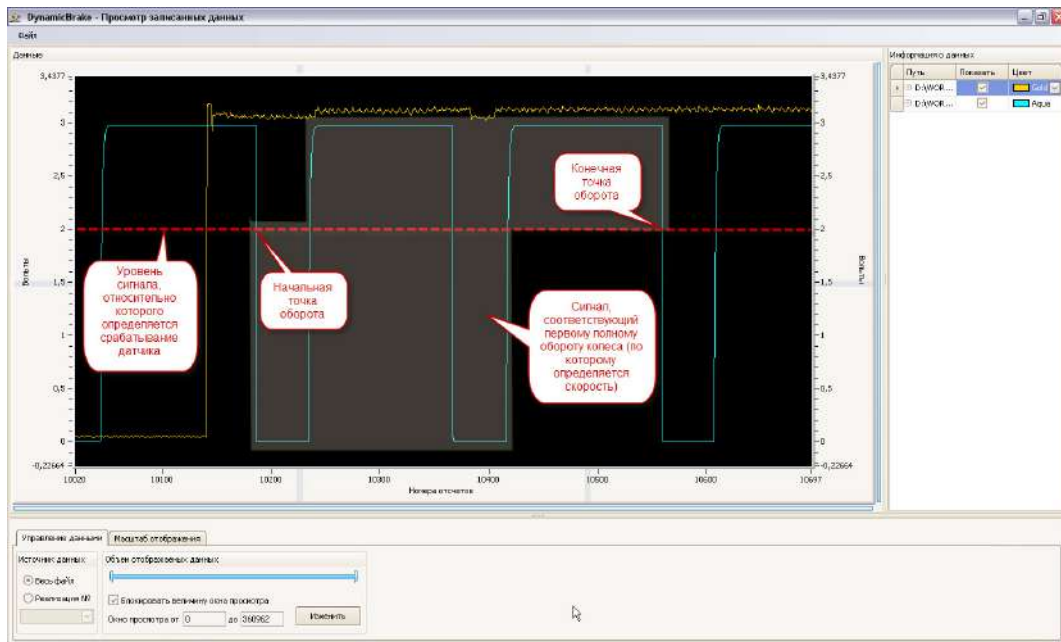


Рис. 6. Интерфейс для непосредственного управления процессом записи сигнала

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 7.** График сигнала от датчика оборотов и механизма расцепления вагонов, для конфигурации датчика, выдающего 2 импульса на оборот колеса

№ опыта	Скорость	Тормозной путь
001	42,55 км/ч	99,62 м
002	67,95 км/ч	224,88 м
003	106,98 км/ч	503,96 м
004	166,43 км/ч	1134,64 м
005	166,43 км/ч	1103,72 м
006	45,16 км/ч	112,07 м
007	85,05 км/ч	290,8 м
008	40,08 км/ч	90,83 м
009	63,58 км/ч	191,92 м
010	80,78 км/ч	252,01 м
011	102,15 км/ч	446,96 м
012	121,79 км/ч	627,02 м
013	119,84 км/ч	604,31 м
014		252,24 м
015		
016		
017		
018		
019		
020		

**Рис. 8.** Проведение анализа записанных данных в режиме определения начальной скорости и тормозного пути вагона

# РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

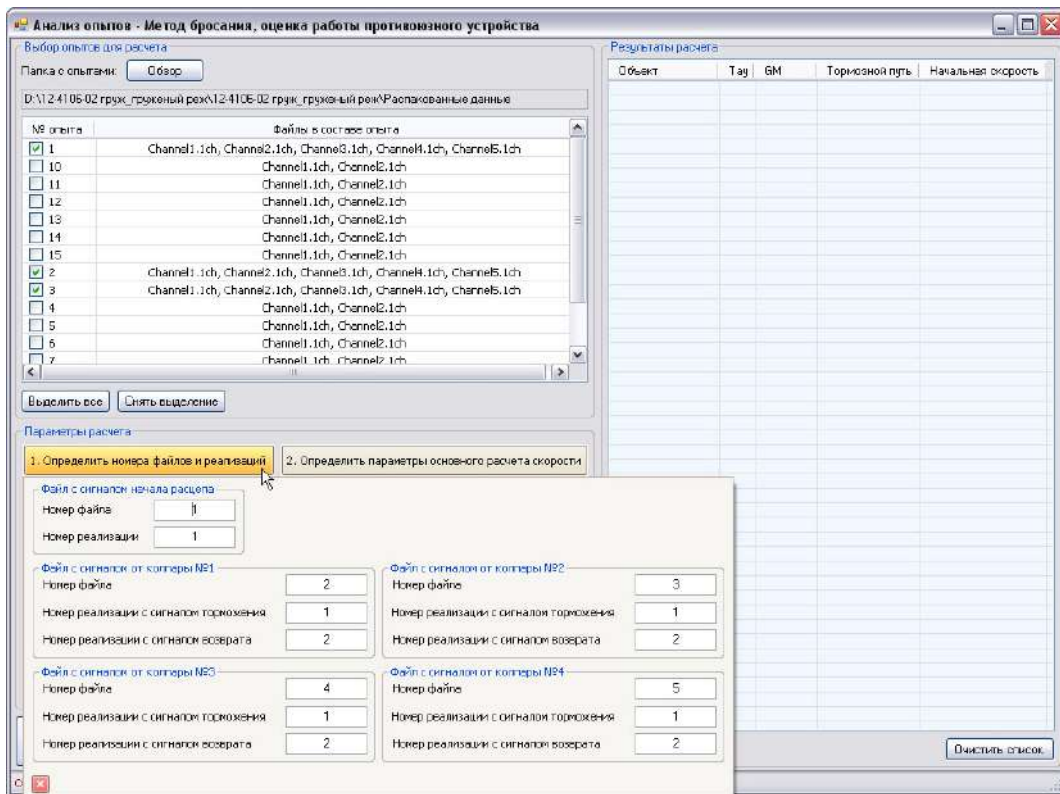


Рис. 9. Интерфейс для ввода дополнительных параметров при проведении расчета с целью анализа срабатывания противоюзного устройства (часть 1)

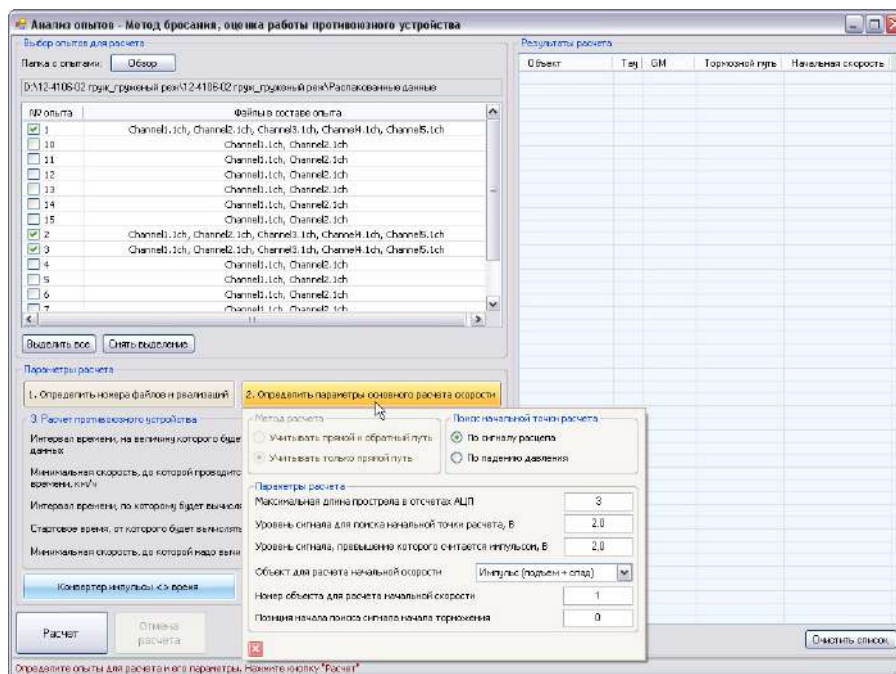


Рис. 10. Интерфейс для ввода дополнительных параметров при проведении расчета с целью анализа срабатывания противоюзного устройства (часть 2)

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

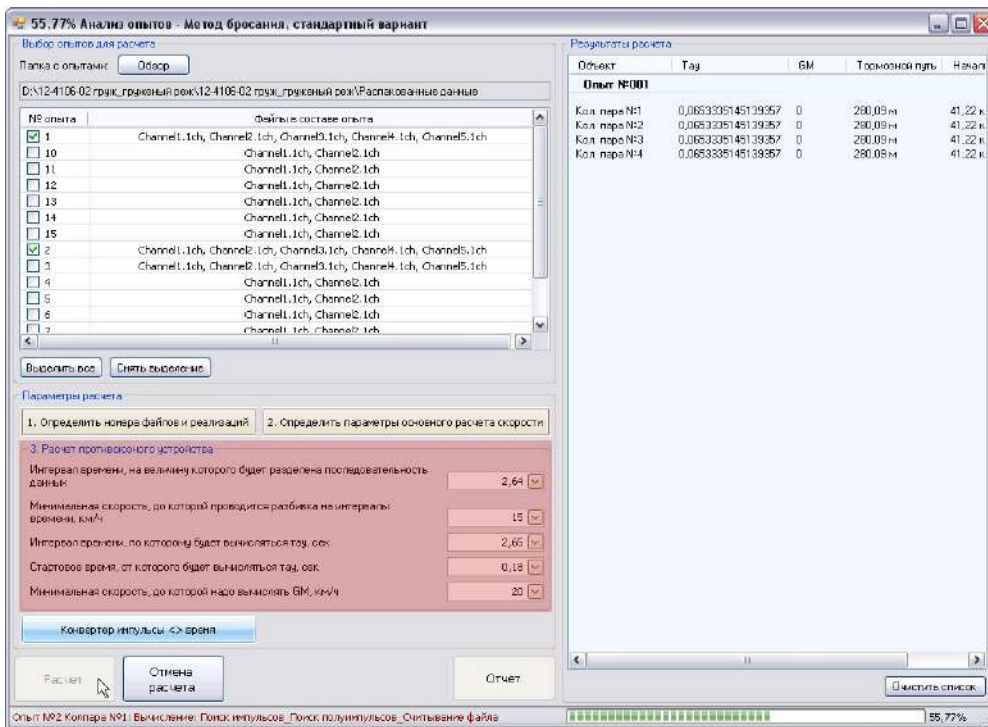


Рис. 11. Інтерфейс для введення основних параметрів при проведенні розрахунок з метою аналізу спрацювання противоюзного пристрою

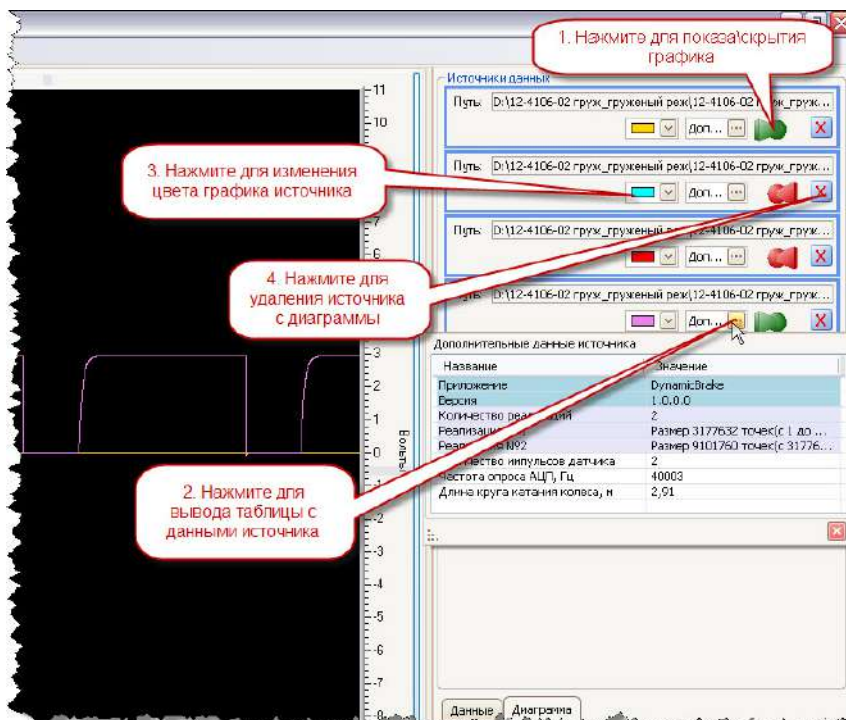


Рис. 12. Інтерфейс для управління відображенням завантажених даних, а також отримання додаткової інформації про сигнал

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

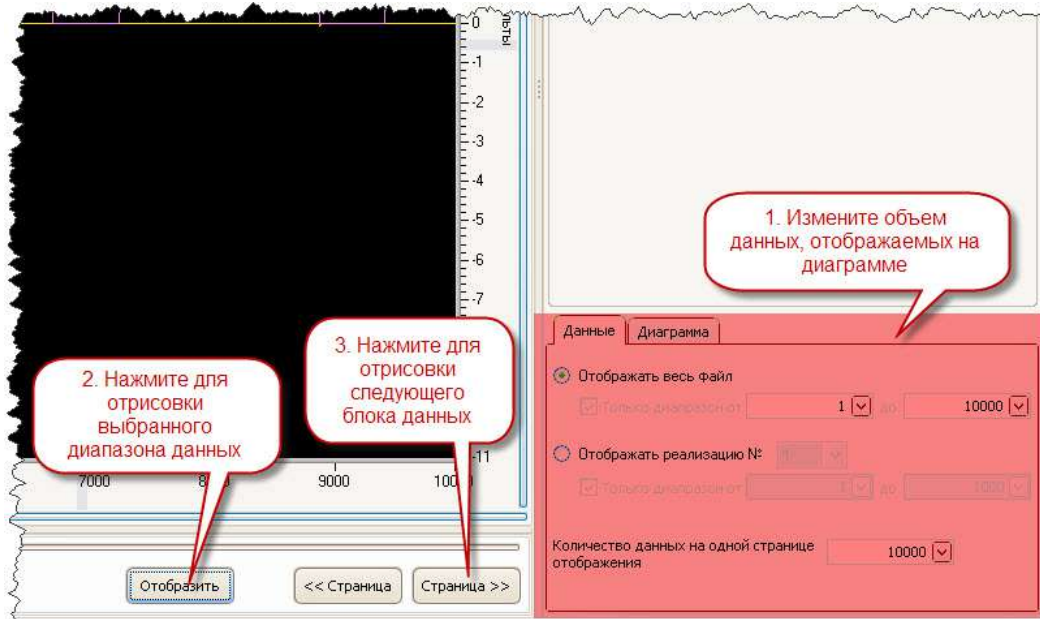


Рис. 13. Интерфейс для изменения объема отображаемых данных

Для иллюстрации работы компьютерной программы на рис. 14-16 представлены результаты испытаний пассажирских вагонов с целью определения различных параметров тормозной системы.

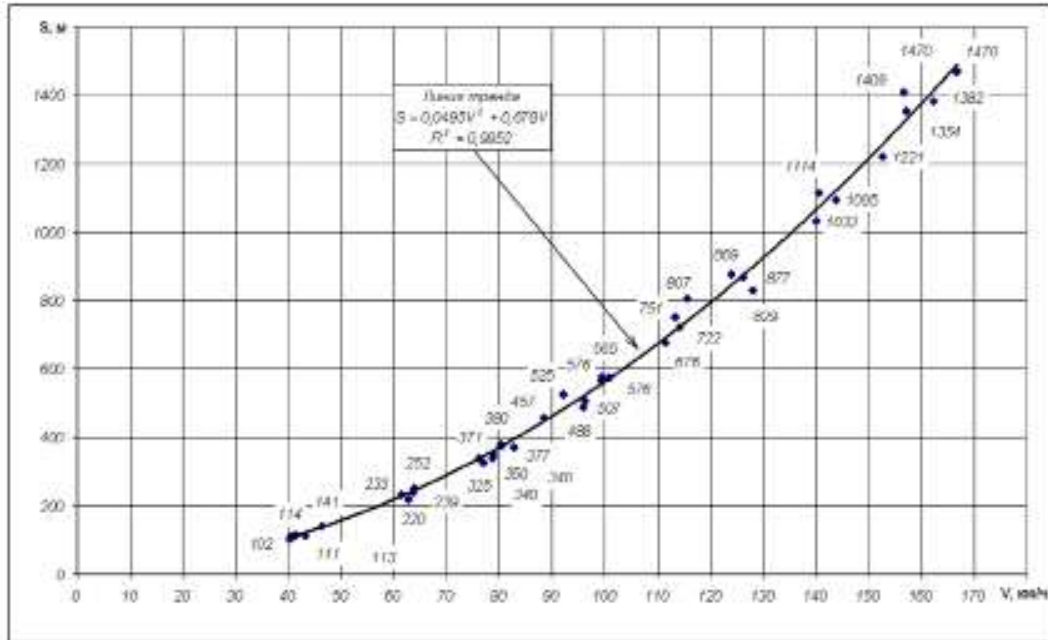


Рис. 14. Исследования тормозной эффективности пассажирского вагона модели 69-788 с дисковым тормозом

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

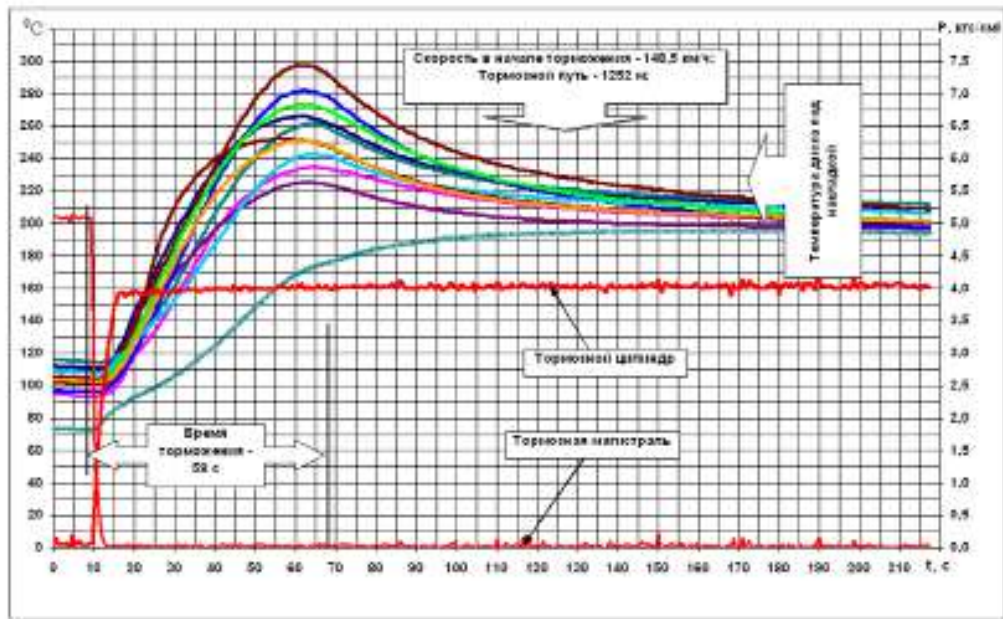


Рис. 15. Исследования температуры нагрева диска при торможении

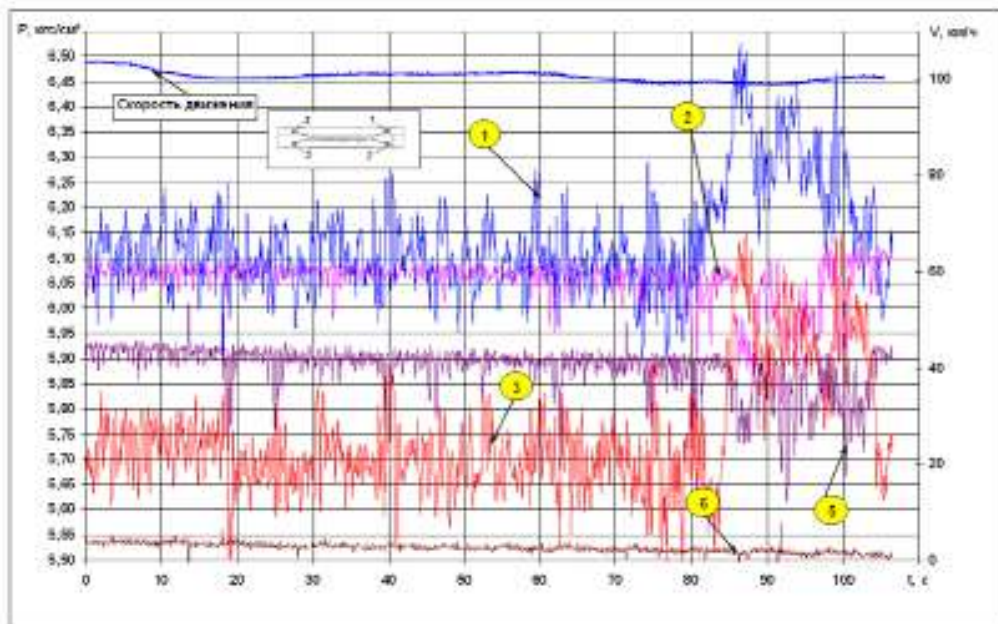


Рис. 16. Исследования расхода воздуха из системы пневмоподвешивания

### Выводы

Программный комплекс имеет следующие достоинства:

- удобный интерфейс, упрощающий процесс проведения испытаний;
- полная автоматизация, автономность и защищенность от вмешательства извне, что обеспечивает достоверность результатов исследований;
- позволяет исследовать различные по своей физической природе параметры тормозной системы единиц подвижного состава;
- блочно-модульный принцип построения программы обеспечивает возможность расширения диапазона исследуемых параметров.

УДК 629.4.077-592.117.001.4

*Ю.Я. Водяников, Т.В. Шелейко, А.М. Сафронов*

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАГОНОВ

*Изложен алгоритм расчета неопределенности измерений тормозной эффективности грузовых и пассажирских вагонов по результатам поездных тормозных испытаний. В качестве программного обеспечения использован программный комплекс EXCEL. Программа полностью автоматизирована, в качестве исходных данных используются фактические значения скоростей и тормозных путей, полученных в процессе испытаний.*

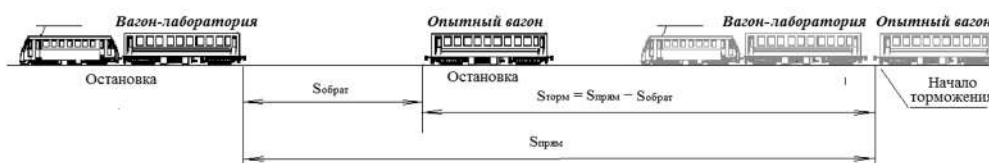
При испытаниях новых конструкций вагонов важное значение приобретают вопросы анализа и оценки результатов тормозных испытаний и принятия решения о соответствии или несоответствии их нормативным требованиям.

Как правило, тормозная эффективность устанавливается по результатам ходовых тормозных испытаний, основными показателями которых являются:

- тормозные пути поезда в исследуемом диапазоне скоростей;
- тормозной коэффициент (расчетный коэффициент силы нажатия колодок на колеса);
- тормозные пути поезда на нормированных спусках.

Наиболее точным и объективным методом определения тормозной эффективности исследуемого вагона является метод «бросания», при котором разогнанный до заданной скорости вагон автоматически отцепляется от опытного сцепа в момент начала торможения, в то время как сцеп уходит вперед.

Тормозной путь опытного вагона определяется как разность путей локомотива с вагоном лабораторией от точки расцепления до его остановки и обратно до возвращения к испытываемому вагону (рис. 1).



*Рис. 1. Определение тормозного пути опытного вагона методом «бросания»*

Для определения фактических значений тормозных путей при прямом и обратном движении вагона лаборатории используется специальная программа, входными данными для которой являются сигналы, получаемые от датчика оборотов колес, установленного на оси колесной пары вагона лаборатории (рис. 2).

© Ю.Я. Водяников, Т.В. Шелейко, А.М. Сафронов, 2013

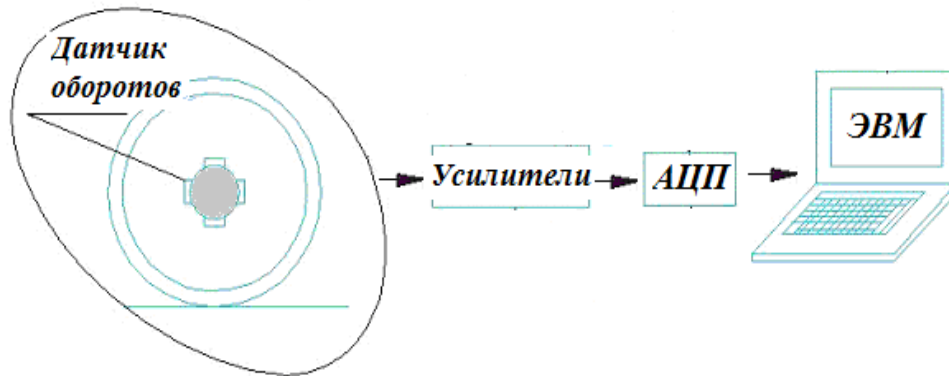


Рис. 2. Схема записи оборотов колеса

Традиционный подход в оценивании точности измерений основывается на понятии «погрешность измерений», которое является количественной характеристикой отклонения результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Однако, такой подход в анализе и оценке результатов испытаний не достаточно отвечает современным требованиям и сейчас все большее распространение получают вероятностные методы оценивания результатов испытаний, которые базируются на понятии «неопределенности измерений» (или просто «неопределенности») - параметре, характеризующем рассеивание значений и которые обоснованно могли бы быть приписаны измеряемой величине.

В этой связи, в одну из актуальных выдвигается задача автоматизации расчета неопределенности измерений исследуемых характеристик. Такая задача может быть решена с использованием средств вычислительной техники.

Вместе с тем следует отметить, что программа, написанная на алгоритмическом языке высокого уровня, представляет собой «черный ящик» и не позволяет проследить всю цепочку промежуточных вычислений.

Указанный недостаток отсутствует у программы «Excel», поэтому эта программа была принята в качестве основной для расчета неопределенности измерений результатов ходовых тормозных испытаний. При написании программы использовались основные положения [1].

Формула для определения стандартной неопределенности тормозного пути вагона на площадке  $u_S$  имеет вид [1]:

$$u_S = \sqrt{(l_k \cdot u_{об})^2 + \left(\frac{L_T \cdot m}{l_k \cdot n} \cdot u_1\right)^2 + \left(\frac{L_T \cdot m}{l_k \cdot n} \cdot u_2\right)^2 + \left(\frac{L_T \cdot m}{l_k \cdot n} \cdot u_3\right)^2 + u_A^2}, \quad (1)$$

где  $L_T$  – измеренное значение тормозного пути, м;

$l_k$  – длина окружности колеса с установленным датчиком оборотов, м;

$u_{об}$  – стандартная неопределенность измерения оборотов колеса;

$u_1$  – стандартная неопределенность, обусловленная ценой деления шкалы рулетки;

$u_2$  – стандартная неопределенность, обусловленная неточностью отметки начала и конца отсчета длины;



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$u_3$  – стандартная неопределенность, обусловленная систематической ошибкой при измерении длины рулеткой;

$n$  – число оборотов колеса при определении длины окружности;

$m$  – количество отрезков, равных длине рулетки на измеренном пути при определении длины окружности колеса.

Расширенная неопределенность определяется по формуле [2, 3]:

$$U_S = k \cdot u_S, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент охвата, определяемый как коэффициент из распределения Стьюдента для уровня доверия 0,95 и эффективного числа степеней свободы  $\nu_{eff}$  (формула Велча-Сатерсвейта)

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1} \frac{u^4(x_i)}{\nu_i} \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^4}, \quad (3)$$

$u_c$  – суммарная стандартная неопределенность входной величины;

$\nu_i$  – число степеней свободы для  $i$ -ой входной величины;

$u(x_i)$  – стандартная неопределенность для  $i$ -ой входной величины;

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$  – коэффициент чувствительности для  $i$ -ой входной величины.

Стандартная неопределенность расчетного коэффициента силы нажатия композиционных колодок  $u_\delta$  определяется по формуле:

$$u_\delta = \frac{\partial \delta}{\partial S} = d \cdot c \cdot S^{d-1} \cdot u_S, \quad (4)$$

где,  $c$  и  $d$  – коэффициенты уравнения выравнивания экспериментальных данных,

$$\delta(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{d(V)}, \quad (5)$$

$\delta(V_0)$  – расчетный коэффициент силы нажатия тормозных колодок, который при применении метода бросания, определяется функциональной зависимостью от скорости движения в начальный момент торможения  $V_0$  и соответствующей ей величины тормозного пути  $S$  грузового поезда (тормозного пути одиночного вагона, пересчитанного на поезд).

Для расчета тормозного пути поезда на спусках 6 ‰ и 10 ‰ используется формула [4]:

$$S(i_c) = \frac{V_0 \cdot t_n}{3,6} + \sum \frac{4,17 \cdot (V_n^2 - V_k^2)}{1000 \cdot \delta \cdot \varphi_{mp} + W_{ox} + i_c}, \quad (6)$$

где  $i_c$  – спуск, ‰;

$V_i$  и  $V_\epsilon$  – начальная и конечная скорость в принятом расчетном интервале скоростей, км/ч;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$t_n$  – время подготовки автотормозов к действию, с;  
 $\varphi_{mp}$  – расчетный коэффициент трения тормозных колодок;  
 $W_{ox}$  – удельное основное сопротивление движению, кгс/т.

Неопределенность тормозного пути вагона в составе поезда на нормированных спусках зависит от расчетного коэффициента силы нажатия. Дифференцируя модельное уравнение (6) по  $\delta$ , получим:

$$u_{S(i)} = \sum \frac{4,17 \cdot (V_n^2 - V_k^2) \cdot \varphi_{mp}}{(1000 \cdot \delta \cdot \varphi_{mp} + W_{ox} + i_c)^2} \cdot u_\delta \cdot 1000, \quad (7)$$

где  $\sum \frac{4,17 \cdot (V_n^2 - V_k^2) \cdot \varphi_{mp}}{(1000 \cdot \delta \cdot \varphi_{mp} + W_{ox} + i_c)^2}$  – коэффициент чувствительности.

Бюджетные таблицы расчета неопределенности измерений формировались на украинском языке для использования в отчетных документах.

Программа состоит из отдельных взаимосвязанных блоков (листов).

Функциональное назначение блоков:

Блок 1 (рис. 3)

- задание измеренных значений скоростей и тормозных путей;
- определение коэффициентов для аналитического уравнения линии регрессии методом наименьших квадратов;
- построение графика линии регрессии;

Блок 2 (рис. 4)

- пересчет тормозного пути одиночного вагона на поезд длиной 200 осей;
- определение тормозных коэффициентов при композиционных колодках, а также в пересчете на чугунные колодки;

Блок 3 (рис. 5)

- задание характеристик средств измерений;
- расчет стандартной неопределенности тормозного пути одиночного вагона на площадке.

Блок 4 (рис. 6)

Определение коэффициентов чувствительности для расчета неопределенности тормозного пути поезда на спусках.

Блок 5 (рис. 7)

Расчет тормозного пути грузового поезда на нормированных спусках.

Блок 6 (рис. 8)

Формирование бюджетной таблицы неопределенности измерений тормозного пути грузового поезда на площадке.

Блок 7 (рис. 9)

Формирование бюджетной таблицы неопределенности измерений тормозных коэффициентов.

Блок 8 (рис. 10)

Формирование бюджетной таблицы неопределенности измерений тормозного пути грузового поезда на нормированных спусках.

Блок 9 (рис. 11)

Формирование итоговых таблиц расчета неопределенности измерений.

# РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Характеристики применяемых средств измерений			Стандартная неопределенность тормозного пути одиночного вагона						
Excel	1	число импульсов, получаемых от датчика за один оборот колеса	2	Excel	№ опыта	Скорость, км/ч	$S_{измвр}$	$S_{урвн} = a \cdot V^2 + b$	$(S_{измвр} - S_{урвн})^2$
	2	шкала рулетки	0,001		1	44,02	210,76	195,9439162	219,5163383
	3	Ошибка начала и конца измерения	0,01		2	62,73	375,00	381,9178456	47,85658719
	4	Системная ошибка	0,00165		3	79,36	595,94	598,6381924	7,280242144
	5	путь колеса, измеренный рулеткой	30		4	115,12	1212,22	1228,577724	267,5751363
	6	Количество оборотов колеса	10		5	117,70	1317,60	1282,681151	1219,326028
	7	длина окружности колеса, 5/6	3		6	79,97	591,57	607,5077792	254,012807
	8	Длина рулетки	10		7	45,75	217,30	210,5695921	45,29839102
	9	Количество отрезков равных длине рулетки на измеренном пути	3		8	65,88	406,98	419,2530856	150,6286306
			9		101,71	933,15	966,1269401	1087,47858	
			10		119,04	1315,41	1311,240974	17,38077416	
			11		104,76	1020,36	1023,054656	7,261170389	
			12		80,58	607,56	616,4424799	78,89844979	
			13		44,20	212,21	197,4412517	218,1159258	
			14		63,11	402,62	386,3296819	265,3744622	
			15	96,11	883,73	865,8421832	319,973991		
							4,35696551		

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (S_i - (a \cdot V_i^2 + b \cdot V_i))^2}{k \cdot (k - 1)}}$$

Рис. 3. Блок 1

Пересчет тормозного пути одиночного вагона на поезд			Определение тормозных коэффициентов								
Время подготовки тормозов, с			Композиционные колодки			Чугунные колодки					
$S_{урвн} = a \cdot V^2 + b \cdot V$			$S_{поезд} = S_{урвн} + \frac{V_o \cdot t_n}{3,6}$			$\delta_k = c \cdot S^{-d}$			$\delta_{ч} = \beta \cdot c \cdot S^{-d}$		
Excel	Скорость, км/ч	Тормозной путь одиночного вагона	Тормозной путь в пересчете на поезд	скор	путь	коэф c	коэф d	$\delta_k$	коэф $\beta$	$\delta_{ч}$	
	40	163,9807	197,3140	40	197	3404,2	-1,8661	0,177	2,1173	0,376	
	50	248,7234	290,3901	50	290	2415,3	-1,6806	0,175	2,2339	0,392	
	60	350,9651	400,9651	60	401	2084,5	-1,5661	0,175	2,3333	0,408	
	70	470,7059	529,0392	70	529	1915,7	-1,4831	0,175	2,4148	0,423	
	80	607,9457	674,6123	80	675	1828,9	-1,4198	0,176	2,4914	0,438	
	90	762,6845	837,6845	90	838	1833,1	-1,3736	0,177	2,555	0,452	
	100	934,9223	1018,2556	100	1018	1888,8	-1,3384	0,178	2,6108	0,465	
	110	1124,6591	1216,3258	110	1216	1967,8	-1,3098	0,179	2,66	0,477	
	120	1331,8949	1431,8949	120	1432	2080,1	-1,2872	0,180	2,7037	0,487	
			Среднее значение тормозного коэффициента			0,177		0,435			

Рис. 4. Блок 2

Характеристики применяемых средств измерений			Стандартная неопределенность тормозного пути одиночного вагона						
Excel	1	число импульсов, получаемых от датчика за один оборот колеса	2	Excel	№ опыта	Скорость, км/ч	$S_{измвр}$	$S_{урвн} = a \cdot V^2 + b$	$(S_{измвр} - S_{урвн})^2$
	2	шкала рулетки	0,001		1	44,02	210,76	195,9439162	219,5163383
	3	Ошибка начала и конца измерения	0,01		2	62,73	375,00	381,9178456	47,85658719
	4	Системная ошибка	0,00165		3	79,36	595,94	598,6381924	7,280242144
	5	путь колеса, измеренный рулеткой	30		4	115,12	1212,22	1228,577724	267,5751363
	6	Количество оборотов колеса	10		5	117,70	1317,60	1282,681151	1219,326028
	7	длина окружности колеса, 5/6	3		6	79,97	591,57	607,5077792	254,012807
	8	Длина рулетки	10		7	45,75	217,30	210,5695921	45,29839102
	9	Количество отрезков равных длине рулетки на измеренном пути	3		8	65,88	406,98	419,2530856	150,6286306
			9		101,71	933,15	966,1269401	1087,47858	
			10		119,04	1315,41	1311,240974	17,38077416	
			11		104,76	1020,36	1023,054656	7,261170389	
			12		80,58	607,56	616,4424799	78,89844979	
			13		44,20	212,21	197,4412517	218,1159258	
			14		63,11	402,62	386,3296819	265,3744622	
			15	96,11	883,73	865,8421832	319,973991		
							4,35696551		

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (S_i - (a \cdot V_i^2 + b \cdot V_i))^2}{k \cdot (k - 1)}}$$

Рис. 5. Блок 3

# РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

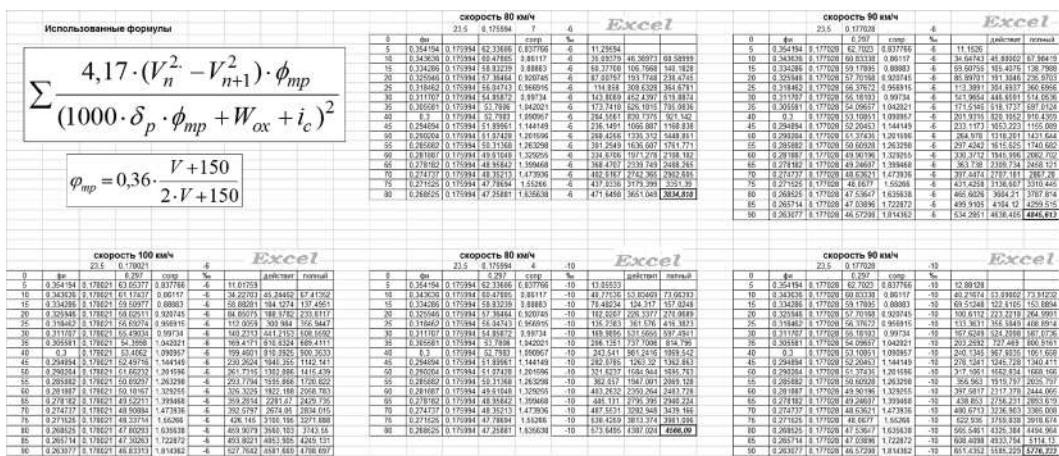


Рис. 6. Блок 4

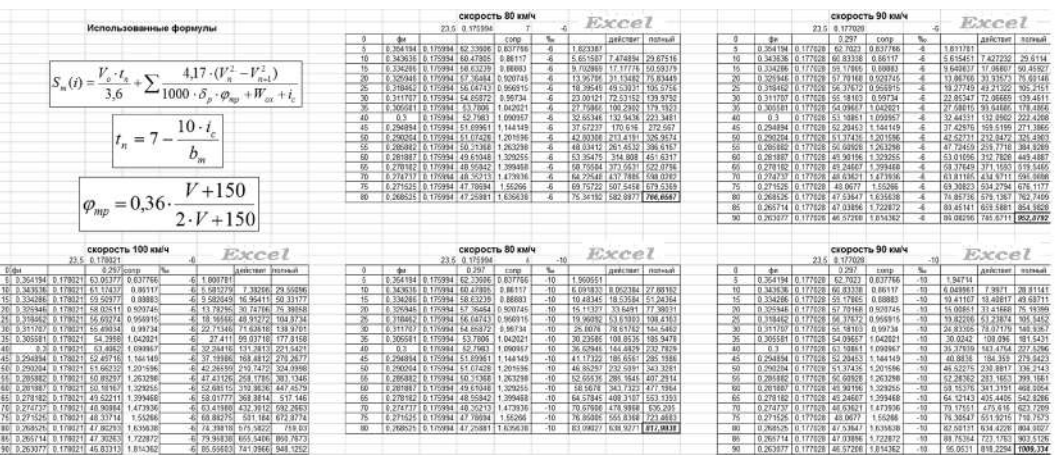


Рис. 7. Блок 5

Программа позволяет полностью автоматизировать расчет неопределенности измерений тормозной эффективности грузовых и пассажирских вагонов. Для этого достаточно данные, полученные в результате ходовых тормозных испытаний, занести в блок 1.

Для формирования отчета или протокола испытаний бюджетные и итоговые таблицы копируются в текстовый документ.





## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Результаты расчета неопределенности измерений			Тормозная эффективность вагона			
Скорость, км/ч	Тормозной путь поезда на площадке	Тормозной коэффициент	Тормозной путь на площадке			
			Минимальный	Средний	Максимальный	
40	197,3±11,3 при P=0,95	0,1774±0,0187 при P=0,95	40	186,1	197,3	208,6
50	290,4±11,3 при P=0,95	0,1753±0,0113 при P=0,95	50	279,1	290,4	301,6
60	401,0±11,3 при P=0,95	0,1747±0,0076 при P=0,95	60	389,7	401,0	412,2
70	529,0±11,3 при P=0,95	0,1750±0,0055 при P=0,95	70	517,8	529,0	540,3
80	674,6±11,3 при P=0,95	0,1760±0,0041 при P=0,95	80	663,3	674,6	685,9
90	837,7±11,3 при P=0,95	0,1770±0,0032 при P=0,95	90	826,4	837,7	849,0
100	1018,3±11,3 при P=0,95	0,1780±0,0026 при P=0,95	100	1007,0	1018,3	1029,6
110	1216,3±11,3 при P=0,95	0,1791±0,0022 при P=0,95	110	1205,0	1216,3	1227,6
120	1431,9±11,4 при P=0,95	0,1802±0,0018 при P=0,95	120	1420,5	1431,9	1443,2
Тормозные пути поезда на спусках			Тормозной коэффициент			
Скорость, км/ч	Величина спуск	Тормозной путь	40	0,1587	0,1774	0,1961
			50	0,1640	0,1753	0,1866
80	- 6 ‰	766,7±15,1 при P=0,95	60	0,1671	0,1747	0,1823
90	- 6 ‰	952,9±15,0 при P=0,95	70	0,1696	0,1750	0,1805
100	- 6 ‰	1159,8±15,0 при P=0,95	80	0,1719	0,1760	0,1801
80	- 10 ‰	818,0±18,1 при P=0,95	90	0,1738	0,1770	0,1803
90	- 10 ‰	1009,3±18,1 при P=0,95	100	0,1754	0,1780	0,1806
			110	0,1770	0,1791	0,1813
			120	0,1784	0,1802	0,1820
Допускаемые пути на уклонах (инстр. ЦШ/001)			Тормозной путь на спусках			
			На уклоне - 6 ‰			
Скорость, км/ч	уклон 6 ‰		80	751,6	766,7	781,7
	800	1000	90	937,8	952,9	967,9
	90	1100	100	1144,8	1159,8	1174,8
Скорость, км/ч	уклон 10 ‰		На уклоне -10 ‰			
	1000	1200	80	799,9	818,0	836,1
	90	1300	90	991,2	1009,3	1027,4

Рис. 11. Блок 9

### ЛИТЕРАТУРА

- Шелейко Т.В. Застосування основних положень невизначеності вимірювань для оцінки гальмівної ефективності рухомого складу / Т.В. Шелейко, Ю.Я. Водянніков, С.М. Свистун // Державний економіко-технологічний університет транспорту. Збірник наукових праць серія «Транспортні системи і технології». – К.: ДЕТУТ, 2012. – Вип. 21. – С. 81-92.
- Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First Edition. – ISO, Switzerland, 1993. – 101 p.
- ДСТУ-Н РМГ 43-2006 Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений» (РМГ 43:2001, ИДТ). – [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 27 с. – (Національний стандарт України).
- Гребенюк П.Т. Правила тормозных расчетов / П.Т. Гребенюк // Труды ВНИИЖТ. – М.: Интекст, 2004. – 112 с.

УДК 629.4.077-592.117.001.4

*А.В. Донченко, Ю.Я. Водянніков, А.В. Гречко, О.Л. Корабельников*

### ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

*Пропонується на мережі залізниць створити групи надійності, які б фіксували пошкодження та несправності як гальмівної системи в цілому, так і окремих її елементів. Запропоновано алгоритм первинної обробки статистичних даних.*

Ситуація, яка склалася з технічним станом гальмових приладів та, як наслідок, пошкоджуваність поверхні колісних пар при гальмуванні, вимагає вживання спеціальних заходів по підвищенню надійності гальм рухомого складу вантажних вагонів.

Для вирішення поставленого завдання необхідно визначитися із пріоритетними напрямками для проведення подальших робіт з підвищення надійності гальм рухомого складу. Такі пріоритети можуть бути встановлені за даними про технічний стан гальмових приладів і гальмівних характеристик гальм вантажних вагонів шляхом обстеження їх в експлуатації. Важливе значення при цьому набуває отримання достовірної інформації про гальмівні системи вантажних вагонів на мережі залізниць України.

Попередні дані експлуатації свідчать про вкрай незадовільну щільність гальмівної магістралі вантажних поїздів, істотне значення цей показник буде мати для вантажних поїздів підвищеної довжини. На ушкодження колісних пар може впливати низька чутливість авторежиму через реалізацію номінального тиску при неповному (частковому) завантаженні вагона. Вимагають вивчення питання, пов'язані з неповним відпуском гальм хвостової частини вантажного поїзда, а також засоби та методи керування й гальмування вантажних поїздів при несприятливих погодних умовах (дощ, сніг, іній та ін.). Якість ремонту й технічне обслуговування гальм також може впливати на їхню надійність.

Згідно з вищевикладеним, з метою підвищення надійності гальм вантажних вагонів пропонується:

- 1) створити на мережі залізниць групи надійності з метою збору інформації про відмови й технічний стан гальмівних приладів вантажних вагонів;
- 2) провести технічне діагностування гальмівних приладів на вагоноремонтних підприємствах з метою виявлення найбільш ненадійних вузлів;
- 3) підсилити контроль за гальмами в експлуатації, а також після виходу вагонів з ремонту;
- 4) розробити заходи щодо діагностики технічного стану гальм у вантажному поїзді з кабіни локомотива;

© *А.В. Донченко, Ю.Я. Водянніков, А.В. Гречко, О.Л. Корабельников, 2013*



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

5) вибірково на окремих вагонах з повзунами на колісних парах зробити перевірку тиску в гальмівних циліндрах, регулювання гальмівної важільної передачі, а також заміри дійсних сил натиснення колодок на колеса при повному службовому або екстремому гальмуваннях;

6) провести дослідження по застосуванню композиційних колодок з металевими вставками;

7) провести відповідний комплекс досліджень щодо доцільності великовантажних поїздів на залізницях України.

Інформація, яка зібрана в процесі проведення обстеження гальмівних систем і відображена в картах обстеження, проходить первинну якісну й наступну кількісну обробку, а також аналізується для виявлення причин появи ушкоджень.

Метою первинної обробки є відсівання явно недостовірного матеріалу, оцінка повноти й однорідності інформації, що залишилася, та її ранжирування.

Ранжирування матеріалів обстеження полягає в систематизації первинної інформації в порядку зростання строку експлуатації на момент проведення обстеження (строк експлуатації - різниця між датою проведення обстежень і датою виходу вагона).

У картах обстеження вагонів враховуються наступні основні види відмов і відповідні їм моделі:

- конструктивні (втома, закономірне зношування, вплив неврахованих розрахунком факторів);

- технологічні (наявність прихованих дефектів, розсіювання характеристик якості виготовлення);

- експлуатаційні (порушення правил експлуатації, обслуговування й ремонту, у тому числі маневрових робіт).

При виникненні в одній конструктивній зоні відмов різних по своїй фізичній природі, але взаємозалежних, ці відмови враховуються як окремі.

Первинна обробка статистичних даних може бути представлена обчислювальним процесом, вихідними даними для якого є термін служби ( $t_i$ ), кількість оглянутих ( $N_i$ ) та ушкоджених ( $n_i$ ) елементів в  $i$ -ом інтервалі та складається у визначенні:

- величини частоти появи пошкодження в  $i$ -ому інтервалі, яка визначається за формулою [1]:

$$q_i = \frac{n_i}{N_i}; \quad (1)$$

- накопиченої інтервальної частоти несправності для  $i$ -го інтервалу

$$r_i = \sum_{k=1}^i q_k = \sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k}; \quad (2)$$

- емпіричної ймовірності роботи елемента в справному стані за  $i$ -ий термін служби

$$Q_i^* = 1 - \exp(-r_i) = 1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^i \frac{n_k}{N_k}\right). \quad (3)$$

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Адекватність вибіркової сукупності досліджуваних вагонів генеральній оцінюється шляхом підбора теоретичного закону розподілу ймовірності роботи елемента в справному стані.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Степанов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. - М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.

УДК 338.244.018

*І.В. Музика, В.О. Подзоров*

### ПОБУДОВА ВНУТРІШНЬОГО ГОСПРОЗРАХУНКУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

*Розглянуто питання запровадження внутрішнього госпрозрахунку на підприємствах. Визначені мета постановки, проблеми, які виникають, результати та критерії оцінки запровадження внутрішнього госпрозрахунку на підприємстві.*

В сучасних умовах керівники підприємств шукають шляхи підвищення ефективності та конкурентоспроможності роботи своїх підприємств. Одним із таких шляхів є запровадження внутрішнього госпрозрахунку, який дає можливість підвищити ефективність внутрішніх процесів та мотивацію усіх ланок підприємства, покращити різні сторони діяльності підприємств. При запровадженні госпрозрахунку управління стикаються з проблемами та помилками.

По-перше слід розібратися з визначенням госпрозрахунку, що являє собою система управління, яка називається госпрозрахунком, які її мета та які проблеми вона дозволяє вирішити. На даний час немає єдиного трактування системи внутрішнього госпрозрахунку в сучасних ринкових умовах, тому деякі принципи цієї системи сприймаються та трактуються ще із часів соціалістичної економіки.

Метою є запровадження такої системи управління, яка дозволить виявити неефективні витрати та знизити виробничі витрати, забезпечити прибуткову роботу підрозділів та підприємства в цілому за рахунок мотивації кожного працівника.

Під час запровадження системи внутрішнього госпрозрахунку структурні підрозділи наділяються певною самостійністю в рамках своєї відповідальності, вводиться система мотивації керівників підрозділів з орієнтацією на фінансові результати. Керівники підрозділів вже не просто орієнтуються на операційні показники, вони починають розуміти, який вклад у фінансові результати підприємства вони вносять і які результати отримані в різних підрозділах. Підрозділи наділяються не тільки певними повноваженнями, але і відповідальністю за досягнуті результати, а також за помилки й втрати, пов'язані з їх діяльністю.

Якісне запровадження такої системи це непроста задача. Під час запровадження системи внутрішнього госпрозрахунку потрібно вирішити ряд проблем та завдань. Першочерговою є вирішення проблеми підвищення мотивації. Правильна мотивація спонукає працівників більш бережливо, більш економічно обґрунтовано діяти в сучасних умовах, більш чітко визначається відповідальність, яка до того була розмитою. Підрозділи підприємства намагатимуться освоювати випуск нових видів продукції (робіт, послуг) та збільшувати її реалізацію.

Наступним важливим моментом є формування бюджетів доходів та витрат, інвестиційних вкладень підрозділів, надання керівникам підрозділів «свободи дій» в цих процесах та повна фінансова відповідальність керівників підрозділів.

© *І.В. Музика, В.О. Подзоров, 2013*

---

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Складання бюджетів потребує творчого підходу, усі ланки підприємства повинні приймати участь в складанні бюджетів, при цьому необхідна певна формалізація – хто, кому, скільки та за що винен, усе повинно бути документально закріплено. Для чіткого відображення виробничих процесів, оцінки виконання бюджетів та визначення результатів слід вирішити питання запровадження на підприємстві досить потужного програмного комплексу.

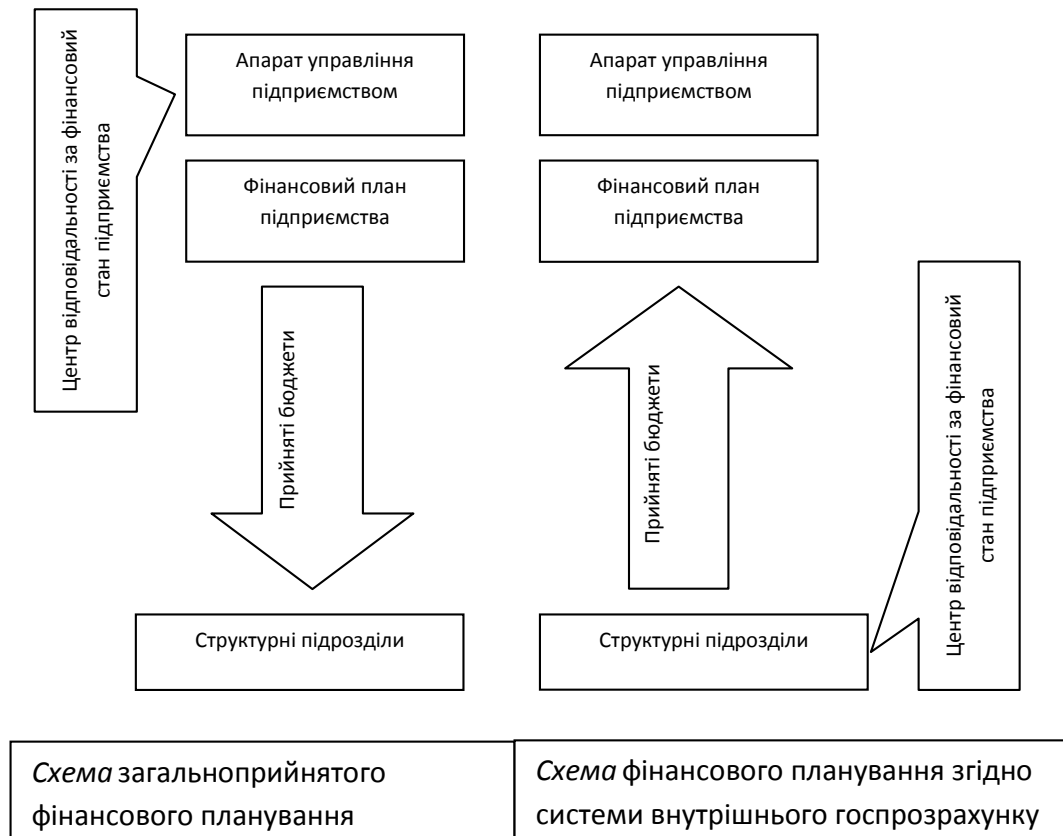


Рис. 1. Схеми складання бюджетів та фінансового плану підприємства

Слід відзначити, головний принцип госпрозрахунку: не порівну, а по потребі, тобто кому ресурси (трудові, матеріальні та інші) потрібні, ті їх і оплачують. Управління витратами повинно бути перенесено на підрозділи, адже тільки тоді буде зацікавленість в їх скороченні та раціональному використанні наявних ресурсів. Кожний керівник підрозділу повинен відслідковувати ефективність роботи свого підрозділу за критеріями, прийнятими апаратом управління підприємства.

На цьому етапі виникає проблема в неготовності керівників підрозділів стати керівниками-підприємцями. Якщо планується побудова високоефективного, динамічно розвиваючого підприємства, то потрібно обучати персонал сучасним методам управління, в разі незрозуміння або неможливості реалізувати поставлені задачі, слід міняти керівний склад підрозділів.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Логічним постає питання - за якими критеріями оцінювати роботу підприємства? Оскільки кожний структурний підрозділ є часткою підприємства, слід використовувати прийняті показники для аналізу фінансово-господарської діяльності підприємства, головні з них - прибуток та рівень рентабельності, запропоновані показники є універсальними.

Запровадження системи внутрішнього госпрозрахунку дає можливість виявити економічно розвинені підрозділи, які ритмічно працюють та приносять прибуток, мають перспективу розвитку, а також малоефективні підрозділи. Апарат управління проводить всебічний аналіз діяльності малоефективних підрозділів, в разі необхідності приймаються заходи, направлені на економічне оздоровлення підрозділу, або приймається рішення про ліквідацію підрозділу. Ріст мотивації працівників підприємства є головним локомотивом запровадження ефективної системи внутрішнього госпрозрахунку.

УДК 629.-592:620.178.4

*Ю.Я. Водяников, С.А. Павлов, А.Е. Можейко, Д.А. Донченко*

### УЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ТОРМОЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С КОЛОДОЧНЫМИ ТОРМОЗАМИ

*Представлены результаты исследования переходных режимов торможения пассажирских вагонов с колодочными тормозами. Приведены математические зависимости для удельной тормозной силы, учитывающие переходной период при торможении.*

Дальнейшее совершенствование пассажирских вагонов обуславливает более глубокий анализ его характеристик, к которым в первую очередь следует отнести динамические, динамико-прочностные и тормозные характеристики.

Важнейшей составной частью вагона является тормозная система. Эффективность тормозных средств является одним из основных условий, определяющих возможность повышения массы и скорости движения поездов, пропускной и провозной способности железных дорог. От свойств и состояния тормозного оборудования в значительной степени зависит безопасность движения.

Одним из вариантов сокращения тормозного пути пассажирского поезда при колодочном фрикционном торможении является увеличение скорости наполнения тормозных цилиндров. Короткое время наполнения тормозных цилиндров, по возможности одинаковое по всей длине поезда, является важнейшей характеристикой тормозной системы современных поездов, курсирующих с повышенными скоростями.

В этой связи, вопросы, связанные переходными режимами торможения, обусловленные процессом наполнения тормозных цилиндров воздухом и реализацией при этом тормозных сил, являются актуальными.

Основной задачей расчетных и экспериментальных исследований тормоза является определение и оценка его характеристик, а также тормозной эффективности (расчетного коэффициента силы нажатия колодок на колеса - тормозного коэффициента) нормативным требованиям.

Определение тормозного коэффициента (тормозной эффективности) производится при номинальной величине давления в тормозном цилиндре и максимальном выходе штока, при этом игнорируется режим наполнения тормозного цилиндра сжатым воздухом.

Графики изменения давлений в тормозных приборах (рис. 1 и 2) свидетельствуют, что время переходного режима (рис. 3) может составлять, в зависимости от скорости в начале торможения, от 10 % до 50 % времени полного торможения.

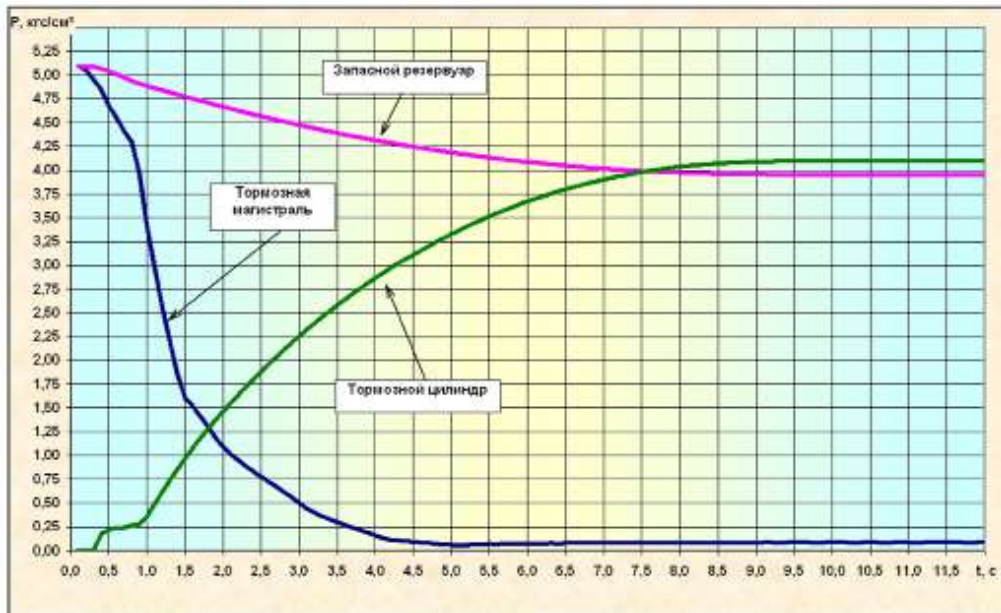
Поэтому задачи, направленные на исследования переходных режимов торможения, являются актуальными.

© *Ю.Я. Водяников, С.А. Павлов, А.Е. Можейко, Д.А. Донченко, 2013*

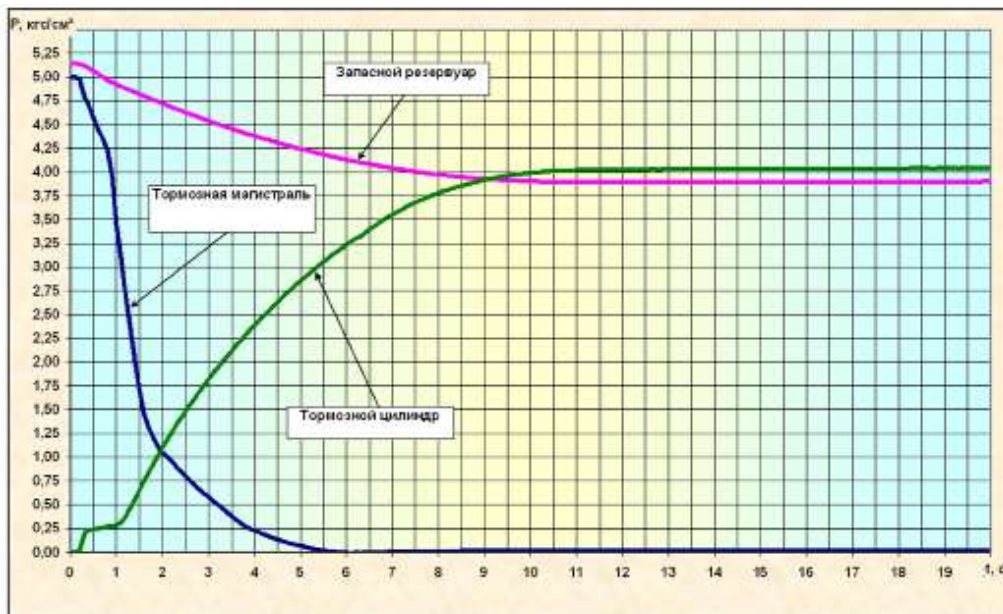
## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Так как основным показателем тормозной эффективности является тормозной коэффициент, то переходные режимы оцениваются по следующим характеристикам:

- силам, реализуемым на штоке тормозного цилиндра;
- действительной силе нажатия колодки на колесо;
- расчетной силе нажатия колодки на колесо.

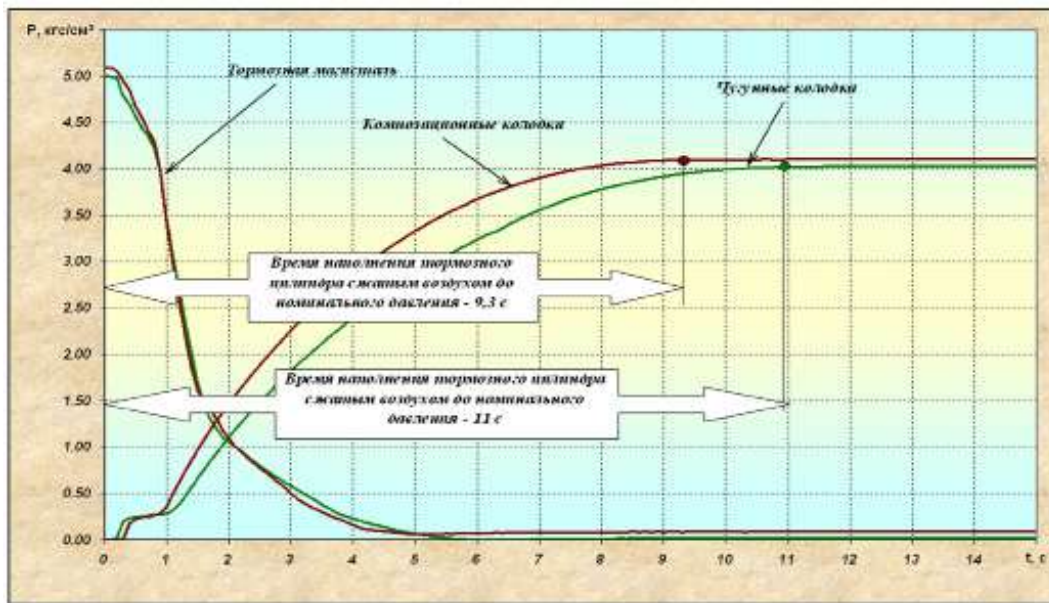


**Рис. 1.** Диаграммы изменения давлений в тормозных резервуарах при экстремном пневматическом торможении пассажирского вагона с композиционными колодками



**Рис. 2.** Диаграммы изменения давлений в тормозных резервуарах при экстремном пневматическом торможении пассажирского вагона с чугунными колодками

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 3. Время переходного режима торможения**

Исследования переходных процессов торможения проводились для пассажирского вагона с типовой тормозной системой при композиционных и чугунных колодках (рис. 4). Параметры тормозной системы приведены в табл. 1.

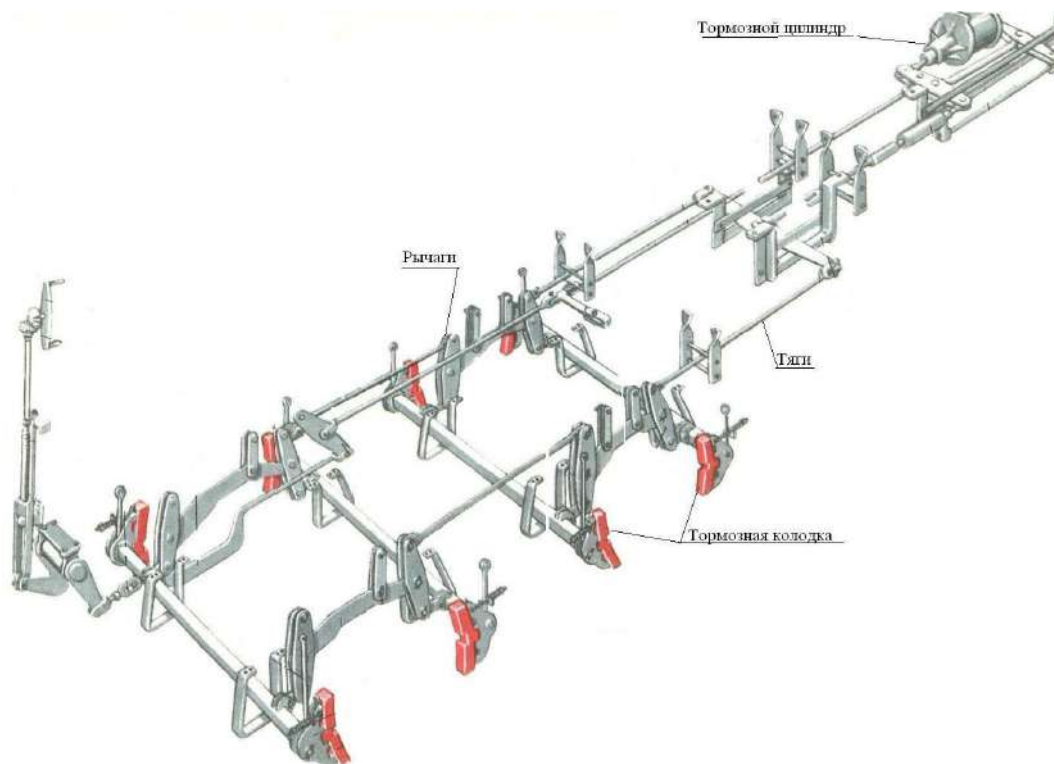
При определении мгновенной силы на штоке тормозного цилиндра при наполнении тормозного цилиндра сжатым воздухом полагается, что ход поршня и величина сжатия авторегулятора пропорциональны нарастанию давления воздуха в тормозном цилиндре, при этом математическое выражение имеет вид [1]:

$$K_{шт}(t) = \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_{ци} \cdot \eta_{ц} - F_n - \varepsilon_1 \cdot L_{шт} \cdot \frac{P_{ци}}{P_{ном}} - (F_p + \varepsilon_p \cdot l_p) \cdot \frac{P_{ци}}{P_{ном}} \cdot n_p \right), \quad (1)$$

- где  $P_{ном}$  - номинальное давление в тормозном цилиндре, кг/см<sup>2</sup>;  
 $d$  - диаметр тормозного цилиндра, см;  
 $p_{ци}$  - текущее давление в тормозном цилиндре;  
 $\eta_{ц}$  - к.п.д. тормозного цилиндра;  
 $F_n$  - усилие предварительного сжатия отпускной пружины, кг;  
 $\varepsilon_1$  - жесткость отпускной пружины тормозного цилиндра, кг/см;  
 $L_{шт}$  - выход штока;  
 $F_p$  - сила предварительного сжатия пружины авторегулятора, кг;  
 $\varepsilon_p$  - жесткость пружины авторегулятора, кг/см;  
 $l_p$  - сжатие пружины авторегулятора при торможении, см;  
 $n_p$  - передаточное число привода авторегулятора.



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



*Рис.4. Типовая тормозная система пассажирского вагона с колодочным тормозом*

*Таблица 1. Параметры типовой тормозной системы пассажирского вагона*

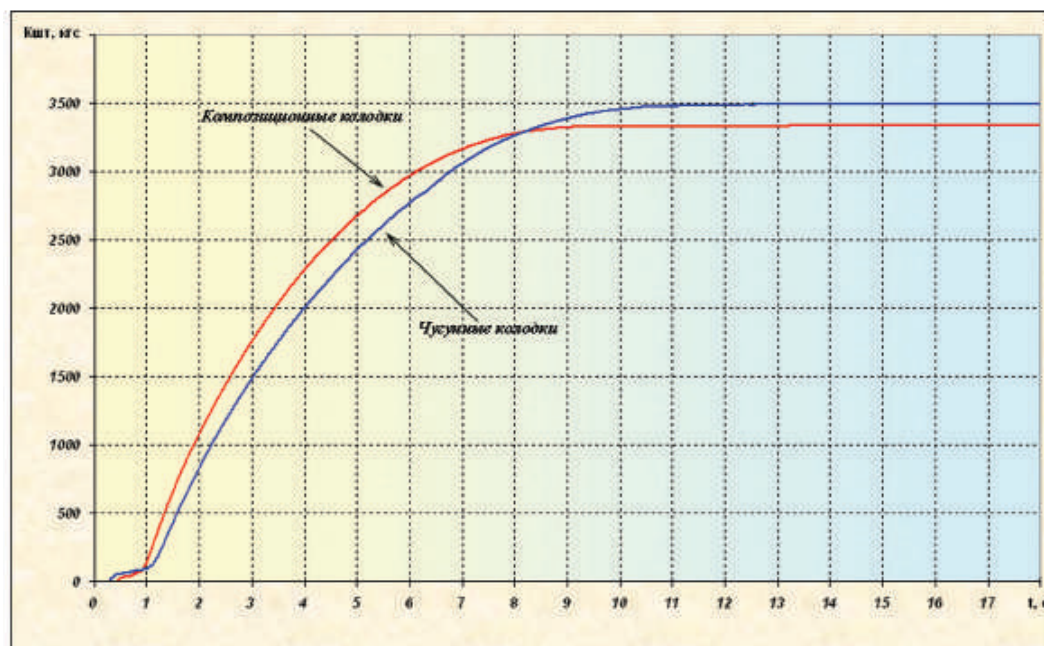
Наименование показателя	Значение
1	2
<b>Параметры вагона</b>	
Сила тяжести вагона (брутто), тс	62,00
Число тормозных колодок	16,00
<b>Параметры тормозного цилиндра</b>	
Диаметр поршня, см	35,60
Жесткость пружины, кг/см	6,57
Усилие предварительного сжатия пружины, кгс	159,00
КПД тормозного цилиндра	0,98
КПД рычажной передачи	0,90
<b>Композиционные колодки</b>	
Номинальное давление в тормозном цилиндре, кгс/см <sup>2</sup>	4,1
Передаточное отношение рычажной передачи	5,3
Выход штока тормозного цилиндра, см	15,00
<b>Чугунные колодки</b>	
Номинальное давление в тормозном цилиндре, кгс/см <sup>2</sup>	4,03

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Окончание Табл. 1

1	2
Передаточное отношение рычажной передачи	12
Выход штока тормозного цилиндра, см	15,00
<b>Параметры авторегулятора</b>	
Усилие предварительного сжатия, кгс	169,00
Жесткость пружины, кг/см <sup>2</sup>	23,10
Величина сжатия при торможении, см	4,50
Передаточное отношение (композиционные)	1,50
Передаточное отношение (чугунные)	0,67

Характер изменения силы на штоке тормозного цилиндра приведен на рис.



**Рис. 5. Сила, реализуемая на штоке тормозного цилиндра при экстренном пневматическом торможении**

Диаграмма изменения усилия на штоке отличается от диаграммы повышения давления в тормозном цилиндре, обусловленное влиянием отпускной пружины и авторегулятора.

Действительная сила нажатия колодки на колесо ( $\hat{E}$ ) определяется по формуле [1]:

$$K = \frac{1}{m} \cdot K_{um}(t) \cdot n \cdot \eta_p \quad (2)$$

где  $m$  - число тормозных колодок;

$n$  - передаточное число рычажной передачи;

$\eta_p$  - к.п.д. рычажной передачи.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кoeffициенты сил нажатия колодок на колесо определяются по формулам: для композиционных колодок [1]:

$$K_p = 1,22 \cdot K \frac{K + 20}{4K + 20}, \quad (3)$$

для чугунных колодок [2]:

$$K_p = 2,22 \cdot K \frac{16K + 100}{80K + 100}. \quad (4)$$

Диаграммы изменения действительной и расчетной сил нажатия колодок и их относительных единиц при переходных режимах торможения свидетельствуют, что действительные силы нажатия колодок корреспондируются с диаграммой изменения давления в тормозном цилиндре (рис. 6); пересчет действительных коэффициентов сил нажатия колодок на расчетные по формулам (3) и (4) обуславливает практическое совпадение их относительных коэффициентов (рис. 7), что позволяет использовать одну и ту же аналитическую зависимость для описания относительных расчетных коэффициентов (рис. 8).

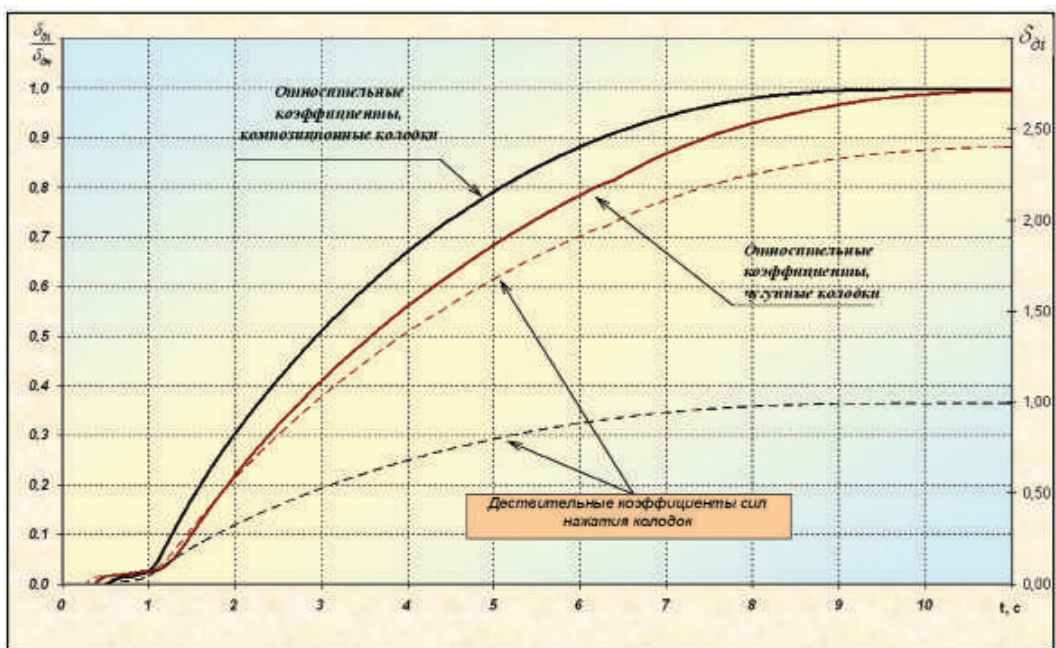
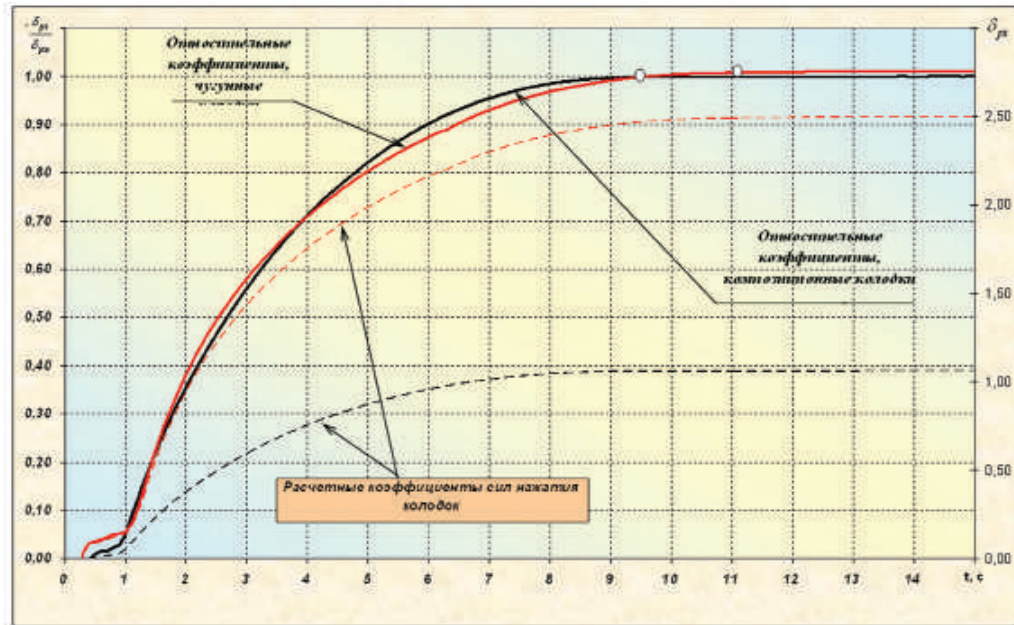
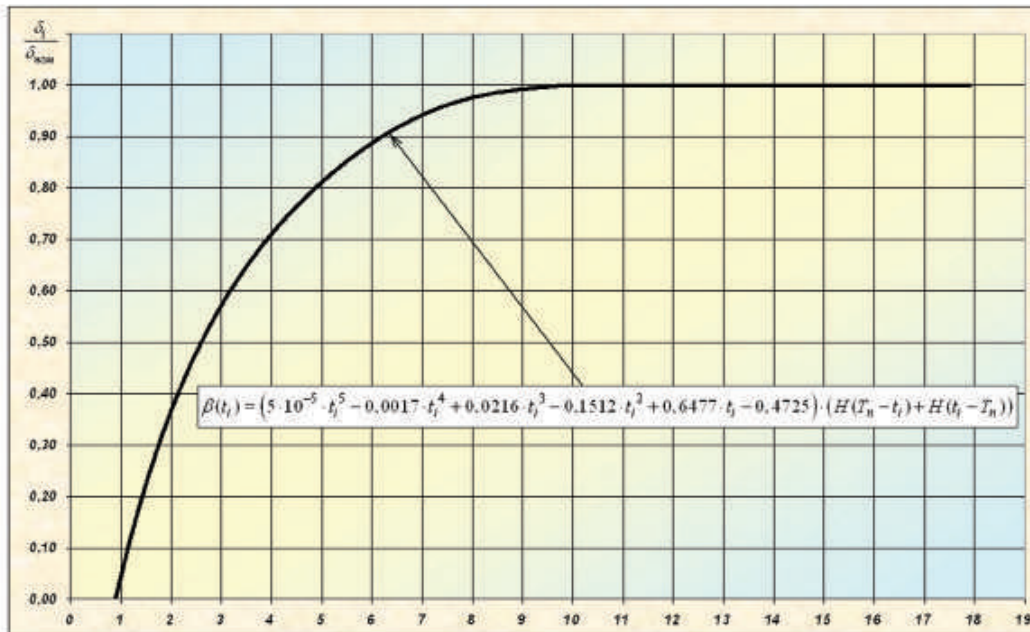


Рис. 6. Относительные и действительные коэффициенты силы нажатия колодок на колеса при переходном режиме торможения

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 7. Относительные расчетные коэффициенты силы нажатия колодок на колеса при переходном режиме торможения**



**Рис. 8. Относительный расчетный коэффициент силы нажатия композиционных и чугунных колодок**

С учетом изложенного, текущее значение удельной тормозной силы пассажирского вагона с композиционными и чугунными колодками может быть представлено математическим выражением:

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

$$B_m(t_i) = \beta(t_i) \cdot (H(T_n - t_i) + H(t_i - T_n)) \cdot \delta_{ном} \cdot \Phi_{mp}, \quad (5)$$

где  $t_i$  - текущее время торможения, с;

$B_m(t_i)$  - удельная тормозная сила, соответствующая времени  $t_i$ ;

$\delta_{ном}$  - номинальное значение расчетного тормозного коэффициента;

$T_n$  - время достижения номинального давления в тормозном цилиндре,

$T_i = 9,8$  с;

$H(x)$  - функция Хевисайда - кусочно-постоянная функция, которая определяется формулой:

$$H(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0 \\ 1 & \text{при } x \geq 0 \end{cases}; \quad (6)$$

$\beta(t_i)$  - функция, зависящая от времени, определяется по формуле:

$$\beta(t_i) = 5 \cdot 10^{-5} \cdot t_i^5 - 0,0017 \cdot t_i^4 + 0,0216 \cdot t_i^3 - 0,1512 \cdot t_i^2 + 0,6477 \cdot t_i - 0,4725. \quad (7)$$

### Выводы

Таким образом, формула (5) позволяет учесть переходной период торможения и уточнить тормозную эффективность пассажирских вагонов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 260 с.

УДК [629.463.64+539.4]:001.891.34

*А.В. Донченко, Д.В. Федосов-Никонов, О.В. Орлов, М.И. Соляник, С.В. Долинский*

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛИННОБАЗНОЙ ПЛАТФОРМЫ

*Изложены результаты экспериментальных исследований прочностных качеств длиннобазной платформы модели 13-4147 по критерию сопротивления усталости, приведены коэффициенты запаса сопротивления усталости, полученные теоретическим и эмпирическим методами, сделаны выводы о соответствии показателей усталостной долговечности нормативным значениям.*

**Постановка задачи.** Для удовлетворения рыночного спроса, возрастающих объемов контейнерных перевозок и расширения номенклатуры продукции многими вагоностроительными заводами были разработаны и созданы различные конструкции длиннобазных платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров. Однако первоначальный опыт эксплуатации данных вагонов показал несоответствие параметров прочности конструкции, заложенных на стадии проектирования и полученных в процессе эксплуатации. В частности, в процессе непродолжительной эксплуатации некоторых моделей длиннобазных вагонов-платформ были выявлены серьезные дефекты в виде трещин усталостного характера в несущих элементах конструкции, что ставило под угрозу безопасность движения на железнодорожном транспорте. Поэтому работы, направленные на создание рациональной конструкции длиннобазной платформы, которая обеспечивает безопасность движения и сохранность груза при различных режимах эксплуатации, являются актуальными.

**Основной материал.** Специалистами ПАО «Днепровагонмаш» был разработан и произведен вагон-платформа модели 13-4147 для перевозки крупнотоннажных контейнеров. Данная модель вагона-платформы позволяет перевозить 40-футовые и 20-футовые контейнеры в различных комбинациях. Основой конструкции платформы является мощная хребтовая балка, состоящая из 2-х Z – профилей переменного сечения по высоте, связанная в единую конструктивно-силовую схему с поперечными и боковыми балками.

При создании данной конструкции был учтен опыт ведущих производителей длиннобазных платформ и применены современные методы расчета и проектирования вагонов.

Одним из основных требований при проектировании являлось предотвращение усталостного разрушения элементов вагона в процессе эксплуатации. К мерам по предотвращению данных разрушений относились: исключение геометрических концентраторов напряжений, сварных швов в зоне высоких напряжений, конструктивная минимализация количества поперечных сварных швов по всей длине рамы, повышение энергоемкости демпфирующих узлов, рациональный выбор конструкционных материалов.

© *А.В. Донченко, Д.В. Федосов-Никонов, О.В. Орлов, М.И. Соляник, С.В. Долинский, 2013*

---

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Для проверки усталостной прочности был произведен расчет рамы на сопротивление усталости при многоцикловом нагружении. Он показал, что коэффициенты запаса сопротивления усталости в наиболее нагруженных элементах, в которых наиболее вероятно образование усталостных трещин в процессе эксплуатации, в частности в наиболее опасном сечении — посередине рамы, обеспечивают сопротивление усталости рамы на весь назначенный срок службы.

Однако большое количество факторов, влияющих на усталостную прочность натурной конструкции - характер остаточного напряженного состояния, градиент изменения механических свойств по сечению, структуре, состоянию поверхности, концентрации напряжений в зоне сопряжения различных сечений, многообразие эксплуатационных нагрузок не всегда поддаются точному моделированию при проектировании. Поэтому истинную величину усталостной прочности зачастую можно определить только при проведении комплекса экспериментальных исследований. По результатам исследований оценивается рациональность конструкции, определяются пути ее совершенствования.

Усталостная прочность конструкции вагона-платформы для крупнотоннажных контейнеров модели 13-4147 подтверждалась результатами экспериментальных исследований. Исследования проводились на стенде с пневмомеханическим силовозбуждением колебаний резонансного типа. При выборе режима исследований оценивались различные схемы погрузки платформы с целью обеспечения наиболее невыгодного сочетания максимальных сил, возникающих в эксплуатации.

Результаты исследований показали расхождения показателей усталостной прочности, полученных расчетным и экспериментальным путями. В частности в поперечном сечении консольной части рамы коэффициент запаса сопротивления усталости находился в пределах (1,09 - 1,2) при расчетном (1,5-1,9) и допускаемом не менее 1,5 согласно [1] и 1,8 согласно [4]. Данный факт актуализирует совершенствование методов оценки сопротивления усталости в расчетах длиннобазных вагонов и подтверждает необходимость экспериментальных исследований.

В конструкцию вагона-платформы модели 13-4147 были внесены серьезные изменения: усилены боковые обвязки, модернизирован узел заделки концевой балки, сокращено общее количество сварных швов.

Повторные экспериментальные исследования показали, что конструкция выдерживает действующие нагрузки с достаточными запасами усталостной прочности и может эксплуатироваться по всей сети железных дорог. После доработки конструкции коэффициент запаса сопротивления усталости различных сечений консольной части рамы получен в пределах (1,83 – 2,1).

**Выводы.** Выполненные исследования свидетельствуют, что теоретический расчет конструкции в недостаточной степени отражает фактическое напряженно-деформированное состояние конструкции по критерию обеспечения усталостной прочности. Значения показателей, полученные в результате проведенных экспериментальных исследований, соответствуют допускаемым значениям.

Также следует отметить целесообразность совершенствования методов оценки сопротивления усталости длиннобазных вагонов-платформ.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, М., 1996 г., с изменениями и дополнениями (01.02.2000 г. и 01.03.2002 г.). - 319 с.
2. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества: РД 24.050.37-95: утв. МПС РФ 30.12.94. М, 1995. - 101 с.
3. Гусев А.С. Сопротивление усталости и живучесть конструкции при случайных нагрузках. М.: Машиностроение, 1989, - 246 с.
4. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ВНИИВ-ВНИИЖТ – М., 1983. - 260 с.



УДК 629.463.65.004.6 : 001.891.5

*О.В. Орлов, А.В. Донченко, Д.В. Федосов-Никонов, М.И. Соляник*

### ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПОЛУВАГОНОВ ПРИ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЯХ СОУДАРЕНИЕМ

*Представлено экспериментальное обоснование продления срока службы полувагонов сверх нормативного, результаты ресурсных исследований прочностных качеств конструкции полувагона в области многоциклового усталости, приведены распределения ударных сил при проведении исследований, сделаны выводы о наличии резервов по прочности при достижении заданных показателей надежности.*

**Постановка задачи.** Предельная изношенность самого массового типа подвижного состава – полувагонов, отсутствие средств на обновление вагонного парка актуализируют задачи восстановления ресурса полувагонов, исчерпавших назначенный срок службы, при капитальном ремонте и назначением нового срока службы. Одним из этапов подтверждения обоснованности продления показателя долговечности определенной партии полувагонов являются ресурсные исследования конструкции при многократном действии ударных нагрузок.

**Основной материал.** Методика оценки остаточного ресурса полувагонов, срок службы которых истек, включает анализ условий эксплуатации и результатов обследования технического состояния каждого вагона. На начальном этапе для оценки уменьшения толщины элементов рамы проводится исследование коррозионного износа при помощи ультразвуковой толщинометрии, по результатам которой заполняются сводные карты и таблицы по основным несущим элементам. По результатам технического диагностирования полувагону может быть назначен капитальный ремонт с продлением срока службы (КРП), либо полувагон может быть исключен из инвентарного парка. С целью обеспечения необходимой безопасности движения на железнодорожном транспорте для нескольких вагонов из определенной партии проводится экспериментальное обоснование продления срока службы методом проведения ресурсных исследований на циклическую долговечность несущих элементов конструкции при действии многократных ударных нагрузок эквивалентного спектра. Выборка производится с учетом оценки условий эксплуатации партии вагонов, интенсивности эксплуатации, номенклатуры перевозимых грузов, пунктов и условий погрузки-выгрузки (применение грейферов для выгрузки вагонов, вагоноопрокидывателей) и т.д.

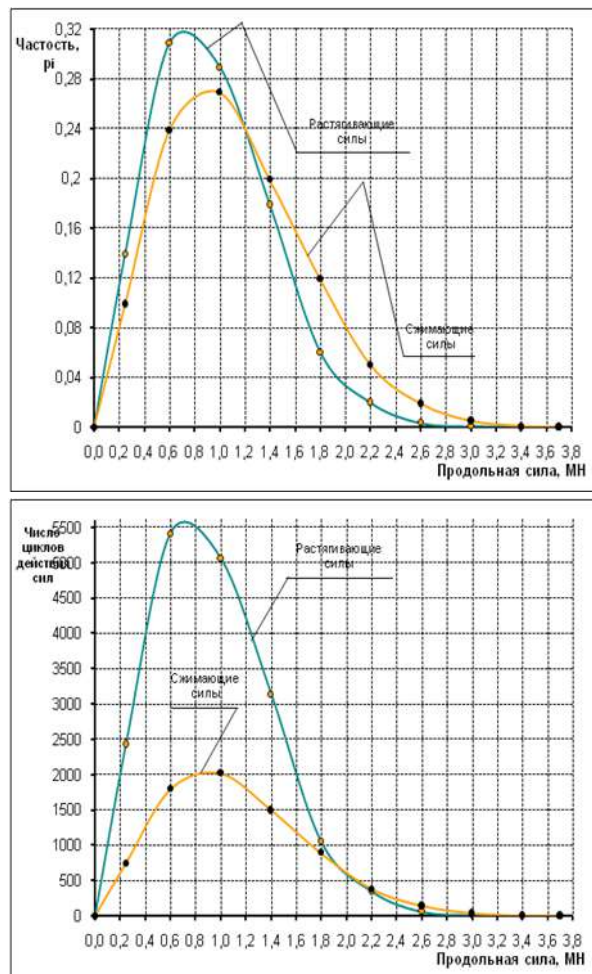
Приведем пример ресурсных исследований полувагона, продолжительность эксплуатации которого исчерпала назначенный календарный срок службы.

Спектр нагружений при исследованиях принимался согласно распределения максимумов растягивающих и сжимающих продольных сил, действующих на вагон в эксплуатации и приведенных на рис. 1 [1].

© *О.В. Орлов, А.В. Донченко, Д.В. Федосов-Никонов, М.И. Соляник, 2013*

---

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 1. Распределение растягивающих и сжимающих продольных сил, действующих на вагон в эксплуатации**

Ресурсные исследования в режиме соударений интерпретируются в области многоциклового усталости, поэтому расчет режимов ресурсных исследований выполнялся на основании линейной гипотезы суммирования повреждений по критериям сопротивления усталости.

Согласно методике, изложенной в РД 24.050.37-95 [2], исследования проводились по трехударной схеме отдельными сериями соударений, соответствующими по повреждающему действию одному году эксплуатации вагона. При этом осуществлялась постоянная регистрация усилий соударения на двух автосцепках опытного вагона, динамических напряжений в элементах вагона, количества циклов соударений.

Оценка результатов исследований производилась по полученной сумме накопленных повреждений и сравнением фактического числа соударений с базовым числом циклом. Динамические напряжения в наиболее нагруженных элементах вагона (хребтово-шкворневой узел) и результаты ресурсных исследований представлены на рис. 2, 3.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

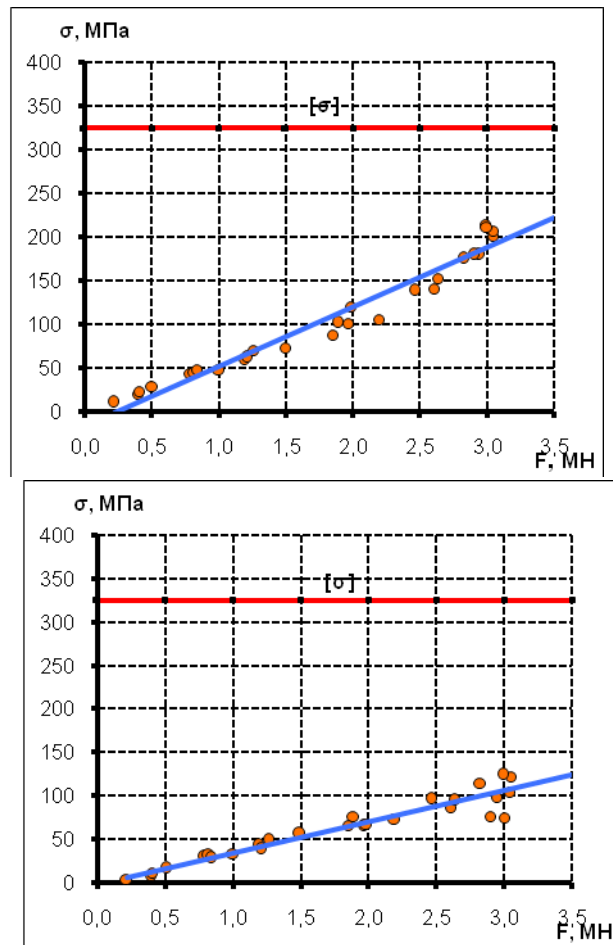


Рис. 2. Динамические напряжения в наиболее нагруженных элементах вагона

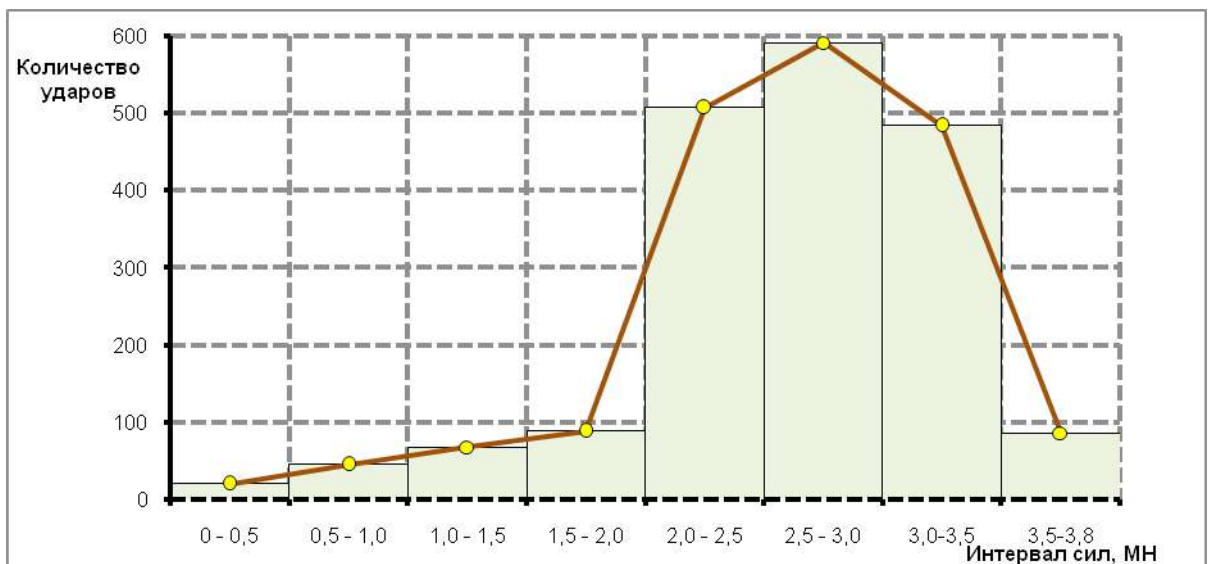


Рис. 3. Гистограмма распределения количества циклов соударений по интервалам сил

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

**Выводы.** Результаты ресурсных исследований конструкции полувагона при многократном действии ударных нагрузок подтвердили наличие остаточного ресурса и обоснованность продления срока службы партии полувагонов по критерию обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте. Конструкция вагона сохранила свою целостность и работоспособность по достижении базового числа циклов, динамические напряжения находились в пределах допустимых значений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. - 319 с.
2. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. РД 24.050.37-95. М.: ГосНИИВ, 1995. - 101 с.
3. Вагоны грузовые. Ресурсные испытания в режиме многократных соударений. Типовая программа и методика - ВНИИВ – ДИИТ. 1990. - 20 с.
4. Донченко А.В., Трубачев Ю.А., Назаренко К.В. Диагностика грузового и пассажирского подвижного состава // Проблемы механики ж.д. тр-та: Труды X Междунар. конф. – Секция 4. Прочность, надежность, диагностика. – Днепропетровск, 2000 – С. 173-174.

УДК 629.463.66.004.6 : 001.891.5

*Д.В. Федосов-Никонов, А.В. Донченко, О.В. Орлов, А.Н. Стринжа, И.И. Федорак*

### О РЕСУРСЕ ВАГОНОВ-ХОППЕРОВ

*В данной статье рассматривается вопрос о целесообразности капитально-восстановительного ремонта для продления срока службы вагонов.*

Проблема с вагонами грузового парка актуальна не один год. В 2007-2008 годах было подсчитано, что каждый 3-й грузовой вагон непригоден для грузовых перевозок. По данным статистики, положение дел в 2013 году еще более ухудшилось – средний процент износа вагонов грузового парка составляет более 88,5 %. Одним из решений по выходу из сложившейся ситуации на данный момент является проведение капитально-восстановительного ремонта и продление срока службы вагонов в зависимости от их остаточного ресурса.

По инициативе «Укрзалізниця» Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения» проводит техническое диагностирование вагонов с целью установления их остаточного ресурса и целесообразности проведения капитально-восстановительного ремонта для продления срока эксплуатации.

Анализ результатов, полученных при проведении технического диагностирования вагонов-хопперов показывает, что износ основных несущих элементов вагона (хребтовых, шкворневых и поперечных балок) составляет от 6 до 90%. Наиболее подвержены коррозии и повреждениям шкворневые и поперечные балки (до 90, а в некоторых случаях до 100%). При значительном коррозионном износе и вследствие этого экономической нецелесообразности проведения ремонта вагоны исключаются из инвентарного парка. Однако, как показывают результаты технического диагностирования, основные несущие элементы полувагонов по окончании срока службы имеют значительный остаточный ресурс. При капитально-восстановительном ремонте проводится замена поврежденных и изношенных элементов. Согласно программе и методике проведения технического диагностирования и ресурсных испытаний из каждой 1 тысячи вагонов, которым проведен капитально-восстановительный ремонт, отбирается 1 вагон с худшими показателями толщин металла согласно карте технического состояния вагона. Отобранный вагон подвергается контрольным ресурсным испытаниям соударением. При проведении данных испытаний определяются напряжения в основных несущих элементах конструкции и определяется срок службы вагона после проведения капитально-восстановительного ремонта. При проведении контрольных испытаний выявляются превышения значений напряжений в элементах конструкции сверх нормативных. В этих случаях проводится анализ напряженно-деформированного состояния элемента, устанавливаются возможные причины возникновения превышения допустимых напряжений, рассматриваются возможные варианты их устранения.

© *Д.В. Федосов-Никонов, А.В. Донченко, О.В. Орлов, А.Н. Стринжа, И.И. Федорак, 2013*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

При проведении контрольных ресурсных испытаний на одной из моделей вагона для перевозки окатышей в местах соединения хребтовой и шкворневых балок, а также в симметричных сечениях были выявлены превышения допустимых напряжений. Суммарные напряжения (статические и от соударения) в нижнем и верхнем листах шкворневой балки в месте соединения с хребтовой балкой составили 362 МПа и 312 МПа соответственно при допустимых 345 МПа и 295 МПа (рис. 1 и 2).

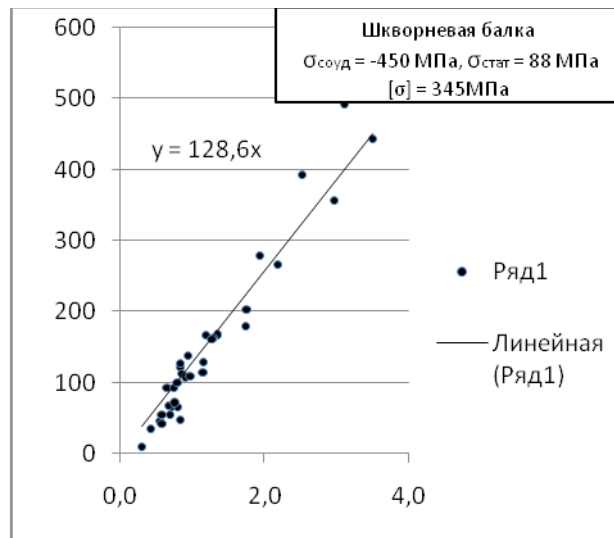


Рис. 1. Напряжения в нижнем листе шкворневой балки

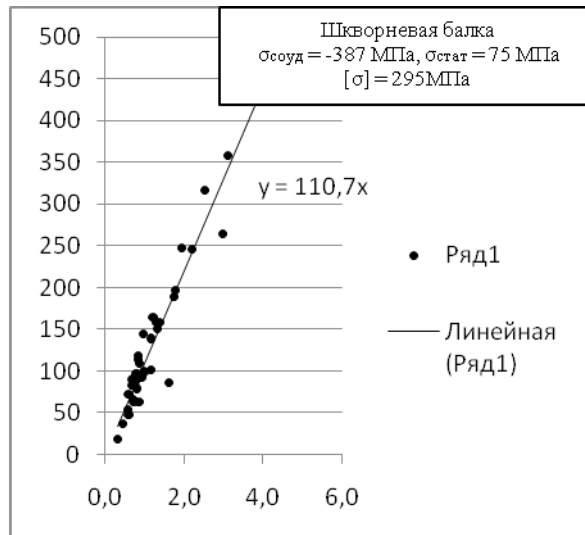
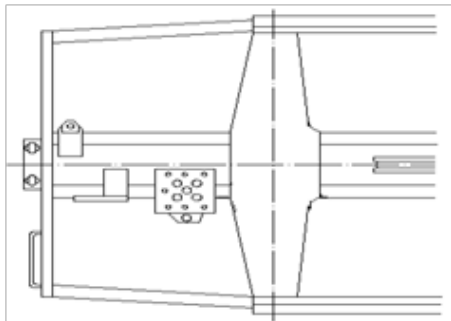


Рис. 2. Напряжения в верхнем листе шкворневой балки

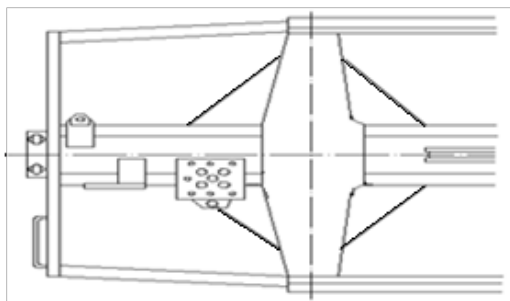
В данном случае для снижения сверх нормативных напряжений была проведена установка угловых накладок и пластин, а также дополнительных вертикальных вставок для увеличения прочности шкворневой балки. Такие мероприятия привели к уменьшению напряжений за счет перераспределения напряженного состояния, уве-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

личению площади поперечных сечений и увеличению моментов инерции сечений, т.е. повышения жесткости конструкции шкворневого узла (рис. 3 и 4). Повторные испытания соударением подтвердили правильность принятых конструктивных решений.



*Рис. 3. Соединение хребтовой и шкворневой балок до усиления*



*Рис. 4. Соединение хребтовой и шкворневой балок после усиления*

По результатам повторных статических испытаний вертикальными нагрузками и испытаний соударением суммарные напряжения в нижнем и верхнем листах шкворневой балки в месте соединения с хребтовой балкой составили 263 МПа и 278 МПа соответственно при допустимых 345 МПа и 295 МПа. В результате проведенного усиления конструкции полученные суммарные значения напряжений полностью удовлетворяют требованиям «Норм для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» [1], «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» [2], РД 24.050.37-90 [3] и РД 24.050.37-95 [4]. Контрольные ресурсные испытания соударением проводились с эквивалентной силой удара 2,25 МН. Количество соударений до разрушения конструкции (потери несущей способности) составило 4538 ударов. Результаты испытаний по определению остаточного ресурса (контрольные ресурсные испытания) вагона для перевозки окатышей показали возможность продления срока службы на 5 лет, что составляет 33% от срока службы нового вагона.

Продление срока службы замедляет сокращение вагонного парка. Однако, это временная мера. Восстановительные ремонты требуют значительных затрат. В результате такого ремонта подлежат замене наиболее поврежденные и изношенные элементы. «Усталость металла» элементов и узлов вагона, состояние которых позволяет их дальнейшую эксплуатацию без ремонта и замены, неизменно увеличивается.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Разрушение таких элементов происходит непредсказуемо и в течение короткого промежутка времени. Дать точный прогноз о времени до полного отказа таких деталей и узлов невозможно. Это угрожает безопасности перевозок. Поэтому капитально-восстановительные ремонты являются временной мерой. Необходимо пополнять парк новыми вагонами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ВНИИВ-ВНИИЖТ, 1983. – 260 с.
2. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. - 319 с.
3. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества: РД 24.050.37-90. М.: ВНИИВ - ВНИИЖТ, 1990. - 37 с.
4. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества: РД 24.050.37-95. М.: ГосНИИВ, 1995. - 101 с.
5. Донченко А.В., Трубачев Ю.А., Назаренко К.В. Диагностика грузового и пассажирского подвижного состава // Проблемы механики ж.д. тр-та: Труды X Междунар. конф. – Секция 4. Прочность, надежность, диагностика. – Днепропетровск, 2000 – С. 173-174.