

Д 58

**Дніпропетровський державний технічний університет
залізничного транспорту**

Довганюк Степан Степанович

УДК 629.4 .077-592-52.

**Дослідження спільної роботи гальм рухомого складу
залізниць Польщі в поїздах Укрзалізниці**

05.22.07 - Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня

кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 1998

ДНУЗТ
ДНУЗТ

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Дніпропетровському державному технічному університеті залізничного транспорту.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор,
Манашкін Лев Абрамович,
Дніпропетровський державний технічний
університет залізничного транспорту,
завідувач кафедрою теоретичної механіки.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор, Богомаз Георгій Іванович, завідувач відділом інституту технічної механіки Національної академії наук України;

таї Едуард Іванович, м. Гомель,
транспорту.

ї державний університет (м. Лу-

5980a
~~№ 58 Добжанюк С.С.~~
~~іос. сімлі. роботи~~
~~ис.~~
10/14

02 1999 р. о 14 год.

20.02 при Дніпропетровському
ізничного транспорту (ДПТ) за
ськ, вул. Академіка Лазаря -

літесі університету.

199 р.

Боднарь Б.С.

- перехід рухомого складу з однієї ширини колії на іншу шляхом заміни в візках колісних пар відповідної ширини колії.

Гострота проблеми переходу рухомого складу з однієї ширини колії на іншу в значній мірі може бути знята розвитком та більш ефективним використанням існуючих уже пунктів перестановки вагонів. При цьому склади поїздів Укрзалізниці (УЗ) можуть бути сформовані із вагонів країн СНД і Польщі, які відрізняються зчепними та гальмівними пристроями. В зв'язку з вищевикладеним, доцільним стало дослідження спільної роботи гальм рухомого складу Польщі в поїздах УЗ.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Обраний в роботі напрямок досліджень можливості курсування вагонів-цистерн ДЕЦ у вантажних поїздах на залізницях України пов'язаний з тематикою робіт, виконаних інститутом технічної механіки Національної Академії Наук України спільно з науково-дослідною лабораторією вагонів Дніпропетровського Державного технічного університету залізничного транспорту згідно з угодами між згаданими організаціями та Укрзалізницею в 1994 і 1995 роках.

Мета і задачі досліджень.

Метою роботи являється вирішення задачі по визначенню умов руху переобладнаних цистерн ДЕЦ окремими маршрутами або в складі вантажних поїздів по залізницях України.

Для вирішення задачі потрібні об'ємні експериментальні дослідження таких поїздів. Враховуючи обмеження коштів, частину випробувань можна замінити теоретичними дослідженнями з використанням ПЕОМ методами математичного моделювання шляхом проведення необхідних математичних експериментів. Основними критеріями, які визначають умови курсування комбінованих поїздів, є поздовжні зусилля, що виникають в таких поїздах під час перехідних режимів руху (зрушування з місця, різка зміна сили тяги, осажування та різні ви-

ди гальмування). В зв'язку з цим постала задача про використання методів математичного моделювання перехідних процесів в комбінованих поїздах. Особливістю таких поїздів являється різниця по довжині поїзда характеристик пристроїв зчеплення вагонів та різниця в характеристиках гальмівних пристроїв вагонів.

Перед автором стояла задача дослідження процесів в комбінованих поїздах під час гальмування.

Наукова новизна одержаних результатів.

Автором досліджена динаміка поїздів, які обладнані гвинтовою зчепкою та буферами. Вперше досліджена динаміка поїздів, у котрих частина вагонів обладнана гвинтовою зчепкою з буферами а інші вагони – автозчепними пристроями, при цьому вагони з буферними пристроями є цистерни, які обладнані гальмівними системами з повітророзподільниками системи Ерлікон. Це дозволило розробити рекомендації по водінню комбінованих поїздів.

Вперше розроблена методика моделювання роботи повітророзподільника, як нелінійної пневмомеханічної системи, при різних режимах гальмування, яка дозволила оцінювати якість роботи повітророзподільника при зміні конструктивних параметрів.

Практичне значення одержаних результатів.

Визначені показники динамічної навантаженості переобладнаних цистерн ДЕЦ методами математичного моделювання, що дозволило суттєво скоротити об'єм динамічних експериментальних досліджень.

При проведенні поїздних динамічних випробувань поїзда, складеного із цистерн ДЕЦ, і комбінованих поїздів були виявлені особливості управління гальмами таких поїздів і розроблені рекомендації, які дозволили включати цистерни ДЕЦ в поїзда Укрзалізниці. На основі рекомендацій розроблена “Инструкция по обслуживанию тормозов цистерн ДЭЦ в поездах УЗ (для ос-

мотрщиков вагонов и машинистов локомотивов)”, яка затверджена Генеральним директором Укрзалізниці та упроваджена в практику на залізницях України.

Побудована математична модель повітророзподільника, яка відзеркалює його роботу при різних параметрах гальмівної мережі та вузлів самого повітророзподільника, що дозволить при визначенні динамічної навантаженості рухомого складу методами математичного моделювання під час гальмування і відпуску гальм враховувати вплив на процеси, що відбуваються в гальмівній мережі, самих повітророзподільників.

Безаварійне водіння комбінованих поїздів з цистернами ДЕЦ в теперішні часи на залізницях України доказує правильність основних положень і висновків, приведених в роботі.

Особистий внесок здобувача.

Участь у розробці математичної моделі комбінованих поїздів з різними гальмівними системами для дослідження динамічної навантаженості їх при гальмуванні.

Участь у розробці математичної моделі пневмомеханічної системи повітророзподільника, як нелінійної системи.

Постановка та організація експериментів по дослідженню процесів під час гальмування комбінованих поїздів, обробка і аналіз їх результатів, дослідження з допомогою ПЕОМ процесів в гальмівній системі вагона і в поїзді при гальмуванні.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати досліджень доповідались, обговорювались і одержали позитивні відгуки на ІХ Міжнародній конференції “Проблеми механіки залізничного транспорту” (м. Дніпропетровськ, 1996), 4-ій Міжнародній конференції “RAILWAY BOGIES AND RUNNING GEARS” (BUDAPEST, 1998), науковому семінарі кафедри “Вагоны”.

Публікації.

Результати дисертації опубліковані в трьох статтях у збірниках наукових праць (два збірники Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту і один Брянського державного технічного університету) та в матеріалах двох міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації.

Дисертація складається із вступу, трьох розділів, висновків та одного додатка. Повний обсяг дисертації 128 сторінок, з них ілюстрації (у кількості 45) займають 25 сторінок; таблиці (у кількості 11) займають 7 сторінок; список використаних джерел (82 найменування) займає 9 сторінок, додаток займає 10 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі висвітлені основні вимоги країн-учасниць МСЗ (UIC) до гальм, описана гальмівна система модернізованої цистерни ДЕЦ типу 406Р (пневматична та механічна частини), а також зроблені розрахунки і аналіз гальмівних характеристик при різних режимах повітророзподільника (в тому числі при зіпсованому або неправильно відрегульованому переключателі передаточного відношення).

Фундаментальними працями в галузі дослідження динаміки рухомого складу являються роботи вітчизняних та іноземних вчених: М.Є. Жуковського, А.М. Годицького-Цвірко, М.П. Петрова, С.П. Тимошенко, В.Б. Медея, В.А. Лазаряна, С.В. Вершинського, М.Ф. Веріго, Г. Марьє, Ф. Картера, І.І. Челнокова, Л.А. Шадура та інших. Значний внесок в розвиток методів досліджень коливань рухомого складу зробили вчені: Є.П. Блохін, Г.І. Богомаз, Л.І. Балон, Ю.П. Бороненко, Л.О. Грачова, Е.І. Галай, А.Л. Голубенко, П.Т. Гребенюк, В.Н. Данилов, В.Д. Данилович, Ю.В. Дьомін, І.П. Ісаєв, А.А. Камаєв, В.А. Камаєв, А.Д. Кочнов, Б.Г.

Кеглін, С.І. Конащенко, М.Л. Коротенко, В.Н. Котуранов, С.М. Куценко, А.А. Львов, Л.А. Манашкін, Л.І. Нікольський, В.Є. Попов, Ю.С. Ромен, О.М. Савчук, О.М. Савоськін, М.М. Соколов, Т.А. Тібілов, В.Ф. Ушкалов, О.О. Хохлов, В.Д. Хусідов, Ю.М. Черкашин та інші.

Сучасний стан питання досліджень перехідних процесів руху поїздів викладено в монографії Є.П. Блохіна і Л.А. Манашкіна “Динамика поезда” Проблеми динаміки наливних поїздів відображені в книзі Ю.М. Черкашина “Динамика наливного поезда”

Наливний поїзд, складений із цистерн, частково заповнених рідиною, представляє собою складну механічну систему з безконечним числом ступенів свободи, в якій виникають хвильові процеси, в тому числі обумовлені рухом рідини відносно котла цистерни. При вирішенні задачі поздовжніх коливань наливного поїзда з використанням методів математичного моделювання необхідно побудувати таку математичну модель, яка дозволяла би враховувати рухомість рідини в цистерні, так як специфіка рідини в великій мірі впливає на протікання перехідних процесів у поїзді, і разом з тим була би досить простою, наочною та описувала б реальні динамічні процеси з необхідною для практичних задач точністю.

Таким чином, одним із основних етапів побудови математичної моделі наливного поїзда є вирішення задачі руху одиночної цистерни, частково заповненої рідиною. В загальному випадку така задача являє собою дослідження руху абсолютно твердого тіла, або тіла, яке деформується, заповненого рідиною під дією зовнішніх сил і є достатньо складною нелінійною задачею гідродинаміки.

Структура лінеаризованих гідродинамічних рівнянь руху системи тіло-рідина дозволяє використати підхід, запропонований А.Ю. Ішлінським, при якому коливання рідини частково заповнюючої порожнину, ототожнюється коливанням механічної системи з кінцевим числом ступенів свободи. В цьому випадку вихідна система тіло-рідина може бути представлена у вигляді деякого еквівалентного твердого тіла з прикріпленими до нього маятниками. При певно-

му виборі параметрів еквівалентного тіла з маятниками така система є точним механічним аналогом вихідного тіла з рідким заповнюванням (рис. 1).

Рівняння руху такого механічного аналогу мають вид:

$$\left. \begin{aligned} (m_0 + \sum_{n=1}^{\infty} m_n) \ddot{x}_0 + \sum m_n \ddot{q}_n &= F \\ \ddot{q}_n + \omega_n^2 q_n + \ddot{x}_0 &= 0 \\ (n = 1, 2, 3, \dots) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де: x_0 - абсолютне переміщення маси m_0 ; q_n - переміщення маси m_n відносно маси m_0 , ω_n - n -а власна частота коливань рідини;

$$\omega_n = \sqrt{\frac{c_n}{m_n}}, \quad c_n - \text{жорсткість } n\text{-ї пружини.}$$

Для розглядаємої чотирьохвісної цистерни типу 406Р6 (об'єм $61,2 \text{ м}^3$, радіус $R=1,41 \text{ м}$, довжину котла $L=10,3 \text{ м}$), заповненої метанолом щільністю $\rho=0,79 \text{ т/м}^3$ з експлуатаційним недоливом $0,38 \text{ м}$, що відповідає загальній масі метанолу в котлі цистерни 44т , одержані такі параметри механічного аналога цистерни (табл. 1).

Одержана таким чином дискретна механічна модель цистерни, частково заповненої рідиною, використовувалась для дослідження перехідних режимів руху наливних поїздів.

Таблиця 1

Параметри механічного аналога цистерни

Номер тона коливань n	Власна частота $\omega_n, 1/\text{с}$	Приведена маса $m_n, \text{т}$	Приведена жорсткість $c_n, \text{кН/м}$
1	1,614	30,30	78,98
2	3,428	1,69	19,82
3	4,381	0,36	6,85

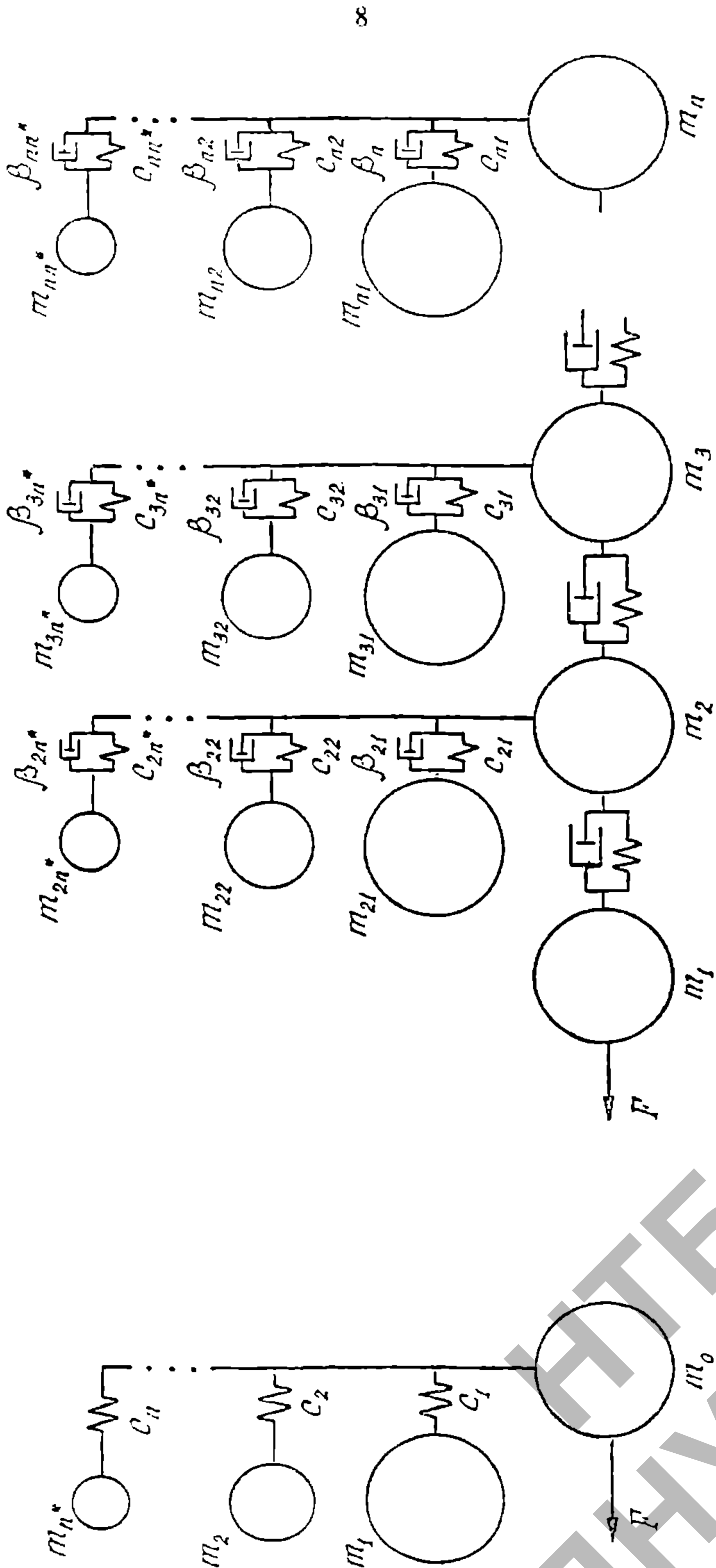


Рис.1. Розрахункова схема цистерни.

Рис.2. Розрахункова схема наливного поїзда.

Розрахункова схема наливного поїзда (рис.2) представлена у виді одномірного розгалуженого ланцюжка, кільця якого є розрахунковими схемами окремих екіпажів, з'єднаних між собою упругов'язкими податливими елементами.

Гвинтовий стяжний пристрій працює при розтяганні по силовій характеристиці гумометалевого поглинаючого апарату, показаній на рис.3, а буфера категорії С працюють тільки на стискання по силовій характеристиці еластомірного амортизатора, показаній на рис.4. Таким чином, параметри силової характеристики міжвагонного з'єднання мають різні значення в залежності від навантаження (розтягування або стискання).

В розрахунковій схемі поїзда локомотив показаний в виді однієї сконцентрованої маси m_1 . Цистерни показані в виді еквівалентних твердих тіл кожне масою m_i , до яких за допомогою упругов'язких елементів з жорсткістю C_{ij} і коефіцієнтом демфування β_{ij} прикріплені рухомі маси m_{ij} .

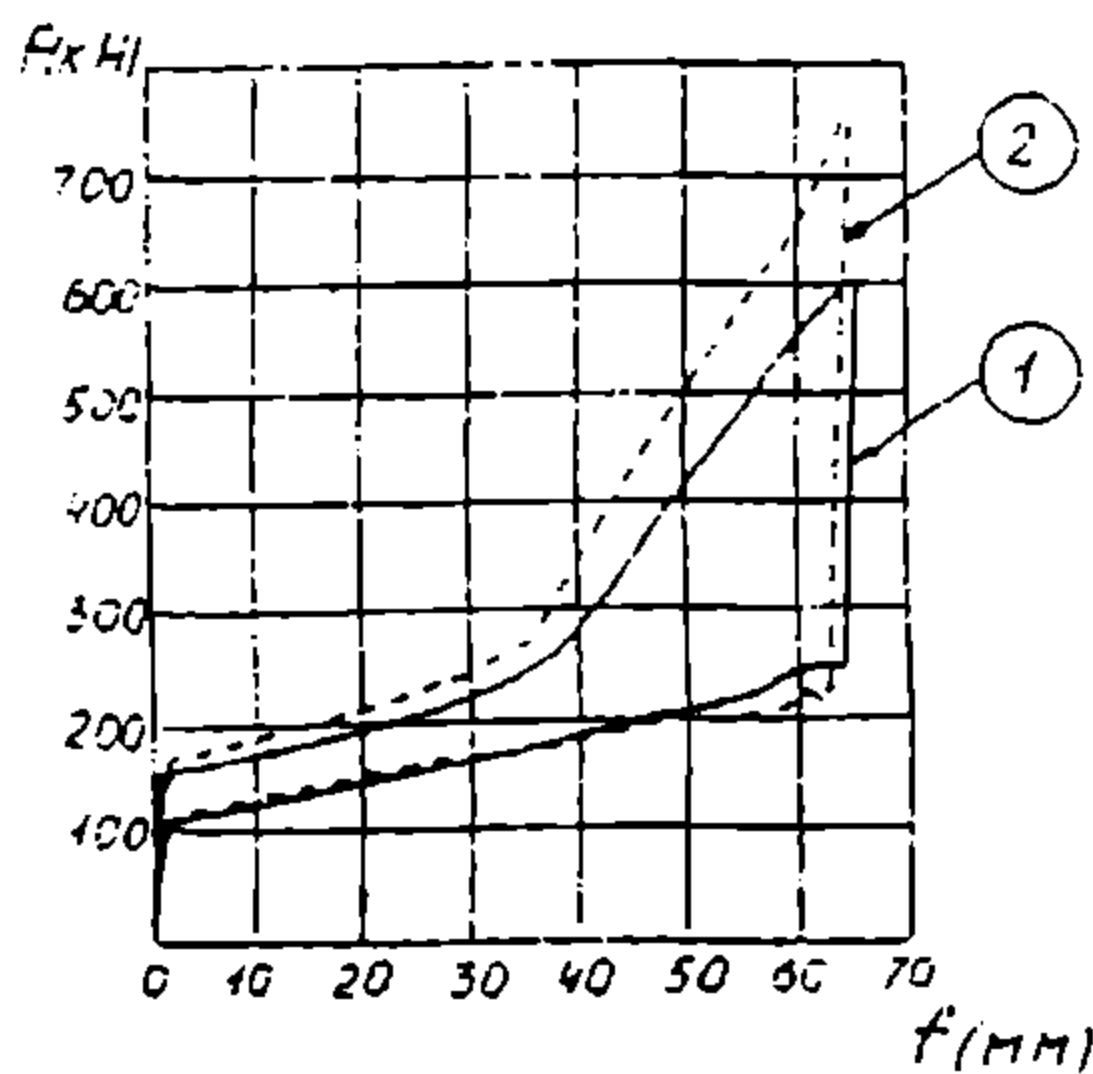


Рис.3. Силова характеристика гумометалевого поглинаючого апарату.

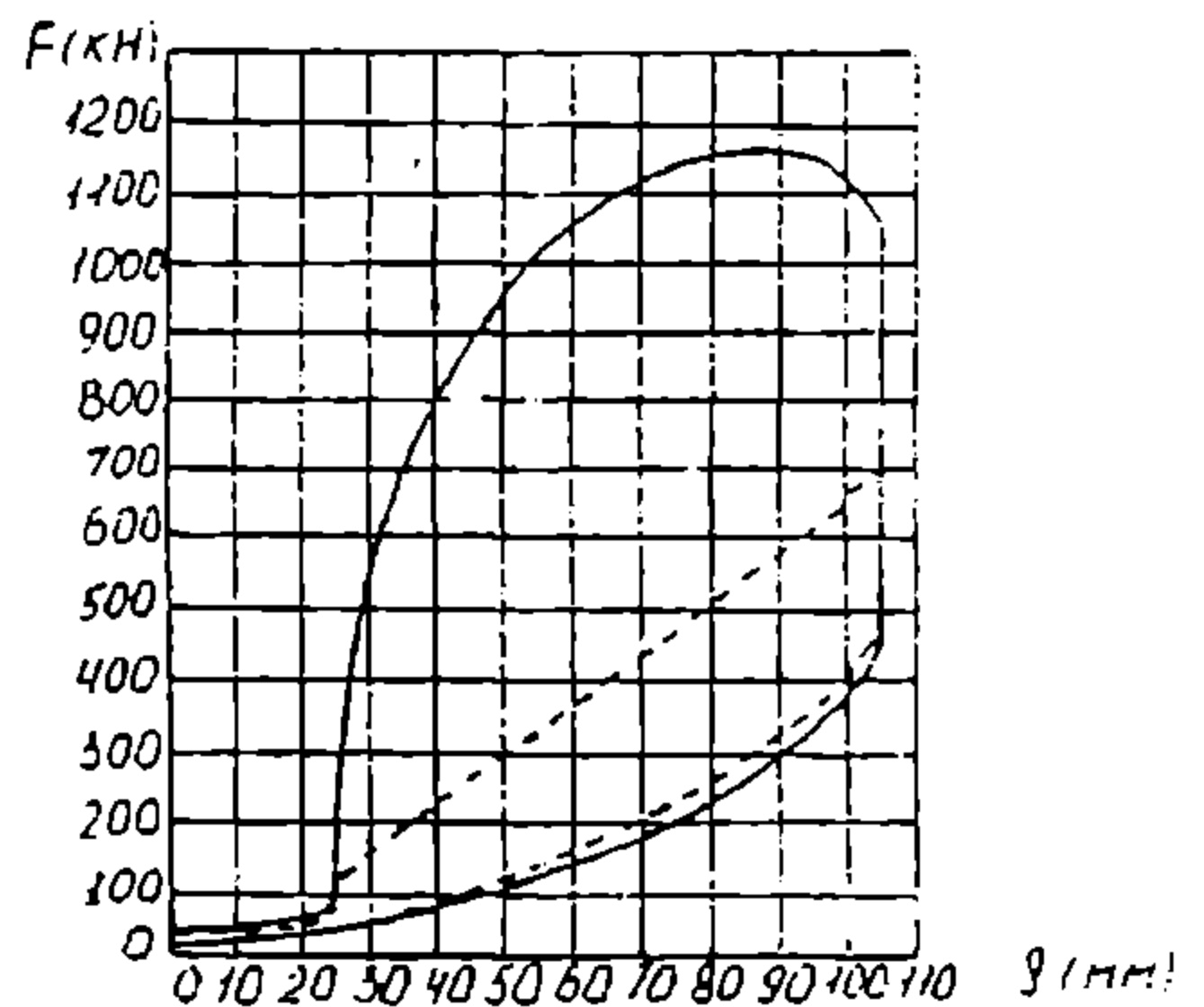


Рис.4. Силова характеристика еластомірного амортизатора.

Рух механічної системи, показаної на рис.2, описується системою звичайних нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned}
 \dot{V}_i &= \frac{1}{m_i} \left(S_i - S_{i-1} - \sum_{j=1}^{n^*} S_{ij} + F_i^* \right) \\
 q_i &= V_{i-1} - V_i \\
 \dot{V}_{ij} &= \frac{1}{m_{ij}} (S_{ij} + F_{ij}) \\
 \dot{q}_{ij} &= V_i - V_{ij} \\
 i &= 1, \dots, n, j = 1, \dots, n^*, S_1 = S_{n-1} = 0, q_1 = 0.
 \end{aligned} \right\} (2)$$

В рівняннях (2) V_i, V_{ij} - швидкості руху мас m_i та m_{ij} , q_i і q_{ij} - їх відносні переміщення; S_i і S_{ij} - сили, які діють на i -у цистерну із сторони сусідніх цистерн; S_{ij} - сили взаємодії мас m_i і m_{ij} , F_i^*, F_{ij} - зовнішні сили, які діють на екіпажі і рухомі маси; n^* - число тонів коливань рідкого вантажу в котлі цистерни, яке при дослідженнях перехідних режимів руху поїздів, як правило, приймається $n^* = 1$.

Систему рівнянь (2) потрібно інтегрувати при наступних початкових умовах

$$\begin{aligned}
 V_i(0) &= V_{i0}, & q_i(0) &= q_{i0}; \\
 V_{ij}(0) &= V_{ij0}, & q_{ij}(0) &= q_{ij0}.
 \end{aligned} \quad (3)$$

В праві частини рівнянь (2) входять функції $F_i^*(t, V_i)$ и $S_i(q_i, \dot{q}_i)$, які описують відповідно обурювальні сили і силові характеристики нелінійних елементів міжвагонних з'єднань, які деформуються. Зовнішні обурювальні сили F_i^* , які діють на i -й екіпаж, в загальному випадку можуть бути представлені в виді:

$$F_i^* = F_T + B_i + P_i + W_i, \quad (4)$$

де F_T - сила тяги локомотива,

B_i - гальмівна сила, прикладена до i -ї цистерни,

P_i - сєєäâîâа частина сили ваги i -ї цистерни при русі по похилому участку шляху;

W_i - основний опір рухові i -го екіпажу.

Вирішення системи нелінійних диференційних рівнянь (2) проводилось на ПЕОМ з використанням числових методів інтегрування при заданих початкових умовах.

Самим неблагоприємним з точки зору поздовжньої динаміки поїзда є екстрене гальмування, а тому дослідження проводились для цього виду гальмування.

На рис.5 приведений розподіл по довжині складу найбільших значень поздовжніх зусиль S в міжвагонних з'єднаннях, а на рис.6 - прискорень \ddot{X} цистерн при екстреному гальмуванні поїзда. Суцільними лініями на рис.5 і 6 показаний розподіл по довжині поїзда навантажень, одержуваних цистернами, а штриховими лініями - для рідини.

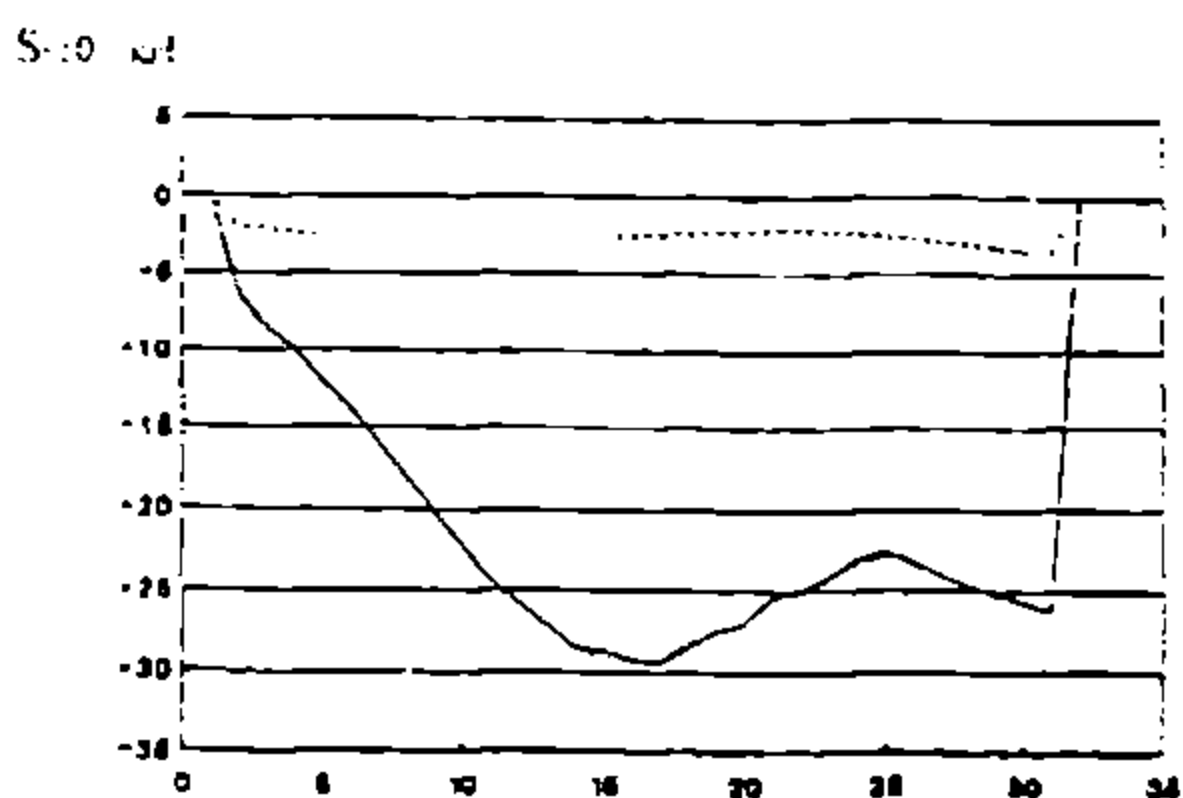


Рис.5. Розподіл по довжині поздовжніх сил.

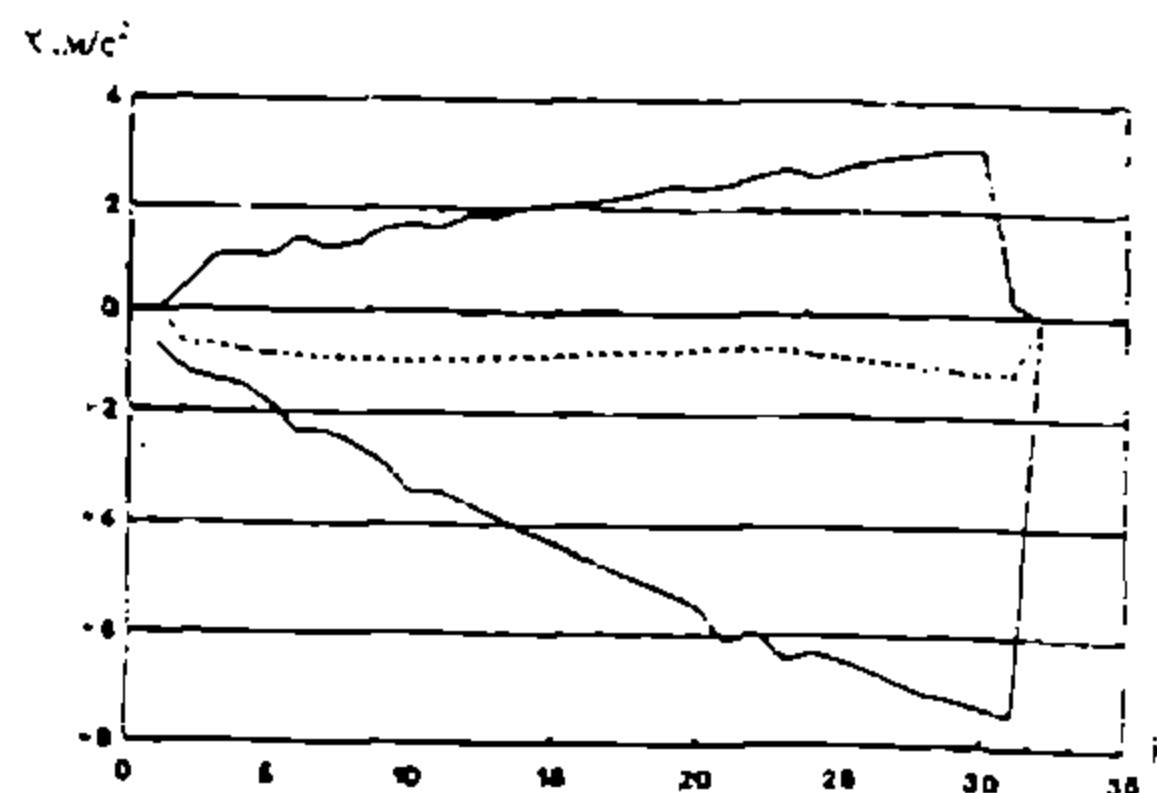


Рис.6. Розподіл по довжині прискорень.

Характер розподілу по довжині складу найбільших (по абсолютній величині) значень поздовжніх сил в міжвагонних з'єднаннях та прискорень цистерн показує, що максимальні сили при гальмуванні виникають в середній частині складу, а прискорення - в хвостовій частині. Найбільші стискаючі сили для поїзда із 30-и цистерн сягають 290 кН, а прискорення цистерн - 0,8 g.

В цілому, аналіз одержаних під час розрахунків значень поздовжніх сил в міжвагонних з'єднаннях і прискорень цистерн під час екстреного гальмування показав, що безпечна експлуатація з точки зору міцності міжвагонних з'єднань для поїзда, складеного із 30-и цистерн ДЕЦ, можлива тому, що цистерни обладнані тяговими гвинтовими пристроями міцністю на розтягування 850 кН, силою тяги - 300 кН, а також ударними пристроями (буферами) ударною силою 350 кН.

Проведені в 1994 році дослідні поїздки складу із 30 цистерн ДЕЦ довели принципову можливість регулярної експлуатації таких поїздів на залізницях України.

У другому розділі проведені дослідження методами математичного моделювання динамічної навантаженості комбінованих поїздів (із вагонів УЗ та цистерн ДЕЦ) та зроблено аналіз результатів експериментальних досліджень таких поїздів.

Розрахунки проводились для випадків екстреного гальмування поїздів, в яких цистерни ДЕЦ обладнані повітророзподільниками системи Ерлікон ЄСтЗф, а піввагони повітророзподільниками № 483М. До особливостей міжвагонних зв'язків належить і те, що характеристики буферів цистерн і поглинаючих апаратів автозченок крайніх в групах цистерн відповідали еластомірним пружньо-дисипативним елементам. Математична модель комбінованого поїзда побудована аналогічно математичній моделі наливного поїзда, складеного із цистерн ДЕЦ.

Звісно, що динамічна навантаженість рухомого складу при гальмуванні в великій мірі залежить від стану поїзда до спрацювання гальм (розтягнений чи стиснений). В зв'язку з цим моделювання гальмування поїзда проводилось в попередньо стисненому і розтягнутому станах.

Характеристики поїздів і час наповнення гальмівних циліндрів приведені в табл.2.

Таблиця 2

Характеристики поїздів і час наповнення гальмівних циліндрів.

Характеристики поїзда	Схеми складів поїздів			
	I	II	III	IV
Кількість вагонів УЗ	40	37	33	22
Кількість цистерн ДЕЦ	5	10	15	30
Рух поїзда піввагонами вперед				
Час наповнення ГЦ першого п / в	7,4	7,4	7,4	7,4
Час наповнення ГЦ реф. секції	12,72	12,34	11,83	10,44
Час наповнення ГЦ першої цистерни	28,32	27,6	26,64	24,0
Час наповнення ГЦ останньої цистерни	29,28	29,76	30,0	30,96

Рух поїзда цистернами вперед				
Час наповнення ГЦ першої цистерни	14,0	14,0	14,0	14,0
Час наповнення ГЦ останньої цистерни	14,15	14,35	14,5	15,15
Час наповнення ГЦ реф Секції	11,0	12,0	12,9	16,0
Час наповнення ГЦ останнього п / в	18,4	20,0	19,6	20,2

На рис. 7 і 8, як ілюстрація динамічних процесів, які протікають в комбінованому поїзді, приведені діаграми розподілу по довжині поїзда найбільших величин стискаючих та розтягуючих сил в міжвагонних з'єднаннях. Суцільними лініями показано розподіл сил в попередньо розтягнутому поїзді, а штриховими - в стисненому поїзді. На рис.7 приведені результати розрахунків у випадку гальмування поїзда з 10-ю цистернами в головній його частині, а на рис.8 - у випадку гальмування поїзда з 10-ю цистернами в хвості складу. На рис.7 і 8 символами нанесені величини поздовжніх сил, одержаних експериментальним шляхом.

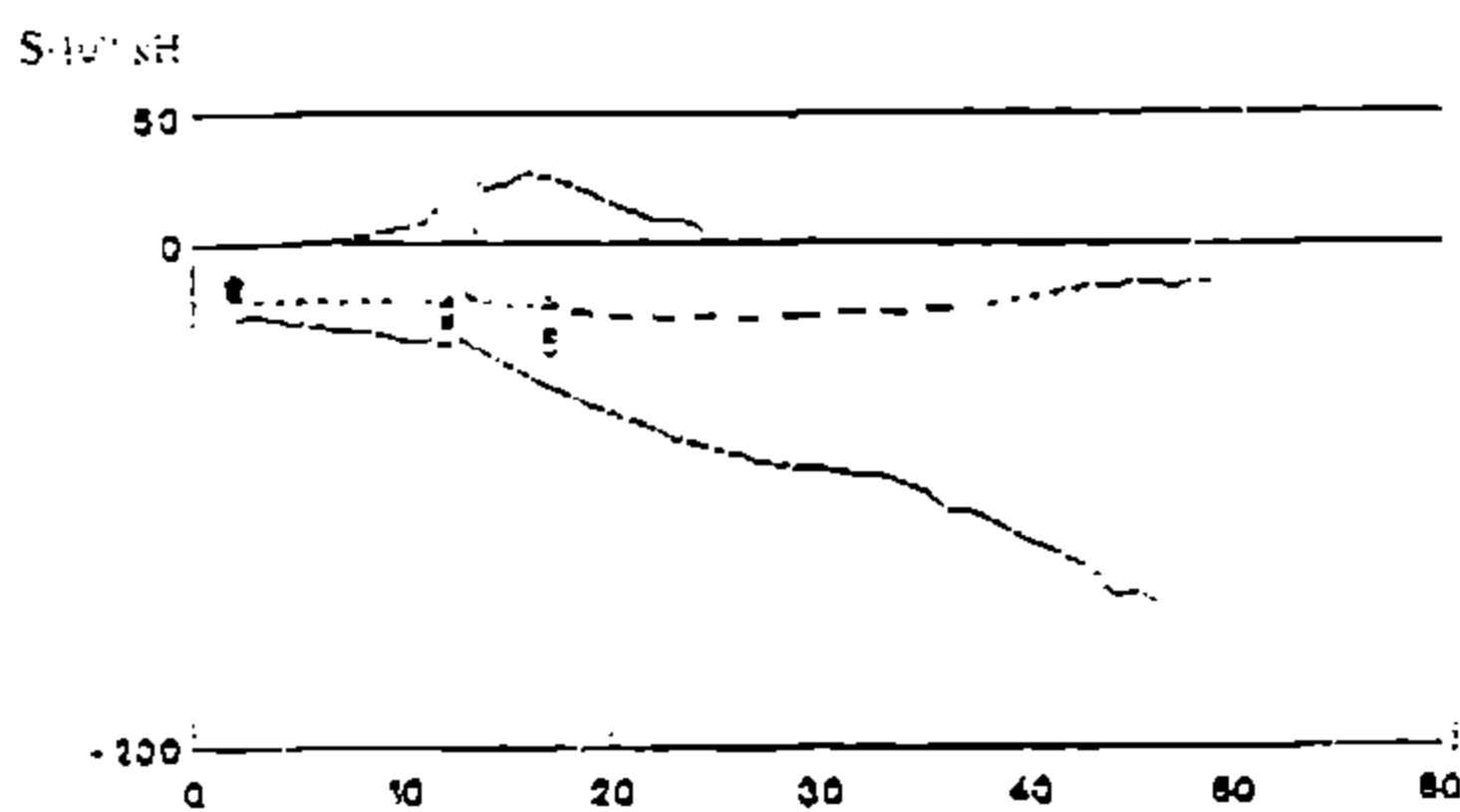


Рис.7. Діаграма розподілу найбільших величин поздовжніх сил в поїзді ІІ схеми з цистернами в голові.

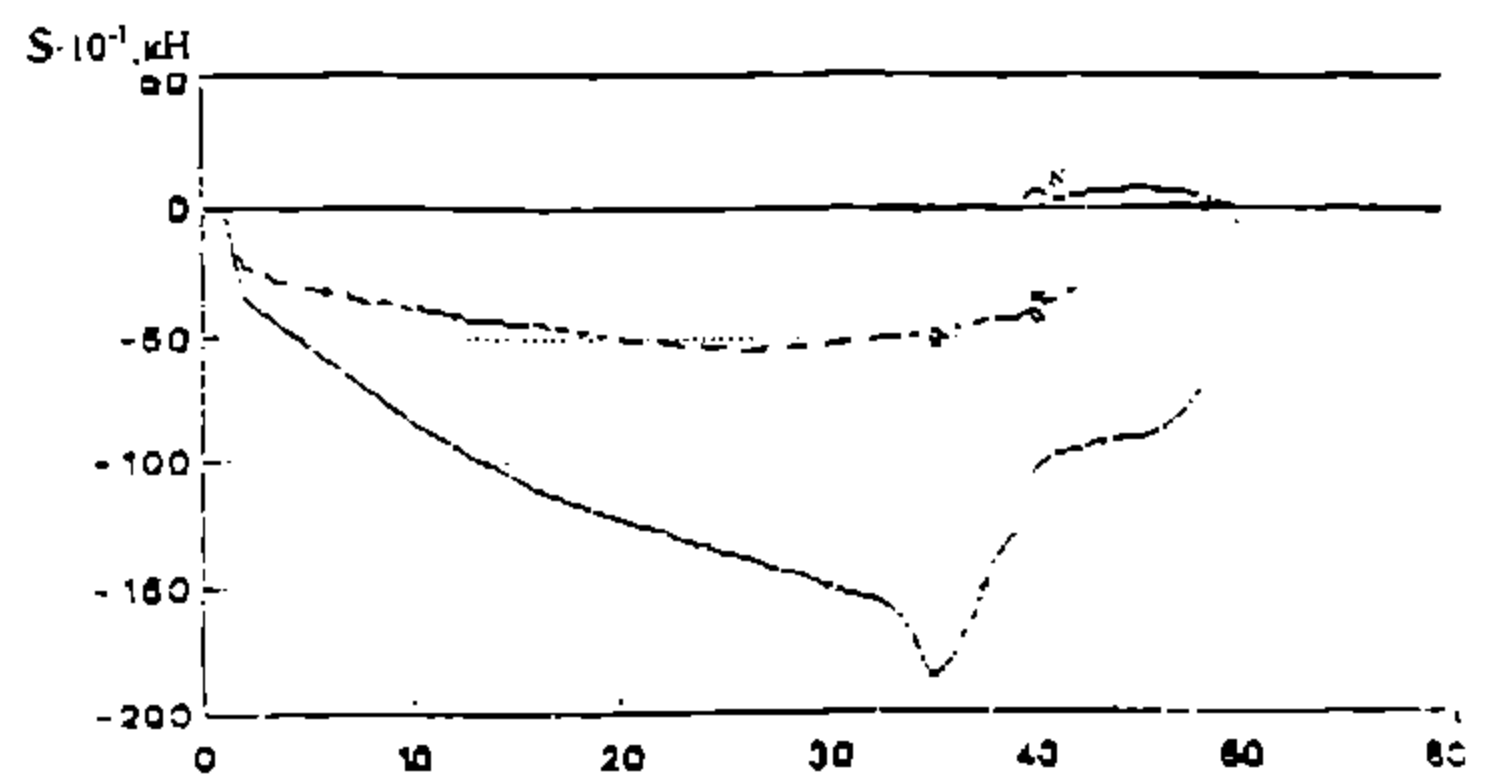


Рис. 8. Діаграма розподілу найбільших величин поздовжніх сил в поїзді ІІ схеми з цистернами в хвості.

Результати розрахунків максимальних поздовжніх сил в комбінованих поїздах різних схем формування приведені в табл.3.

Аналізуючи результати розрахунків (див. табл.3), можна зробити висновок, що при збільшенні кількості цистерн в голові складу, знижується рівень стискаючих сил і підвищується рівень розтягуючих сил, в тому числі і в частині складу із піввагонів

Найбільші сили в поїздах різних схем формування

Найбільші значення сил, кН	Схеми складів поїздів							
	I		II		III		IV	
	Місце знаходження цистерн в складі поїзда							
	Гол.	Хвост	Гол.	Хвост	Гол.	Хвост	Гол.	Хвост
в поїзді в цілому	-1680 +150	-1950 +250	-1530 +310	-1880 +250	-1360 +350	-1660	-945 +600	-1390
в буферах	-340	-1000	-385	-1000	-450	-1130	-400	-1230
У гвинтовому пристрої	-	+250	+70	+75	+105	+85	+130	+80

При збільшенні кількості цистерн в хвості складу стискаючі сили в поїзді зменшуються, хоча при цьому сили в буферах цистерн збільшуються, але зменшуються сили в гвинтовому стяжному пристрої.

На рис.9 показані схеми формування складів для проведення дослідів по гальмуванню, а в табл.4 приведені основні характеристики складів.

I	39 піввагонов УЗ	РФ	ВЛ	5 цистерн ДЕЦ
II	36 піввагонов УЗ	РФ	ВЛ	10 цистерн ДЕЦ
III	32 піввагона УЗ	РФ	ВЛ	15 цистерн ДЕЦ
IV	21 піввагон УЗ	РФ	ВЛ	30 цистерн ДЕЦ

Рис.9. Схеми дослідних складів.

Обробка записів динамічних процесів, зареєстрованих під час випробувань, аналіз результатів випробувань та порівняння з результатами розрахунків методами математичного моделювання показали, що результати математичного моделювання досить точно відобразили процеси, які мають місце в комбінованому

Склади для дослідів по гальмуванню

Номер схе ми	Маса складу, т	Довжина складу, м	Кількість вагонів		
			піввагонів УЗ	цистерн ДЕЦ	всього
I	3998	647	39	5	46
II	4056	667	36	10	48
III	4042	673	32	15	49
IV	4011	705	21	30	53

поїзді, і основні висновки можуть бути зроблені по результатах розрахунків.

Третій розділ присвячений розроблюванню математичної моделі гальма вагона. Основною складовою частиною в гальмівній системі вагона являється повітророзподільник при моделюванні роботи якого враховані процеси руху деталей та перетікання повітря з одних порожнин у другі відповідно з положеннями деталей повітророзподільника.

Складені рівняння руху деталей пневматичної системи гальма вагона та логічні умови до них.

Прогин діафрагми з елементами, які зв'язані з нею, пересування головного поршня, зрівнювального поршня та поршня гальмівного циліндра визначаються рівняннями їх руху.

Прогин діафрагми визначається диференціальним рівнянням її руху у виді:

$$\dot{V}_d = (S_d - F_1 \text{Sign } V_d) / m_d, \quad \dot{X}_d = V_d \quad (5)$$

Пересування головного поршня визначається рівнянням руху:

$$\dot{V}_r = (S_r - F_2 \cdot \text{Sign } V_r) / m_r, \quad \dot{X}_r = V_r \quad (6)$$

Рівняння руху зрівнювального поршня має вид:

$$\dot{V}_y = (S_y - F_3 \cdot \text{Sign } V_y) / m_y, \quad \dot{X}_y = V_y \quad (7)$$

Пересування поршня гальмівного циліндра зображено рівнянням:

$$\dot{V}_u = (S_{вц} - S_n - F_u) / m_u, \quad \dot{X}_u = V_u \quad (8)$$

Кожне з приведених рівнянь описують рух перерахованих елементів повітророзподільника в тих випадках, коли їх рух не обмежено відповідними упорами, або коли після їх зупинки сумарні сили, які діють на елементи внаслідок різниці тисків та пружних сил в пружинах, менше сил тертя.

У формулах 5-8 прийняті позначення: S_d -зусилля, яке діє на магістральну діафрагму, і залежить від різниці тисків в магістральній і золотниковій камерах; S_r -зусилля, яке діє на головний поршень, і залежить від різниці тисків в робочій і золотниковій камерах, а також від положення поршня; S_z -зусилля, яке діє на зрівнювальний поршень, і залежить від тиску в гальмівній камері, а також від положення головного и зрівнювального поршнів; $S_{вц}$ -зусилля, яке діє на поршень гальмівного циліндра і залежить від тиску в гальмівній камері і положення поршня; S_n - сила в гальмівній важельній передачі (ГВП), яка залежить від положення поршня гальмівного циліндра и сумарного зазору в ГВП;

Моделювання процесів перетікання повітря із однієї порожнини повітророзподільника в другу відображено на структурній схемі (рис.10). Тут: МК(0) - магістральна камера; К(1) - порожнина перед діафрагмою режимного переключателя "рівнинний-гірський"; ЗК(2) - золотникова камера; РК(3) - робоча камера; КДР(4) - канал додаткової розрядки; ТК(5) - гальмівна камера; ЗР(6) - запасний резервуар; ТЦ - гальмівний циліндр. На рис.10 пронумеровані прямокутники позначають отвори, які представляють собою нелінійні сумарні опори (дроселі), через які може (в залежності від взаємного положення деталей повітророзподільника) відбуватися сполучення різних порожнин між собою. Стрілками показано можливе перетікання повітря. У цій моделі магістральна камера МК постійно сполучена з гальмівною мережею і тиск в ній завжди такий, як в гальмівній мережі, тобто змінюється в часі так, як змінюється тиск повітря в даному місці гальмівної мережі.

Підрозумівається, що гальмівна камера (ТК) постійно сполучена з порожниною гальмівного циліндра, об'єм якого змінюється в залежності від пересування поршня гальмівного циліндра.

Для моделювання процесів у повітророзподільнику, гальмівній мережі, запасному резервуарі і гальмівному циліндрі може бути використано рівняння стану повітря у виді:

$$pV=RTM, \quad (9)$$

де: p - тиск; V - об'єм; R - газова постійна; T - абсолютна температура; M - маса повітря.

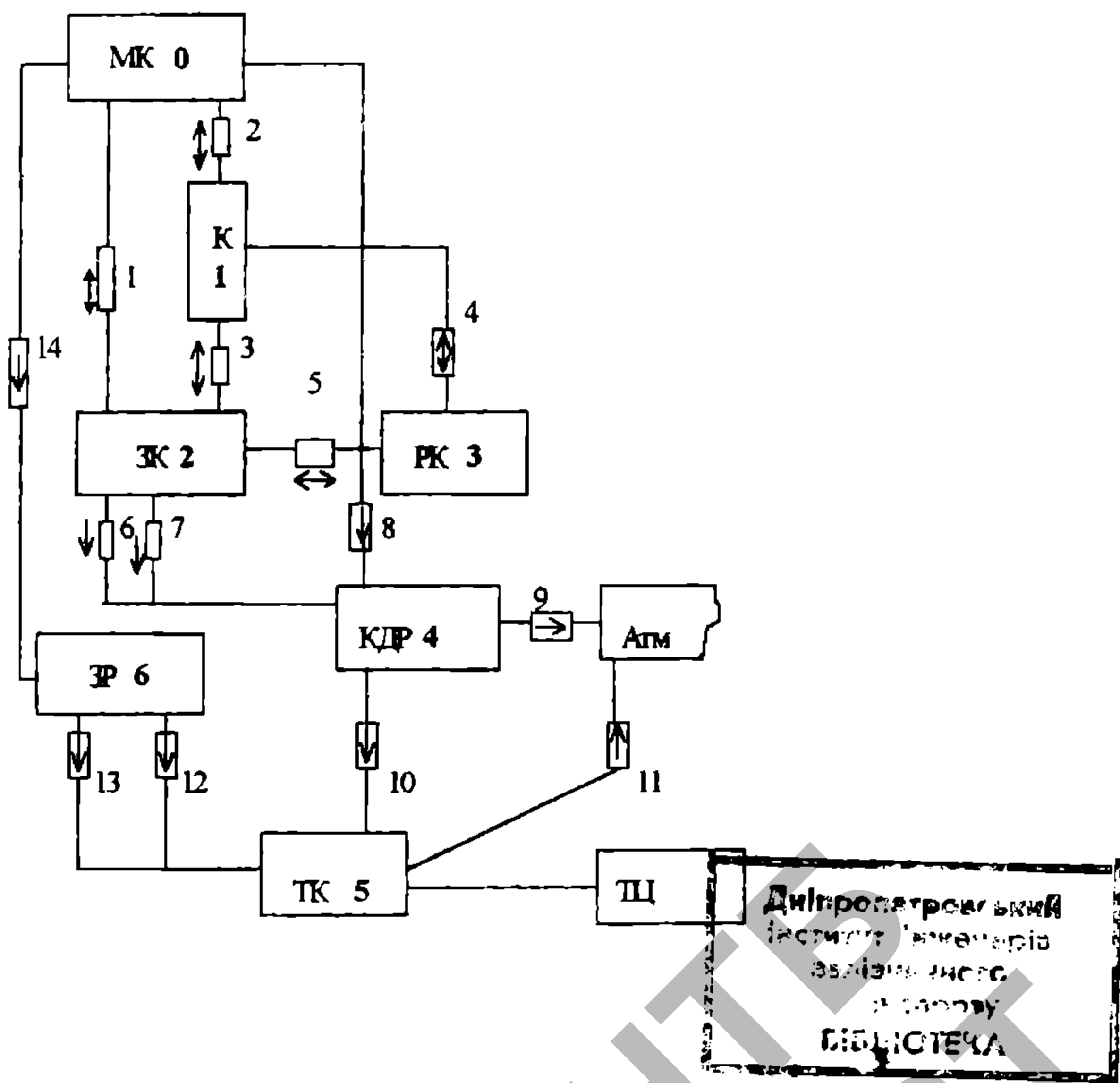


Рис.10. Структурна схема математичної моделі повітророзподільника № 483.

Рівняння (9) являється основним при визначенні величин тиску в лобий момент часу в порожнинах повітророзподільника (при переході його із одного робочого стану в другий), в запасному резервуарі і гальмівному циліндрі.

Для визначення миттєвого значення величини тиску в будь-якій камері повітророзподільника необхідно знати масу повітря в камері, а значить масу (масову витрату) повітря, яке входить і виходить з неї, тобто:

$$\dot{M}_i = \sum_j K_{ij} G_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, 6 \quad (10)$$

де: M_i - маса повітря в порожнині з номером i , G_{ij} - масова витрата в камеру з номером i через дросель с номером j K_{ij} - коефіцієнт, який приймається рівним $+1$, якщо повітря втікає в камеру, -1 , якщо повітря витікає з камери.

Величини мас повітря M_i знаходяться із рішень диференціальних рівнянь (10), для яких масові витрати повітря розраховуються за допомогою загальної формули:

$$G_{ij} = \mu_j A_j \cdot f(\bar{P}_1, \bar{P}_2), \quad (11)$$

в якій μ_j - коефіцієнт витрати, величина якого в окремих випадках може залежати від напрямлення перетікання повітря, A_j - площа поперечного перетину прохідного отвору дроселя, $f(\bar{P}_1, \bar{P}_2)$ - функція яка залежить від співвідношення тисків \bar{P}_1 на вході дроселя і \bar{P}_2 - на виході із нього. Ця функція представлена в виді:

$$f(\bar{P}_1, \bar{P}_2) = \begin{cases} \bar{P}_1 \sqrt{\frac{2}{RT} \left[\frac{\bar{P}_2}{\bar{P}_1} \left(1 - \frac{\bar{P}_2}{\bar{P}_1} \right) \right]}, & \text{якщо } \frac{\bar{P}_2}{\bar{P}_1} > 0,5, \\ \frac{\bar{P}_1}{\sqrt{2RT}}, & \text{якщо } \frac{\bar{P}_2}{\bar{P}_1} \leq 0,5. \end{cases} \quad (12)$$

Витрата повітря вираховується по формулі (11), якщо буде додержуватися відповідна логічна умова L_{ij} . В протилежному випадку $G_{ij} = 0$. Логічні умови L_{ij} , значення коефіцієнтів K_{ij} у рівняннях (10) і величини тисків, які присвоюються \bar{P}_1 і \bar{P}_2 при вираховуванні відповідної величини G_{ij} в дисертації приведені в табличній формі.

На рис.11 приведені діалогова панель і результати моделювання у вигляді графіків змін в часі прогину діафрагми (Diaf), переміщень головного і зрівнювального поршнів (GP и UP), тисків в золотниковій (ZK) і гальмівній (TK) камерах.

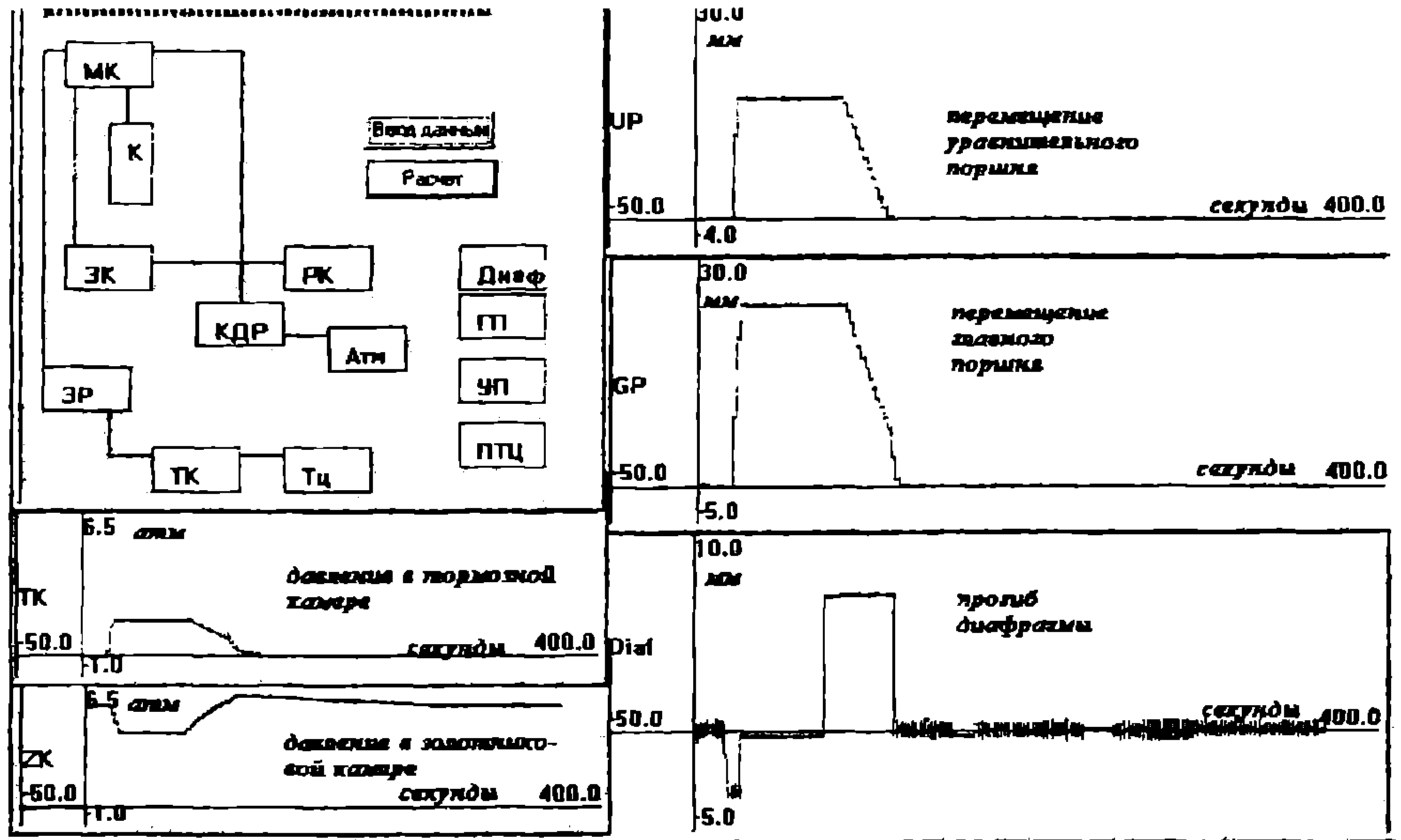


Рис.11. Діалогова панель и приклад моделювання процесів роботи гальма.

Показаний на рис.11 приклад моделювання відповідає випадку, коли тиск в гальмівній мережі з початкового значення 5,5 атм, на протязі 7,5 с зменшувалось до 4,0 атм і на цьому рівні зберігалось на протязі 50 с, після чого на протязі 2 с виросло до 6,2 атм, а потім лінійно знижувалось на протязі 210 с до тиску 5,5 атм.

За допомогою математичної моделі в роботі досліджено вплив незадовільної щільності гальмівної мережі на процес гальмування.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання дисертаційної роботи автором одержані нові науково-обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, які в сукупності є нагальними для подальшого розширення безперевантажувального залізничного сполучення і розвитку напрямку науки.

У висновках стисло сформульовані наступні основні результати роботи:

1 Проведено аналіз особливостей роботи гальмівної системи цистерн ДЕЦ з повітророзподільниками системи Ерлікон,

2. Виявлені особливості роботи системи, вказаної у п.1.

3. Для підвищення надійності роботи гальмівної системи цистерн ДЕЦ запропоновано замість переключачеля передаточного відношення на пункті перестановки вагонів з колії 1435 мм на колію 1520 мм ставити затяжку горизонтальних важелів, подібну до тих, які використовуються на вагонах УЗ.

4. Показано, що до заміни механічних переключачелів цистерни ДЕЦ можуть курсувати при умові ретельного регулювання переключачеля.

5. Показано, що у випадку неможливості зазначеного в п.4 регулювання, як виняток, рух у складі поїзда завантажених цистерн можливий при переключенні регулятора ДУ 10 на порожній режим, але при русі у порожньому стані регулятор повинен працювати згідно вимог.

6. Побудована математична модель поїзда, яка відрізняється від запропонованих раніше тим, що моделюється поїзд, який складається із піввагонів, які обладнані фрикційними поглинаючими апаратами автозчепок і цистерн ДЕЦ, обладнаних буферами з еластомірними поглинавачами енергії та гвинтовим пристроєм з гумометалічними гасниками поздовжніх коливань.

7 Показано, що результати теоретичних досліджень методами математичного моделювання з допомогою ПЕОМ добре погоджуються з результатами дослідів.

8. Проведені експериментальні дослідження поздовжніх і гальмівних сил в комбінованих поїздах з різною кількістю цистерн ДЕЦ в складі поїзда та різними схемами формування.

9. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень показано, що безпека руху цистерн ДЕЦ в поїздах УЗ при гальмуванні буде забезпечена.

10. Опрацьована методика математичного моделювання пневмомеханічних процесів у повіторозподільниках на прикладі математичної моделі повіторозподільника № 483. Адекватність моделювання проілюстрована шляхом порівняння процесів при моделюванні і при роботі реального повіторозподільника, а також порівнянням параметрів повіторозподільника, які нормуються, з розрахованими в процесі моделювання.

11. Дсліджена експериментально і теоретично робота повіторозподільника № 483 в поїздах з цистернами ДЕЦ. Показано, що робота гальмівних пневматичних систем Ерлікон і Матросова погоджується.

12. Розроблена, затверджена Укрзалізницею і передана для керівництва “Інструкція по обслуговуванню тормозов цистерн ДЭЦ в поездах УЗ (для осмотрщиков вагонов и машинистов локомотивов)”, розробником якої був автор дисертації.

Список опублікованих автором праць, в яких висвітлено основні положення і результати дисертації:

1. Савчук О.М., Демин Ю.В., Гныпек П., Збертек Е., Довганюк С.С., Шатунов А.В. О совместной работе в грузовых поездах тормозных систем серийных вагонов СНГ и фирмы ДЭЦ (Польша). // Улучшение конструкции и обслуживания подвижного состава железных дорог. - Днепропетровск: ДИИТ. -1996. - с. 4-7.

2. Манашкин Л.А., Довганюк С.С. Математическое моделирование работы пневматической части тормоза вагона. // Динамика, прочность и надежность транспортных машин. - Брянск: БГТУ. - 1997. - с.93-101.

3. Кривовязюк Ю.П., Довганюк С.С. Оценка нагруженности вагонов-цистерн фирмы ДЭЦ при торможении. Математичне моделювання в інженерних і фінансово-економічних задачах. // Дніпропетровськ: ДІІТ. - 1998. с.161-173.

4. L. Manashkin, S. Dovganyuk, A. Manashkin. Mathematikal simulation of pneumatik brake control system for railway veicules. 4TH INERNATIONAL CONFERENCE ON RALWAY BOGIES AND RUNNING GEARS, BUDAPEST, 21-23 SEPT. 1998.

АНОТАЦІЯ

Довганюк С.С. Дослідження спільної роботи гальм рухомого складу залізниць Польщі в поїздах Укрзалізниці. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту. Дніпропетровськ, 1998.

Дисертація присвячена питанням теоретичних та експериментальних досліджень по проблемі спільної роботи гальм пристосованого до безперевантажувального руху рухомого складу залізниць Польщі з повітророзподільниками Est3f в поїздах Укрзалізниці. З метою прогнозування динамічної навантаженості рухомого складу з різними гальмівними системами розроблена математична модель комбінованого поїзда, який має різні міжвагонні зв'язки (автозчепки з поглинаючими апаратами та гвинтовий тяговий пристрій з буферами). Опрацьована математична модель пневмомеханічної системи повітророзподільника № 483, що дозволить в подальшому досліджувати динаміку поїздів при гальмуванні з урахуванням впливу на процеси в гальмівній мережі самих повітророзподільників. Приведені результати експериментальних досліджень комбінованих поїздів. На основі їх опрацьована "Інструкція по обслуживанию тормозов цистерн ДЭЦ в поездах УЗ (для осмотровиков вагонов и машинистов локомотивов)"

4. L. Manashkin, S. Dovganyuk, A. Manashkin. Mathematikal simulation of pneumatik brake control system for railway veyicles. 4TH INERNATIONAL CONFERENCE ON RALWAY BOGIES AND RUNNING GEARS, BUDAPEST, 21-23 SEPT 1998.

АННОТАЦИЯ

Довганюк С.С. Исследование совместной работы тормозов подвижного состава железных дорог Польши в поездах Укрзалізнички.- Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07- подвижной состав железных дорог и тяга поездов.- Днепропетровский государственный технический университет железнодорожного транспорта, Днепропетровск, 1998.

Диссертация посвящена вопросам теоретических и экспериментальных исследований динамических процессов в поездах Украины с включенными в них вагонами железных дорог Польши с воздухораспределителями ESt3f, а также моделирования работы тормоза системы Матросова с воздухораспределителем №483.

С целью прогнозирования динамической нагруженности подвижного состава разработаны математические модели поезда, состоящего из цистерн ДЭЦ с винтовыми сцепными устройствами с буферами и комбинированного поезда с различными тормозными системами, имеющего к тому различные межвагонные связи (автосцепки с поглощающими аппаратами и винтовая упряжь с буферами). Расчеты динамической нагруженности методами математического моделирования поездов, состоящих из цистерн ДЭЦ, и комбинированных поездов различных схем формирования проводились для случаев экстренного торможения, как самого неблагоприятного, с локомотива. Схемы формирования комбинированных поездов предполагали включение в состав поезда пяти, десяти, пятнадцати и тридцати цистерн ДЭЦ с общей массой до 4500 т. При этом учитывалось, что цистерны могут находиться как в головной, так и в хвостовой частях поезда.

Результаты расчетов математического моделирования показали, что эксплуатация поездов, состоящих из цистерн ДЭЦ, и комбинированных поездов для заданного режима торможения по условиям динамической нагруженности подвижного состава допустима.

В работе приведены результаты экспериментальных исследований динамической нагруженности комбинированных поездов различных схем формирования. При сравнении результатов теоретических и экспериментальных исследований оказалось, что результаты математического моделирования довольно точно отражают процессы, происходящие в комбинированном поезде при торможении. Расхождения в результатах расчетов можно объяснить неопределенностью состояния поезда в экспериментальных исследованиях перед началом процесса торможения и разбросом характеристик воздухораспределителей.

В диссертации разработана математическая модель пневмоматематической части воздухораспределителя № 483, что позволит исследовать динамику поездов при использовании автотормозов с учетом влияния на процессы в тормозной магистрали самих воздухораспределителей. Приведены результаты исследований работы воздухораспределителя в различных режимах работы, в том числе и в случаях, имевших место в процессе экспериментальных исследований. Разработанная методика построения математической модели воздухораспределителя № 483 может быть применена для построения математической модели воздухораспределителей любой из существующих тормозных систем.

На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана и утверждена Укрзализныцей “Инструкция по обслуживанию тормозов цистерн ДЭЦ в поездах УЗ (для осмотрщиков вагонов и машинистов локомотивов)”

Ключевые слова: математическая модель, тормозные системы, рычажная тормозная передача, воздухораспределитель, эксперимент, свойство, параметры.

ANNOTATION

S. S. Dovganyuk. The investigation of common functioning of Polish railways rolling stock brakes in Ukrzaliznytsa's trains. – The manuscript.

The master's thesis of technical sciences on 05.22.07 speciality – rolling stock of railways and traction of trains – Dnepropetrovsk State Technical University of Railway Transport. Dnepropetrovsk, 1998.

The thesis is devoted to the questions of theoretical and experimental investigations on the problem of common functioning of the brakes adopted to rearranged movement of Polish railways rolling stock with Est3f air distributors in Ukrzaliznytsa's trains. Mathematical model of combined train having different intercar ties (automatic couples with absorbed apparatus and screw gear with buffers) has been worked out to predict dynamic loading of rolling stock with different brake systems.

Mathematical model of pneumatic mechanical part of the № 483 air distributor has been worked out that will make it possible to investigate the dynamics of trains under braking with influence's accounting upon the process in the brake route of the air distributors.

The results of research investigations of combined trains have been given “The Instruction on service of DEC tank cars brakes in Ukrzaliznytsa's trains (for car inspectors and drivers of locomotives) has been elaborated on their base”

Key words: mathematical model, brake systems, brake lever transmission, air distributor, experiment, property, parameters.

ДНУБ
ДНУБ

Підписано до друку 25.1198. Формат 60 x 90 / 16.
Папір для розмножувальних апаратів. Друк офсетний.
Ум.друк.арк. 1,0. Обл.-вид.арк. 1,0. Зам. № 829
Тираж 25 прим. Безкоштовно.

Адреса дільниці оперативної поліграфії ДІІТу
320700, Дніпропетровськ-10, вул. Академіка Лазаряна, 2.