

УДК 629.4.077-592.117.001.4

О.М. Сафронов, П.О. Хозя, Ю.Я Водянніков, Д.І. Єськов

ГАЛЬМІВНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БУНКЕРНИХ ВАГОНІВ З РОЗДІЛЬНИМ ГАЛЬМУВАННЯМ НА КОЖЕН ВІЗОК

Наведений короткий опис будови дискового гальма та його відмінність від колодкового. Показані основні відмінності дискових і колодкових гальм, наведена принципова схема дискової гальмівної системи. Виконані розрахунки дискового гальма для вантажного вагона з чавунними і сталевими дисками за новими стандартами. Наведені параметри дискових гальм, за яких гальмівні шляхи вантажного поїзда не перевищують мінімальних допустимих значень для вантажних вагонів з осьовим навантаженням 23,5-30 тс і швидкостей руху більше за 100 км/год до 160 км/год включно.

Ефективність гальмівних засобів є однією з найважливіших умов, що визначають можливість збільшення ваги і швидкості руху поїздів, пропускної й провізної здатності залізниць. Від властивостей і стану гальмівного обладнання рухомого складу значно залежить безпека руху.

Для досягнення високої надійності гальмівного обладнання протягом усього життєвого циклу важлива роль впроваджуваного на заводах сучасного стендового випробувального обладнання з використанням комп'ютерного інтерфейсу, яке реєструє результати автоматично на всьому спектрі режимів роботи гальмівного обладнання. У том числі і, особливо з урахуванням умов його експлуатації (динамічні навантаження, кліматичні умови та інші фактори) за стабільних вихідних параметрів.

У 2018 році набув чинності ГОСТ 34434-2018 [1], у якому викладено нові технічні вимоги і правила розрахунку гальма, а також критерії гальмівної ефективності вантажних вагонів з осьовим навантаженням до 30 тс і швидкостями руху до 160 км/год включно.

Проведені дослідження показали, що колодкові гальма не здатні реалізувати вимоги гальмівної ефективності вантажних вагонів за [1] для швидкостей руху вище за 100 км/год, що викликає необхідність застосування для вантажних вагонів зі збільшеними осьовими навантаженнями інших гальмівних систем.

Тому стають актуальними питання подальшого поглиблення і розвитку методів обґрунтування раціональної конструкції гальм вантажних вагонів і прогнозування їх працездатності.

Одним із можливих варіантів забезпечення гальмівної ефективності вантажних вагонів для швидкостей до 160 км/год включно можуть бути дискові гальма (рис.1)

Такий вибір обумовлений тим, що оскільки кінетична енергія поїзда прямо пропорційна квадрату швидкості руху, то для її швидкого перетворення на теплову виникає необхідність перенесення її з поверхні кочення колеса на спеціальні, добре вен-

© Сафронов О. М., Хозя П. О., Водянніков Ю. Я., Єськов Д.І., 2020

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

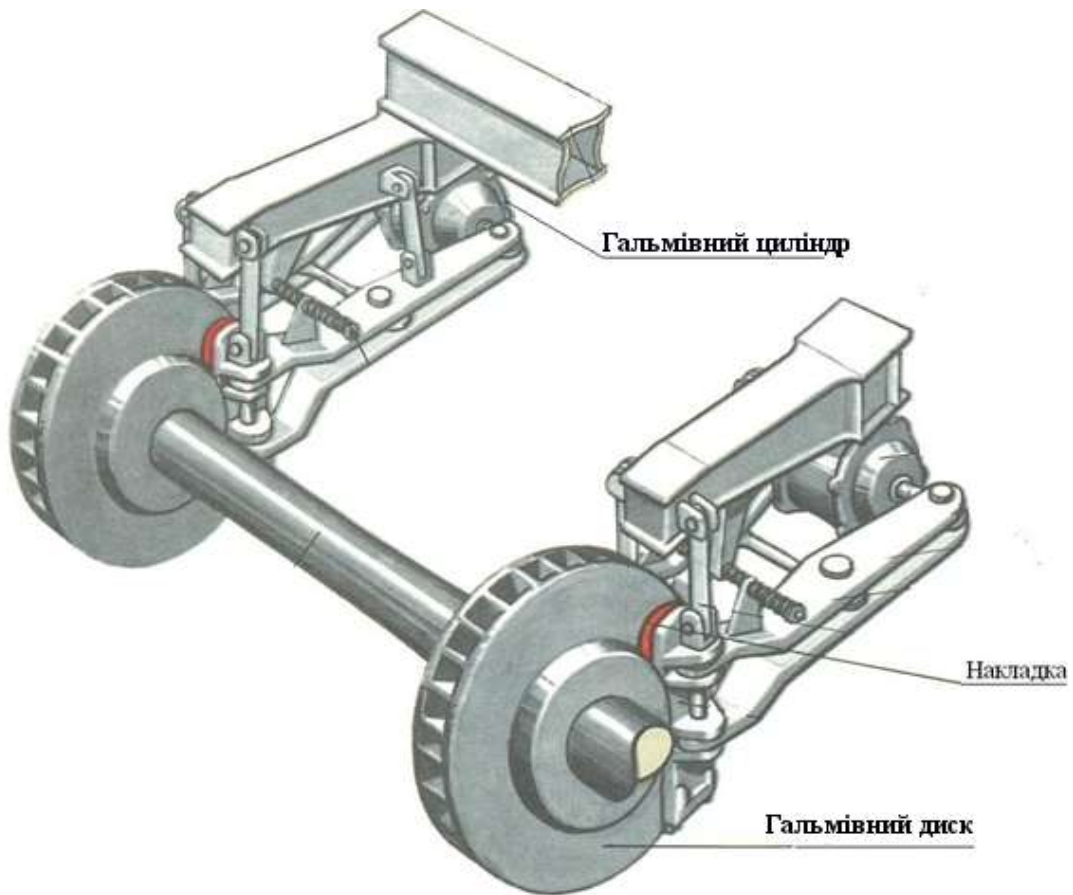


Рис. 1. Дисконе гальмо

тільовані диски, які установлюють безпосередньо на осі колісної пари або на колісному центрі (рис. 2 і 3).

Гальмівні диски можуть бути, залежно від матеріалу, як сталевими, так і чавунними.



Рис. 2. Гальмівний диск

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

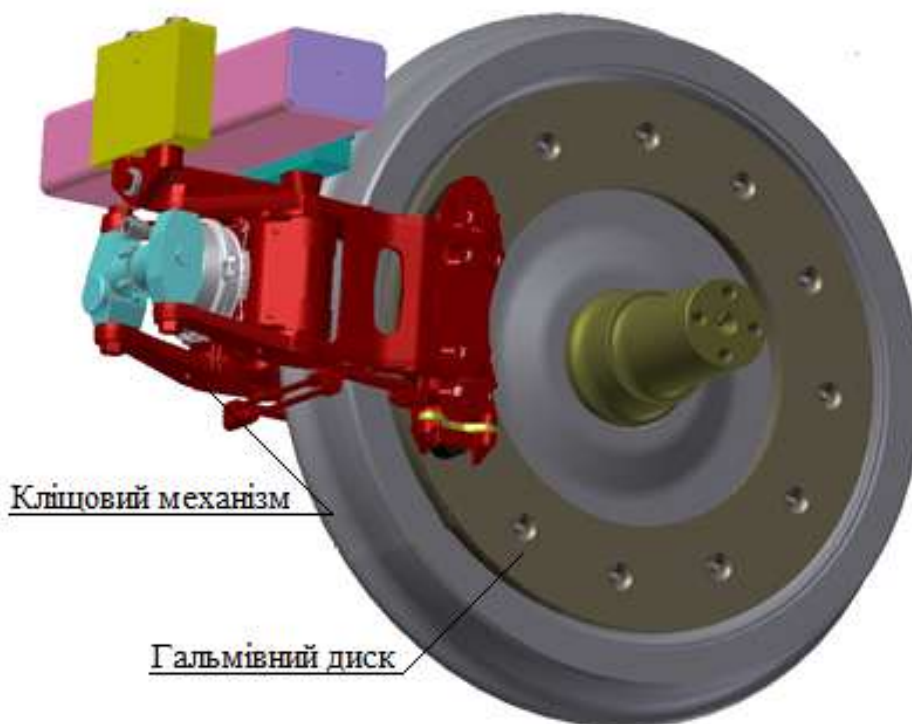


Рис. 3. Дискове гальмо, встановлене на колесі колісної пари

Така конструкція забезпечує ряд переваг, пов'язаних із можливістю вибору покращених фрикційних характеристик пари тертя, її необхідної площі, швидкого відводу тепла, а також застосування найпростішої важільної передачі з мінімальними втратами і високою швидкодією.

Дискові гальма мають істотні переваги перед колодковими з точки зору компактності гальмівного обладнання і стабільності робочих характеристик. У разі використання дискових гальм поверхні кочення коліс вільні від посиленого нагріву і зносу при цьому усуваються перегрівання коліс, ненормальні виробітки на поверхні кочення та інше.

Основні відмінні риси дискових гальмівних систем порівняно з колодковими:

- ✓ Гальмівний вплив здійснюється через диски, розташовані на осі колісної пари або диску колеса, за допомогою передачі зусиль від кліщових механізмів через накладки;

- ✓ Кожен кліщовий механізм обладнаний гальмівним циліндром з вбудованим авторегулятором і кронштейнами для установки накладок;

- ✓ На відміну від колодкового гальма, ефективність якого визначається за дійсним коефіцієнтом сили натискання колодок на колеса, ефективність дискового гальма визначається за дійсною силою натискання накладок на диски, приведені до поверхні кочення колеса:

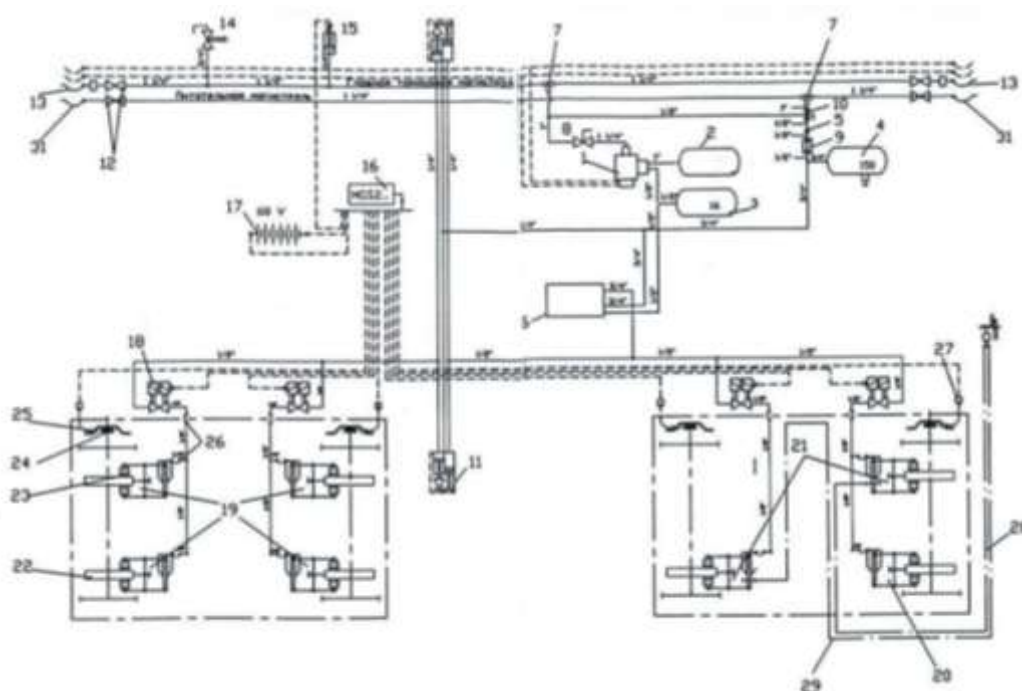
Дискова гальмівна система має досить складну елементну базу. Так, дискове гальмо, на прикладі пасажирського вагона (рис. 4), включає повітродозподільник 292М, електроповітродозподільник 305, запасний резервуар місткістю 78 л, з'єднаний через повітродозподільник із компенсуючим резервуаром місткістю 16 л, призначеним для управління роботою реле тиску 042.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Гальмівна система включає також живильний резервуар місткістю 150 л, наповнення якого стисненим повітрям передбачено від гальмівної або живильної магістралей через трійник, кран 2-15-1, клапан 1-13 і дросель R ½" – 1,2.

Живильний резервуар, залежно від команди реле тиску (за спрацювання протиюзного пристрою), забезпечує наповнення стисненим повітрям гальмівних циліндрів дискових гальм, які встановлені на візках.

На запасному і живильному резервуарах передбачені випускні клапани 4-2.



- | | |
|---|--------------------------------|
| 1 Повітророзподільник 292М і електроповітророзподільник 305 | 16 Протиюзний пристрій |
| 2 Запасний резервуар ємністю 78 л | 17 Акумуляторна батарея |
| 3 Компенсувальний резервуар місткістю 16 л | 18 Клапан протиюзного пристрою |
| 4 Живильний резервуар місткістю 150 л | 19 Кліщовий механізм |
| 5 Клапан | 20 Кліщовий механізм |
| 6 Реле тиску 042 | 21 Кліщовий механізм |
| 7 Трійник | 22 Гальмівний диск |
| 8 Кран | 23 Гальмівна накладка |
| 9 Дросель | 24 Полісне колесо |
| 10 Кран | 25 Імпульсний датчик |
| 11 Сигнальний пристрій | 26 Рукав з'єднувальний Р-34 |
| 12 Кран кінцевий 4304 | 27 Розетка |
| 13 Рукав з'єднувальний 369 А | 28 Трос ручного гальма |
| 14 Стоп-кран | 29 Трос ручного гальма |
| 15 Пневматичний вимикач | 30 Клапан 4-2 |
| | 31 Рукав з'єднувальний Р17-Б |

Рис. 4. Принципова схема пневматичної системи дискового гальма пасажирського вагона

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Зусилля на накладки передаються від кліщових механізмів, які включають гальмівні циліндри і систему важелів.

Для запобігання повному блокуванню (заклинюванню) колісних пар на вагоні використовується протиюзний пристрій з мікропроцесорними блоками-аналізаторами, безконтактними імпульсними сенсорними датчиками і регулятором тиску. На кожній колісній парі встановлені клапани протиковзання, а на торцях осі - датчики швидкості обертання.

Регулятор тиску призначений для вимикання комутаційного апарату протиюзного пристрою від електроживлення у разі пониження тиску повітря у гальмівній магістралі до 130 кПа і для вмикання живлення у разі підвищення тиску в гальмівній магістралі до 180 кПа.

Головна гальмівна і живильна магістралі виконані з труб діаметром 1¼"; на кінцях яких встановлені кінцеві крани 4304 і з'єднувальні рукави 369А з електроконтактом і Р-17Б. В гальмівній магістралі встановлені стоп крани 138.

У конструкції ручного гальма збережено принцип передачі зусилля від штурвала до гвинтової пари. Передача зусилля від гвинтової пари на диски, розташовані по діагоналі котлового візка, здійснюється за допомогою гнучких тросів. Електрична частина електропневматичного гальма включає робочий провід, призначений для управління дією електроповітророзподільника і контрольний – для сигналізації машиністу про стан електричного ланцюга. Зворотнім проводом слугує залізнична колія.

Гальмівні диски зазнають великих теплових навантажень і їхня роботоздатність і надійність залежить від матеріалу і конструктивного виконання як дисків, так і гальмівних накладок.

Для дискових гальм вагонів можуть застосовуватися як сталеві, так і чавунні гальмівні диски.

В Україні для пасажирського рухомого складу широко застосовуються дискові гальма німецької фірми «Knorr-Bremse».

На кожній осі візка жорстко закріплені по 2 чавунні гальмівні диски з сірого чавуна з пластинчатим графітом діаметром 610 мм, товщиною 110 мм і радіусом тертя 233 мм, до яких під час гальмування з двох сторін притискаються гальмівні накладки. На пасажирських вагонах застосовуються два типи накладок, виготовлені зі зносостійких композиційних матеріалів: фірми «Knorr-Bremse» з коефіцієнтом тертя між диском і накладкою 0,38 і FR20 Н.2 фірми Frenoplast (Польща), які забезпечують коефіцієнт тертя 0,35. За даними виробників накладок, величина коефіцієнта тертя фрикційної пари «диск-накладка» не залежить від швидкості і температури.

Зусилля на накладки передаються від кліщових механізмів, які включають гальмівні циліндри і систему важелів. Для усіх типів гальмівних блоків єдиним є передавальне відношення, що дорівнює 11,41, зусилля відпускну пружини – 630 Н і к.к.д. кліщового механізму 0,97. У конструкції кліщових механізмів передбачені автоматичні регулятори зазорів між диском і гальмівними накладками.

Для сталевих дисків дійсний коефіцієнт тертя, за наявності накладок з композиційного матеріалу ТИИР-300, визначається за формулою (1):

$$\phi_0 = 0,44 \cdot \frac{0,1 \cdot K_0 + 20}{0,4 \cdot K_0 + 20} \cdot \frac{V + 150}{2 \cdot V + 150}, \quad (1)$$

де K_0 - дійсна сила натискання на диск, тс;

V - швидкість руху, км/год.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Як універсальну характеристику для оцінювання гальмівної ефективності вантажних вагонів з дисковими гальмами використовують дійсну силу натискання накладок, приведену до поверхні кочення колеса, а як критерій – гальмівний шлях вантажного поїзда. Дійсна сила натискання накладок на диски залежить від ефективної площі гальмівного циліндра.

Під час дослідження гальмівної ефективності вантажного поїзда з дисковими гальмами використовуються параметри кліщового механізму «Кнопг-Времсе» (передавальне відношення, зусилля відпускнуї пружини і к.к.д.). Ефективна площа поршня гальмівного циліндра кліщового механізму дискового гальма визначається виходячи з величини допустимого значення гальмівного шляху при максимальній швидкості руху.

Розрахунок дискового гальма за новими правилами істотно відрізняється від типових [2], [3] та [4] при чому розрахунок гальмівного шляху за правилами [1], практично не відрізняється від розрахунку колодкового за винятком деяких особливостей, які полягають у приведенні дійсної сили натискання накладок на диски до поверхні кочення колеса за формулою (2):

$$\delta_{прив} = \frac{r_{mp}}{R_k} \cdot \frac{K_d \cdot k}{Q + T}, \quad (2)$$

де K_d - дійсна сила натискання накладки на диск, кН (тс),

Q - корисне навантаження, кН (тс);

T - тара вагона, кН (тс);

r_{mp} - радіус тертя гальмівного диска, см;

R_k - розрахунковий радіус колеса по колу кочення, см;

k – кількість гальмівних накладок;

Параметри гальмівного блока, прийняті для розрахунку:

Радіус колеса – 0,475 м;

Радіус тертя для сталевого диска – 0,237 м;

Радіус тертя для чавунного диска – 0,233 м;

Тиск у гальмівних циліндрах для завантаженого вагона – 300 кПа;

Тиск у гальмівних циліндрах для порожнього вагона – 130 кПа;

Передавальне число кліщового механізму – 11,41;

Коефіцієнт корисної дії – 0,97;

Вибір параметрів дискового гальма, які задовольняють вимогам гальмівної ефективності [1], виконувався методами комп'ютерного моделювання, які наведено у [5] та [6] із залученням методів оптимізації.

1. Гальмівна ефективність вантажного поїзда зі сталевим диском і накладками з композиційного матеріалу ТИИР-300

Гальмівний шляху вантажного поїзда розраховувався за алгоритмом [1]. Наприклад, на рисунках 5 - 8 наведені результати розрахунку гальмівного шляху вантажного поїзда з осьовими навантаженнями (23,5 – 30) тс.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Характеристики дискового гальма, за яких виконуються вимоги гальмівної ефективності [1] для вантажного поїзда у завантаженому і порожньому станах наведені у таблицях 1 і 2 відповідно.

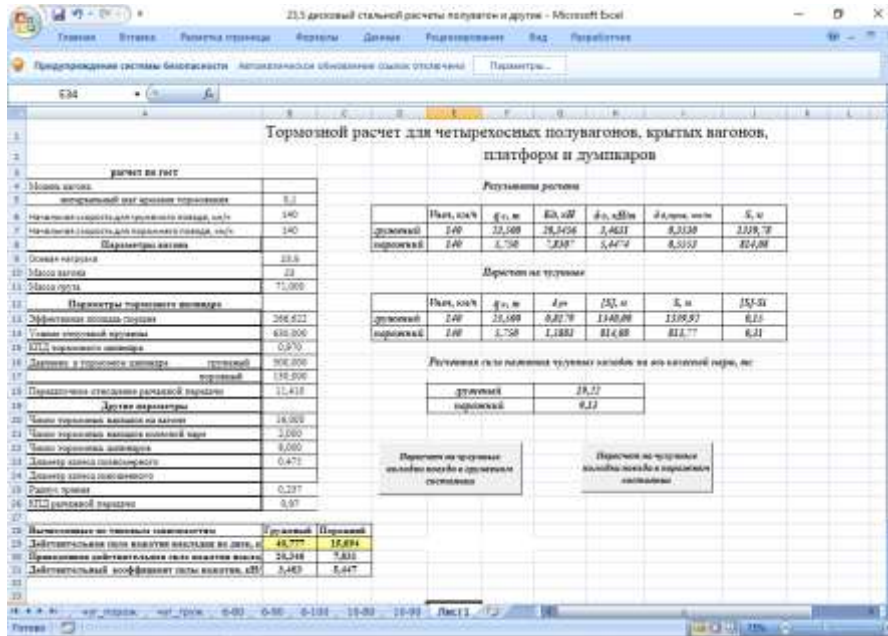


Рис. 5. Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які не перевищують максимальних значень за швидкості 140 км/год і осьового навантаження 23,5 тс з дисковим гальмом зі сталевим диском і композиційними накладками ТИИР-300

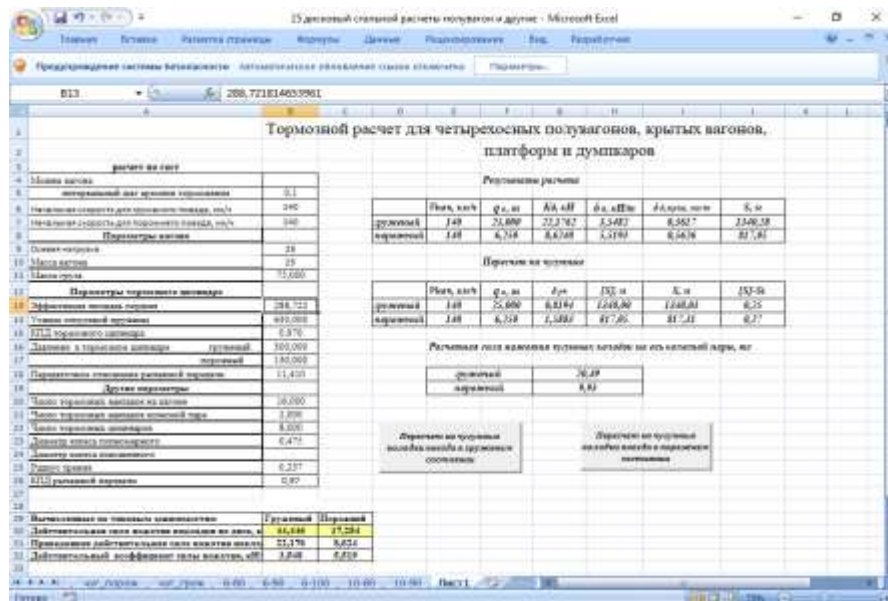


Рис. 6. Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які не перевищують максимальних значень за швидкості 140 км/год і осьового навантаження 25 тс з дисковим гальмом зі сталевим диском і композиційними накладками ТИИР-300

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

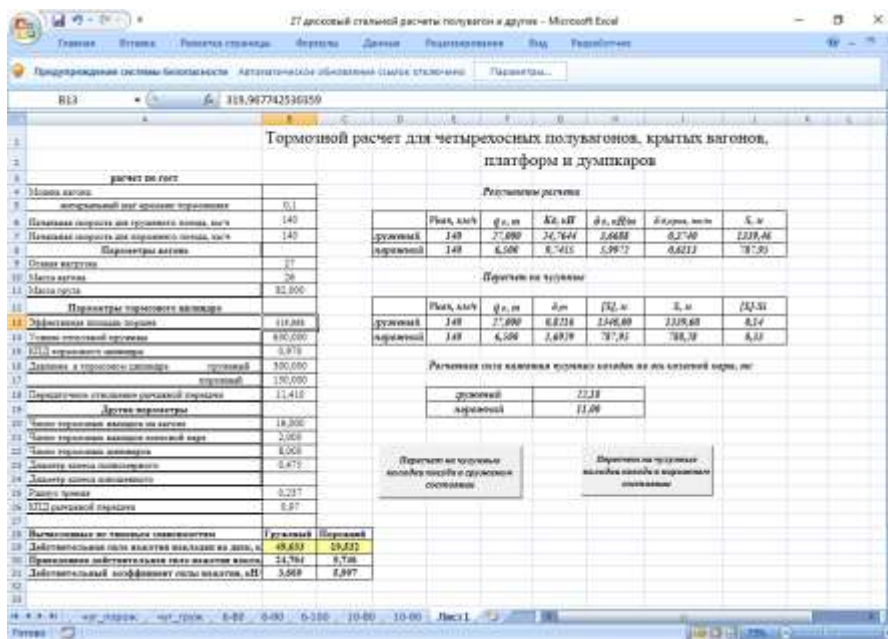


Рис. 7. Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які не перевищують максимальних значень за швидкості 140 км/год і осевого навантаження 27 тс з дисковим гальмом зі сталевим диском і композиційними накладками ТИІР-300

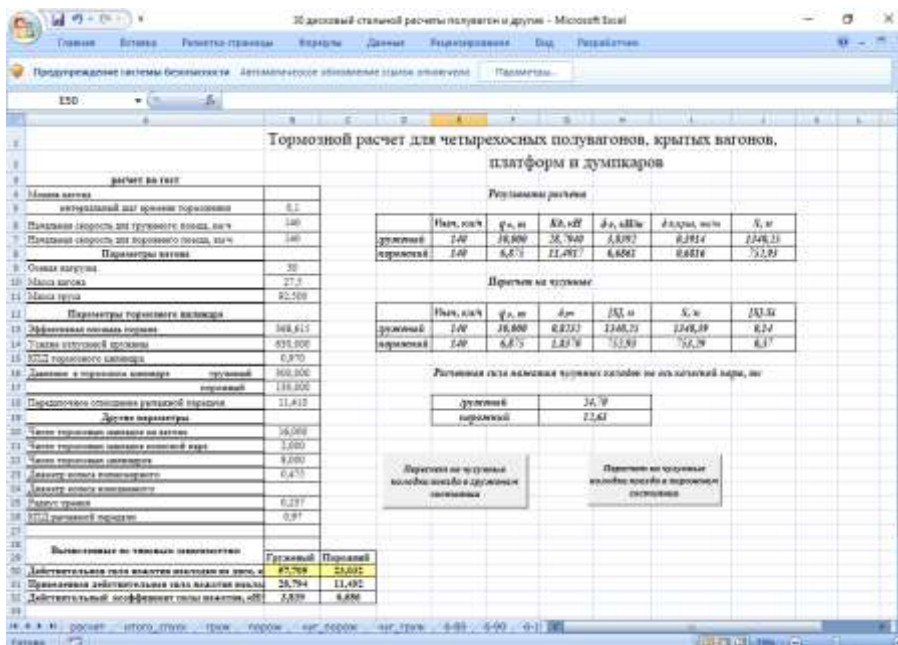


Рис. 8. Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які не перевищують максимальних значень за швидкості 140 км/год і осевого навантаження 30 тс з дисковим гальмом зі сталевим диском і композиційними накладками ТИІР-300

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 1. - Силві характеристики дискового гальма вантажного вагона у завантаженому стані

Упоч, км/год	Ефективна площа поршня, см ²	Дійсна сила натискання накладки на диск, приведена до поверхні кочення коліс, кН (Кд,прив)	Дійсний коефіцієнт сили натискання накладок на диски, приведений до поверхні кочення колеса, кН/т (δд)	Дійсний коефіцієнт сили натискання накладок на диски, приведений до поверхні кочення коліс у безрозмірних одиницях, тс/т	Розрахункова сила натискання на вісь у перерахунку на чавунні колодки, тс (Кч,вісь)	Розрахункове значення гальмівного шляху вантажного поїзда, м (Sp)	Максимальне допустиме значення гальмівного шляху вантажного поїзда, м (S)
1	2	3	4	5	6	7	8
Осьове навантаження 23,5 т							
120	200,85	14,90	2,536	0,258	14,76	1199,8	1200
140	266,47	20,33	3,461	0,353	19,21	1340,3	1340
160	267,92	20,45	3,481	0,355	19,62	1720,3	1720
Осьове навантаження 25 т							
120	216,37	16,18	2,589	0,264	15,73	1199,8	1200
140	288,72	22,18	3,548	0,362	20,47	1340,3	1340
160	290,55	22,33	3,572	0,364	20,92	1720,3	1720
Осьове навантаження 27 т							
120	237,87	17,96	2,661	0,271	17,02	1199,8	1200
140	319,97	24,76	3,669	0,374	22,18	1339,5	1340
160	322,04	24,94	3,694	0,377	22,66	1720,2	1720
Осьове навантаження 30 т							
120	271,80	20,77	2,770	0,282	18,97	1199,7	1200
140	368,62	28,79	3,839	0,391	18,97	1340,2	1340
160	371,84	29,06	3,875	0,395	24,69	1720,3	1720

Таблиця 2. - Силві характеристики дискового гальма вантажного вагона у порожньому стані

Упоч, км/год	Ефективна площа поршня, см ²	Дійсна сила натискання накладки на диск, приведена до поверхні кочення коліс, кН (Кд,прив)	Дійсний коефіцієнт сили натискання накладок на диски, приведений до поверхні кочення колеса, кН/т	Дійсний коефіцієнт сили натискання накладок на диски, приведений до поверхні кочення коліс у безрозмірних одиницях, тс/т	Розрахункова сила натискання на вісь у перерахунку на чавунні колодки, тс (Кч,вісь)	Розрахункове значення гальмівного шляху вантажного поїзда, м (Sp)
1	2	3	4	5	6	7

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кінець таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
Осьове навантаження 5,75 т						
120	200,85	5,47	3,805	0,388	6,46	762,7
140	266,47	7,83	5,444	0,555	9,12	814,4
160	267,92	7,88	5,480	0,559	9,31	1018,5
Осьове навантаження 6,25 т						
120	216,37	6,03	3,857	0,393	7,05	763,8
140	288,72	8,62	5,519	0,563	9,93	817,0
160	290,55	8,69	5,561	0,567	10,15	1022,2
Осьове навантаження 6,5 т						
120	237,87	6,80	4,184	0,426	7,83	734,6
140	319,97	9,75	5,997	0,611	11,00	787,9
160	322,04	9,82	6,043	0,616	11,24	985,6
Осьове навантаження 6,875 т						
120	271,80	8,02	4,664	0,475	9,04	698,4
140	368,62	11,49	6,686	0,682	9,04	752,9
160	371,84	11,61	6,753	0,688	12,63	940,2

2. Гальмівна ефективність вантажного поїзда з чавунними дисками німецької фірми «Knorr-Bremse»

Під час розрахунку гальмівного шляху вантажного поїзда коефіцієнт тертя між диском і накладкою приймали таким, що дорівнює 0,35. На рисунках 9 – 12 наведені результати розрахунків гальмівного шляху вантажного поїзда з дисковими гальмами за швидкості на початку гальмування 140 км/год.

Силкові характеристики дискового гальма з чавунними дисками, за яких виконуються вимоги гальмівної ефективності [1] для вантажного поїзда у завантаженому і порожньому стані наведені відповідно у таблицях 3 і 4.

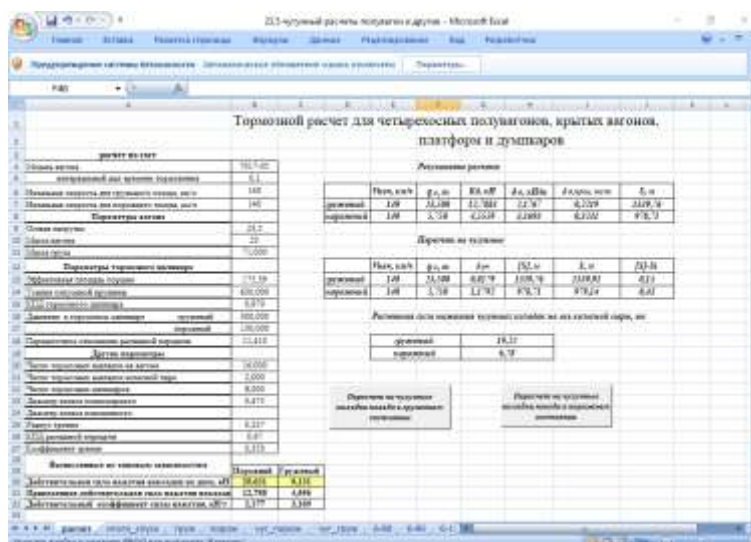


Рис. 9. Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які не перевищують максимальних значень за швидкості 140 км/год і осьового навантаження 23,5 тс з дисковим гальмом німецької фірми «Knorr-Bremse»

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

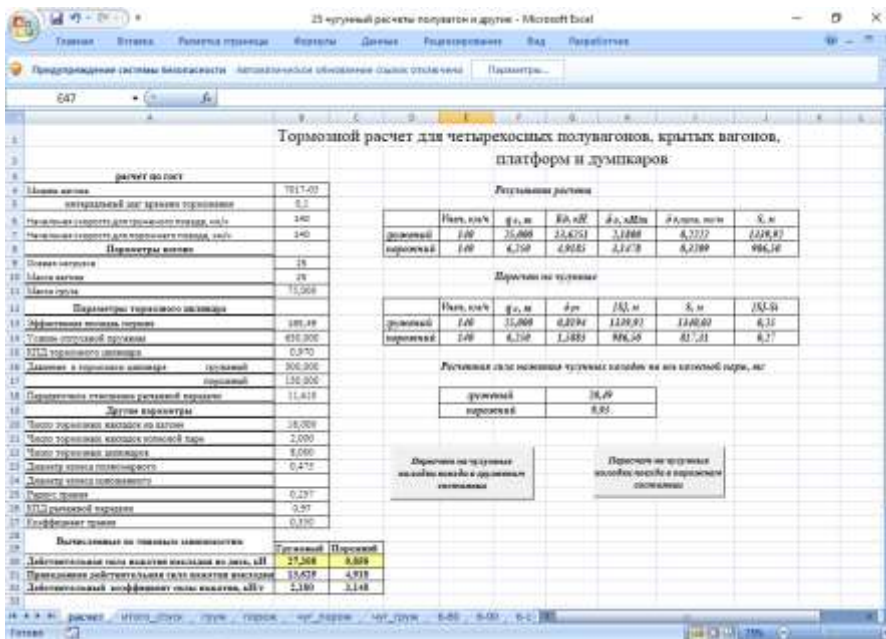


Рис. 10. Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які не перевищують максимальних значень за швидкості 140 км/год і осьового навантаження 25 тс з дисковим гальмом німецької фірми «Knorr-Bremse»

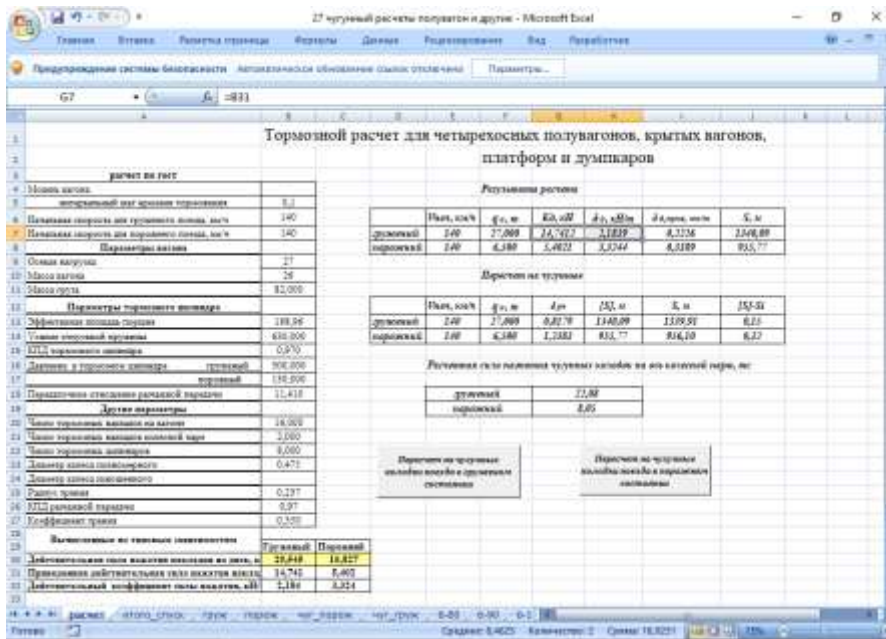


Рис. 11. Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які не перевищують максимальних значень за швидкості 140 км/год і осьового навантаження 27 тс з дисковим гальмом німецької фірми «Knorr-Bremse»

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

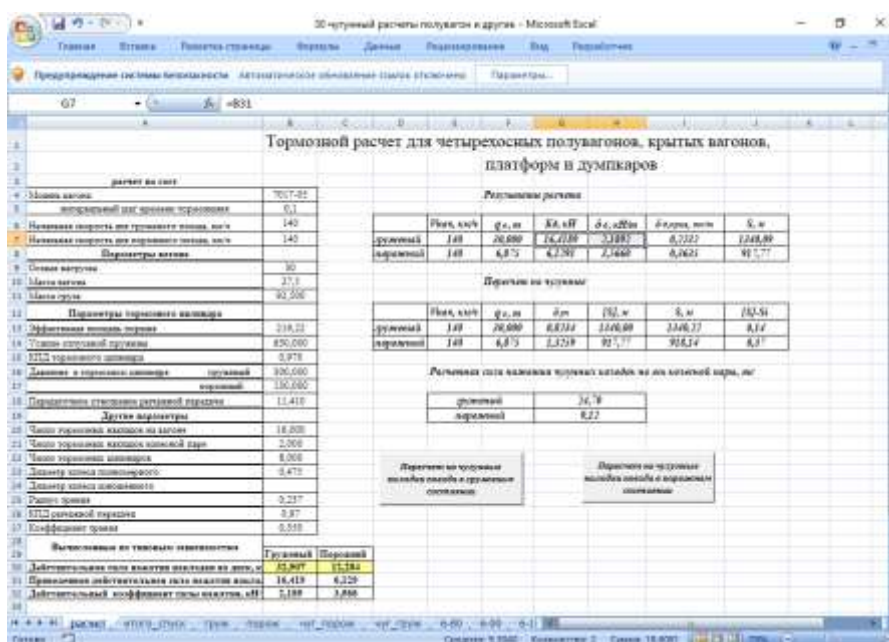


Рис. 12. Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які не перевищують максимальних значень за швидкості 140 км/год і осьового навантаження 30 тс з дисковим гальмом німецької фірми «Knorr-Bremse»

Таблиця 3. - Силіві характеристики дискового гальма вантажного вагона у завантаженому стані

$V_{\text{поч}}, \text{ км/год}$	Ефективна площа поршня, см^2	Дійсна сила натискання накладки на диск, приведена до поверхні кочення коліс, кН ($K_{\text{д,прив}}$)	Дійсний коефіцієнт сили натискання накладок на диски, приведений до поверхні кочення колеса, кН/т ($\delta_{\text{д}}$)	Дійсний коефіцієнт сили натискання накладок на диски, приведений до поверхні кочення коліс у безрозмірних одиницях, тс/т	Розрахункова сила натискання на вісь у перерахунку на чавунні колодки, тс ($K_{\text{ч,вісь}}$)	Розрахункове значення гальмівного шляху вантажного поїзда, м (S_p)	Максимальне допустиме значення гальмівного шляху вантажного поїзда, м ($[S]$)
1	2	3	4	5	6	7	8
Осьове навантаження 23,5 т							
120	145,91	10,35	1,761	0,180	14,76	1199,9	1200
140	175,39	12,79	2,177	0,222	19,22	1339,8	1340
160	172,09	12,52	2,130	0,217	19,62	1720,0	1720

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кінець таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Осьове навантаження 25 т							
120	154,10	11,02	1,764	0,180	15,73	1199,9	1200
140	184,79	13,57	2,171	0,221	20,39	1344,2	1340
160	182,04	13,34	2,134	0,218	20,92	1720,1	1720
Осьове навантаження 27 т							
120	165,01	11,93	1,767	0,180	17,02	1199,9	1200
140	198,96	14,74	2,184	0,223	22,08	1340,1	1340
160	195,33	14,44	2,139	0,218	22,65	1720,1	1720
Осьове навантаження 30 т							
120	181,39	13,29	1,771	0,181	18,96	1199,9	1200
140	219,22	16,42	2,189	0,223	24,70	1340,1	1340
160	215,26	16,09	2,146	0,219	25,26	1720,1	1720

Таблиця 4. Силкові характеристики дискового гальма вантажного вагона у порожньому стані

$V_{\text{пocz}}$, км/год	Ефективна площа поршня, см ²	Дійсна сила натискання накладки на диск, приведена до поверхні кочення коліс, кН (Кд,прив)	Дійсний коефіцієнт сили натискання накладок на диски, приведений до поверхні кочення колеса, кН/т	Дійсний коефіцієнт сили натискання накладок на диски, приведений до поверхні кочення коліс у безрозмірних одиницях, тс/т	Розрахункова сила натискання на вісь у перерахунку на чавунні колодки, тс (Кч,вісь)	Розрахункове значення гальмівного шляху вантажного поїзда, м (Sp)
1	2	3	4	5	6	7
Осьове навантаження 5,75 т						
120	145,91	3,50	2,433	0,248	4,94	906,2
140	175,39	4,56	3,169	0,323	6,78	978,7
160	172,09	4,44	3,087	0,315	6,88	1237,3
Осьове навантаження 6,25 т						
120	154,10	3,79	2,427	0,247	5,37	911,0
140	184,79	4,89	3,132	0,319	7,31	989,8
160	182,04	4,79	3,069	0,313	7,45	1247,5

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кінець таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7
Осьове навантаження 6,5 т						
120	165,01	4,18	2,574	0,262	5,92	879,1
140	198,96	5,40	3,324	0,339	8,05	955,8
160	195,33	5,27	3,244	0,331	8,18	1207,5
Осьове навантаження 6,875 т						
120	181,39	4,77	2,776	0,283	6,74	840,2
140	219,22	6,13	3,566	0,364	9,12	917,8
160	215,26	5,99	3,483	0,355	9,27	1158,2

3. Порівняльний аналіз дискових гальмівних систем з чавунними і сталевими дисками

Порівняльний аналіз показав, що дискові гальмівні системи з чавунними дисками значно ефективніші порівняно зі сталевими дисками (рис.13 -15).

Варто відзначити, що реалізація дискових гальм стосовно до вантажних вагонів вимагатиме:

- ✓ Застосування, за необхідності, електропневматичного гальмування;
- ✓ Створення спеціального візка;
- ✓ Створення повітророзподільника і електроповітророзподільника для вантажних вагонів;

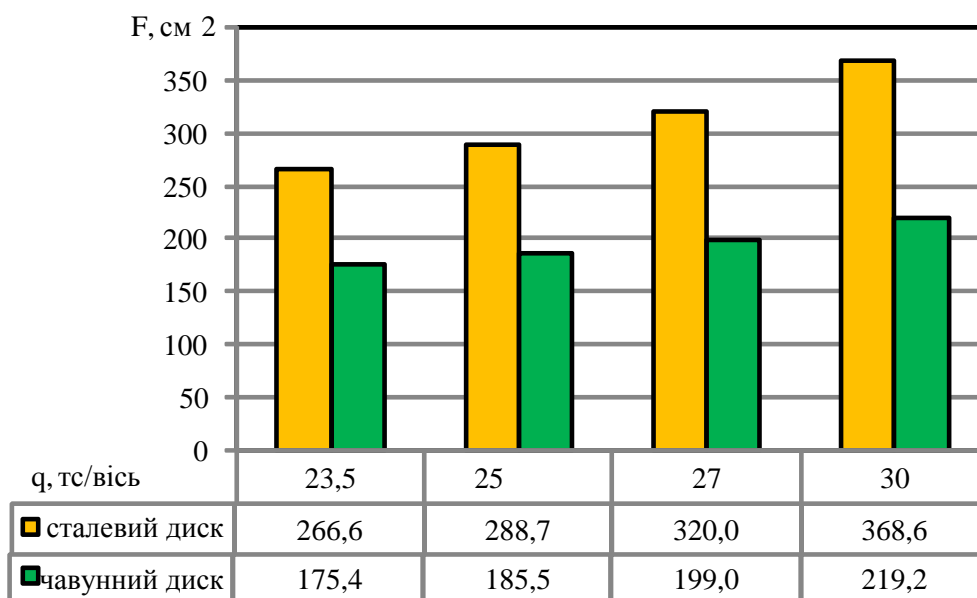


Рис. 13. Ефективна площа гальмівного циліндра дискового гальма

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

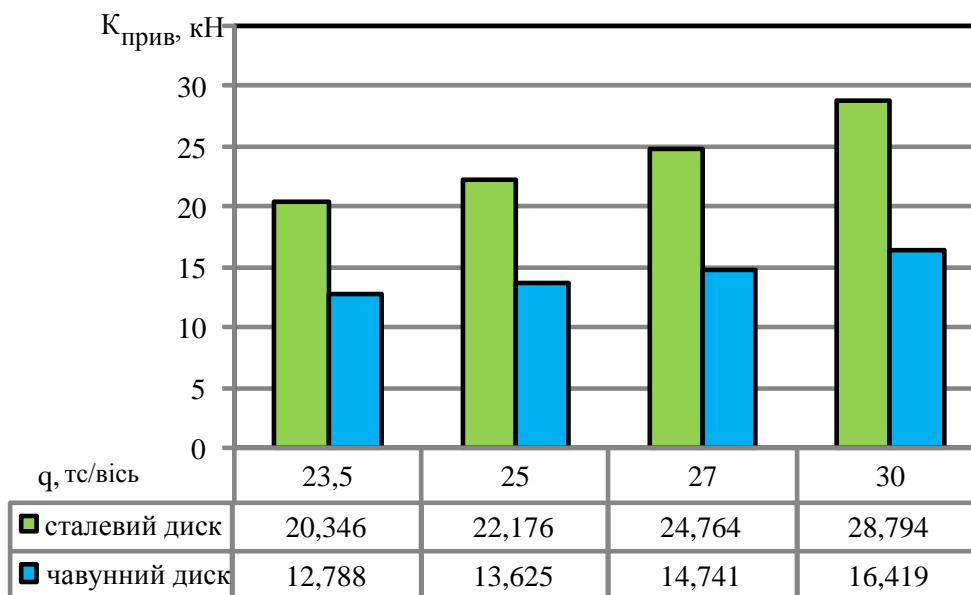


Рис. 14. Дійсна сила натиснення накладки, приведена до поверхні кочення колеса

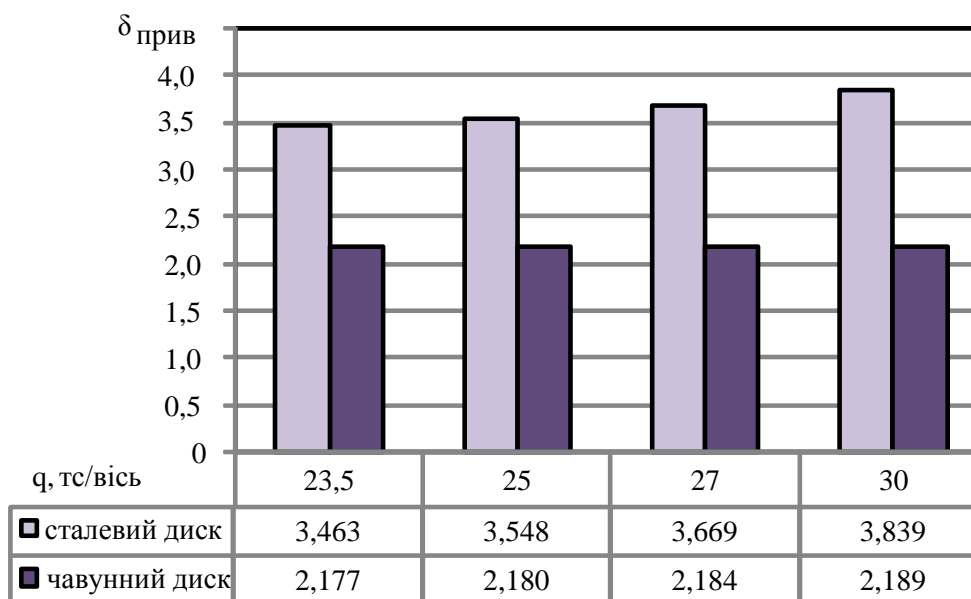


Рис. 15. Дійсний коефіцієнт сили натиснення накладок, приведений до поверхні кочення колеса

- ✓ Створення елементної бази дискового гальма для вантажних вагонів за зразком пасажирського вагона;
- ✓ Створення системи управління гальмами машиністом локомотива;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- ✓ Зміни конструкції вантажних вагонів, зумовлені розміщенням у підвагонному просторі гальмівного обладнання дискового гальма;
- ✓ Створення інфраструктури системи обслуговування і ремонту гальм;
- ✓ Створення відповідних нормативних документів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС), принят 30 октября 2018 г. (протокол № 113-П), Москва, Стандартиформ, 2018.;
2. В.Г. Иноземцев, П.Т. Гребенюк. Нормы и методы расчета автотормозов. Из-во «Транспорт», Москва, 1971 – 57 с.;
3. Гребенюк П., Долганов А., Скворцова А. Тяговые расчеты. М. «Транспорт», 1987 – 272 с.;
4. Гребенюк П. Правила тормозных расчетов. М. «Интекст», 2004 – 112 с.;
5. Сафронов А. М. Тормозная эффективность грузовых вагонов. Методология расчетных и экспериментальных исследований с использованием математических моделей и компьютерного моделирования (монография):// А.М. Сафронов, Ю.Я. Водяников, Е.Г. Макеева – Кременчуг Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения (УкрНИИВ) 2018 г. – 173 с.;
6. Водяников Ю. Я. Методология расчетных и экспериментальных исследований тормозной эффективности пассажирских вагонов с применением математических моделей и компьютерного моделирования (монография):// Ю.Я. Водяников, А.М. Сафронов, Е.Г. Макеева – Кременчуг Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения (УкрНИИВ) 2017 г. – 287 с.