

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ**

**Кафедра «Вагони та вагонне господарство»**

**АВТОМАТИЧНІ ГАЛЬМА РУХОМОГО СКЛАДУ**

Методичні рекомендації  
до виконання курсового проекту з дисципліни  
«Автоматичні гальма рухомого складу»  
для студентів усіх форм навчання

Київ 2013

УДК 629.4.017

**Автоматичні гальма рухомого складу:** Методичні рекомендації до виконання курсового проекту / Д. В. Дмитрієв, М. Я. Валігура. – К.: ДЕГУТ, 2013. – 25 с.

У методичних рекомендаціях подані вказівки щодо виконання курсового проекту: наведені вимоги до оформлення, викладена послідовність виконання, розглянуті основні методи розрахунків гальма залізничних вагонів.

Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів усіх форм навчання – галузь знань «0701 Транспорт і транспортна інфраструктура», напрям підготовки «6.070105 Залізничний транспорт», спеціальність (об'єкт діяльності) «Вагони».

Навчально-методичне видання рекомендоване до друку на засіданні кафедри «Вагони та вагонне господарство» (протокол № 3 від 17.09.2012 р.), та на засіданні методичної ради факультету (протокол № 3 від 18.10.2012 р.).

*Укладачі:*

**Д. В. Дмитрієв**, к. т. н., ст. н. с., доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство»;

**М. Я. Валігура**, доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство»

*Рецензенти:*

**О. Ф. Ткачов**, начальник вагонного депо ст. Київ-Пасажирський;

**В. М. Іщенко**, к. т. н., доц., доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство»

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА . . . . .	4
<b>1 ВИБІР ГАЛЬМОВОЇ СИСТЕМИ ВАГОНА . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2 ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА . . . . .</b>	<b>8</b>
2.1 Вибір схеми гальмової важільної передачі . . . . .	8
2.2 Вибір гальмового циліндра . . . . .	12
2.3 Перевірка заклинювання коліс при гальмуванні . . . . .	13
<b>3 ПРОЕКТУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА . . . . .</b>	<b>14</b>
3.1 Вибір типу гальма та повітророзподільника . . . . .	14
3.2 Вибір запасного резервуара . . . . .	14
3.3 Компонування пневматичної схеми гальма . . . . .	14
<b>4 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА . . . . .</b>	<b>16</b>
4.1 Вибір типу гальма та електроповітророзподільника . . . . .	16
4.2 Розрахунок електромагніторейкового гальма . . . . .	16
<b>5 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ГАЛЬМА . . . . .</b>	<b>17</b>
5.1 Гальмова путь, уповільнення та час гальмування . . . . .	17
5.2 Перевірка тіл тертя на перегрів при гальмуванні . . . . .	18
<b>6 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНЕ УТРИМАННЯ ГАЛЬМА . . . . .</b>	<b>19</b>
6.1 Режими увімкнення гальма . . . . .	19
6.2 Організація (технологія) ремонту (випробування). . . . .	19
ЛІТЕРАТУРА . . . . .	20
Додаток А. Загальний зміст пояснювальної записки курсового проекту . . . . .	21
Додаток Б. Схема гальма пасажирського вагона . . . . .	22
Додаток В. Загальний вигляд пневмогальма вантажного вагона . . . . .	23
Додаток Г. Роздруківка розрахунку за програмою <b>brw.exe</b> (електропоїзд ЭР200, дискове гальмо) . . . . .	24
Додаток Д. Роздруківка розрахунку за програмою <b>brw.exe</b> (електропоїзд ЭР200, дискове та магніторейкове гальма) . . . . .	25

## ПЕРЕДМОВА

Даний курсовий проект (КП) виконують з метою закріплення та поглиблення знань, набутих студентами спеціалізації «Вагони» під час вивчення теоретичного курсу щодо устрою та дії гальмових систем, методів їх розрахунків, а також експлуатації гальм і ремонту гальмових приладів. Цей КП вже понад п'ятдесят років входить до навчальних програм залізничних вищих навчальних закладів і питання проектування колодкового гальма вичерпно повно розглянуте в навчальній літературі попередніх років видання (див., наприклад, [1]).

На початку ХХІ ст. гальмовим системам сучасних вагонів, які набувають все більшого розповсюдження на залізницях України, стали притаманні нові технічні риси. Стосовно вантажних вагонів це, насамперед, повізкове гальмування та безрізьбове з'єднання повітропроводів. Пасажирські вагони для швидкісних перевезень обладнують дисковими гальмами з електронними протиюзамі. В останні роки зазнали певних змін і вдосконалення методики розрахунку гальм. Зазначеним тенденціям, у першу чергу, присвячені дані методичні рекомендації. Також тут викладені вимоги до виконання КП.

Пояснювальна записка (ПЗ) може бути або роздрукована на принтері, або написана від руки охайно та розбірливо. ПЗ має бути виконана на аркушах формату А4 з оформленням відповідно до вимог ЄСКД щодо текстових документів. У разі підготовки ПЗ за допомогою комп'ютера текст ПЗ треба набирати шрифтом із висотою 12 пунктів через півтора міжрядкових інтервали, обсяг ПЗ не доцільно збільшувати понад 40 сторінок. Повний узагальнений зміст КП міститься у Додатку А. Студент має пристосувати узагальнений зміст КП до отриманого завдання на проектування, наприклад, у разі проектування гальма вантажного вагона, в якому не використовують електрообладнання, відповідні пункти слід скасувати.

Усі потрібні вихідні дані, що не вказані в завданні на КП, можуть бути прийняті студентом такими самими, як у заданого вагона-прототипу, або на рівні кращих взірців сучасних вагонів (в останньому випадку обов'язковим є посилання у ПЗ на друковане джерело інформації).

За результатами проектування пневмочастини гальма на першій половині аркуша формату А1 має бути подана пневматична схема гальма вагона із додержанням вимог ЄСКД та з докладною специфікацією гальмових приладів. Приклад пневматичної схеми поданий у Додатку Б. Для електропневматичного гальма на цьому ж аркуші слід накреслити також його схему – електричну принципову (із специфікацією складових).

За результатами проектування механічної частини гальма на другій половині аркуша формату А1 треба накреслити в стандартному масштабі гальмову важільну передачу (ГВП) спроектованого вагона у загальмованому та розгальмованому станах із наведенням у таблиці довжин плечей усіх важелів (див. приклад ГВП [1, рис. 4.3]) і вказаними кутами (геометрії всіх кривих важелів, кутами підвішування та заниження для кожної гальмової колодки

і т. ін.). Окремо слід навести кінематичний ланцюг механізму зупинкового гальма. У разі проектування гальма, яке складається з однакових механізмів (наприклад, для обох візків при повізковому гальмуванні), достатньо зобразити механізм для одного гальмового циліндра, але у двох проекціях.

На другому аркуші формату А1 виконується креслення відповідно до завдання, яке стосується технології експлуатації, обслуговування або ремонту гальмового обладнання. Це може бути креслення обладнання (стенда чи пристосування) для випробування або ремонту певного гальмового приладу; пневматична схема обладнання чи карта відповідного технологічного процесу. При цьому креслення обладнання необхідно виконувати щонайменш у двох проекціях.

Висновки за розділами КП та загальні повинні містити всі основні отримані результати, виконані перевірки, обрані прилади і т. ін.

Далі в тексті застосовано звичайну для залізниць колії 1520 мм та Організації співдружності залізниць (ОСЗ) систему одиниць: «швидкість» – км/год; «сила» (у тому числі «вага») – кгс; «маса» – кг; «тиск» – кгс/см<sup>2</sup>.

## 1. ВИБІР ГАЛЬМОВОЇ СИСТЕМИ ВАГОНА

Як автоматичне гальмо вагона, тобто призначене для екстреної зупинки поїзда, застосовують фрикційне гальмо, що працює на стисненому повітрі. Зазначене автогальмо збереже свій статус головного гальма для забезпечення вимог безпеки руху і в перспективі.

Для більш конкретного визначення щодо запровадження того чи іншого типу фрикційного пневмогальма на вагоні, який проектують, треба зіставити потрібну усереднену розрахункову питому гальмову силу  $[\bar{b}_p]_{\Pi}$  з припустимою за зчепленням коліс вагона з рейками розрахунковою усередненою питоною гальмовою силою  $[\bar{b}_p]_3$ . При цьому розглядають екстрене гальмування вагона з конструкційної швидкості руху на безстиковій колії у складі поїзда, а усереднення виконують за швидкістю руху на всьому інтервалі її зміни від конструкційної до нульової.

Вирази для розрахунку  $[\bar{b}_p]_{\Pi}$  (у кгс/тс) можна отримати з рівняння повної гальмової путі (див. формули (5.14), (5.15) і (5.20) [1, с. 85, 86]):

$$[\bar{b}_p]_{\Pi} = D/C + \sqrt{(D/C)^2 + E/C}, \quad (1.1)$$

$$D = 7,5 \cdot V_0^2 + 0,5 \cdot V_0 (t_{n1} [\bar{\omega}_{\text{ох}} + i_{\Pi}] - t_{n2} \cdot i_{\Pi}) - 1,8 \cdot S_n [\bar{\omega}_{\text{ох}} + i_{\Pi}],$$

$$C = 3,6 \cdot S_n - t_{n1} \cdot V_0, \quad E = V_0 \cdot t_{n2} \cdot i_{\Pi} [\bar{\omega}_{\text{ох}} + i_{\Pi}], \quad \bar{\omega}_{\text{ох}} = x + y \cdot V_0 + z \cdot V_0^2,$$

де  $V_0$  – конструкційна швидкість вагона, км/год;

$t_{n1}$  та  $t_{n2}$  – складові часу підготовки гальм до дії (див. табл. 1.1), с;

$\bar{\omega}_{\text{ох}}$  – усереднений основний питомий опір руху вагона, кгс/тс;

$x$ ,  $y$  та  $z$  – коефіцієнти квадратичної апроксимації (див. табл. 1.2);

$i_{\Pi}$  – приведений (з урахуванням опірності кривих і т. ін.) ухил колії, ‰;

$S_n$  – нормативна гальмова путь (див. табл. 5.6 [1, с. 83]), м.

При розрахунках за наведеними формулами величину ухилу колії для спусків  $i_{\Pi}$  слід підставляти від'ємною. Для пасажирських вагонів з конструкційною швидкістю до 200 км/год нормативні гальмові путі  $S_n$  залишилися такими самими, як і для вагонів, що призначені для швидкостей руху до 160 км/год (див. табл. 5.6 [1, с. 83]).

Таблиця 1.1. Складові часу підготовки гальм до дії

Різновид поїзда	$t_{n1}, c$	$t_{n2}, c$
Вантажний зі складом до 200 осей	7	10
Вантажний зі складом від 200 до 300 осей	10	15
Вантажний зі складом від 300 до 400 осей	12	18
Пасажирський	4	5

Таблиця 1.2. Коефіцієнти апроксимації для розрахунку  $\bar{b}_p$  в кгс/мс

Різновид вагонів	x	y	z
Вантажні 4-осьові (у т. ч. ізотермічні)	$0,7+3/q_0$	$0,045/q_0$	$2/(3000 \cdot q_0)$
Вантажні 6-осьові	$0,7+8/q_0$	$0,04/q_0$	$2/(3000 \cdot q_0)$
Вантажні 8-осьові	$0,7+6/q_0$	$0,013/q_0$	$1,7/(3000 \cdot q_0)$
Пасажирські для $V_0 \leq 160$ км/год	$0,7+8/q_0$	$0,08/q_0$	$2/(3000 \cdot q_0)$
Пасажирські для $160 < V_0 \leq 200$ км/год	1,54	0,01	1,6/3000

Примітка:  $q_0$  – статичне осьове навантаження вагона, тс.

Припустимо за зчепленням коліс із рейками питому усереднену гальмову силу (у кГ/мс) розраховують залежно від типу візків вагона і  $V_0$ :

$$[\bar{b}_p]_3 = \begin{cases} 177,5 - 1,5 \cdot q_0 \left[ \frac{1}{2,4} + \frac{47,25}{V_0} \ln \left( 1 + \frac{V_0}{33,75} \right) \right] & \text{– вантажні з } V_0 \leq 140 \text{ км/год;} \\ 177,5 - 1,5 \cdot q_0 \left[ \frac{1}{4} + \frac{108}{V_0} \ln \left( 1 + \frac{V_0}{144} \right) \right] & \text{– пасажирські з } V_0 \leq 160 \text{ км/год;} \\ 210 \frac{V_0 + 200}{3 \cdot V_0 + 200} \frac{q_0 + 100}{4 \cdot q_0 + 100} & \text{– пасажирські з } V_0 \leq 200 \text{ км/год.} \end{cases} \quad (1.2)$$

Розрахунки за формулами (1.1) і (1.2) необхідно виконати для ваги вагона нетто (тари) та для ваги вагона брутто (у вантажних вагонів при завантаженні до повної вантажопідйомності, у пасажирських вагонів – за повної населеності пасажирами з багажем та повній екіпіровці). При цьому порожній та повністю завантажений стани вагона задаються за допомогою параметра  $q_0$ .

Якщо в обох випадках (і при вазі вагона нетто, і при вазі вагона брутто) відношення  $[\bar{b}_p]_{\Pi} / [\bar{b}_p]_3$  становить для вантажних (пасажирських) вагонів менше,

ніж 0,90 (0,85), то в такому разі для вагона можна обирати найбільш просте за конструкцією типове колодкове гальмо.

Якщо для вагона і при вазі нетто, і при вазі брутто  $[\bar{b}_p]_{\Pi}/[\bar{b}_p]_3 < 0,75$ , то можна застосовувати дискове гальмо без протиюза та без швидкісного регулятора натиснення.

Якщо або при вазі вагона нетто, або при вазі вагона брутто виконується умова  $0,9 < [\bar{b}_p]_{\Pi}/[\bar{b}_p]_3 \leq 1,25$ , то в разі обладнання вагона чавунними колодками його гальмова система повинна мати швидкісне регулювання натиснення і протиюзні пристрої, а при композиційних колодках (накладках) – колодкове (дискове) гальмо з протиюзом.

В усіх випадках, які були щойно розглянуті, в подальших розрахунках треба орієнтуватись на величину  $[\bar{b}_p]_{\Pi}$ . Тобто, до формули (2.2) в якості  $[\bar{b}_p]$  підставляти саме  $[\bar{b}_p]_{\Pi}$ , а не  $[\bar{b}_p]_3$ .

Якщо ж при вазі вагона нетто чи брутто  $[\bar{b}_p]_{\Pi}/[\bar{b}_p]_3 > 1,25$ , то гальмова система такого вагона окрім дискового гальма з протиюзом повинна доповнюватись гальмами, що не залежать від зчеплення коліс із рейками (наприклад, магніто-рейковими на електро- або постійних магнітах чи гальмами, що діють за допомогою вихрових струмів). У такому випадку потрібно визначитися з тим, як буде розподілятися потрібна гальмова сила між двома різновидами гальм, що залежать і що не залежать від зчеплення коліс із рейками. При цьому варто враховувати подані вище співвідношення. Наприклад, для вагона з електромагніторейковим гальмом (ЕМРГ) і дисковим гальмом без протиюза в подальших розрахунках до формули (2.2) треба підставляти  $[\bar{b}_p] = 0,75[\bar{b}_p]_3$ , а ЕМРГ проектувати на створення ним залишеної частки потрібної гальмової сили, тобто  $[\bar{b}_p]_{\text{ЕМРГ}} = [\bar{b}_p]_{\Pi} - 0,75[\bar{b}_p]_3$ .

У разі недоцільності чи неможливості ускладнення гальмової системи вагона для нього і при  $[\bar{b}_p]_{\Pi}/[\bar{b}_p]_3 > 0,85 \dots 0,9$  можна застосувати колодкове чи дискове гальмо без швидкісного регулювання і протиюзного захисту, але з обов'язковим встановленням експлуатаційної швидкості руху меншою за конструкційну. При цьому розрахунком за формулами (1.1) і (1.2) треба знайти величину швидкості руху, для якої  $[\bar{b}_p]_{\Pi}/[\bar{b}_p]_3 = 0,85 \dots 0,9$ . Тобто замість конструкційної швидкості руху в якості  $V_0$  у формули (1.1) і (1.2) підставляти менші значення та за табл. 5.6 [1, с. 83] обирати відповідні менші величини  $S_n$ . Однак зазначене обмеження експлуатаційної швидкості руху вагона слід вважати винятковим випадком і для цього мають бути достатні підстави.

Система гальмування кожного вагона повинна мати зупинкове гальмо. Застосування зупинкового гальма з ручним приводом не є сучасним підходом, особливо на пасажирських вагонах, для яких бажано передбачати, наприклад, пневматичне (на стисненому повітрі) або механічне (на пружинах) зупинкове гальмо. Конструкція зупинкового гальма вантажних вагонів не повинна створювати ускладнень розпуску їх з гірок сортувальних станцій.

## 2. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА

### 2.1. Вибір схеми гальмової важільної передачі

При виборі схеми ГВП слід прагнути якнайширше застосувати наявний вітчизняний досвід експлуатації вагонів, що належать до одного типу з заданим для проектування. Основним проектним параметром ГВП є передаточне число. Схеми типових ГВП вагонів колії 1520 мм можна знайти, наприклад, у Довіднику [2, с. 336–340 і 347–350].

Загальні вимоги до ГВП колодкового гальма вагона та її проектування викладено у посібнику [1, с. 47 і 48]. Там само наведено приклади розрахунків передаточних чисел: граничного [1, с. 50, приклад 2] і фактичного як для пасажирського [1, с. 58], так і для вантажного вагона [1, с. 65].

ГВП вагона з колодковим гальмом складається з двох частин:

а) ГВП візків (або візка – при роздільному принципі гальмування) і

б) горизонтальних важелів, які, як правило, розташовані на вагоні поблизу ГЦ. Оскільки ГВП візків стандартизовані, то при проектуванні залишається можливість регулювати потрібне передаточне число лише за рахунок горизонтальних важелів. У даному КП для колодкових гальм рекомендується обирати типову схему ГВП для заданого вагона та, для оптимального задоволення умов завдання на проект, – знайти довжини плечей горизонтальних важелів, залишивши загальну довжину важеля типовою.

З конструкційних міркувань (можливості розміщення горизонтальних важелів у підвагонному просторі, а також взаємозамінності та стандартизації) встановлено такі *типові загальні довжини горизонтальних важелів*. Для вагонів колії 1520 мм на візках пасажирського типу: а) вагонів електропоїздів, при дії ГЦ на одну сторону візка – 350 мм; б) вагонів дизель-поїздів з повізковим гальмуванням – 520 мм; в) пасажирських вагонів – 650 мм; г) ізотермічних вагонів – 660 мм; д) вагонів габариту R1C – 800 мм. е) вагонів електропоїздів з повізковим гальмуванням – 960 мм; ж) вагонів електропоїздів з одним ГЦ – 1160 мм. Для вагонів колії 1520 мм на візках вантажного типу: а) 6-осьові думпкари – 490 мм; б) піввагони (4-ри, 6-ти і 8-ми осьові) – 500 мм; в) хопери-окатишовози – 605 мм; г) 4-осьові вагони (криті, платформи, цистерни, хопери) – 660 мм; д) 4-осьові думпкари і спеціальні піввагони – 720 мм; е) 8-осьові цистерни – 805 мм.

Рекомендовані найбільші значення передаточних чисел ГВП є такими. Для вагонів з чавунними / композиційними колодками, у яких один ГЦ працює на весь вагон чи візок: а) 2-осьових візках вантажного типу універсальних (спеціальних) – 10 (11) / 6; б) візках пасажирського типу – 12 / 6; в) 3- і 4-осьових візках вантажного типу – 15 / 9. Для вагонів з дисковим гальмом, коли один ГЦ працює на один диск, найбільше значення передаточного числа одного механізму ГВП – 4.

У сучасного дискового гальма всю ГВП вагона зосереджено на візку, тому вагон можна експлуатувати лише на візках певного типу. У даному КП рекомендується застосувати схему ГВП дискового гальма вагонів дизель-



поїздів типу ДР-1 (ДР-1П, ДР-1А), а потрібне передаточне число отримувати за рахунок відповідної зміни кута натискного клина.

Розрахункову схему для виведення формули передаточного числа гальмової важільної передачі вагона дизель-поїзда названого типу показано на рис. 2.1.

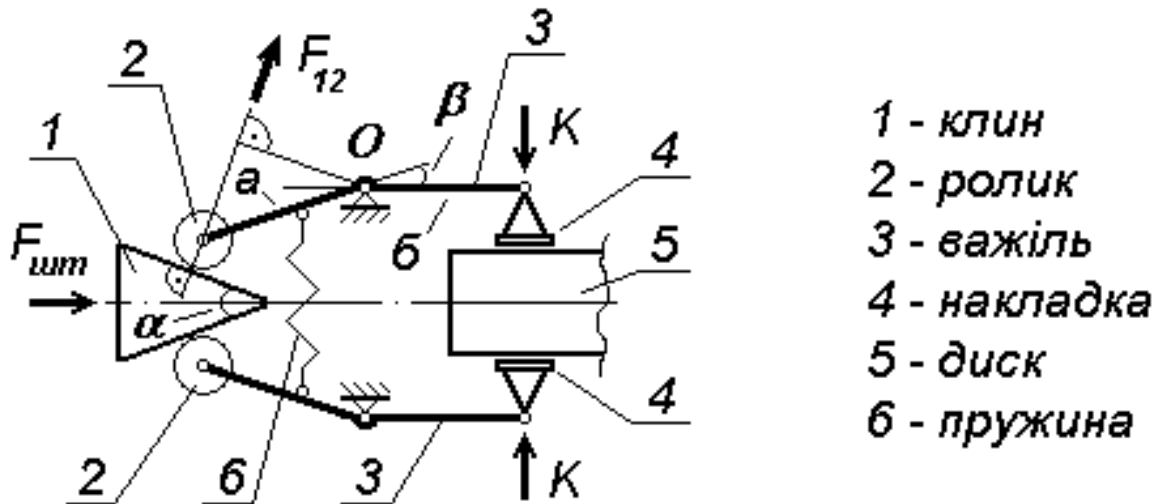


Рис. 2.1. Схема ГВП дискового гальма дизель-поїздів ДР-1, ДР-1П, ДР-1А

На рис. 2.1 сила по штоку ГЦ  $F_{умт}$  діє на клин **1**, який натискає на ролик **2**, що викликає поворот важеля **3** навколо його точки обертання **O** і притиснення накладки **4** до диска **5** з силою **K**. Клин **1** має кут свого гострия  $\alpha$ . Ведуче і ведене плечі важеля **3** схрещуються під вертикальним кутом  $\beta$ . При зворотному напрямку дії сили  $F_{умт}$  обидва симетрично розташованих важеля **3** рухає пружина **6**, що приводить до відпуску гальма.

Передаточне число цього механізму можна отримати декількома методами. Розглянемо найбільш простий з них, який не потребує знання діаметра ролика **2**. Сила  $F_{12}$ , з якою клин **1** тисне на ролик **2**, діє в точці їх взаємного контакту по нормалі до робочої поверхні клина. Причому, оскільки механізм має два симетричних важеля **3** з роликами **2** та клин **1** симетричної форми, то на один ролик розподіляється половина сили  $F_{умт}$ . З рис. 2.1 маємо  $F_{12} = \frac{1}{2} F_{умт} / \cos(90 - \alpha/2) = \frac{1}{2} F_{умт} / \sin(\alpha/2)$ . В експлуатації зазор між накладкою **4** і диском **5** дорівнює лише декільком міліметрам і можна вважати, що ведене плече **б** важеля **3** практично є паралельним лінії дії сили  $F_{умт}$ . Сила  $F_{12}$  діє на проекцію ведучого плеча **а** важеля **3**, тому рівняння рівноваги (моментів сил відносно точки **O**) важеля **3** є  $F_{12} \cdot a \cdot \cos(\beta + \alpha/2) = K \cdot б$ .

Поєднавши два останніх рівняння, отримаємо залежність сили натиснення накладки на диск у вигляді  $K = \frac{a \cdot F_{умт} \cdot \cos(\beta + \alpha/2)}{б \cdot \sin(\alpha/2)}$ . За визначенням передаточне

число для одної накладки цього механізму є відношенням сили натиснення накладки на половину сили по штоку ГЦ  $n_H = K / \frac{1}{2} F_{умт} = 2K / F_{умт}$ . Передаточне число для всього механізму ГВП дизель-поїзда ДР-1 є відношенням доданку

обох сил натиснення накладок на повну силу по штоку ГЦ  $n_M = (K+K)/F_{ум} = 2K/F_{ум} = n_H$ . Остаточню для механізму за рис. 2.1 маємо

$$n = \frac{a \cdot \cos(\beta + \alpha/2)}{b \cdot \sin(\alpha/2)} \quad (2.1)$$

У моторного і причіпного вагонів дизель-поїздів ДР-1 важелі механізму ГВП мають такі параметри:  $a=160$  мм;  $b=155$  мм і  $\beta=9^\circ 17'=9,283^\circ$ . А клини механізмів ГВП названих дизель-поїздів мають кути  $\alpha$ :  $40^\circ$  – у моторного вагона і  $60^\circ$  – у причіпного. Для наведених числових параметрів передаточні числа становлять: 2,63 – у моторного вагона і 1,60 – у причіпного. Звідси видно практично важливу особливість розглянутої конструкції механізму ГВП – для зміни величини його передаточного числа достатньо змінити конфігурацію лише однієї деталі, а саме: кут гостряка клина. Наприклад, для збільшення передаточного числа до 2,02 механізму ГВП холостого візка моторного вагона у дизель-поїзда ДР-1П було застосовано клин з кутом гостряка  $50^\circ$ . При цьому слід мати на увазі, що теоретично (коли тертя не враховують) клин дає вигреш (прогреш) у силі по нормалі своїх робочих поверхонь, якщо кут його гостряка менше (більше)  $60^\circ$ .

На швидкісному електропоїзді ЭР200 також було застосовано ГВП з натискним клином [2, рис. 261, с. 339]. При цьому для отримання більшого передаточного числа порівняно з рис. 2.1 у ГВП ЭР200 між клином і ГЦ застосовано додатковий важіль.

Зовнішня відпускна пружина **б** за рис. 2.1 має малу жорсткість і створює незначний опір виходу штока ГЦ, тому при розрахунках у даному КП може не враховуватись.

Разом з цим, ГВП з клиновим механізмом притаманний і суттєвий недолік – вона потребує ретельного догляду (очищення і змащення) в експлуатації з метою запобігання тертя ковзання у парі клин-ролик і забезпечення в ній тертя кочення. Блокування обертання ролика значно збільшує опір руху при виході штока ГЦ і к.к.д. механізму ГВП суттєво зменшується, що, у свою чергу, призводить до відповідного зменшення гальмової сили.

Обрану схему ГВП слід перевірити щодо кількості гальмових колодок на розсіювання ними допустимої потужності при гальмуванні за формулою (5.13) з посібника [1, с. 82]. Для збільшення кількості гальмових колодок, що діють на одну колісну пару застосовують двостороннє натиснення колодок на колеса. За потреби збільшити кількість гальмових колодок без зміни обраної схеми ГВП можна застосувати колодки секційної конструкції (така конструкція притаманна ГВП вагонів габариту R1С – коли на одному башмаку закріплюють по дві колодки).

У разі застосування дискового гальма без протиюза треба обов'язково обладнати колеса вагона *скребковими колодками*, які очищують поверхню катання, чим забезпечують належний рівень зчеплення коліс із рейками. В найпростішому варіанті скребкові колодки постійно (пружинами) тиснуть на колеса з невеликою силою (близько 10 кгс). Матеріалом для скребкової колодки, яка постійно натискає на колесо, слід обирати чавун, щоб тепло від

тертя відводилось у колодку та не чинило термічного пошкодження поверхні катання. Для дискових гальм з протизюзом застосування скребкових колодок також варто вважати доцільним. Загальний вигляд скребкового пристрою подано на рис. 2.2, де позначено: **1** – колесо вагона; **2** – скребкова колодка; **3** – важіль; **4** – натискний пристрій; **5** – кронштейн; **6** – поперечна балка рами візка. Як видно з рис. 2.2 скребкова колодка має складний (трисекційний) профіль поверхні тертя, яка забезпечує якісне абразивне очищення поверхні катання колеса при створенні найменшого опору руху.

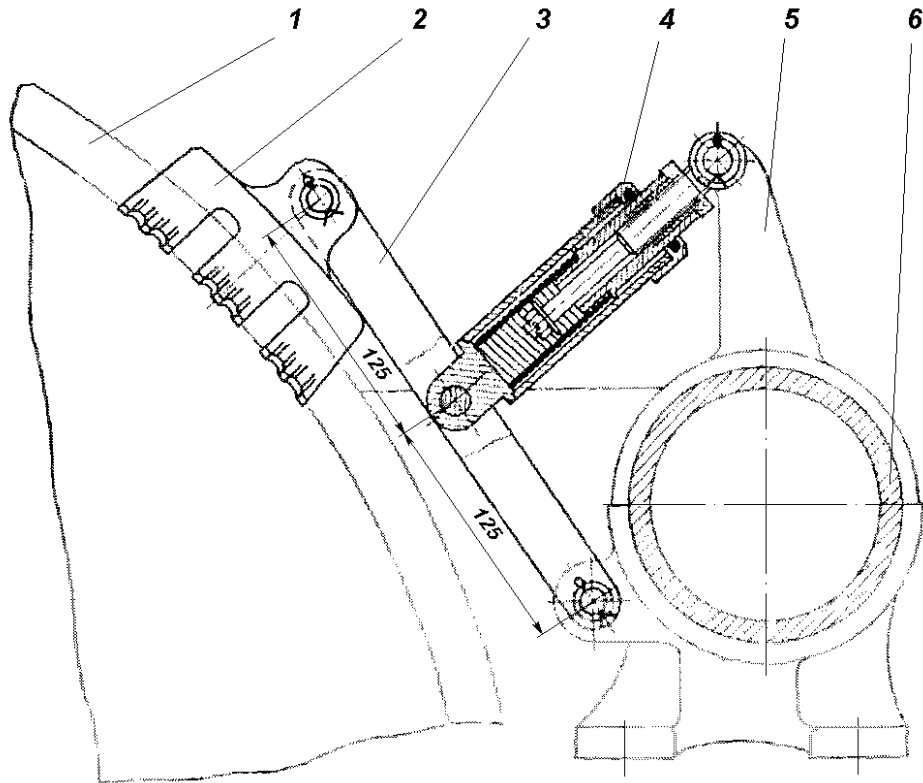


Рис. 2.2. Скребковий пристрій візків вагонів електропоїзда ЭР200

Окрему увагу в ПЗ необхідно приділити питанню регулювання ГВП при зношенні гальмових колодок (накладок). Для забезпечення автоматичного регулювання виходу штока ГЦ треба обов'язково застосувати відповідний прилад: або як окремий вузол, або – вбудований у ГЦ. Приводи гвинтових авторегуляторів розглянуто в посібнику [1, п. 4.3]. У вагонів типу хопер, які мають несиметричну схему ГВП (цементовози, мінераловози), зазвичай застосовують найбільш просту конструкцію привода – жорстку (кронштейн, що жорстко закріплений на рамі вагона). Передаточне число жорсткого привода авторегулятора розраховують за формулою  $n_{ap} = \bar{b}/(a + \bar{b})$ .

**Зупинкове гальмо магістрального вагона** має надійно утримувати вагон: а) за нормами країн СНГ – на колії з ухилом  $i_p = 30 \text{ ‰}$  при вазі брутто; б) за нормами країн ОСЗ – на колії з ухилом  $i_p = 35 \text{ ‰}$  при вазі нетто. Основна розрахункова умова утримання вагона на ухилі має вигляд:

$$i_p \leq \begin{cases} \frac{\varphi_k^{cm} \cdot \sum K_{cm}}{T} & - \text{у порожньому стані вагона (нетто)}; \\ \frac{\varphi_k^{cm} \cdot \sum K_{cm}}{T + P} & - \text{у завантаженому стані вагона (брутто)}. \end{cases} \quad (2.2)$$

де  $\varphi_k^{cm}$  – дійсний статичний коефіцієнт тертя гальмових колодок (накладок);

$\sum K_{cm}$  – загальне дійсне натиснення на колодки (накладки) зупинкового гальма вагона, кгс;

$T$  – вага тари вагона, тс;

$P$  – вантажопідйомність вагона, тс.

Статичні коефіцієнти  $\varphi_k^{cm}$  знаходять за формулами дійсних коефіцієнтів тертя табл. 4.5 з посібника [1, с. 69] підствленням у них  $K = \sum K_{cm}$  і  $V = 0$ . Натиснення  $\sum K_{cm}$  розраховують як добуток передаточного числа ГВП зупинкового гальма, к.к.д. цієї ГВП та приводної сили. У дискового гальма натиснення  $\sum K_{cm}$  необхідно приводити до точки контакту колеса з рейкою так, як це пояснено у п. 2.3. Якщо ГВП зупинкового гальма однакова з ГВП автогальма, то к.к.д. для першого приймають на рівні 70 % від к.к.д. автогальма.

При ручному приводі зупинкового гальма слід приймати ведучий момент сил 10 кгс·м, що прикладає до штурвала робітник. У механізмах ГВП ручних гальм доцільно мати самостопорні кінематичні пари, наприклад, однозахідні: черв'ячну передачу або передачу гвинт-гайка. К.к.д. названих пар приймають для: а) черв'ячної – 0,6; б) гвинтової – 0,5. На ці величини слід перемножити к.к.д. ГВП зупинкового гальма вагона при розрахунку  $\sum K_{cm}$ .

## 2.2. Вибір гальмового циліндра

За визначенням розрахункове гальмове натиснення (у кгс) для вагона дорівнює:

$$\sum K_p = \begin{cases} \frac{T \cdot [\bar{b}_p]}{\bar{\varphi}_{кр}} & - \text{у порожньому стані вагона (нетто)}; \\ \frac{(T + P) \cdot [\bar{b}_p]}{\bar{\varphi}_{кр}} & - \text{у завантаженому стані вагона (брутто)}, \end{cases} \quad (2.3)$$

де  $\bar{\varphi}_{кр}$  – усереднений за швидкістю руху розрахунковий коефіцієнт тертя колодок (накладок) об колесо (диск).

Коефіцієнти  $\bar{\varphi}_{кр}$  було отримано шляхом інтегрування в межах від конструкційної швидкості руху  $V_0$  до нульової нормативних виразів розрахункових коефіцієнтів тертя [3] і [1, табл. 4.5 на с. 69]. За даними з названої таблиці було знайдено залежності дійсного натиснення  $K$  від розрахункового  $K_p$ . Отримані таким чином формули зведено у таблицю 2.1 (композиція 140-42 застосовується тільки для накладок дискового гальма).

Таблиця 2.1. Розрахункові формули для  $\bar{\varphi}_{кр}$  і  $K$ 

Матеріал	Формули для розрахунку $\bar{\varphi}_{кр}$	Формули для розрахунку $K$
Чавун марок С, 3 і М	$0,054 \left( 1 + \frac{80}{V_0} \ln \left[ 1 + \frac{V_0}{20} \right] \right)$	$X + \sqrt{X^2 + \frac{135 \cdot K_p}{48}}; \text{де } X = \frac{27 \cdot K_p - 750}{240}$
Чавун марки Р (багатофосф.)	$0,135 \left( 1 + \frac{80}{V_0} \ln \left[ 1 + \frac{V_0}{20} \right] \right)$	
Чавун марки Ф (фосфористий)	$0,06 \left( 1 + \frac{80}{V_0} \ln \left[ 1 + \frac{V_0}{20} \right] \right)$	$X + \sqrt{X^2 + \frac{75 \cdot K_p}{20}}; \text{де } X = \frac{39 \cdot K_p - 125}{40}$
ТИИР-300 (8-1-66)	$0,18 \left( 1 + \frac{75}{V_0} \ln \left[ 1 + \frac{V_0}{75} \right] \right)$	$X + \sqrt{X^2 + 20 \cdot K_p}; \text{де } X = \frac{18 \cdot K_p - 110}{11}$
ТИИР-303 (328-303)	$\frac{0,18}{1,3} \left( 1 + \frac{120}{1,3 \cdot V_0} \ln \left[ 1 + \frac{1,3 \cdot V_0}{75} \right] \right)$	
Композиція 140-42	$\frac{0,52}{1,5} \left( 1 + \frac{50}{V_0} \ln \left[ 1 + \frac{V_0}{100} \right] \right)$	

Розраховане за формулою (2.3) загальне гальмове натиснення слід розподілити на всі колодки (накладки) відповідно до обраної схеми ГВП. Наприклад, якщо ГВП забезпечує однакове натиснення на кожен гальмову колодку чи накладку (що є найбільш поширеним варіантом) і вагон має  $m_k$  колодок чи накладок, то  $K_p = (\sum K_p) / m_k$ . Далі, за відповідною формулою з табл. 2.1 треба розрахувати дійсне натиснення  $K$  на одну колодку (накладку). Отриману величину  $K$  обов'язково потрібно перевірити щодо питомого тиску за формулою (5.12) [1, с. 81]. Тепер, за формулами (5.9) і (5.10) посібника [1, с. 77 і 78], можна підібрати площу поршня ГЦ, який створить потрібне натиснення і за параметрами з табл. 5.2 [1, с. 79] обрати ГЦ для вагона. При цьому, можливо, для отримання бажаного передаточного числа ГВП, виникне потреба змінити довжини плечей горизонтального важеля (див. початок п. 2.1).

### 2.3. Перевірка заклинювання коліс при гальмуванні

Названу перевірку виконують за методикою з посібника [1, с. 81]. Там само див. і приклад застосування цієї методики [1, с. 83]. Для дискового гальма потрібно приводити гальмове натиснення до точки контакту колеса з рейкою так, як це описано у поясненні до формули (5.3) з посібника [1, с. 74]. При цьому середній радіус прикладення гальмового натиснення до гальмового диска для вагонів колії 1520 мм приймають в діапазоні 255...260 мм, а радіус кола катання колеса – на рівні середньозношеного в експлуатації: для вагонів на візках вантажного типу – 450 мм; пасажирського типу – 460 мм.

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА

#### 3.1. Вибір типу гальма та повітророзподільника

На початку проектування пневмочастини гальма слід визначитись та обґрунтувати в ПЗ його головні ознаки: а) спосіб дії (автоматичне чи неавтоматичне); б) характер дії (жорстке, напівжорстке чи нежорстке); в) можливість поповнення витоків із ГЦ при переكريші (прямодіюче чи непрямодіюче) [1, с. 15, 16]. У разі застосування командного типу схеми пневмогальма це треба підкреслити окремо [1, с. 34, 125].

Певний тип повітророзподільника (ПР) в межах цього КП обирають за двома показниками: часу наповнення гальмового циліндра (ГЦ) до 90 % від найбільшого тиску при екстремому гальмуванні (ЕГ) та швидкості розповсюдження гальмової хвилі, яку забезпечує даний ПР [2, табл. 70, табл. 74–76, табл. 85–91]. Час наповнення ГЦ до  $3,5 \text{ кгс/см}^2$  при ЕГ має бути не більше: для вантажних вагонів – 25 с; для пасажирських – 8 с. Швидкість розповсюдження гальмової хвилі при ЕГ пневматичним гальмом для перспективних поїздів має бути не менш: 250 м/с – для вантажного і 200 м/с – для пасажирського.

В останній час на залізницях України запроваджують новий ПР пасажирського типу 242, який має параметри наповнення ГЦ однакові з більш відомим ПР 292, а паспортну швидкість гальмової хвилі при ЕГ – 250 м/с.

#### 3.2. Вибір запасного резервуара

За параметрами обраного в п. 1.2 гальмового циліндра підбирають запасний резервуар серед стандартних [4, п. 4.1, с. 20–21].

#### 3.3. Компонування пневматичної схеми гальма

Відповідно до вибраних типу гальма і ПР, підібраних ГЦ і ЗР у ПЗ виконують повне комплектування гальмової пневмосистеми вагона рештою необхідними типовими (стандартними) приладами, пристроями та арматурою з вказуванням умовних діаметрів труб. Для вагона, вага нетто якого більш, ніж на 20 % відрізняється від ваги брутто, слід включати до пневмосхеми автоматичний регулятор режимів гальмування. Усі обрані складові пневматичної частини гальма перелічити в специфікації до креслення з їх умовними номерами. Наприклад: «поз. 1 – гальмовий циліндр 188Б» і т. д.

При виборі комплектуючих для пневмосхеми серед можливих варіантів бажано вибирати сучасне обладнання, що зарекомендувало себе як надійне в експлуатації. Наприклад, доцільно звернути увагу на безрізбову арматуру, повний комплект якої для вантажного вагона наведено в Додатку В. Не дуже вдалу назву «безрізбова» слід розуміти в тому сенсі, що відсутнє різьбове з'єднання фітінга (муфти, штуцера, ніпеля, трійника тощо) з трубою. У такої арматури щільне з'єднання труби з фітінгом досягають за рахунок деформації поліуретанового ущільнення, вбудованого у фітінг. При цьому деформацію

ущільнення та охоплення ним зовнішньої поверхні труби забезпечує накладна гайка з різьбою на кінці фітінга. Безрізьбова арматура не потребує точної «підгонки» труб за довжиною при складанні повітропроводів на вагоні та дозволяє деяке розтягнення/стиснення повітропроводу гальмової магістралі одночасно з відповідними деформаціями рами вагона поздовжніми зусиллями без руйнування з'єднань. Однак для забезпечення щільності повітропроводів кінці труб, які вставляють у фітінги, мають бути суворо циліндричними (не сплюснутими, без ум'ятин).

Для складеної схеми пневмочастини гальма у ПЗ потрібно навести опис його дії з призначенням складових, а також викладенням шляхів проходження стисненого повітря на всіх режимах функціонування (гальмування службове, гальмування екстрене, відпуск і т. д.) та взаємодію складових пневмосхеми. Далі в п. 3.3 наведено фрагмент такого опису для пневмосхеми з Додатка Б. При цьому головну увагу приділено відмінностям цієї пневмосхеми від типової [1, п. 2.3.1].

Пневмосхема відповідає командному типу автогальма, тобто ПР або ЕПР забезпечує наповнення стисненим повітрям із запасного резервуара РС7 – резервуара РС4, замість прямого наповнення ГЦ. Пропорційно тиску в РС4 при гальмуванні з резервуара живлення РС6 через реле тиску РТ3 і РТ4 можуть наповнюватись стисненим повітрям усі ГЦ одного з візків чи обох візків, залежно від положення кранів КР6 і КР7. Резервуар живлення РС6 наповнюється стисненим повітрям при зарядці автогальма з гальмової магістралі вагона через кран КР3, дросель ДР2 і зворотний клапан КЗ1. Кран КР5 слугує для продувки резервуара РС6 (так званий «водоспускний кран»).

До складу ПР 242 на схемі входять: суть ПР – Р1; перемикач режимів «Довгоскладовий/Короткоскладовий поїзд» – Р1.2 і прискорювач екстреного гальмування, що складається з: ресивера РС2, реле тиску РТ1 та перемикача «увімкнено/вимкнено» – Р1.1 (рос. «УВ» – ускоритель выключен).

Для контролю величини тиску повітря, що знаходиться у ГЦ кожного з візків, вагон обладнано чотирма манометрами М1.1...М2.2, які виведено на обидва боки для зручності користування ними оглядачем-ремонтником вагонів.

Вагон обладнано автоматичним зупинковим гальмом. До підсистеми зупинкового гальма візка входять: кран роз'єднувальний КР2 (КР4), пневмодросель ДР1 (ДР3), ресивер РС3 (РС5) і циліндр пневматичний двосторонньої дії Ц1 (Ц6). Зупинкове гальмо автоматично приходить у дію, якщо тиск у гальмовій магістралі вагона становить менше  $1,5 \text{ кгс/см}^2$  і автоматично відпускає при більшому тиску.

## 4. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА

### 4.1. Вибір типу гальма та електроповітророзподільника

Гальмова система пасажирських вагонів в якості основного гальма повинна мати електропневматичне (ЕПГ), а в якості резервного (й обов'язково

автоматичного) – пневматичне (ПГ). Основні відомості та параметри електроповітророзподільників (ЕПР) наведено в Довіднику [2, табл. 135, табл. 139]. Відповідно до вибраного ЕПР у ПЗ виконують повне комплектування електрочастини гальма вагона рештою необхідними типовими (стандартними) приладами, пристроями та арматурою.

Для складеної схеми електрочастини гальма у ПЗ потрібно навести опис його дії з призначенням складових, а також викладенням шляхів проходження електроструму на всіх режимах функціонування (гальмування, перекриша, відпуск) та взаємодію складових електро- і пневмосхем. Далі в п. 4.1 наведено фрагмент такого опису електричної частини для схеми з Додатка Б. При цьому головну увагу приділено відмінностям цієї схеми від типової [1, п. 2.3.1].

До складу ЕПР 305-0 на схемі входять: суть ЕПР – РЕ1 з реле тиску РТ2; робоча камера РС1 та перемикальний клапан КП1. Вагон обладнано протиюзним пристроєм «Барс-4М» (рос. «бортовой автоматический регулятор скольжения для 4-осных вагонов, модернизированный») у складі: блок керування – ПЮ1; датчики обертів колісної пари – ДО1...ДО4; клапани скидальні трипозиційні – КС1...КС4. Якщо під час гальмування уповільнення обертання будь-якої колісної пари (в т. ч. декількох або всіх колісних пар) перевищить певний поріг, то ПЮ1 автоматично виробляє сигнал (сигнали) для відповідного скидального клапана (клапанів) КС, які випускають стиснене повітря з ГЦ в атмосферу до відновлення обертів колісної пари (пар).

Для контролю наявності тиску повітря у ГЦ кожного з візків, вагон обладнано сигналізаторами СТ1...СТ4, які виробляють відповідні електросигнали для восьми світлодіодних панелей СС1.1...СС4.2, що виведено на обидва боки вагона (кожна панель поряд з відповідною колісною парою) для зручності користування ними оглядачем-ремонтником вагонів.

#### 4.2. Розрахунок електромагніторейкового гальма

При обладнанні вагона ЕМРГ розрахунок його питомої гальмової сили  $b_{Ге}$  виконують за формулою (6.6) [1, с. 131]. При цьому дійсний гальмовий коефіцієнт розраховують за формулою (6.7) [1, с. 131] з урахуванням того, що розрахункова сила притягання башмака до рейки зазвичай становить 10 тс.

Дійсний коефіцієнт тертя сталевого башмака ЕМРГ по рейці слід знаходити залежно від швидкості руху вагона за формулою [5]

$$\varphi_e = 0,19 \frac{3 \cdot V + 100}{6 \cdot V + 100}. \quad (4.1)$$

Довжину гальмової путі при одночасній дії ЕМРГ і колодкового (дискового) гальма розраховують за методикою з посібника [1, п. 5.3.3]. При цьому до трьох доданків у знаменнику формули (5.20) [1, с. 86] слід підставити четвертим доданком питому гальмову силу  $b_{Ге}$  ЕМРГ.



## 5. РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ГАЛЬМА

### 5.1 Гальмова путь, уповільнення та час гальмування

Названі параметри для спроектованого пневмогальма слід знайти розрахунком гальмової путі за інтервалами швидкості руху під час ЕГ поїзда, який складається із заданої кількості однакових вагонів [1 п. 5.3]. У ПЗ треба прийняти розрахунковий інтервал зменшення швидкості руху  $\Delta V=10 \text{ км/год}$  та передгальмову швидкість, яка дорівнює конструкційній швидкості вагона. Відповідні розрахунки можна виконати за комп'ютерною програмою **brw.exe** (ця програма та правила користування нею безкоштовно доступні на сайті <http://brakes.free.optima.com.ua> у розділі «Програмное обеспечение»). **Увага!** Програма **brw.exe** для відсікання непрофесійних користувачів потребує правильної відповіді на одне з питань щодо залізничних гальм, яке вона випадково обирає з власної бази знань.

У разі використання програми **brw.exe** у ПЗ достатньо навести розрахунок уручну тільки для першого інтервалу швидкості руху та в додаток помістити роздруківку комп'ютерного розрахунку. Контрольні приклади подібних розрахунків наведено в Додатку Г та Додатку Д.

За результатами розрахунків у ПЗ потрібно навести графіки залежностей від швидкості руху: а) розрахункового коефіцієнта тертя гальмової колодки об колесо –  $\varphi_{kp}$ ; б) розрахункової питомої гальмової сили –  $b_p$ ; в) основного питомого опору руху поїзда –  $\omega_{ox}$  г) дійсної гальмової путі –  $S_d$ ; д) часу гальмування –  $t_r$ ; е) поточного уповільнення –  $\varepsilon$ . На останньому графіку наводять графік розрахункового граничного уповільнення за умовою зчеплення коліс із рейками при гальмуванні –  $[g \cdot \psi_p]$ . При цьому про відсутність юза свідчить розташування кривої  $[g \cdot \psi_p]=f_1(V)$  під кривою  $\varepsilon=f_2(V)$  у всьому розглянутому діапазоні швидкостей руху.

Висновок щодо якості спроектованого гальма роблять (за відсутності юза) зі співставлення отриманих у розрахунку величин повної гальмової путі та уповільнення вагона при ЕГ з їхніми допустимими значеннями. Нормативні гальмові путі наведено в посібнику [1, табл 5.6, с. 83]. Рекомендовані верхні межі усередненого за час гальмування уповільнення в режимі звичайної експлуатації становлять для поїздів: а) вантажних –  $0,4 \text{ м/с}^2$ ; б) пасажирських при швидкостях руху до 160 (200)  $\text{км/год}$  –  $0,6 (1,5) \text{ м/с}^2$ ; в) електро- та дизельпоїздів –  $0,8 \text{ м/с}^2$ . Гранично припустимі усереднені за час гальмування уповільнення становлять для поїздів: а) вантажних –  $0,5g$ ; б) пасажирських –  $0,2g$  (де  $g$  – прискорення земного тяжіння).

### 5.2. Перевірка тіл тертя на перегрів при гальмуванні

Для колодкового гальма названу перевірку виконують за методичними рекомендаціями [4, практична робота № 7]. У дискового гальма з

композиційними накладками на перегрів перевіряють тільки диск. При цьому тепловий потік (у  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) у диск можна розрахувати за формулою

$$W_{\text{д}} = \frac{g \cdot \bar{b}_p \cdot q_o \cdot V_o \cdot R}{3,6 \cdot n_{\text{д}} \cdot A_{\text{д}} \cdot r_{\text{д}}}, \quad (5.1)$$

де  $\bar{b}_p$  – усереднена розрахункова питома гальмова сила,  $\text{кгс}/\text{тс}$ ;

$R=475 \text{ мм}$  – розрахунковий радіус колеса;

$n_{\text{д}}$  – кількість гальмових дисків на одній колісній парі;

$A_{\text{д}}$  – загальна площа тертя гальмового диска,  $\text{м}^2$ ;

$r_{\text{д}}$  – середній радіус тертя накладок по диску,  $\text{мм}$ .

Тут  $\bar{b}_p$  слід обчислювати за формулою (7.4) [4, п. 7.1], в якій  $\bar{\omega}_{\text{ох}}$  – за відповідною формулою (1.1) та даними табл. 1.2 (див. п. 1.1 вище). Площа  $A_{\text{д}}$  – це кільце на диску (а при двосторонньому натисненні накладок на диск, як це буває при звичайному кліщовому механізмі – два таких однакових кільця), по якому диск контактує з гальмовою накладкою (накладками). Визначення радіуса  $r_{\text{д}}$  є достатньо складною задачею. У цьому КП треба приймати для типових кліщових механізмів: а) колії 1520  $\text{мм}$  – 255...260  $\text{мм}$ ; б) колії 1435  $\text{мм}$  – 230...235  $\text{мм}$ . Наприклад, на сучасному візку моделі 68-7007 виготовлення ПАТ “КрВБЗ” (м. Кременчук) застосовано чотири однакових кліщових механізмів типу WKZ31M14X110 фірми «Knorr-Bremze» (Німеччина), які мають  $r_{\text{д}}=233 \text{ мм}$ .

Умова перевірки на перегрів – подібна до формули (7.6) [4, п. 7.2]. З урахуванням того, що при  $x < 0,1$  функція  $(1-1/\exp[x]) \approx x$ , в даному КП розрахункове підвищення температури (і у  $K$ , і у  $^{\circ}\text{C}$ ) диска при гальмуванні можна розрахувати за формулою

$$\Delta\tau_{\text{д}}^{\text{max}} = 0,532 \cdot W_{\text{д}} \sqrt{\frac{t_{\text{д}}}{\lambda_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{д}} \cdot c_{\text{д}}}} \leq [\Delta\tau_{\text{д}}], \quad (5.2)$$

де  $t_{\text{д}}$  – дійсний час гальмування,  $\text{с}$ ;

$\lambda_{\text{д}}$ ,  $\rho_{\text{д}}$  та  $c_{\text{д}}$  – відповідно коефіцієнт теплопровідності, густина та питома теплоємність матеріалу гальмового диска;

$[\Delta\tau_{\text{д}}]=450 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – припустиме короткочасне підвищення температури сталевого чи чавунного гальмового диска в експлуатації.

Для сталевого (чавунного) диска коефіцієнти теплопровідності (у  $\text{Вт}/\text{К}/\text{м}$ ) можна знайти за емпіричними формулами [6, с. 410]:

$$\lambda_{\text{д}} = \begin{cases} 47,7 - 0,0260 \cdot \tau_{\text{д}} & \text{– для сталі;} \\ 50,0 - 0,0178 \cdot \tau_{\text{д}} & \text{– для чавуну,} \end{cases} \quad (5.3)$$

де  $\tau_{\text{д}}$  – поточна температура диска,  $^{\circ}\text{C}$ .

Для сталі (чавуну) густина дорівнює  $7850 (7000) \text{ кг/м}^3$ , а питома теплоємність –  $460 (500) \text{ Дж/К/кг}$ .

## 6. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНЕ УТРИМАННЯ ГАЛЬМА

### 6.1. Режими увімкнення гальма

У цьому пункті ПЗ наводять опис умов і порядку ввімкнення (вимкнення) режимів усіх приладів, з яких складається гальмо вагона.

На прикладі схеми з Додатка Б умови перемикання режимів ПР 242 можуть бути викладені так: а) режим «**К**» вмикати у поїздах зі складом до 20-ти вагонів включно; б) режим «**Д**» вмикати у поїздах зі складом понад 20 вагонів; в) режим «**УВ**» вмикати у поїздах з гальмами західноєвропейського типу.

Опис порядку ввімкнення і вимкнення гальма може бути такий (див. схему з Додатка Б).

Для увімкнення гальма вагона – відкрити крани КР1, КР2, КР3, КР4, КР6 і КР7; кран КР5 – перекрити.

Порядок вимкнення гальма:

а) одного візка – перекрити кран КР6 (КР7) відповідно;

б) вагона – перекрити крани КР6 і КР7, перекрити кран КР1, випустити стиснене повітря із запасного резервуара РС7 за допомогою клапана КВ1.

Для механічного вимкнення зупинкового гальма вагона треба гайковим ключем розпустити ГВП пневмоциліндрів Ц1 і Ц6.

### 6.2. Організація (технологія) ремонту (випробування)

У відповідному підрозділі ПЗ слід окремо проаналізувати всі можливі місця витоків стисненого повітря з пневмосистеми вагона до атмосфери. Вказати заходи щодо запобігання витокам.

Також слід навести всі особливості експлуатації спроектованого гальма. Наприклад, для гальма з Додатка Б, це можуть бути такі вказівки. Після повного зарядження автогальма вагона – продути резервуар РС6 короткочасним відкриттям крана КР5. Після зупинки поїзда в путі слідування із застосуванням екстреного гальмування перед відправленням поїзда поїзна бригада зобов'язана пересвідчитись у відпуску гальма за показами манометрів і світлодіодних сигналізаторів.

У ПЗ має бути розділ з описом проробленої технології щодо технічного обслуговування гальма в цілому чи окремого його приладу. При виконанні цього розділу КП варто насамперед ознайомитися з Інструкціями УЗ стосовно заданого приладу [7–10]. Також відомості щодо технічного обслуговування гальмового обладнання можна знайти в посібниках [6, 11, 12].

Для гальма в цілому можуть бути задані для розробки технології випробувань, як повного чи скороченого в експлуатації, так і випробування при прийнятті після ремонту. При цьому в ПЗ треба навести: а) послідовність виконання випробування; б) норми щільності та решту нормативних даних для

перевірки гальма; в) виконати основні розрахунки щодо застосованої технології з визначення: витрати стисненого повітря, часу виконання технологічних операцій, собівартості робіт, чисельності виконавців тощо.

Загальна послідовність опрацювання розділу щодо ремонту гальмового приладу є така: а) навести можливі несправності заданого приладу, причини їх появи, заходи щодо попередження та засоби для усунення; б) відповідно до нормативної документації описати типовий технологічний процес ремонту або випробувань приладу (його заданого вузла чи деталі); в) виконати основні розрахунки щодо застосованої технології: потрібної потужності приводу, міцності навантажених елементів обладнання (приспосувань), часу виконання технологічної операції, собівартості робіт, чисельності виконавців і т. ін.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Бабаєв А. М., Дмитрієв Д. В.* Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць: Навч. посіб./ Під заг. ред. Д. В. Дмитрієва. – К.: ДЕТУТ, 2007. - 176 с.
2. *Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава: Справочник / В. И. Крылов, В. В. Крылов, В. Н. Ефремов, П. Т. Демушкин.* – М.: Транспорт, 1989. – 496 с.
3. *Гнездилова Г. В.* Выбор сил нажатия колодочно-дискового тормоза // Перспективы развития автоматических тормозов железнодорожного подвижного состава (Тр. ВНИИЖТ; Вып. 656). – М.: Транспорт, 1983. – С. 58–64.
4. *Автоматичні гальма та безпека руху поїздів: Методичні рекомендації до виконання практичних робіт / Д. В. Дмитрієв, М. Я. Валігура.* – К.: ДЕТУТ, 2010. – 62 с.
5. *Фокин М. Д.* Коэффициенты трения башмака магнито-рельсового тормоза // Вестник ВНИИЖТ, 1977. – № 1. – С. 20–22.
1. *Иноземцев В. Г., Казаринов В. М., Ясенцев В. Ф.* Автоматические тормоза: Учебник для вузов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1981. – 464 с.
6. *Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України (№ ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015).* – К.: Транспорт України, 2002. – 145 с.
7. *Інструкція з технічного обслуговування, ремонту та випробування гальмового устаткування локомотивів і моторвагонного рухомого складу (№ ЦТ-0058).* – К.: Транспорт України, 2003. – 254 с.
8. *Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів (№ ЦВ-ЦЛ-0013).* – К., 2005. – 160 с.
9. *Інструкція з ремонту електронних протиюзних пристроїв пасажирських вагонів (№ ЦЛ-0047).* – К., 2005. – 36 с.
10. *Крылов В. И., Крылов В. В.* Автоматические тормоза подвижного состава. – М.: Транспорт, 1983. – 360 с.
11. *Иноземцев В. Г.* Тормоза железнодорожного подвижного состава. – М.: Транспорт, 1979. – 424 с.

## Додаток А

Загальний зміст пояснювальної записки до курсового проекту

1. ВИБІР ГАЛЬМОВОЇ СИСТЕМИ ВАГОНА
2. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА
  - 2.1. Вибір схеми гальмової важільної передачі
  - 2.2. Типовий розрахунок гальма
  - 2.3. Перевірка гальма на відсутність заклинення
  - 2.4. Висновки за розділом
3. ПРОЕКТУВАННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА
  - 3.1. Вибір типу гальма та повітророзподільника
  - 3.2. Розрахунки основних складових
  - 3.3. Компонування пневматичної схеми
  - 3.4. Висновки за розділом
4. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ГАЛЬМА
  - 4.1. Вибір типу гальма (та електроповітророзподільника)
  - 4.2. Розрахунок електромагніторейкового гальма
  - 4.3. Висновки за розділом
5. РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ГАЛЬМА
  - 5.1. Гальмова путь, уповільнення та час гальмування
  - 5.2. Перевірка тіл тертя на перегрів при гальмуванні
  - 5.3. Висновки за розділом
6. ЕКСПЛУАТАЦІЯ І ТЕХНІЧНЕ УТРИМАННЯ ГАЛЬМА
  - 6.1. Режими увімкнення гальма
  - 6.2. Організація (технологія) ремонту (випробування)
  - 6.3. Висновки за розділом

ВИСНОВКИ

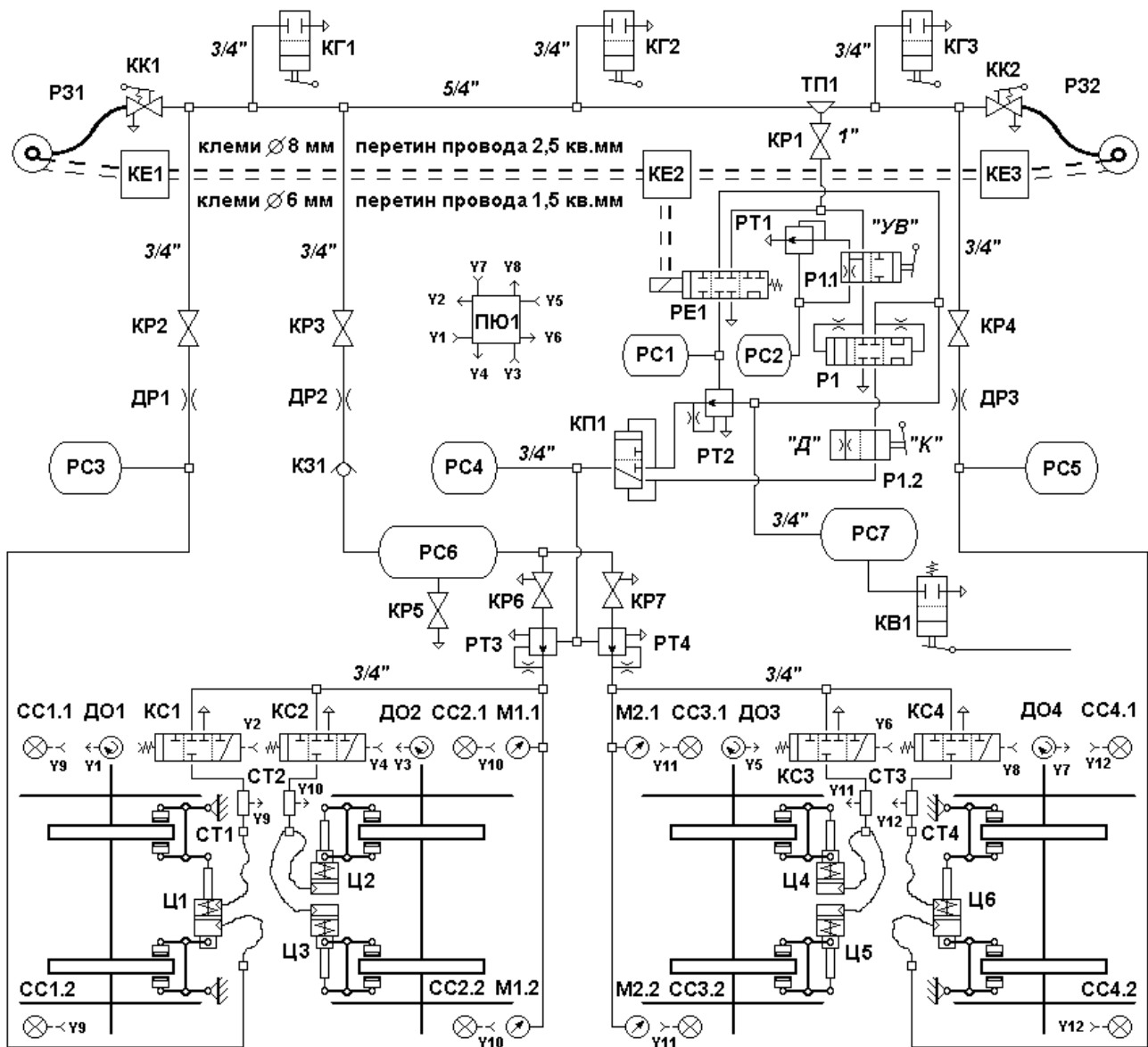
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

Додаток А. Завдання на курсовий проект

Додаток Б. Роздруківка розрахунку гальмової путі

## Додаток Б

### Схема гальма пасажирського вагона



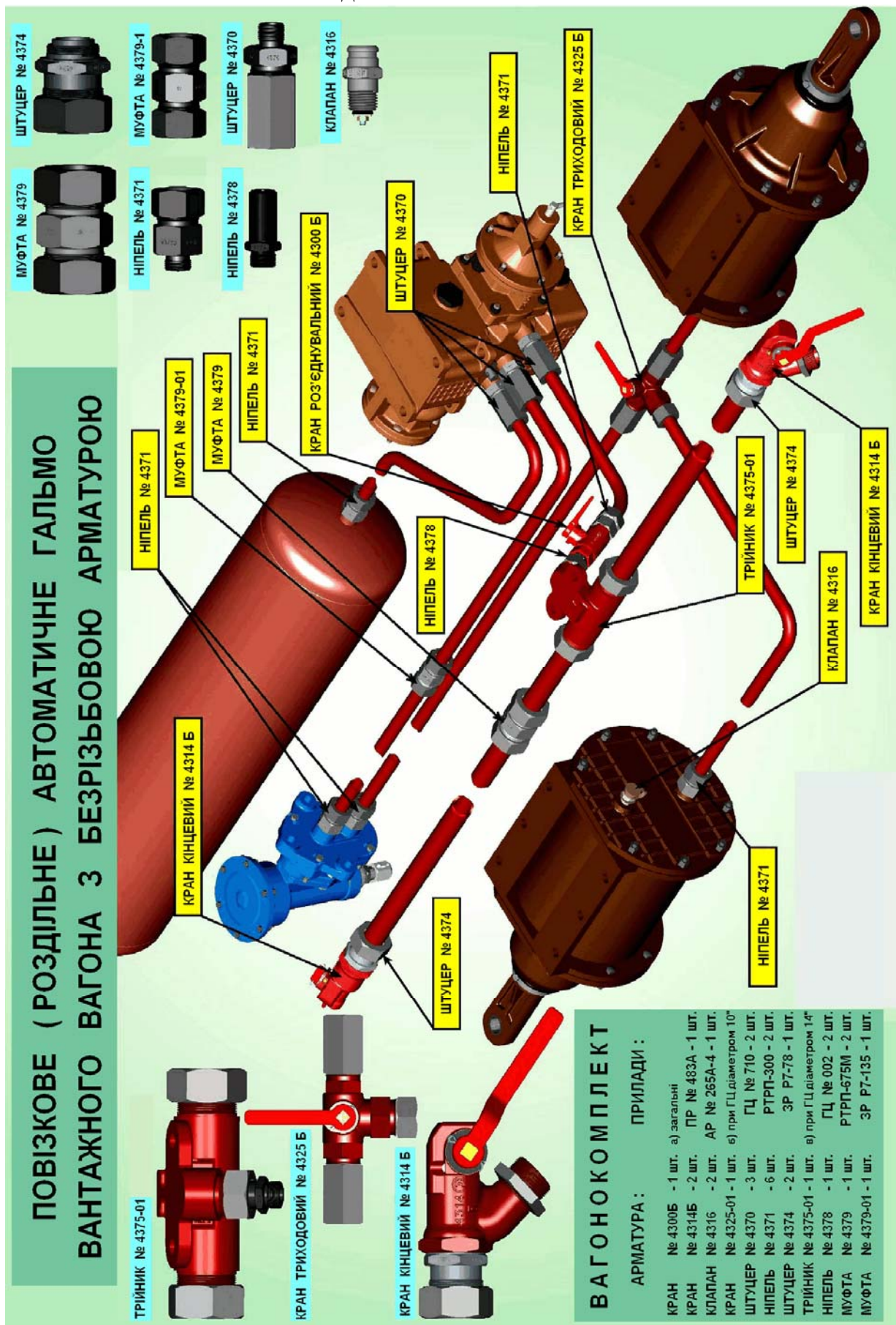
Експлікація:

**P31** і **P32** – рукав з'єднувальний 369А; **КК1** і **КК2** – кран кінцевий 4304; **КГ1-КГ3** – стоп-кран 138; **ТП1** – трійник-пилонловлювач 573П; **КР1** – кран роз'єднувальний 4301; **КЕ1** і **КЕ3** (**КЕ2**) – коробка клемна електрична двотрубна 317-8 (тритрубна 316-8); **ПЮ1** – блок автокерування протиюзом Барс-4М; **РЕ1** – електроповітророзподільник 305-0; **P1** – повітророзподільник 242; **P1.1** (**P1.2**) – регулятор прискорювача (режимів) з P1; **КР2-КР5** – кран роз'єднувальний 4309; **PC1** – камера з РЕ1 (1,5 л); **PC2** – камера з P1 (0,2 л); **PT1** (**PT2**) – реле тиску з P1 (РЕ1); **ДР1-ДР3** – дросель (жиклер Ø 2,5 мм); **PC3** і **PC5** – резервуар P10-20; **КЗ1** – клапан зворотний; **PC4** – резервуар (16 л); **КП1** – клапан перемикальний з РЕ1; **PC6** – резервуар живлення P10-170; **PC7** – резервуар запасний P7-78; **КВ1** – клапан випускний 4315; **КР6** і **КР7** – кран роз'єднувальний 4302; **PT3** і **PT4** – реле тиску 404; **CC1.1-CC4.2** (8 штук) – сигналізатор світлодіодний; **ДО1-ДО4** – датчик обертів з ПЮ1; **КК1-КК4** – клапан скидальний 182; **M1.1-M2.2** (4 штуки) – манометр; **СТ1-СТ4** – сигналізатор тиску 115; **Ц1** і **Ц6** – пневмоциліндр 670ГС; **Ц2-Ц5** – пневмоциліндр 670.

**Примітки:** 1. Елементи **РЕ1**, **P1** та **КК1-КК4** – мають три положення: гальмування, перекиша, відпуск (за схемою зліва на право). 2. **Y1-Y12** – електроконтакти.

## Додаток В

Загальний вигляд пневмогальма вантажного вагона



### ВАГОНОКОМПЛЕКТ

АРМАТУРА : ПРИЛАДИ :

КРАН № 4300Б	- 1 шт.	а) загальні
КРАН № 4314Б	- 2 шт.	ПР № 483А - 1 шт.
КЛАПАН № 4316	- 2 шт.	АР № 265А-4 - 1 шт.
КРАН № 4325-01	- 1 шт.	в) при ГЦ діаметром 10"
ШТУЦЕР № 4370	- 3 шт.	ГЦ № 710 - 2 шт.
НИПЕЛЬ № 4371	- 6 шт.	РТРП-300 - 2 шт.
ШТУЦЕР № 4374	- 2 шт.	ЗР Р7-78 - 1 шт.
ТРІЙНИК № 4375-01	- 1 шт.	в) при ГЦ діаметром 14"
НИПЕЛЬ № 4378	- 1 шт.	ГЦ № 002 - 2 шт.
МУФТА № 4379	- 1 шт.	РТРП-675М - 2 шт.
МУФТА № 4379-01	- 1 шт.	ЗР Р7-135 - 1 шт.

## Додаток Г

### Роздруківка розрахунку за програмою **brw.exe** (електропоїзд ЭР200, дискове гальмо)

РАСЧЕТ  
тормозного пути ж.-д. подвижного состава

#### И С Х О Д Н Ы Е    Д А Н Н Ы Е

Подвижной состав - пассажирский поезд при ЭПТ  
 Удельное замедление (электропоезд) 119 (тс/кГ) (км/ч<sup>2</sup>)  
 Вид торможения экстренное  
 Ж.-д. путь бесстыковой  
 Уклон пути (для спусков отрицательный) 0.0 промилле  
 Предтормозная скорость движения 190 км/ч  
 Тормозной коэффициент .35  
 Материал тормозных колодок - композиция ТИИР-300 (ТИИР-302, 8-1-66)  
 Количество осей вагонов в поезде (отцепе) 24  
 Средняя осевая нагрузка вагона брутто 15.125 тс  
 Разновидность подвижного состава поезда (отцепы) - электропоезд ЭР200

#### РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Время подготовки тормозов к действию 2.00 с  
 Подготовительный тормозной путь 105.6 м

Ско- рость движ. км/ч	Коэф. тре- ния расч.	Уд.сила колесн. тормоза кГ/тс	Осн.уд. сопр. движ., кГ/тс	Замед- ляющая сила, кГ/тс	Время, с		Торм. путь, м		Расч. замед- ление, м/с/с	Замедл. по сце- плению, м/с/с
					интер- вала	сум- марн.	интер- вала	дейст- вит.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
185.0	0.232	81.17	10.04	91.21	3.32	3.3	170.4	170	0.8375	0.8901
175.0	0.234	81.90	9.30	91.20	3.32	6.6	161.2	332	0.8374	0.8980
165.0	0.236	82.69	8.60	91.28	3.31	9.9	151.9	484	0.8382	0.9064
155.0	0.239	83.54	7.92	91.47	3.31	13.3	142.4	626	0.8399	0.9154
145.0	0.241	84.48	7.28	91.76	3.30	16.6	132.8	759	0.8426	0.9252
135.0	0.244	85.50	6.68	92.18	3.28	19.8	123.1	882	0.8464	0.9357
125.0	0.248	86.63	6.10	92.73	3.26	23.1	113.3	995	0.8514	0.9472
115.0	0.251	87.87	5.56	93.42	3.24	26.3	103.4	1099	0.8578	0.9599
105.0	0.255	89.25	5.04	94.29	3.21	29.5	93.6	1192	0.8658	0.9738
95.0	0.259	90.79	4.56	95.36	3.17	32.7	83.7	1276	0.8756	0.9894
85.0	0.264	92.53	4.12	96.65	3.13	35.8	73.9	1350	0.8874	1.0071
75.0	0.270	94.50	3.70	98.20	3.08	38.9	64.2	1414	0.9017	1.0273
65.0	0.276	96.75	3.32	100.07	3.02	41.9	54.6	1469	0.9188	1.0509
55.0	0.284	99.35	2.96	102.31	2.96	44.9	45.2	1514	0.9394	1.0792
45.0	0.293	102.38	2.64	105.02	2.88	47.8	36.0	1550	0.9643	1.1141
35.0	0.303	105.95	2.36	108.31	2.79	50.6	27.2	1577	0.9945	1.1595
25.0	0.315	110.25	2.10	112.35	2.69	53.3	18.7	1596	1.0316	1.2231
15.0	0.330	115.50	1.88	117.38	2.58	55.9	10.7	1606	1.0778	1.3264
5.0	0.349	122.06	1.68	123.75	2.44	58.3	3.4	1610	1.1363	1.5187

Среднее замедление при торможении 0.865 м/с/с

Общее время торможения 60.3 с

Полный тормозной путь 1715.3 м

(с) Дм.Викт.Дмитриев, 1993-2012 (программа brw.exe редакция 15 от 22.5.2012 г.)



## Додаток Д

### Роздруківка розрахунку за програмою **brw.exe** (електропоїзд ЭР200, дискове та магніторейкове гальма)

РАСЧЕТ  
тормозного пути ж.-д. подвижного состава

#### И С Х О Д Н Ы Е    Д А Н Н Ы Е

Подвижной состав - пассажирский поезд при ЭПТ  
 Удельное замедление (электропоезд) 119 (тс/кГ) (км/ч<sup>2</sup>)  
 Вид торможения экстренное  
 Ж.-д. путь бесстыковой  
 Уклон пути (для спусков отрицательный) 0.0 промилле  
 Предтормозная скорость движения 200 км/ч  
 Тормозной коэффициент .35  
 Материал тормозных колодок - композиция ТИИР-300 (ТИИР-302, 8-1-66)  
 Количество осей вагонов в поезде (отцепе) 24  
 Средняя осевая нагрузка вагона брутто 15.125 тс  
 Разновидность подвижного состава поезда (отцепы) - электропоезд ЭР200  
 Рельсовый тормоз -  
 электромагнитный, типа ТРМ-10 (РТ200, ЭР200) при сухих рельсах

#### РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Время подготовки тормозов к действию 2.00 с  
 Подготовительный тормозной путь 111.1 м

Ско- рость движ. км/ч	Коеф. тре- ния расч.	Уд.сила колесн. тормоза кГ/тс	Осн.уд. сопр. движ., тормоза кГ/тс	Уд.сила рельс. тормоза кГ/тс	Время, с		Торм. путь, м		Расч. замед- ление, м/с/с	Замедл. по сце- плению, м/с/с
					интер- вала	сум- марн.	интер- вала	дейст- вит.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
195.0	0.230	80.50	10.80	44.04	3.31	3.3	121.1	121	1.2428	0.8827
185.0	0.232	81.17	10.04	44.20	3.32	6.6	114.8	236	1.2433	0.8901
175.0	0.234	81.90	9.30	44.38	3.32	9.9	108.5	344	1.2449	0.8980
165.0	0.236	82.69	8.60	44.57	3.31	13.3	102.1	446	1.2474	0.9064
155.0	0.239	83.54	7.92	44.79	3.31	16.6	95.6	542	1.2511	0.9154
145.0	0.241	84.48	7.28	45.04	3.30	19.9	89.1	631	1.2561	0.9252
135.0	0.244	85.50	6.68	45.31	3.28	23.1	82.5	714	1.2624	0.9357
125.0	0.248	86.63	6.10	45.63	3.26	26.4	75.9	790	1.2704	0.9472
115.0	0.251	87.87	5.56	45.99	3.24	29.6	69.3	859	1.2802	0.9599
105.0	0.255	89.25	5.04	46.42	3.21	32.9	62.7	922	1.2920	0.9738
95.0	0.259	90.79	4.56	46.92	3.17	36.0	56.1	978	1.3064	0.9894
85.0	0.264	92.53	4.12	47.52	3.13	39.2	49.5	1027	1.3238	1.0071
75.0	0.270	94.50	3.70	48.25	3.08	42.2	43.0	1070	1.3447	1.0273
65.0	0.276	96.75	3.32	49.16	3.02	45.3	36.6	1107	1.3702	1.0509
55.0	0.284	99.35	2.96	50.32	2.96	48.2	30.3	1137	1.4015	1.0792
45.0	0.293	102.38	2.64	51.86	2.88	51.1	24.1	1161	1.4405	1.1141
35.0	0.303	105.95	2.36	54.00	2.79	53.9	18.1	1179	1.4903	1.1595
25.0	0.315	110.25	2.10	57.16	2.69	56.6	12.4	1192	1.5564	1.2231
15.0	0.330	115.50	1.88	62.31	2.58	59.2	7.0	1199	1.6499	1.3264
5.0	0.349	122.06	1.68	72.23	2.44	61.6	2.1	1201	1.7995	1.5187

Среднее замедление при торможении 1.285 м/с/с  
 Общее время торможения 63.6 с  
 Полный тормозной путь 1312.0 м

(с) Дм.Викт.Дмитриев, 1993-2012 (программа brw.exe редакция 15 от 22.5.2012 г.)

## **АВТОМАТИЧНІ ГАЛЬМА ТА БЕЗПЕКА РУХУ ПОЇЗДІВ**

### **Методичні рекомендації**

до виконання курсового проекту з дисципліни  
«Автоматичні гальма та безпека руху поїздів»  
для студентів усіх форм навчання  
галузь знань «0701 Транспорт і транспортна інфраструктура»,  
напрямок підготовки «6.070105 Залізничний транспорт»,  
спеціальність (об'єкт діяльності) «Вагони»

Укладачі: **Дмитро Вікторович Дмитрієв**  
**Микола Якимович Валігура**

Відповідальний за випуск: Д. В. Дмитрієв  
Директор РВЦ ДЕТУТ: Л. В. Пономаренко  
Гол. редактор: О. В. Ємець  
Макет і верстка: В. О. Андрієнко

---

Підписано до друку 02.11.2012 р. Формат 60×84/16. Папір – офсетний.  
Друк – ризографія. Зам. № 205-2/12. Наклад 40 прим.

---

Надруковано в Редакційно-видавничому центрі ДЕТУТ.  
Свідоцтво про реєстрацію – серія ДК №3079 від 27.12.2007 р.  
03049, м.Київ-49, вул.Миколи Лукашевича, 19.