

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра вагонів

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМОВИХ ЗАСОБІВ
РУХОМОГО СКЛАДУ**

**Завдання та методичні вказівки до виконання
курсowego проекту з дисципліни
«АВТОМАТИЧНІ ГАЛЬМА РУХОМОГО СКЛАДУ»**



Харків 2016

Методичні вказівки для студентів спеціальності «Локомотиви та локомотивне господарство» розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри вагонів 9 листопада 2015 р., протокол № 4.

Укладачі:

доценти В. Г. Равлюк,
А. О. Ловська,
асист. Я. В. Дерев'янчук,
старш. викл. І. М. Афанасенко

Рецензент:

проф. І.Е. Мартинов

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ПСГ	повне службове гальмування
АС	автостопне гальмування
ЕГ	екстрене гальмування
Ч	чавунні колодки
К	композиційні колодки
ГМ	гальмівна магістраль
ПР	повітророзподільник
ЗР	запасний резервуар
ГЦ	гальмовий циліндр
ГР	головний резервуар
СМВ	суцільнометалевий вагон

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Загальні вимоги та зміст курсового проекту.....	6
1.1 Загальні вимоги.....	6
1.2 Зміст курсового проекту.....	15
2 Методичні вказівки до виконання курсового проекту.....	16
2.1 Розрахунок фрикційного колодкового гальма.....	16
2.2 Перевірка забезпеченості локомотива та поїзда гальмовими засобами.....	25
2.3 Оцінка ефективності гальмової системи.....	29
Список літератури.....	35
Додаток А (обов'язковий).....	38
Додаток Б (обов'язковий).....	39
Додаток В (обов'язковий).....	40

ВСТУП

Залізничний транспорт України є складовою частиною всієї транспортної системи. Серед інших видів транспорту йому належить провідне місце в забезпеченні перевезень пасажирів і вантажів. Перевезення залізничним транспортом виконується цілодобово, незалежно від пори року та кліматичних умов. Для забезпечення своєчасних перевезень рухомий склад, разом з іншими технічними засобами, повинен працювати безвідмовно і гарантувати безпеку руху.

Автоматичні гальма є однією з основних складових частин устаткування сучасного рухомого складу, від рівня досконалості конструкції, ефективності, надійності й безвідмовності роботи якої значною мірою залежить безпека руху поїздів, пропускна та перевізна спроможність залізниць.

Метою виконання курсового проекту є закріплення теоретичних знань з дисципліни «Автоматичні гальма рухомого складу», які студенти отримали під час вивчення курсу, виконання лабораторних робіт та в процесі технічного обслуговування, а також ремонту рухомого складу на локомотиворемонтних підприємствах залізничного транспорту. Курсовий проект дає можливість студентам глибше вникнути в будову та робочі процеси окремих вузлів гальмової системи та їх взаємодію, отримати навички у виконанні гальмових розрахунків і зробити оцінку ефективності гальмової системи сучасних поїздів.

Креслення, специфікація до них і пояснювальна записка виконуються відповідно до вимог діючих стандартів (ЄСКД).

1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

1.1 Загальні вимоги

До початку виконання курсового проекту необхідно ознайомитися з останніми нормативно-технічними документами Укрзалізниці відносно використання нового та прогресивного гальмового обладнання. При виконанні курсового проекту у розрахунках повинні використовуватися тільки діючі нормативні дані щодо автоматичних гальм.

Курсовий проект складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Текст пояснювальної записки оформляється чорнилом (пастою) синього або чорного кольору, а також може бути набраний за допомогою ЕОМ в MS Office 2003 (при цьому обов'язково записується на диск CD-R або CD-RW), на аркушах формату А4 (297 x 210 мм) відповідно до діючих нормативів [17].

В записці повинні бути наведені необхідні розрахунки, таблиці, ілюстрації (ескізи, схеми). Таблиці повинні мати номери зліва над таблицею (Таблиця 1.1 —) і назву зверху. Рисунки повинні мати номери під рисунком (Рисунок 1.1 —) і назву. Якщо рисунок має пояснювальні дані, то номер рисунка та його назва повинні розташовуватися нижче пояснювального тексту.

Розрахунки повинні мати відповідні пояснення, а отримані числові значення — розмірності. В тексті необхідно наводити посилання на літературні джерела (... [1, 5]), із яких використано формули, нормативні дані тощо.

Ескізи та схеми в пояснювальній записці виконуються графічно на її листах або міліметровому папері та розташовуються у відповідних місцях. Не допускається вклеювання ілюстрацій, які вирізані із книг, альбомів, інструкцій та виконано їх ксерокопіювання.

Графічна частина курсового проекту складається із трьох листів формату А1:

Лист 1 — Схема гальмівної важільної передачі локомотива, що проектується (із нанесенням всіх зусиль, розмірів плечей, точок повороту, експлікації, технічної характеристики і технічних вимог);

Лист 2 — Гальмове обладнання рухомого складу (індивідуально) (із експлікацією, технічною характеристикою і технічними вимогами);

Лист 3 — Графіки гальмівного шляху, сповільнення та часу гальмування поїзда.

Вихідні дані до курсового проекту видає керівник за таблицею 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до курсового проекту

Найменування даних	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тип локомотива:	ВЛ8	2ТЭ116	ЧМЭЗ	ВЛ60	ВЛ10	ЧС2	М62	ЧС7	ВЛ80	2ТЭ10В
Розрахункова вага, кН	1840	2760	1230	1380	1840	1200	1200	1720	1840	2760
Кількість гальмових осей	8	12	6	6	8	6	6	8	8	12
Склад вантажного поїзда: – восьмивісна цистерна для нафтопродуктів моделі 15–880 (Р=125 т, Т=51 т)	–	6	–	–	–	–	–	–	5	7
– чотиривісний напіввагон моделі 12–119 (Р=69 т, Т=22,5 т)	52	–	5	40	–	–	–	–	30	20
– критий універсальний моделі 11–217 (Р=68 т, Т=24,6 т)	5	5	6	12	–	–	–	–	4	17

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
– чотиривісна цистерна для перевезення світлих нафтопродуктів моделі 15–776 (P=66 т, T=27,6 т)	3	8	7	–	40	–	–	–	–	8
– універсальна платформа моделі 13–401 (P=70 т, T=20,92 т)	–	5	–	–	12	–	–	–	2	4
– чотиривісна цистерна для перевезення темних нафтопродуктів моделі 15–156 (P=65 т, T=29 т)	–	10	–	–	8	–	–	–	2	10
– хопер–зерновоз моделі 11–739 (P=65 т, T=22 т)	–	20	–	7	–	–	–	–	10	1
Склад пасажирського поїзда: – купейний моделі 61–820 (T=54 т)	–	–	–	–	–	6	3	2	–	–
– м’який моделі 61–4165 (T=48 т)	–	–	–	–	–	4	1	2	–	–
– плацкартний моделі 61–425 (T=51 т)	–	–	–	–	–	3	7	8	–	–

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
– міжобласний моделі 61–828 (T=50 т)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
– багажний моделі 61–517 (P=26 т, T=44,5 т)	–	–	–	–	–	2	1	1	–	–
Швидкість поїзда, з якої починається гальмування, км/год	75	90	80	90	75	140	65	120	70	85
Ухил колії, ‰	+5	+7	-5	+3	+4	+6	-7	-8	+3	+7
Вид гальмування	ЕГ	ПСГ	АС	ЕГ	ЕГ	АС	ПСГ	АС	ПСГ	ЕГ
Витікання повітря з головного резервуара та витрати повітря на особливі потреби, м ³ /год	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0

Продовження таблиці 1.1

Найменування даних	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тип локомотива:	ЧС22ТЭ116	ЧС7	ВЛ8	2ТЭ10В	ВЛ10	ВЛ80	М62	ВЛ60	ЧМЭ3	
Розрахункова вага, кН	1200	2760	1720	1840	2760	1840	1840	1200	1380	1230
Кількість гальмових осей	6	12	8	8	12	8	8	6	6	6
Склад вантажного поїзда:	–	–	–	–	6	–	10	–	5	–
– чотирирівний напіввагон моделі 12–119 (P=69 т, T=22,5 т)	–	–	–	34	10	39	–	–	16	11
– критий універсальний моделі 11–217 (P=68 т, T=24,6 т)	–	10	–	–	3	–	–	–	–	5
– чотирирівсна цистерна для перевезення світлих нафтопродуктів моделі 15–776 (P=66 т, T=27,6 т)	–	–	–	12	11	–	12	–	15	–
– універсальна платформа моделі 13–401 (P=70 т, T=20,92 т)	–	22	–	–	13	–	–	–	19	2

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
– чотиривісна цистерна для перевезення темних нафтопродуктів моделі 15–156 (P=65 т, T=29 т)	–	–	–	10	16	–	22	–	–	–
– хопер–зерновоз моделі 11–739 (P=65 т, T=22 т)	–	10	–	–	2	19	–	–	–	–
Склад пасажирського поїзда: – купейний моделі 61–820 (T=54 т)	10	–	4	–	–	–	–	8	–	–
– м'який моделі 61–4165 (T=48 т)	–	–	4	–	–	–	–	–	–	–
– плацкартний моделі 61–425 (T=51 т)	4	–	4	–	–	–	–	10	–	–
– міжобласний моделі 61–828 (T=50 т)	–	–	4	–	–	–	–	–	–	–
– багажний моделі 61–517 (P=26т, T=44,5 т)	1	–	–	–	–	–	–	1	–	–
Швидкість поїзда, з якої починається гальмування, км/гол	65	75	60	80	75	130	80	110	60	65
Ухил колії, ‰	+5	+7	-5	+3	+4	+6	-7	-8	+3	+7

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вид гальмування	ЕГ	ПСГ	АС	ЕГ	ЕГ	АС	ПСГ	АС	ПСГ	ЕГ
Витікання повітря з головного резервуара та витрати повітря на особливі потреби, м ³ /год	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0

Продовження таблиці 1.1

Найменування даних	Варіант									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тип локомотива:	ВЛ60	ЧМЭЗ	ЧС2	2ТЭ116	ЧС7	ВЛ8	2ТЭ10В	ВЛ10	ВЛ80	М62
Розрахункова вага, кН	1380	1230	1200	2760	1720	1840	2760	1840	1840	1200
Кількість гальмових осей	6	6	6	12	8	8	12	8	8	6
Склад вантажного поїзда: – восьмивісна цистерна для нафтопродуктів моделі 15–880 (P=125 т, T=51 т)	–	2	–	–	–	15	–	–	5	–
– чотиривісний напіввагон моделі 12–119 (P=69 т, T=22.5 т)	5	–	–	4	–	–	44	27	9	–
– критий універсальний моделі 11–217 (P=68 т, T=24.6 т)	–	5	–	–	–	–	13	–	3	–
– чотиривісна цистерна для перевезення світлих нафтопродуктів моделі 15–776 (P=66 т, T=27,6 т)	–	–	–	–	–	10	–	15	12	–
– універсальна платформа моделі 13–401 (P=70 т, T=20,92 т)	–	7	–	12	–	–	–	–	2	–

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
– чотиривісна цистерна для перевезення темних нафтопродуктів моделі 15–156 (P=65 т, T=29 т)	25	3	–	–	–	12	–	12	1	–
– хопер–зерновоз моделі 11–739 (P=65 т, T=22 т)	26	–	–	33	–	–	10	–	10	–
Склад пасажирського поїзда: – купейний моделі 61–820 (T=54 т)	–	–	8	–	3	–	–	–	–	10
– м'який моделі 61–4165 (T=48 т)	–	–	5	–	5	–	–	–	–	–
– плацкартний моделі 61–425 (T=51 т)	–	–	–	–	4	–	–	–	–	7
– міжобласний моделі 61–828 (T=50 т)	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–
– багажний моделі 61–517 (P=26 т, T=44,5 т)	–	–	1	–	1	–	–	–	–	3
Швидкість поїзда, з якої починається гальмування, км/год	75	90	80	90	75	140	65	120	70	85
Ухил колії, ‰	+5	+7	-5	+3	+4	+6	-7	-8	+3	+7

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вид гальмування	ЕГ	ПСГ	АС	ЕГ	ЕГ	АС	ПСГ	АС	ПСГ	ЕГ
Витікання повітря з головного резервуара та витрати повітря на особливі потреби, м ³ /год	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0

1.2 Зміст курсового проекту

1.2.1 Розрахунок колодкового фрикційного гальма

У розділі необхідно розглянути такі питання:

- визначити допустиме натиснення гальмівної колодки на колесо з перевіркою отриманої величини відповідно до допустимого питомого тиску;
- навести схему гальмівної важільної передачі локомотива (в пояснювальній записці) із поясненням всіх деталей які на ній наведено, а також проставити на схему передачу зусиль починаючи від штока гальмового циліндра до кожного колеса;
- зробити виведення формули для визначення передаточного числа даної важільної передачі й визначити його для локомотива в цілому;
- визначити діаметр гальмового циліндра та підібрати його тип;
- вибрати тип ПР та ЗР;
- визначити об'єм головних резервуарів та продуктивність компресорної установки локомотива з метою живлення гальмівної магістралі поїзда.

1.2.2 Перевірка забезпеченості локомотива та поїзда гальмовими засобами

В цьому розділі необхідно:

- визначити дійсну та розрахункову сили натиснення гальмівних колодок на колеса;

- визначити коефіцієнт сили натиснення гальмівних колодок локомотива;
- визначити розрахунковий гальмовий коефіцієнт поїзда.

1.2.3 Оцінка ефективності гальмової системи поїзда

В цьому розділі необхідно:

- визначити гальмівний шлях поїзда та побудувати графічну залежність його довжини від швидкості руху;
- розрахувати сповільнення та час гальмування, побудувати їх графіки залежно від швидкості руху поїзда, з якої починається гальмування.

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

2.1 Розрахунок фрикційного колодкового гальма

Колодкове гальмо може бути з одностороннім натисненням колодок на колеса або двостороннім. Кожне з них має переваги й недоліки.

Гальмо з одностороннім натисненням колодок доцільно застосовувати при швидкостях руху до 33,33 м/с (120 км/год), а з двостороннім — до 44,44 м/с (160 км/год) [1, 4]. При швидкостях руху, більших 44,44 м/с (160 км/год), колодкове гальмо застосовується сумісно з дисковим.

2.1.1 Визначення допустимого натиснення гальмівних колодок

Для створення ефективною гальмової системи необхідно, щоб сила натиснення гальмівних колодок на колеса забезпечувала реалізацію максимальної сили зчеплення коліс з рейками. При цьому не повинно відбуватися заклинювання коліс гальмівними колодками під час гальмування, тобто не повинен виникати «юз». Такі умови в колодковому гальмі забезпечуються при граничних

умовах, які відповідають сухим і чистим рейкам, а також можуть бути рівнянням [5]:

$$K \cdot \varphi_K = 0,85 \cdot \psi \cdot P_K, \quad (2.1)$$

де K – допустима сила натиснення колодки на колесо, кН;

φ_K – коефіцієнт тертя гальмівної колодки;

0,85 – коефіцієнт який враховує розвантаження задньої за напрямком руху колісної пари під час гальмування;

ψ – коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою під час гальмування;

P_K – статичне навантаження на колесо, яке відноситься до однієї гальмівної колодки локомотива, кН.

Статичне навантаження P_K на одну гальмівну колодку визначається залежністю

$$P_K = \frac{P}{z \cdot m_k}, \quad (2.2)$$

де P – розрахункова вага локомотива, кН;

z – кількість колісних пар локомотива;

m_k – кількість пар гальмівних колодок, їх секцій або накладок, які притискуються до коліс від одного гальмового циліндра.

Після підставлення у формулу (2.1) аналітичних залежностей коефіцієнтів тертя [4] отримаємо рівняння для стандартних чавунних колодок

$$K \left(0,6 \frac{1,6K + 100}{8K + 100} \cdot \frac{v + 100}{5v + 100} \right) = 0,85 \cdot \psi \cdot P_K, \quad (2.3)$$

де v – розрахункова швидкість руху, для якої коефіцієнти зчеплення забезпечують гальмування без «юз» (таблиця 2.1), км/год.

Після перетворення рівняння має такий вигляд:

$$1,6(\nu + 100)K^2 + 20K \left(5(\nu + 100) - \frac{17}{6}\psi P_K (\nu + 20) \right) - \frac{2125}{3}(\nu + 20)\psi P_K = 0. \quad (2.4)$$

Введемо позначення:

$$a = 1,6(\nu + 100); \quad b = 20 \left(5(\nu + 100) - \frac{17}{6}\psi P_K (\nu + 20) \right);$$

$$c = -\frac{2125}{3}(\nu + 20)\psi P_K,$$

тоді

$$K_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}.$$

Із отриманого квадратичного рівняння (2.4) визначають допустиме натиснення колодок, підставляючи розрахункові значення коефіцієнтів зчеплення (таблиця 2.1) залежно від швидкості та статичного осьового навантаження.

$$q_0 = \frac{P_p}{z}, \quad (2.5)$$

де P_p – розрахункова вага локомотива, кН.

Отриману із рівняння (2.4) силу натиснення гальмівних колодок перевіряють, виходячи із вимог теплового режиму поверхонь тертя:

$$\frac{K}{F_K} \leq [\Delta p_n], \quad (2.6)$$

де F_K – номінальна площа тертя гальмівної колодки, см² (таблиця 2.2);

$[\Delta p_n]$ – допустимий питомий тиск на гальмівну колодку, Н/см² (таблиця 2.2).

Таблиця 2.1 — Розрахункові значення коефіцієнтів зчеплення коліс з рейками локомотивів

Розрахункова швидкість руху локомотива, км/год	Значення ψ_k при статичному осьовому навантаженні				
	58,86 кН	98,1 кН	147,15 кН	196,2 кН	245,25 кН
20	—	—	0,132	0,126	0,119
100	—	—	0,097	0,093	0,088
160	—	—	0,087	0,083	0,078

Якщо умови рівняння (2.6) виконуються, то отримане значення K приймають за допустиме натиснення, а в протилежному випадку допустиме натиснення визначають за формулою

$$K_{\text{доп}} = [\Delta p_n] \cdot F_k. \quad (2.7)$$

Величина допустимого питомого тиску на гальмівну колодку вибирається в залежності від матеріалу (таблиця 2.2) та заданої швидкості руху поїзда на початку гальмування (таблиця 1.1).

Таблиця 2.2 — Характеристика типових гальмівних колодок

Тип колодки	Використання в рухомому складі	Номінальна площа тертя F_k , см ²	Допустимий тиск Δp_n , кН/см ² , при швидкості руху, км/год		
			до 120	121 – 160	161 – 250
Чавунна	Вагони електропоїздів	304	0,12	0,09	0,06
Чавунна, секційна, безгребенева	Електровози серії ЧС, тепловози нової побудови	195	0,12	0,09	0,06
Чавунна, гребенева	Електровози та тепловози всіх серій, крім ЧС	680	0,12	0,09	0,06
Чавунна фосфориста	Вагони електропоїздів	304	0,1	0,07	—
Композиційна	Вагони, електровози ЧС 200	290	0,085	0,06	0,04

2.1.2 Виведення формули передаточного числа гальмівної важільної передачі

Передаточне число n гальмівної важільної передачі показує, у скільки разів збільшується сила, яка передається від штока гальмового циліндра до всіх колодок, що приєднані до нього.

Необхідно накреслити схему гальмівної важільної передачі в масштабі 1 : 5 відповідно до завдання. Нанести на схему сили, вектори яких прикладені в шарнірних вузлах. Літерами зазначити розміри плечей важелів. Числові розміри плечей важелів наведені в додатку В на відповідних схемах.

При виведенні формули передаточного числа приймають розрахункову схему важільної передачі, яка знаходиться в стані рівноваги, а важелі під час гальмування розташовані перпендикулярно тягам і розпіркам.

Починаючи від штока гальмового циліндра, розглядаються послідовно важелі в стані рівноваги, до яких прикладені моменти сил. На підставі рівнянь статички сума моментів сил для будь-якого важеля дорівнює нулю $\sum M(1)=0$ відносно прийнятої нерухомої точки (шарніра). Із умов рівноваги моментів визначають невідому силу.

Послідовність виведення формули для визначення передаточного числа наведено у методичних вказівках [16].

При визначенні зусиль, які виникають на штоці гальмового циліндра, надлишковий тиск повітря у гальмових циліндрах необхідно приймати:

- 1) для вантажних локомотивів – 0,42 МПа;
- 2) для пасажирських локомотивів – 0,38 МПа.

Характеристика пружин типових гальмових циліндрів наведена в таблиці 2.3.

Зусилля на штоці гальмового циліндра $P_{ум}$, кН, визначається за формулою

$$P_{ум} = p_{ц} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \eta_{ц} - (P_{с} + c_n \cdot f), \quad (2.8)$$

де $p_{ц}$ – тиск повітря в гальмовому циліндрі, МПа;

d – внутрішній діаметр циліндра (таблиця 2.3), мм;

$\eta_{ц}$ – коефіцієнт корисної дії гальмового циліндра, $\eta_{ц}=0,98$;

P_e – зусилля попереднього стиснення відпускної пружини гальмового циліндра, (таблиця 2.3), кН;

c_n – жорсткість відпускної пружини (таблиця 2.3), Н/мм;

f – максимально допустимий хід поршня гальмового циліндра, мм (таблиця 2.4).

Таблиця 2.3 – Характеристика пружин типових гальмових циліндрів

Номер		Діаметр ГЦ, мм (дюйми)	P_e , кН	c_{np} , Н/мм
циліндра	пружини			
519А, 008	503–96	400 (16)	1,51	6,54
501Б, 502Б, 002, 188Б	503–96	356 (14)	1,51	6,54
455	2182	356 (14)	1,41	5,40
435, 436	2230–50	356 (14)	0,97	6,40
431	2230–50	305 (12)	0,97	6,40
504Б, 505Б	503–96	305 (12)	1,51	6,54
503Б, 507Б, 507Б	503–96	254 (10)	1,02	14,30
509Б	508–11	254 (10)	1,23	8,70
ТЦР-10	2112	254 (10)	0,96	3,60
553	508–11	203 (8)	1,23	8,70

Таблиця 2.4 – Величина виходу штока гальмівного циліндра на локомотивах при повному службовому гальмуванні

Вид рухомого складу	Вихід штока гальмівного циліндра, мм	
	норма	максимально допустимий в експлуатації
Електровози, тепловози, пасажирські тепловози	75 – 100	125

2.1.3 Визначення об'єму головних резервуарів та продуктивності компресорної установки локомотива з метою живлення гальмівної магістралі поїзда

Для визначення необхідної продуктивності компресорних установок і об'ємів ГР спочатку знаходять загальну годинну витрату стисненого повітря $Q_{заг}$, м³/год, у поїзді

$$Q_{заг} = Q_{гал} + Q_{вит} + Q_{вит}^{гол} + Q_{ін}, \quad (2.9)$$

де $Q_{гал}$ – витрата повітря на гальмування, м³/год;

$Q_{вит}$ – витрата повітря на витоки з гальмівної мережі, м³/год;

$Q_{вит}^{гол}$ – витрата повітря на витоки з головних резервуарів, м³/год;

$Q_{ін}$ – витрата повітря на власні потреби, м³/год.

Останні дві витрати залежать від типу локомотива, а також умов його роботи та наведені у таблиці 1.1.

Витрату повітря на гальмування $Q_{гал}$, м³/год, визначають за формулою

$$Q_{гал} = 10 \cdot \Delta p_M \cdot V_{ГМ} \cdot n, \quad (2.10)$$

де Δp_M – глибина розрядження ГМ при повному службовому гальмуванні, $\Delta p_M = 0,15-0,17$ МПа;

$V_{ГМ}^П$ – об'єм гальмівної мережі поїзда, м³;

n – кількість гальмувань за 1 год (у найбільш несприятливих випадках для гірських дільниць з затяжними спусками можна прийняти $n = 10$).

Об'єм гальмівної магістралі поїзда $V_{ГМ}^П$ складається з об'ємів гальмівної магістралі локомотива $V_{ГМ}^Л$ та вагонів $V_{ГМ}^В$ (Додаток Г [25]):

$$V_{ГМ}^П = V_{ГМ}^Л + \sum V_{ГМ}^В. \quad (2.11)$$

Об'єм гальмівної магістралі локомотива визначається так:

$$V_{ГМ}^Л = V_{МАГ} + V_{ЗР} + V_{РР}, \quad (2.12)$$

де $V_{МАГ}$ – об'єм гальмівної магістралі, м³ (без підведень);

$V_{ЗР}$ – об'єм запасного резервуара, м³ (кількість та об'єм приймається за прототипом);

V_{PP} – об’єм робочих резервуарів повітророзподільників, м³ (для пасажирського локомотива $V_{PP} = 0,003$ м³, вантажного $V_{PP} = 0,012$ м³; кількість резервуарів визначається за пневматичною схемою прототипу локомотива).

Об’єм гальмівних магістралей вагонів визначається таким чином:

$$\sum V_{GM}^B = \sum (n^i \cdot (V_{MAG}^i + V_{3P}^i + V_{PP}^i)), \quad (2.13)$$

де n^i – кількість вагонів i -го типу у складі поїзда;

V_{MAG}^i – об’єм гальмівної магістралі i -го вагона, м³ (без відведень,) $V_M = 0,0317$ м³;

V_{3P}^i – об’єм запасного резервуара i -го вагона, м³ (для вагонів приймається $V_{3P} = 0,078$ м³);

V_{PP}^i – об’єм робочих резервуарів повітророзподільників i -го вагона, м³ (для пасажирських вагонів $V_{PP} = 0,003$ м³, вантажних $V_{PP} = 0,012$ м³).

Витрата повітря на витікання з гальмівної системи поїзда $Q_{вит}$, м³/год визначається за формулою

$$Q_{вит} = 600 \cdot \Delta p_{вит} \cdot V_{GM}, \quad (2.14)$$

де $\Delta p_{вит}$ – допустиме зниження тиску в ГМ за 1 хв, $\Delta p_{вит} = 0,02$ МПа/хв.

Необхідна продуктивність компресора $Q_{ком}$, м³/год, розраховується у такий спосіб:

$$Q_{ком} = \mu \frac{Q_{заг}}{60}, \quad (2.15)$$

де μ – коефіцієнт, який враховує зупинки компресора для охолодження, $\mu = 1,3 \div 1,5$.

За довідковим даними [25] підбираються компресорні установки із сумарною продуктивністю, що перевищує отриману.

Орієнтовно об'єм ГР $V_{ГР}$ вибирається за умови можливого відновлення нормального зарядного тиску в ГМ поїзда (без зарядження ЗР і ПР) за рахунок використання перепаду тиску в ГР при компресорі, який не працює.

$$V_{ГР} = \frac{\Delta p_M \cdot V_M}{\Delta p_{ГР}}, \quad (2.16)$$

де Δp_M – глибина розрядження ГМ при ПСГ, $\Delta p_M = 0,15 \div 0,17$ МПа;

$\Delta p_{ГР}$ – допустимий перепад тиску повітря в ГР локомотивів, $\Delta p_{ГР} = 0,15$ МПа.

Для покращення умов охолодження компресором стисненого повітря й розміщення ГР на локомотиві його розрахунковий об'єм набирається із декількох резервуарів, які включені послідовно та випускаються промисловістю [25]. Правильність підбирання загального об'єму ГР перевіряється за нерівністю [3] виходячи з умови подачі стисненого повітря без помітної пульсації, яка може відбуватися при несприятливих умовах і викликати відпускання гальм головних вагонів у поїзді.

$$V_{ГР} \geq 120 \cdot l \cdot V_{ЦВС}, \quad (2.17)$$

де l – кількість циліндрів компресора другого ступеня стискування, шт;

$V_{ЦВС}$ – об'єм циліндрів компресора другого ступеня стискування, м³.

Щоб гарантувати відпускання і зарядження гальм з урахуванням наповнення ЗР за 4 хв після повного службового й за 5 хв після ЕГ для довгосоставних поїздів (400 осей і більше) для цих випадків два рази, виконують розрахунок за такою формулою:

$$Q_{\text{ком}} = \frac{\Delta p_M \cdot V_M + \Delta p_{PK} \cdot V_{PK} + \Delta p_{3K} \cdot V_{3K} + \Delta p_{\text{вум}} \cdot V_{GM} \cdot t_{\text{від}}}{0,1 \cdot t_{\text{від}}} + \frac{V_{3P} \cdot (p_{3P} - p'_{3P}) - \Delta p_{GP} \cdot V_{GP}}{0,1 \cdot t_{\text{від}}}, \quad (2.18)$$

де Δp_M – глибина розрядження ГМ, при ПСГ $\Delta p_M = 0,15 \div 0,17$ МПа, при ЕГ $\Delta p_M = 0,53 \div 0,55$ МПа;

Δp_{PK} – зниження тиску в робочих камерах ПР, $\Delta p_{PK} = 0,05 \div 0,06$ МПа;

Δp_{3K} – зниження тиску в золотникових камерах ПР, при ПСГ $\Delta p_{3K} = 0,15 \div 0,17$ МПа, при ЕГ $\Delta p_{3K} = 0,53 \div 0,55$ МПа;

p_{3P} – тиск у ЗР, $p_{3P} = 0,53 \div 0,55$ МПа;

p'_{3P} – мінімальний тиск у ЗР при гальмуванні (0,4 МПа);

Δp_{GP} – допустимий перепад тиску в ГР, після ПСГ $\Delta p_{GP} = 0,12$ МПа, після ЕГ $\Delta p_{GP} = 0,3$ МПа;

$t_{\text{від}}$ – час відпускання, після ПСГ $t_{\text{від}} = 4$ хв, після ЕГ $t_{\text{від}} = 5$ хв.

2.2 Перевірка забезпеченості локомотива та поїзда гальмовими засобами

Для виконання гальмових розрахунків використовуються розрахункові значення сил натиснення колодок, коефіцієнтів тертя та інше замість їх дійсних значень. Це дозволяє спростити процес виконання розрахунків.

Дійсна сила натиснення на гальмівну колодку вагона визначається за формулою

$$K_D = \frac{P_{\text{ум}} \cdot n \cdot \eta_{\text{вп}} \cdot \lambda}{m}, \quad (2.19)$$

де $P_{\text{ум}}$ – зусилля на штоці гальмового циліндра, кН, визначається за формулою (2.8);

λ – число гальмівних важільних передач (відповідає кількості гальмових циліндрів на локомотиві, який проектується).

Розрахункова сила натиснення колодок на колеса визначається із умов рівності дійсної і розрахункової сил тертя

$$K_{д} \cdot \varphi_{к} = K_{р} \cdot \varphi_{кр}, \quad (2.20)$$

де $K_{д} \cdot \varphi_{к}$ – дійсна гальмова сила, яка реалізується між колесом і рейкою, Н;

$K_{р} \cdot \varphi_{кр}$ – розрахункова гальмова сила, кН;

$K_{р}$ – розрахункове натиснення гальмівної колодки, кН;

$\varphi_{кр}$ – розрахунковий коефіцієнт тертя гальмівної колодки.

Для отримання розрахункових коефіцієнтів тертя в емпіричні формули для їх визначення підставляють умовні величини сил натиснення гальмівних колодок: для чавунних $K_{д} = 26,5$ кН, а для композиційних $K_{р} = 15,7$ кН.

Після перетворень формули для визначення розрахункових коефіцієнтів тертя мають вигляд:

$$\varphi_{кр} = 0,27 \frac{\nu + 100}{5\nu + 100}, \quad (2.21)$$

– для чавунних колодок із вмістом фосфору 0,7–1,4 %

$$\varphi_{кр} = 0,3 \frac{\nu + 100}{5\nu + 100}, \quad (2.22)$$

– для чавунних колодок з вмістом фосфору 2,5–3,5 %

$$\varphi_{кр} = 0,675 \frac{\nu + 100}{5\nu + 100}, \quad (2.23)$$

– для композиційних колодок ТИИР-300

$$\varphi_{кр} = 0,36 \frac{\nu + 150}{2\nu + 150}, \quad (2.24)$$

– для композиційних колодок ТИИР-303

$$\varphi_{кр} = 0,36 \frac{\nu + 150}{2,6\nu + 150}. \quad (2.25)$$

Після підставлення у формулу (2.20) значень φ_k , $\varphi_{кр}$ і K_D отримаємо величини розрахункових сил натиснення, кН:

– для стандартних чавунних колодок

$$K_p = 2,22 \cdot K_D \cdot \frac{1,6 \cdot K_D + 100}{8 \cdot K_D + 100}, \quad (2.26)$$

– для композиційних колодок

$$K_p = 1,22 \cdot K_D \cdot \frac{0,1 \cdot K_D + 20}{0,4 \cdot K_D + 20}. \quad (2.27)$$

Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення гальмівних колодок поїзда визначається за формулою

$$\delta_p = \frac{K_p \cdot m}{(T + Q) \cdot g}. \quad (2.28)$$

Отриману величину коефіцієнта сили натиснення необхідно перевірити порівнянням з наведеною в таблиці 2.5 [9].

Сумарне розрахункове натиснення гальмівних колодок поїзда (з урахуванням локомотива) розраховується за формулою

$$\sum K_p = z_l \cdot K_l \cdot x_l + z_1 \cdot K_1 \cdot x_1 + \dots + z_i \cdot K_i \cdot x_i, \quad (2.29)$$

де z_l, z_1, z_i – кількість гальмових осей у локомотиві та вагоні i -го типу;

x_l, x_1, x_i – кількість локомотивів та вагонів i -го типу у поїзді за типами та вісністю;

k_l, k_1, k_i – розрахункове натиснення на одну вісь локомотива та i -го вагона з урахуванням завантаження [14], кН.

Таблиця 2.5 – Дійсні коефіцієнти натиснення гальмівних колодок (накладок)

Тип рухомого складу	Значення δ при колодках (накладках)	
	композиційних	чавунних
Локомотиви вантажного роду служби	–	0,60 – 0,70
Локомотиви пасажирського роду служби	–	0,70 – 0,80
Вантажні вагони (порожні)	0,28 – 0,30	0,55 – 0,65
Вантажні вагони (завантажені)	0,21 – 0,22	0,38 – 0,42
Пасажирські вагони з протиюзовим пристроєм	0,32 – 0,34	0,75 – 0,85
Пасажирські вагони без протиюзового пристрою	0,28 – 0,30	0,65 – 0,75

Важливо зазначити, що для рухомого складу, який обладнано двоступінчастим швидкісним регулюванням тиску в ГЦ, при чавунних гальмівних колодках та найбільшому тиску повітря у ГЦ приймається $\delta = 1,2 - 1,5$.

Тип і серію локомотива, а також склад поїзда студент вибирає за таблицею 1.1.

Розрахунковий гальмовий коефіцієнт поїзда характеризує міру забезпеченості поїзда гальмовими засобами. Відношення розрахункового натиснення гальмівних колодок до ваги поїзда називають розрахунковим гальмовим коефіцієнтом поїзда

$$g_p = \frac{\sum K_p}{Q_c + P_l}, \quad (2.30)$$

де $\sum K_p$ – сумарне розрахункове натиснення гальмівних колодок одного типу в поїзді, Н;

Q_n – вага состава поїзда, Н;

P_l – вага локомотива, Н.

На практиці забезпеченість поїзда гальмовими засобами оцінюють гальмівним натисненням, яке приходить на 1000 кН

ваги поїзда, для вантажних поїздів воно повинно бути не менше 330 кН, для пасажирських – 600 кН.

2.3 Оцінка ефективності гальмової системи поїзда

2.3.1 Визначення довжини гальмівного шляху

Зовнішньою характеристикою ефективності гальмової системи є довжина гальмівного шляху S_{Γ} та величина середніх сповільнень і часу гальмування, які забезпечуються під час гальмування.

Гальмівним шляхом називається відстань, яку проходить поїзд за час від моменту переведення ручки крана машиніста в положення гальмування до повної зупинки поїзда.

Довжина гальмівного шляху може бути розрахована за формулою, яка складена на підставі інтегрування рівняння руху поїзда, що загальмував (сила тяги дорівнює нулю) [1, 2].

Гальмівний шлях поїзда умовно вважають складеним із двох частин: шляху підготовки гальм до роботи S_{Π} і дійсного шляху гальмування S_{Δ} [1–4, 15, 19]:

$$S_{\Gamma} = S_{\Pi} + S_{\Delta} = 0,278 \cdot v_0 \cdot t_n + \sum \frac{500(v_n^2 - v_k^2)}{\zeta(B_{\Gamma} + w_{ox} \pm i_c)}, \quad (2.31)$$

де v_0 – швидкість поїзда в момент початку гальмування, км/год.;

t_n – час підготовки гальм до дії, с;

v_n, v_k – відповідно швидкості руху поїзда, на початку та в кінці розрахункового інтервалу, км/год. Розрахункові інтервали швидкості пропонується приймати не більшими 10 км/год;

ζ – сповільнення поїзда, від дії одиничної сповільнювальної або прискорювальної сили (для вантажних і пасажирських поїздів приймається $120 \text{ км} \cdot \text{Н}/(\text{год}^2 \cdot \text{Н})$) [4];

B_{Γ} – питома гальмова сила, Н/кН;

w_{ox} – основний питомий опір рухові поїзда в гальмівному режимі в розрахункових інтервалах при середній швидкості руху, Н/кН;

i_c – питомий опір від випрямленого профілю колії (на ухилах приймається зі знаком “–”, а на підйомах зі знаком “+”).

Кожна 1 ‰ ухилу створює опір $i \cdot g$, Н/кН.

Умовно вважають, що під час підготовки гальм до дії стиснене повітря до ГЦ не надходить, тому швидкість руху поїзда за час підготовки гальм не змінюється. Дійсне гальмування відбувається з моменту досягнення максимальної гальмової сили в поїзді до моменту його зупинки.

Час підготовки гальм до дії в секундах визначається при екстреному і повному службовому гальмуванні за такими формулами [4, 15, 19]:

– для вантажних поїздів довжиною 200 осей і менше

$$t_{II} = 7 - \frac{10 \cdot i}{B_r}; \quad (2.32)$$

– для вантажних поїздів довжиною більше 200 осей (до 300 осей)

$$t_{II} = 10 - \frac{15 \cdot i}{B_r}; \quad (2.33)$$

– для вантажних поїздів довжиною більше 300 осей

$$t_{II} = 12 - \frac{18 \cdot i}{B_r}; \quad (2.34)$$

– для пасажирських поїздів на пневматичних гальмах

$$t_{II} = 4 - \frac{5 \cdot i}{B_r}; \quad (2.35)$$

– для електропоїздів і пасажирських поїздів на електропневматичних гальмах

$$t_{II} = 2 - \frac{3 \cdot i}{B_r}. \quad (2.36)$$

При автостопному гальмуванні

$$t'_n = t_n + 12. \quad (2.37)$$

Питома гальмова сила поїзда визначається за формулою

$$B_r = 1000 \cdot \mathcal{G}_p \cdot \varphi_{кр}, \quad (2.38)$$

де \mathcal{G}_p – розрахунковий гальмовий коефіцієнт поїзда (при екстреному гальмуванні дорівнює 100 %, який отримано при розрахунку, а при повному службовому гальмуванні він зменшується на 20 %) (для свого варіанта студент дивиться у таблиці 1.1 рядок «Вид гальмування» і визначає, яке в нього гальмування, тобто потрібно зменшувати \mathcal{G}_p чи ні);

$\varphi_{кр}$ – розрахунковий коефіцієнт тертя гальмівних колодок. Для розрахунку часу підготовки гальм коефіцієнт тертя визначається для швидкості, з якої починається гальмування.

Якщо в розрахунках значень B_r коефіцієнт тертя приймається для композиційних колодок, розрахунковий гальмовий коефіцієнт \mathcal{G}_p необхідно приймати в два рази меншим.

Основний питомий опір рухові поїзда визначається у такій послідовності:

1) основний питомий опір рухові поїзда, Н/кН,

$$w_{ох} = \frac{w_o'' \cdot Q_n + w_x \cdot P_l}{Q_n + P_l}, \quad (2.39)$$

де Q_n – вага состава поїзда, кН;

P_l – вага локомотива, кН;

2) додатковий питомий опір від впливу ухилу

$$i_c = i, \quad (2.40)$$

де i – величина ухилу (таблиця 1.1);

3) питомий опір локомотива, Н/кН, при холостому ході на ланковій колії

$$w_x = 2,4 + 0,011 \cdot v_c + 0,00035 \cdot v_c^2, \quad (2.41)$$

де v_c – середня швидкість поїзда в розрахункових інтервалах, км/год;

4) основний питомий опір состава вантажного поїзда, Н/кН, визначається за формулою

$$w_x'' = \alpha \cdot w_{o4}'' + \gamma \cdot w_{o8}'' + \beta \cdot w_{оп}'' \quad (2.42)$$

де α , β , γ – відповідно частки (не відсоткові) чотиривісних, восьмивісних вагонів у составі поїзда за вагою [19];

w_{o4}'' – основний питомий опір чотиривісних вантажних вагонів, які обладнані роликowymi підшипниками на ланковій колії ($q_0 > 6$ т),

$$w_{o4}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot v_c + 0,0025 \cdot v_c^2}{q_{o4}}; \quad (2.43)$$

w_{o8}'' – основний питомий опір восьмивісних вагонів визначається за формулою

$$w_{o8}'' = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot v_c + 0,0021 \cdot v_c^2}{q_{o8}}; \quad (2.44)$$

$w_{оп}''$ – основний питомий опір рухові СМВ,

$$w_{оп}'' = 0,7 + \frac{8 + 0,18 \cdot v_c + 0,003 \cdot v_c^2}{q_{п}}. \quad (2.45)$$

У наведених формулах q_{o4} , q_{o8} , $q_{п}$ – вага, що припадає на одну вісь відповідно чотиривісних, восьмивісних та пасажирських вагонів, кН.

Результати розрахунків довжини гальмівного шляху студент повинен повністю розрахувати для кожного розрахункового інтервалу за вищенаведеними формулами, а

також звести в додатки у вигляді підсумкової таблиці (таблиця А.1). На підставі даних таблиці побудувати графік залежності гальмівного шляху від швидкості $S_{Г=f}(v)$ (будувати графік потрібно на міліметровому папері або за допомогою ЕОМ, але при цьому на графіку обов'язково вказати розрахункові величини). Для побудови такого графіка необхідно визначити довжину підготовчого шляху для кожного розрахункового інтервалу. Підрахована за формулою довжина гальмівного шляху повинна перевірятися порівнянням її з довжиною гальмівного шляху, яка встановлюється за нормативними документами.

2.3.2 Розрахунок сповільнення та часу гальмування поїзда

Для оцінки ефективності дії гальм використовується величина середнього сповільнення ε_i , що реалізується під час гальмування. Вона визначається із рівняння збереження енергії поїзда, який рухається у загальмованому стані, для розрахункового інтервалу [23]

$$\varepsilon_i = \frac{v_{II}^2 - v_K^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot \Delta S_D}. \quad (2.46)$$

Таким чином, величина середнього сповільнення – питома кінетична енергія (яка припадає на одиницю маси) поїзда, що гаситься його гальмовою системою на одиниці довжини гальмівного шляху.

Час гальмування поїзда являє собою суму відрізків часу підготовки гальм до роботи і дійсного часу гальмування

$$t_{Г} = t_{II} + \sum t_i = t_{II} + \sum \frac{v_{II} - v_K}{3,6 \cdot \varepsilon_i}, \quad (2.47)$$

де t_{II} – час підготовки гальм до роботи, с;

t_i – відрізки часу гальмування в кожному розрахунковому інтервалі, с.

Після виконання для кожного розрахункового інтервалу розрахунку ε_i і t_r (починаючи з максимальної швидкості) всі результати звести у таблицю Б.1 (Додаток Б). За даними таблиці будуються графічні залежності зазначених величин від швидкості руху поїзда (будувати графічні залежності потрібно на міліметровому папері або за допомогою ЕОМ, але при цьому на графіку обов'язково вказати розрахункові величини).

Визначена величина середнього сповільнення при гальмуванні на високих швидкостях не повинна перевищувати 2 м/с^2 ($0,2g$), а для вантажних поїздів на низьких швидкостях під час гальмувань для зупинки – $0,49 \text{ м/с}^2$ ($0,05g$) [4, 19].

Після виконання розрахунків студент повинен виконати порівняння результатів з нормативними величинами.

Час гальмування вантажного поїзда залежно від його довжини і виду гальмування дорівнює при повному службовому гальмуванні (ПСГ) – 65 с, при екстреному гальмуванні (ЕГ) – 55 с.

Час гальмування пасажирського поїзда – 60 с [15].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Расчет и проектирование механической и пневматической частей тормозов вагонов [Текст]: учеб. пособие / П.С. Анисимов, В.А. Юдин, А.Н. Шамаков, С.Н. Коржин; под. общ. ред. П.С. Анисимова. – М.: Маршрут, 2005. – 248 с.

2 Асадченко, В.Р. Расчет пневматических тормозов железнодорожного подвижного состава [Текст]: учеб. пособие / В.Р. Асадченко. – М.: Маршрут, 2004. – 120 с.

3 Асадченко, В.Р. Автоматические тормоза подвижного состава [Текст]: учеб. пособие / В.Р. Асадченко. – М.: Маршрут, 2006. – 392 с.

4 Бабаєв, А.М. Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць [Текст]: навч. посібник / А.М. Бабаєв, Д.В. Дмитрієв. – К.: ДЕТУТ, 2007. – 176 с.

5 Багажов, В.В. Тормозное оборудование специального самоходного подвижного состава [Текст]: учеб. пособие / В.В. Багажов, В.Н. Сеницын. – М.: ГОУ „Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте“, 2007. – 287 с.

6 Иноземцев, В.Г. Автоматические тормоза [Текст] / В.Г. Иноземцев, В.М. Казаринов, В.Ф. Ясенцев. – М.: Транспорт, 1981. – 464 с.

7 Иноземцев, В.Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава [Текст] / В.Г. Иноземцев. – М.: Транспорт, 1983. – 424 с.

8 Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України [Текст] : ЦТ – ЦВ – ЦЛ - 0015. – Затв. нак. Укрзалізниці № 264-Ц 28.10.1997. – Вид. офіц. – К. : 2004. – 146 с.

9 Казаринов, В. М. Теоретические основы проектирования и эксплуатации тормозов [Текст] / В.М. Казаринов, В.Г. Иноземцев, В.Ф. Ясенцев. – М.: Транспорт, 1968. – 400 с.

10 Казаринов, В.М. Автотормоза [Текст]: учебник / В.М. Казаринов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 464 с.

11 Карвацкий, Б.Л. Общая теория автотормозов [Текст] / Б.Л. Карвацкий. – М.: ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ, 1947. – 300 с.

12 Галай, Э.И. Тормозные системы железнодорожного транспорта. Конструкция тормозного оборудования [Текст]: учеб. пособие / Э.И. Галай, Е.Э. Галай; Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2010. – 315 с.

13 Крылов, В.И. Автоматические тормоза подвижного состава [Текст]: учебник / В.И. Крылов, В.В. Крылов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 360 с.

14 Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм [Текст]. – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 356 с.

15 Правила тяговых расчетов для поездной работы МПС СССР [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. – 286 с.

16 Равлюк, В.Г. Методичні вказівки до складання рівнянь передаточного числа гальмових важільних передач [Текст] / В.Г. Равлюк. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 22 с.

17 Справочник по тяговым расчетам [Текст]: справочник / П.Н. Астахов, П.Т. Гребенюк, А.И. Скворцов. – М.: Транспорт, 1973. – 256 с.

18 Козар, Л.М. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення [Текст]: метод. вказівки / Л.М. Козар. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 58 с.

19 Равлюк, В.Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Автоматичні гальма та безпека руху” [Текст] / В.Г. Равлюк, Я.В. Дерев’янчук. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 42 с.

20 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни „Автоматичні гальма та безпека руху поїздів“ [Текст] / В.Г. Равлюк, І.М. Афанасенко, М.Г. Равлюк, К.С. Нечволода. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Ч. 1. – 34 с.

21 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни „Автоматичні гальма та безпека руху поїздів“ [Текст] / В.Г. Равлюк, К.В. Шевченко, І.М. Афанасенко, М.Г. Равлюк. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Ч. 2. – 26 с.

22 Равлюк, В.Г. Завдання на курсовий проект з методичними вказівками з дисципліни “Автоматичні гальма та безпека руху” [Текст]: метод. вказівки / В.Г. Равлюк, І.М. Афанасенко. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 70 с.

23 Методичні вказівки та завдання до виконання самостійної (контрольної) роботи з дисципліни „Автоматичні гальма та безпека руху” [Текст] / В.Г. Равлюк, А.М. Зубов, С.В. Михалків, І.М. Афанасенко. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 28 с.

24 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Автоматичні гальма та безпека руху поїздів» [Текст] / В.Г. Равлюк, Я.В. Дерев’янчук, І.М. Афанасенко, С.В. Михалків. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Ч.3. – 42 с.

25 Волошин, А.В. Безопасность движения и автотормоза [Текст]: метод. пособие по выполнению курсовой работы для студентов специальности «Локомотивы» / А.В. Волошин. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2004. – 62 с.

ДОДАТОК А (обов'язковий)

Таблиця А.1 — Розрахунок довжини гальмівного шляху

v , км/год	$\varphi_{кр}$	$B_{Г}$, Н/кН	$t_{П}$, с	$S_{П}$, м	$v_{С}$, км/год	$\varphi_{кр}$	$B_{Г}$, Н/кН	w''_0 , Н/кН	$w_{х3}$, Н/кН	$w_{ох3}$, Н/кН	$w_{ох+}$ $B_{Г\pm i_c}$, Н/кН	$v_{п} \rightarrow v_{к}$	$41,7(v_{п}^2 - v_{к}^2)$	$\Delta S_{Д}$, м	$S_{Д}$, м	$S_{Г}$, м
140					135							140...130	112590			
130					125							130...120	104250			
120					115							120...110	95910			
110					105							110...100	87570			
100					95							100...90	79230			
90					85							90...80	70890			
80					75							80...70	62550			
70					65							70...60	54210			
60					55							60...50	45870			
50					45							50...40	37530			
40					35							40...30	29190			
30					25							30...20	20850			
20					15							20...10	12510			
10					5							10...0	4170			

Примітки:

1 Для вантажних і пасажирських поїздів $\zeta=120$ км·Н/(год²·Н), для електропоїздів $\zeta = 119$ км·Н/(год²·Н), тепловозів 114 км·Н/(год²·Н), електровозів 107 км·Н/(год²·Н).

2 При визначенні $S_{Д}$ підсумування $\Delta S_{Д}$ виконується знизу доверху і записується у стовпчику $S_{Д}$ навпроти початкових швидкостей.

3 Для побудови графіка залежності гальмівного шляху від швидкості $S_{Г} = f(v)$ визначається шлях підготовки гальм $S_{П}$ для початкової швидкості в кожному інтервалі. Гальмівний шлях при гальмуванні з початкових швидкостей інтервалів буде $S_{Г} = S_{П} + S_{Д}$.

ДОДАТОК Б
(обов'язковий)

Таблиця Б.2 — Розрахунок сповільнень і часу гальмування

$v_{ср},$ км/год	$\frac{v_{II}^2 - v_K^2}{2 \cdot 3,6^2},$ м ² /с ²	$\Delta S_D,$ м	$\varepsilon_i,$ м/с ²	$\frac{v_{II} - v_K}{3,6},$ м/с	$t_i,$ с	$\sum t_{г},$ с
135	104,17			2,78		
125	96,45			2,78		
115	88,73			2,78		
105	81,02			2,78		
95	73,30			2,78		
85	65,59			2,78		
75	57,87			2,78		
65	50,15			2,78		
55	42,44			2,78		
45	34,72			2,78		
35	27,00			2,78		
25	19,30			2,78		
15	11,57			2,78		
5	3,86			2,78		

Примітка – при визначенні $\sum t_{г}$, підсумовування t_i виконується знизу доверху.

