

**ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**Кафедра «Залізничні станції та вузли»**

**МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ ВАГОНІВ  
З ГІРКИ НА ПЕОМ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**та інструкція користувачу програмним забезпеченням**

**Харків – 2012**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку  
на засіданні кафедри «Залізничні станції та вузли» 08 червня

2010 р., протокол № 10.

Рекомендуються для студентів спеціальності «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» всіх форм навчання та слухачів ІППК.

Укладачі:

доц. О.М. Огар,  
старш. викл. О.В. Розсоха,  
асист. М.Ю. Куценко

Рецензент

проф. В.М. Запара

## МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ ВАГОНІВ З ГІРКИ НА ПЕОМ

Методичні вказівки та інструкція  
користувачу програмним забезпеченням

Відповідальний за випуск Огар О.М.

Редактор Буранова Н.В.

---

Підписано до друку 13.07.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,  
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**Кафедра „Залізничні станції та вузли”**

**МОДЕЛЮВАННЯ СКОЧУВАННЯ ВАГОНІВ З ГІРКИ НА  
ПЕОМ**

**Методичні вказівки та інструкція користувачу програмним  
забезпеченням для студентів всіх форм навчання спеціальності  
ОПУТ та слухачів ІПК**

**Харків 2012**

Методичні вказівки та інструкція користувачу програмним забезпеченням при виконанні моделювання скочування вагонів з гірки на ПЕОМ розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Залізничні станції та вузли» 08 червня 2010 р., протокол № 10.

Рекомендуються для студентів спеціальності «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» всіх форм навчання та слухачів ІППК.

Укладачі:

доц. О.М. Огар,  
старш. викл. О.В. Розсоха,  
асист. М.Ю. Куценко

Рецензент

проф. В.М. Запара

## ЗМІСТ

	Вступ .....	4
1	Введення вихідних даних для технологічних розрахунків	6
2	Гальмування бігунів розрахункового сполучення на гальмових позиціях .....	15
	Список літератури .....	20

## ВСТУП

Конструкція і технічне оснащення сортувальної гірки (СГ), що проектується або реконструюється (план, висота і профіль гірки, технічні засоби механізації та автоматизації), повинні забезпечувати безперервне та безпечне розформування составів при дотриманні усіх технічних і технологічних вимог. Перевірка динамічних якостей гірки у курсових проектах та випускних кваліфікаційних роботах студентів магістратури виконується шляхом розрахунку швидкостей і тривалості скочування бігунів у зимових несприятливих і (за завданням керівника) у літніх сприятливих умовах роботи гірки, розрахунку інтервалів на вершині СГ між розрахунковими бігунами по кожній розділовій стрілці та кожному вагонному уповільнювачу в межах спускної частини, швидкості розпуску составів і її відповідності заданій для даного типу сортувального пристрою [1] та побудови відповідних кривих.

Результатом технологічних розрахунків має бути дотримання таких вимог:

1) докочування дуже поганого бігуна (ДПБ) у зимових несприятливих умовах (для гірок малої потужності при частці порожніх вагонів менше 30 % – поганого бігуна (ПБ) по найбільш трудній за опором колії до розрахункової точки);

2) можливість екстреної зупинки дуже хорошого бігуна (ДХБ) масою 100 т і основним питомим опором 0,5 Н/кН у літніх сприятливих умовах по найбільш легкій за опором колії на останньому вагонному уповільнювачі пучкової гальмової позиції (ГП) – для ГМП на парковій ГП. При цьому гальмування ДХБ на 1ГП передбачається на величину 0,7-1,2 кДж/кН, що визначається за умов забезпечення заданої швидкості розпуску [3, таблиця 3.1] на розділових елементах дільниці між 1ГП і пучковою ГП;

3) можливість реалізації встановленої швидкості розпуску шляхом перевірки наявності достатніх інтервалів на усіх розділових елементах спускної частини гірки між бігунами, що послідовно скочуються у розрахунковому сполученні, для несприятливих і сприятливих умов, тобто при зустрічному та попутному вітрі. При цьому необхідно передбачати резерв інтервалу на кожному розділовому елементі не менше 1 с;

4) забезпечення переробки заданого обсягу вагонопотоку.

Технологічні розрахунки можуть бути виконані з використанням ПЕОМ або в табличній формі одним з таких способів: аналітичним, графічним, графо-аналітичним.

В даних методичних вказівках докладно розглядається послідовність виконання технологічних розрахунків на ПЕОМ з використанням програми „Гірка (динамічні розрахунки)”, яка виконана в редакторі Microsoft Excel на кафедрі «Залізничні станції та вузли».

Для користування програмою необхідно володіти теоретичним матеріалом щодо розрахунків СГ, який докладно викладено у [2, 3].

Вказана програма може бути використаною для перевірки конструктивно-технологічних параметрів існуючих СГ та гірок, що проектуються.

## **1 ВВЕДЕННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ**

Перед початком технологічних розрахунків необхідно мати такі вихідні дані:

- параметри СГ (висота, крутизна елементів поздовжнього профілю згідно з [2]);
- розподіл трудної за опором руху колії та суміжної з нею колії на розрахункові елементи згідно з [3], число стрілочних переводів та суму кутів повороту в межах кожного елемента;
- нормативні дані, необхідні для проведення технологічних розрахунків [2, додаток А].

Для кращого сприйняття теоретичного матеріалу нижче наведено приклад проведення технологічних розрахунків гірки великої потужності з використанням програми „Гірка (динамічні розрахунки)”.

Для гірки великої потужності розрахунковим сполученням бігунів є сполучення: ДПБ-ДХБ-ДПБ. Сила тяжіння розрахункового бігуна складає 245,25 кН, що дозволяє віднести його, згідно з [1, таблиця 4.1], до легкої вагової категорії. Додатковими вихідними даними є:

- довжина розрахункової колії ( $L$ ) – 429,85 м;
- число стрілок по маршруту скочування ( $n_{стр}$ ) – 7;
- сила тяжіння ДПБ – 215,82 кН, ДХБ – 833,85 кН;
- основний питомий опір ( $\omega_0$ ) для ДПБ – 4,5 Н/кН, ДХБ – 0,5 Н/кН [1, таблиця 4.2];
- кут між напрямком вітру та віссю дільниці колії, по якій рухається відчеп ( $\beta$ ), складає 20°. Оскільки  $\beta < 30^\circ$ , то, згідно з [1], кут між результуючим вектором відносної швидкості та напрямком руху відчепа ( $\alpha$ ) дорівнює  $\beta/2$ , тобто  $\alpha = 10^\circ$ . При  $\alpha = 10^\circ$  згідно з [1, таблиця 4.6] коефіцієнт повітряного опору ( $C_x$ ) для ДПБ і ДХБ дорівнює 1,68;

– розрахункова температура ( $t$ ) складає  $-10^\circ\text{C}$ . Згідно з [1, таблиця 4.7], при  $t = -10^\circ\text{C}$  додатковий опір від снігу та інею, який діє на дільниці від початку стрілочної зони до розрахункової



точки ( $\omega_{сн}$ ), для ДПБ складає 0,2 Н/кН, а для ДХБ він відсутній;

– початкова швидкість розпуску ( $V_0$ ) для гірок великої потужності, згідно з [1, таблиця 5.1], складає 1,7 м/с;

– швидкість зустрічного вітру ( $V_в$ ) дорівнює 4,8 м/с.

Розподіл трудної колії на розрахункові елементи наведено на рисунку 1.

Перед введенням вихідних даних у ПЕОМ, необхідно на окремому аркуші скласти допоміжну таблицю 1, в яку вводяться крутизна уклону, число стрілочних переводів, сума кутів повороту від стрілок та кривих на даному елементі і додатковий питомий опір від снігу та інею, який на ньому діє.

Склавши таблицю 1, можна безпосередньо приступати до введення вихідних даних у програму. Для цього потрібно відкрити відповідний файл. Введення даних можливе лише в елементи таблиць червоного кольору. Дані вводяться в пункт 1 у дві таблиці.

В першу таблицю здійснюється введення довжини розрахункової колії, числа стрілок по маршруту скочування, сил тяжіння розрахункових бігунів, основного питомого опору скочуванню вагонів, коефіцієнта повітряного опору, розрахункової температури, початкової швидкості на вершині гірки, швидкості вітру (рисунок 2).

У другу таблицю вводяться номери елементів поздовжнього профілю, їх довжина та крутизна), число стрілочних переводів та сума кутів повороту в межах кожного елемента, додатковий питомий опір від снігу та інею (рисунок 3).

Таблиця 1 – Допоміжна таблиця для формування вихідних даних

Номер елемента	Довжина елемента, м	Уклон елемента, %	Число стрілок на елементі	Сума кутів повороту від стрілок та кривих на даному елементі, °	Додатковий питомий опір від снігу та інею на елементі, Н/кН
1	21,99	50,0	0	2,55	
2	7,39	50,0	0	2,12	

3	13,07	25,0	1	5,62	
4	2,31	21,2	0	0,00	
5	29,19	21,2	1	4,73	
6	2,75	21,2	0	0,00	
7	10,73	12,0	0	0,00	
8	10,50	12,0	0	0,00	
9	11,45	12,0	0	0,65	
10	2,03	12,0	0	0,65	
11	20,73	7,0	1	7,43	
12	11,28	7,0	0	1,94	
13	13,48	7,0	0	1,56	
14	10,50	7,0	0	0,00	
15	2,98	7,0	0	0,00	
16	8,38	7,0	0	0,14	
17	2,12	2,0	0	0,61	
18	12,26	2,0	1	4,73	0,2
19	27,70	2,0	0	5,00	0,2
20	22,75	2,0	2	9,46	0,2
21	1,27	2,0	0	0,00	0,2
22	22,77	2,0	1	4,73	0,2
23	30,00	2,0	0	10,18	0,2
24	30,00	2,0	0	12,27	0,2
25	28,22	2,0	0	9,72	0,2
26	29,25	1,5	0	0,00	0,2
27	19,75	0,6	0	0,00	0,2
28	25,00	0,6	0	0,00	0,2

	ДП або П	ДХ або Х
Довжина розрахункової колії (L), м	<b>429,85</b>	
Число стрілок по маршруту скочування, Пстр	<b>7</b>	
Сила тяжіння розрахункового бігуна (q), кН	<b>215,82</b>	<b>833,85</b>
Основний питомий опір ( $\omega_0$ ), Н/кН	<b>4,5</b>	<b>0,5</b>
Коефіцієнт повітряного опору (Cx)	<b>1,68</b>	<b>1,68</b>
Розрахункова температура (t), °С	<b>-10</b>	
Початкова швидкість бігуна на ВГ ( $V_0$ ), м/с	<b>1,7</b>	
Швидкість вітру ( $V_B$ ), м/с	<b>4,8</b>	

Рисунок 2 – Фрагмент робочого вікна програми (таблиця 1)

<b>Елементи профілю:</b>						
№ ел-та	Довжина <i>L i</i> , м	Уклон <i>i</i> , ‰	Кількість стрілок, <i>n стр</i>	Кути повороту, °	<b><math>\omega_{сн,Н/кН}</math></b>	
					ДП або П	ДХ або Х
1	21,99	50	0	2,55		
2	7,39	50	0	2,12		
3	13,07	25	1	5,62		
4	2,31	21,2	0	0		
5	29,19	21,2	1	4,73		
6	2,75	21,2	0	0		
7	10,73	12	0	0		
8	10,5	12	0	0		
9	11,45	12	0	0,65		
10	2,03	12	0	0,65		
11	20,73	7	1	7,43		
12	11,28	7	0	1,94		
13	13,48	7	0	1,56		
14	10,5	7	0	0		
15	2,98	7	0	0		
16	8,38	7	0	0,14		
17	2,12	2	0	0,61		
18	12,26	2	1	4,73	0,2	
19	27,7	2	0	5	0,2	
20	22,75	2	2	9,46	0,2	
21	1,27	2	0	0	0,2	
22	22,77	2	1	4,73	0,2	
23	30	2	0	10,18	0,2	
24	30	2	0	12,27	0,2	
25	28,22	2	0	9,72	0,2	
26	29,25	1,5	0	0	0,2	
27	19,75	0,6	0	0	0,2	
28	25	0,6	0	0	0,2	

Рисунок 3 – Фрагмент робочого вікна програми (таблиця 2)

Після введення вихідних даних сумарна довжина елементів колії порівнюється з розрахунковою. Результат про правильність вводу виводиться на екран (рисунок 4). Аналогічно виконується перевірка числа стрілочних переводів по маршруту скочування розрахункового бігуна.

<b>Перевірка:</b>	
<b>Довжина розрахункової колії (L), м</b>	
у вихідній таблиці:	після введення:
<b>429,85</b>	<b>429,85</b>
<b>Число стрілок по маршруту скочування</b>	
у вихідній таблиці:	після введення:
<b>7</b>	<b>7</b>

Рисунок 4 – Фрагмент робочого вікна щодо перевірки правильності вводу вихідних даних

Праворуч від таблиць, в які вводяться вихідні дані (рисунки 2, 3), наводяться таблиці з результатами розрахунків швидкості та тривалості скочування розрахункових бігунів на відповідних елементах (рисунки 5, 6).

У згаданих таблицях розраховуються такі величини:

$h_{\omega 0}$  – витрачена енергетична висота від основного питомого опору на  $i$ -му елементі, кДж/кН;

$h_{CH}$  – витрачена енергетична висота від додаткового питомого опору снігу та інею на  $i$ -му елементі, кДж/кН;

$\sum h_{\omega}$  – сума витрачених енергетичних висот від основного питомого опору та опору від снігу та інею, кДж/кН;

$h_{HP}$  – профільна висота  $i$ -го елемента, кДж/кН;

$h_{PH}$  – початкова енергетична висота у першому наближенні на  $i$ -му елементі, кДж/кН;

$h'_K$  – кінцева енергетична висота на  $i$ -му елементі у першому наближенні, кДж/кН;

$V'_K$  – кінцева швидкість бігуна на  $i$ -му елементі у першому наближенні, м/с;

$V'_{CP}$  – середня швидкість руху бігуна на  $i$ -му елементі у першому наближенні, м/с;

$\omega_{CB}$  – додатковий опір від середовища та вітру, Н/кН;

$h_{CB}$  – втрачена енергетична висота від опору середовища та вітру на  $i$ -му елементі, кДж/кН;

$h_{CK}$  – втрачена енергетична висота від опору стрілок та кривих

на  $i$ -му елементі, кДж/кН;

$h_K''$  – кінцева енергетична висота на  $i$ -му елементі у другому наближенні, кДж/кН;

$V_K''$  – кінцева швидкість бігуна на  $i$ -му елементі у другому наближенні, м/с;

$V_{CP}$  – середня швидкість руху бігуна на  $i$ -му елементі, м/с;

$t$  – тривалість скочування бігуна по  $i$ -му елементу, с;

$\sum t$  – сумарний час скочування бігуна від вершини гірки до кінця  $i$ -го елемента, с;

**Розрахунки швидкості та часу скочування ДП або П бігуна**

№ ел-та	$h\omega_0$	$h_{сн}$	$\Sigma h\omega$	$h_{пр}$	$h_{пн}$	$h'к$	$V'к$	$V_{ср}$	$\omega_{св}$	$h_{св}$	$h_{ск}$	$h''к$	$V''к$	$V_{ср}$	$t$	$\Sigma t$
	кДж/кН						м/с		Н/кН	кДж/кН			м/с		с	
<b>УВГ</b>													0,159	1,7		
1	0,099	0	0,099	1,1	1,259	1,16	4,6	3,15	2,776	0,061	0,006	1,093	4,46	3,082	7,135	7,14
2	0,033	0	0,033	0,37	1,463	1,43	5,11	4,78	4,036	0,03	0,011	1,389	5,03	4,748	1,556	8,69
3	0,059	0	0,059	0,327	1,716	1,657	5,5	5,26	4,449	0,058	0,051	1,548	5,31	5,172	2,527	11,2
4	0,01	0	0,01	0,049	1,597	1,587	5,38	5,35	4,521	0,01	0	1,577	5,36	5,337	0,433	11,7
5	0,131	0	0,131	0,619	2,196	2,065	6,14	5,75	4,888	0,143	0,054	1,868	5,84	5,598	5,214	16,9
6	0,012	0	0,012	0,058	1,926	1,914	5,91	5,87	5,002	0,014	0	1,9	5,89	5,86	0,469	17,3
7	0,048	0	0,048	0,129	2,029	1,981	6,01	5,95	5,074	0,054	0	1,927	5,93	5,906	1,817	19,2
8	0,047	0	0,047	0,126	2,053	2,006	6,05	5,99	5,112	0,054	0	1,952	5,97	5,946	1,766	20,9
9	0,052	0	0,052	0,137	2,089	2,037	6,09	6,03	5,152	0,059	0,005	1,973	6	5,981	1,914	22,8
10	0,009	0	0,009	0,024	1,997	1,988	6,02	6,01	5,132	0,01	0,005	1,973	6	5,997	0,339	23,2
11	0,093	0	0,093	0,145	2,118	2,025	6,08	6,04	5,158	0,107	0,083	1,835	5,78	5,89	3,52	26,7
12	0,051	0	0,051	0,079	1,914	1,863	5,83	5,81	4,941	0,056	0,015	1,792	5,72	5,749	1,962	28,7
13	0,061	0	0,061	0,094	1,886	1,825	5,77	5,74	4,882	0,066	0,012	1,747	5,64	5,679	2,374	31
14	0,047	0	0,047	0,074	1,821	1,774	5,89	5,67	4,811	0,051	0	1,723	5,6	5,624	1,867	32,9
15	0,013	0	0,013	0,021	1,744	1,731	5,62	5,61	4,761	0,014	0	1,717	5,59	5,599	0,532	33,4
16	0,038	0	0,038	0,059	1,776	1,738	5,63	5,61	4,762	0,04	0,001	1,697	5,56	5,578	1,502	34,9
17	0,01	0	0,01	0,004	1,701	1,691	5,55	5,56	4,712	0,01	0,004	1,677	5,53	5,546	0,382	35,3
18	0,055	0,002	0,057	0,025	1,702	1,645	5,48	5,5	4,663	0,057	0,05	1,538	5,3	5,412	2,265	37,6
19	0,125	0,006	0,131	0,055	1,593	1,462	5,16	5,23	4,418	0,122	0,031	1,309	4,89	5,09	5,442	43
20	0,102	0,005	0,107	0,046	1,355	1,248	4,77	4,83	4,072	0,093	0,077	1,078	4,43	4,659	4,883	47,9
21	0,006	0	0,006	0,003	1,081	1,075	4,43	4,43	3,743	0,005	0	1,07	4,42	4,425	0,287	48,2
22	0,102	0,005	0,107	0,046	1,116	1,009	4,29	4,35	3,68	0,084	0,031	0,894	4,04	4,227	5,387	53,6
23	0,135	0,006	0,141	0,06	0,954	0,813	3,85	3,94	3,358	0,101	0,036	0,676	3,51	3,774	7,95	61,5
24	0,135	0,006	0,141	0,06	0,736	0,595	3,29	3,4	2,955	0,089	0,033	0,473	2,94	3,223	9,308	70,8
25	0,127	0,006	0,133	0,056	0,529	0,396	2,89	2,81	2,545	0,072	0,018	0,306	2,36	2,649	10,65	81,5
26	0,132	0,006	0,138	0,044	0,35	0,212	1,97	2,16	2,131	0,062	0	0,15	1,65	2,008	14,57	96,1
27	0,089	0,004	0,093	0,012	0,162	0,069	1,12	1,39	1,682	0,033	0	0,036	0,81	1,232	16,03	112
28	0,113	0,005	0,118	0,015	0,051	-0,07	####	####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####

Рисунок 5 – Розрахунки швидкості і тривалості скочування бігуна ДПБ (ПБ)

На рисунку 5 позначки у вигляді дієза (####) означають, що розрахунковий бігун (ДПБ) зупинився на 28-му елементі.



**Розрахунки швидкості та часу скочування ДХ або Х бігуна**

№ ел-та	$h\omega_0$	$h_{сн}$	$\Sigma h\omega$	$h_{пр}$	$h_{пн}$	$h'_{к}$	$V'_{к}$	$V_{ср}$	$\omega_{св}$	$h_{св}$	$h_{ск}$	$h''_{к}$	$V''_{к}$	$V_{ср}$	$t$	$\Sigma t$
	кДж/кН						м/с		Н/кН	кДж/кН			м/с		с	
<b>УВГ</b>													0,15	1,7		
1	0,011	0	0,011	1,1	1,25	1,24	4,88	3,291	0,74	0,016	0,006	1,22	4,84	3,27	6,73	6,726
2	0,004	0	0,004	0,37	1,587	1,58	5,52	5,179	1,13	0,008	0,013	1,56	5,48	5,161	1,43	8,158
3	0,007	0	0,007	0,327	1,889	1,88	6,02	5,75	1,27	0,017	0,061	1,8	5,89	5,687	2,3	10,46
4	0,001	0	0,001	0,049	1,853	1,85	5,97	5,93	1,31	0,003	0	1,85	5,96	5,928	0,39	10,85
5	0,015	0	0,015	0,619	2,468	2,45	6,87	6,417	1,43	0,042	0,068	2,34	6,71	6,339	4,61	15,45
6	0,001	0	0,001	0,058	2,401	2,4	6,8	6,755	1,52	0,004	0	2,4	6,79	6,752	0,41	15,86
7	0,005	0	0,005	0,129	2,525	2,52	6,96	6,877	1,55	0,017	0	2,5	6,94	6,865	1,56	17,42
8	0,005	0	0,005	0,126	2,629	2,62	7,11	7,023	1,59	0,017	0	2,61	7,08	7,011	1,5	18,92
9	0,006	0	0,006	0,137	2,744	2,74	7,26	7,17	1,63	0,019	0,008	2,71	7,22	7,152	1,6	20,52
10	0,001	0	0,001	0,024	2,735	2,73	7,25	7,238	1,65	0,003	0,008	2,72	7,24	7,23	0,28	20,8
11	0,01	0	0,01	0,145	2,868	2,86	7,42	7,327	1,67	0,035	0,122	2,7	7,21	7,224	2,87	23,67
12	0,006	0	0,006	0,079	2,78	2,77	7,31	7,258	1,65	0,019	0,024	2,73	7,25	7,229	1,56	25,23
13	0,007	0	0,007	0,094	2,825	2,82	7,36	7,306	1,67	0,022	0,019	2,78	7,31	7,28	1,85	27,08
14	0,005	0	0,005	0,074	2,851	2,85	7,4	7,355	1,68	0,018	0	2,83	7,38	7,343	1,43	28,51
15	0,001	0	0,001	0,021	2,849	2,85	7,4	7,389	1,69	0,005	0	2,84	7,4	7,386	0,4	28,92
16	0,004	0	0,004	0,059	2,902	2,9	7,47	7,432	1,7	0,014	0,002	2,88	7,45	7,421	1,13	30,05
17	0,001	0	0,001	0,004	2,886	2,89	7,45	7,448	1,71	0,004	0,008	2,87	7,44	7,441	0,29	30,33
18	0,006	0	0,006	0,025	2,898	2,89	7,46	7,447	1,71	0,021	0,091	2,78	7,31	7,374	1,66	31,99
19	0,014	0	0,014	0,055	2,835	2,82	7,37	7,34	1,68	0,046	0,062	2,71	7,23	7,269	3,81	35,8
20	0,011	0	0,011	0,046	2,759	2,75	7,27	7,248	1,65	0,038	0,173	2,54	6,99	7,106	3,2	39,01
21	0,001	0	0,001	0,003	2,54	2,54	6,99	6,988	1,58	0,002	0	2,54	6,99	6,987	0,18	39,19
22	0,011	0	0,011	0,046	2,583	2,57	7,04	7,011	1,59	0,036	0,081	2,46	6,87	6,93	3,29	42,47
23	0,015	0	0,015	0,06	2,515	2,5	6,94	6,904	1,56	0,047	0,112	2,34	6,71	6,792	4,42	46,89
24	0,015	0	0,015	0,06	2,401	2,39	6,78	6,743	1,51	0,045	0,128	2,21	6,53	6,618	4,53	51,42
25	0,014	0	0,014	0,056	2,269	2,26	6,59	6,556	1,47	0,041	0,096	2,12	6,38	6,455	4,37	55,8
26	0,015	0	1,005	0,044	2,162	1,16	4,72	5,551	1,22	0,036	0	1,12	4,64	5,514	5,31	61,1
27	0,01	0	0,01	0,012	1,133	1,12	4,65	4,646	1,01	0,02	0	1,1	4,61	4,626	4,27	65,37
28	0,013	0	0,013	0,015	1,118	1,11	4,61	4,609	1,01	0,025	0	1,08	4,56	4,583	5,46	70,83

Рисунок 6 – Розрахунки швидкості і тривалості скочування бігуна ДХБ (ХБ)

## 2 ГАЛЬМУВАННЯ БІГУНІВ РОЗРАХУНКОВОГО СПОЛУЧЕННЯ НА ГАЛЬМОВИХ ПОЗИЦІЯХ

Гальмування бігунів розрахункового сполучення на ГП проводиться у другому розділі програми.

Для забезпечення необхідних інтервалів на розділових елементах (протишерсних стрілках та вагонних уповільнювачах), допустимих швидкостей входу на гальмові засоби та співударяння вагонів у сортувальному парку необхідно підібрати величину гальмування на гальмових позиціях. Величина витраченої висоти на гальмування вагонів ( $h_m$ ) розраховується студентом самостійно і розподіляється по кожному елементу ГП залежно від його довжини. Величина  $h_m$  вводиться у відповідні елементи таблиці, які позначені червоним кольором. При введенні величин гальмування слід користуватись коментарями безпосередньо у самій програмі.

Номери технологічних елементів, з яких складаються розділові стрілки і вагонні уповільнювачі, наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Структура розділових елементів СГ

1 стр.	ГП1		5 стр.	ГП2		11 стр.	12 стр.	13 стр.	ПГП
	1 уп.	2 уп.		1 уп.	2 уп.				
2,3,4	6,7,8	8,9,10	10,11	13,14	14,15, 16,17	16,17, 18	20	22	26

Наступним кроком є аналіз процесу скочування ДПБ. Згідно з [1] скочування ДПБ повинно проводитися без гальмування, але разом з тим швидкість входу ДПБ на ГП має бути не більше допустимої для чого аналізується швидкість входу на перший технологічний елемент відповідного уповільнювача.

У випадку, що розглядається (рисунок 7), швидкість входу на всі уповільнювачі не перевищує допустиму (швидкість входу на 1ГП дорівнює 5,835 м/с, на 2ГП – 5,715 м/с, а на ПГП – 2,362 м/с).

№ ел-та	ДП або П	ДХ або Х	ДП або П		ДХ або Х	
	Витрачена висота на гальмування $h_T$ , кДж/кН		Швидкість бігуна, м/с			
			на вході	на виході	на вході	на виході
1			1,7	4,464	1,7	4,839
2			4,464	5,032	4,839	5,482
3			5,032	5,312	5,482	5,891
4			5,312	5,361	5,891	5,964
5			5,361	5,835	5,964	6,714
6			5,835	5,885	6,714	6,79
7			5,885	5,927	6,79	6,94
8			5,927	5,965	6,94	7,082
9			5,965	5,997	7,082	7,222
10			5,997	5,997	7,222	7,238
11			5,997	5,783	7,238	7,209
12			5,783	5,715	7,209	7,249
13			5,715	5,643	7,249	7,31
14			5,643	5,604	7,31	7,376
15			5,604	5,594	7,376	7,396
16			5,594	5,562	7,396	7,446
17			5,562	5,529	7,446	7,435
18			5,529	5,295	7,435	7,313
19			5,295	4,885	7,313	7,225
20			4,885	4,433	7,225	6,987
21			4,433	4,416	6,987	6,987
22			4,416	4,037	6,987	6,873
23			4,037	3,51	6,873	6,711
24			3,51	2,936	6,711	6,525
25			2,936	2,362	6,525	6,384
26			2,362	1,654	6,384	6,364
27			1,654	0,81	6,364	6,325
28			0,81	#ЧИСЛО!	6,325	6,274

ДП(П)	ДХ(Х)	ДП(П)	ДХ(Х)	ДП(П)	ДХ(Х)
Сума часу	Кінцева	висота $h_k$ , м	Тривалість	заняття	$t_x$ , с
$\Sigma t$ , с					
7,135	6,726	1,093	1,217	7,135	6,726
8,691	8,158	1,389	1,562	1,556	1,432
11,22	10,46	1,548	1,804	2,527	2,298
11,65	10,85	1,577	1,849	0,433	0,39
16,87	15,45	1,868	2,343	5,214	4,605
17,33	15,86	1,9	2,396	0,469	0,407
19,15	17,42	1,927	2,503	1,817	1,563
20,92	18,92	1,952	2,607	1,766	1,498
22,83	20,52	1,973	2,711	1,914	1,601
23,17	20,8	1,973	2,723	0,339	0,281
26,69	23,67	1,835	2,701	3,52	2,87
28,65	25,23	1,792	2,731	1,962	1,56
31,03	27,08	1,747	2,777	2,374	1,852
32,89	28,51	1,723	2,828	1,867	1,43
33,43	28,92	1,717	2,843	0,532	0,403
34,93	30,05	1,697	2,882	1,502	1,129
35,31	30,33	1,677	2,873	0,382	0,285
37,57	31,99	1,538	2,78	2,265	1,663
43,02	35,8	1,309	2,713	5,442	3,811
47,9	39,01	1,078	2,537	4,883	3,202
48,19	39,19	1,07	2,537	0,287	0,182
53,57	42,47	0,894	2,455	5,387	3,266
61,52	46,89	0,676	2,341	7,95	4,417
70,83	51,42	0,473	2,213	9,308	4,533
81,48	55,8	0,306	2,118	10,653	4,372
96,05	60,39	0,15	2,105	14,567	4,589

Рисунок 7 – Фрагмент робочого вікна програми щодо введення величини гальмування та розрахунку показників скочування розрахункових бігунів на відповідних елементах

Моделювання скочування розрахункових бігунів виконується за умовою, що ДПБ(ПБ) прямує на вільну від вагонів колію, а ДХБ(ХБ) – на заповнену. У зв'язку з цим, гальмування ДПБ(ПБ) при технологічних розрахунках не здійснюється у випадку перевищення ним допустимої швидкості зіткнення вагонів при виході з ПГП.

Далі необхідно проаналізувати швидкість входу ДХБ на уповільнювачі. У наведеному прикладі, за умови встановлення на 1 та 2ГП двох уповільнювачів КЗ-3, а на ПГП – трьох уповільнювачів ВНУ-2М, вона перебуває у допустимих межах (згідно з рисунком 7, швидкість входу на 1ГП дорівнює 6,714 м/с, на 2ГП – 7,249 м/с, а на ПГП – 6,384 м/с). Однак далі слід виконати перевірку забезпечення необхідних інтервалів на розділових елементах. З навчальною метою перевірку інтервалів слід виконувати на уповільнювачах 2ГП та на останній розділовій стрілці. Проведемо таку перевірку при скочуванні ДХБ без гальмування (рисунок 8).

<b>Для виконання аналізу введіть:</b>				
<b>2 Гальмова позиція (вагонний уповільнювач № 1)</b>				
Тривалість заняття елемента уповільнювача №1 бігуном ДП(П) (tx), с				5,482
Тривалість заняття елемента уповільнювача №1 бігуном ДХ(Х) (tx), с				4,43
Сума часу скочування бігуна ДП або П до елемента уповільнювача №1 ( $\Sigma t$ ), с				23,17
Сума часу скочування бігуна ДХ або Х до елемента уповільнювача №1 ( $\Sigma t$ ), с				20,8
<b>2 Гальмова позиція (вагонний уповільнювач № 2)</b>				
Тривалість заняття елемента уповільнювача №2 бігуном ДП(П) (tx), с				6,735
Тривалість заняття елемента уповільнювача №2 бігуном ДХ(Х) (tx), с				5,245
Сума часу скочування бігуна ДП або П до елемента уповільнювача №2 ( $\Sigma t$ ), с				26,69
Сума часу скочування бігуна ДХ або Х до елемента уповільнювача №2 ( $\Sigma t$ ), с				23,67
<b>Остання розділова стрілка</b>				
Тривалість заняття елемента останньої розділової стрілки бігуном ДП(П) (tx), с				4,883
Тривалість заняття елемента останньої розділової стрілки бігуном ДХ(Х) (tx), с				3,202
Сума часу скочування бігуна ДП або П до елемента останньої розділової стрілки ( $\Sigma t$ ), с				43,02
Сума часу скочування бігуна ДХ або Х до елемента останньої розділової стрілки ( $\Sigma t$ ), с				35,8
<b>Результати гальмування:</b>				
<b>Інтервал на окремих розділових елементах: уповільнювачі 2 ГП, остання розділова стрілка</b>				
Сполучення	Показник	2 ГП		Остання розділова стрілка
		1 ВУ	2 ВУ	
ДП(П) -ДХ(Х)	t x (дп/п)	5,482	6,735	4,883
	$\Delta t x$	2,37	3,02	7,22
	To (дп/п-дх/х)	8,852	10,755	13,103
ДХ(Х)-ДП(П)	t x (дх/х)	4,43	5,245	3,202
	$\Delta t x$	-2,37	-3,02	-7,22
	To (дх/х-дп/п)	3,06	3,225	-3,018
<b>У Вашому випадку розрахунковий інтервал, с</b>				
	To	13,103	с	
Якщо To не більше допустимого значення ( для ГСП $\leq 10$ с; для ГВП $\leq 8,23$ с), а також швидкість входу бігуна ДХ(Х) на 1,2ГП та ПГП не більше допустимої, то перегальмування бігунів не потрібно				

Рисунок 8 – Перевірка інтервалів на розділових елементах при скочуванні ДХБ без гальмування

З рисунка 8 видно, що максимальні інтервали на розділових елементах наявні у сполученні ДПБ-ДХБ, а саме на першому уповільнювачі 2ГП – 8,852 с, на другому уповільнювачі 2ГП – 10,755 с, на останній розділовій стрілці – 13,103 с. Саме інтервал на останній розділовій стрілці (зважаючи на те, що він є максимальним) приймається за розрахунковий. Далі необхідно порівняти розрахунковий інтервал (13,103 с) з допустимим (згідно з рисунком 8 для гірок великої потужності він становить 8,23с). Оскільки розрахунковий інтервал є більшим за допустимий, то необхідно провести гальмування ДХБ на ГП з метою забезпечення допустимої величини розрахункового інтервалу. Слід зауважити, що на першому уповільнювачі 2ГП інтервал у сполученні ДПБ-ДХБ є більшим за допустимий (8,852с). Це свідчить, що гальмування ДХБ слід

починати ще з 1ГП з метою забезпечення допустимих інтервалів на уповільнювачах 2ГП.

Підбирати величину гальмування ДХБ на ГП слід керуючись методичними вказівками [3] та коментарями, наведеними безпосередньо у програмі.

У прикладі, що розглядається, величина гальмування ДХБ підібрана таким чином:

- 1-й уповільнювач 1ГП – 0,5 кДж/кН;
- 2-й уповільнювач 1ГП – 1,1 кДж/кН;
- 1-й уповільнювач 2ГП – 0,0 кДж/кН;
- 2-й уповільнювач 2ГП – 0,0 кДж/кН;
- ПГП – 1,05 кДж/кН.

Результати гальмування наведені на рисунку 9, а перевірка інтервалів на розділових елементах – на рисунку 10.

№ ел-та	ДП або П	ДХ або Х	ДП або П		ДХ або Х	
	Витрачена висота на гальмування $h_T$ , кДж/кН		Швидкість бігуна, м/с			
			на вході	на виході	на вході	на виході
1			1,7	4,464	1,7	4,839
2			4,464	5,032	4,839	5,482
3			5,032	5,312	5,482	5,891
4			5,312	5,361	5,891	5,964
5			5,361	5,835	5,964	6,714
6		0,055	5,835	5,885	6,714	6,711
7		0,225	5,885	5,927	6,711	6,541
8		0,704	5,927	5,965	6,541	5,595
9		0,528	5,965	5,997	5,595	4,831
10		0,088	5,997	5,997	4,831	4,689
11			5,997	5,783	4,689	4,811
12			5,783	5,715	4,811	4,91
13		0	5,715	5,643	4,91	5,032
14		0	5,643	5,604	5,032	5,14
15			5,604	5,594	5,14	5,171
16			5,594	5,562	5,171	5,253
17			5,562	5,529	5,253	5,247
18			5,529	5,295	5,247	5,171
19			5,295	4,885	5,171	5,13
20			4,885	4,433	5,13	4,98
21			4,433	4,416	4,98	4,982
22			4,416	4,037	4,982	4,922
23			4,037	3,51	4,922	4,831
24			3,51	2,936	4,831	4,722
25			2,936	2,362	4,722	4,361
26		1,05	2,362	1,654	4,361	1,241
27			1,654	0,81	1,241	1,193
28			0,81	#ЧИСЛО!	1,193	1,127

ДП(П)	ДХ(Х)	ДП(П)	ДХ(Х)	ДП(П)	ДХ(Х)
Сума часу $\Sigma t$ , с		Кінцева висота $h_k$ , м		Тривалість заняття $t_x$ , с	
7,135	6,726	1,093	1,217	7,135	6,726
8,691	8,158	1,389	1,562	1,556	1,432
11,22	10,46	1,548	1,804	2,527	2,298
11,65	10,85	1,577	1,849	0,433	0,39
16,87	15,45	1,868	2,343	5,214	4,605
17,33	15,86	1,9	2,341	0,469	0,41
19,15	17,48	1,927	2,224	1,817	1,619
20,92	19,21	1,952	1,627	1,766	1,73
22,83	21,41	1,973	1,213	1,914	2,196
23,17	21,83	1,973	1,143	0,339	0,426
26,69	26,2	1,835	1,203	3,52	4,364
28,65	28,52	1,792	1,253	1,962	2,321
31,03	31,23	1,747	1,316	2,374	2,712
32,89	33,29	1,723	1,373	1,867	2,064
33,43	33,87	1,717	1,39	0,532	0,578
34,93	35,48	1,697	1,434	1,502	1,608
35,31	35,88	1,677	1,431	0,382	0,404
37,57	38,24	1,538	1,39	2,265	2,354
43,02	43,62	1,309	1,368	5,442	5,378
47,9	48,12	1,078	1,289	4,883	4,5
48,19	48,37	1,07	1,29	0,287	0,255
53,57	52,97	0,894	1,259	5,387	4,598
61,52	59,12	0,676	1,213	7,95	6,152
70,83	65,4	0,473	1,159	9,308	6,281
81,48	71,43	0,306	1,121	10,653	6,026
96,05	81,37	0,15	0,08	14,567	9,941

Рисунок 9 – Результати гальмування ДХ та ДП бігунів

<b>Для виконання аналізу введіть:</b>				
<b>2 Гальмова позиція (вагонний уповільнювач № 1)</b>				
Тривалість заняття елемента уповільнювача №1 бігуном ДП(П) (tx), с				5,482
Тривалість заняття елемента уповільнювача №1 бігуном ДХ(Х) (tx), с				6,685
Сума часу скочування бігуна ДП або П до елемента уповільнювача №1 ( $\Sigma t$ ), с				23,17
Сума часу скочування бігуна ДХ або Х до елемента уповільнювача №1 ( $\Sigma t$ ), с				21,83
<b>2 Гальмова позиція (вагонний уповільнювач № 2)</b>				
Тривалість заняття елемента уповільнювача №2 бігуном ДП(П) (tx), с				6,735
Тривалість заняття елемента уповільнювача №2 бігуном ДХ(Х) (tx), с				7,675
Сума часу скочування бігуна ДП або П до елемента уповільнювача №2 ( $\Sigma t$ ), с				26,69
Сума часу скочування бігуна ДХ або Х до елемента уповільнювача №2 ( $\Sigma t$ ), с				26,2
<b>Остання розділова стрілка</b>				
Тривалість заняття елемента останньої розділової стрілки бігуном ДП(П) (tx), с				4,883
Тривалість заняття елемента останньої розділової стрілки бігуном ДХ(Х) (tx), с				4,5
Сума часу скочування бігуна ДП або П до елемента останньої розділової стрілки ( $\Sigma t$ ), с				43,02
Сума часу скочування бігуна ДХ або Х до елемента останньої розділової стрілки ( $\Sigma t$ ), с				43,62
<b>Результати гальмування:</b>				
<b>Інтервал на окремих розділових елементах: уповільнювачі 2 ГП, остання розділова стрілка</b>				
Сполучення	Показник	2 ГП		Остання розділова стрілка
		1 ВУ	2 ВУ	
ДП(П) -ДХ(Х)	t x (дп/п)	5,482	6,735	4,883
	$\Delta t x$	1,34	0,49	-0,6
	To (дп/п-дх/х)	7,822	8,225	5,283
ДХ(Х)-ДП(П)	t x (дх/х)	6,685	7,675	4,5
	$\Delta t x$	-1,34	-0,49	0,6
	To (дх/х-дп/п)	6,345	8,185	6,1
<b>У Вашому випадку розрахунковий інтервал, с</b>				
	To	8,225	с	
Якщо To не більше допустимого значення ( для ГСП $\leq 10$ с; для ГВП $\leq 8,23$ с), а також швидкість входу бігуна ДХ(Х) на 1,2ГП та ПГП не більше допустимої, то перегальмування бігунів не потрібно				

Рисунок 10 – Перевірка інтервалів на розділових елементах при скочуванні ДХБ з гальмуванням

Оскільки розрахунковий інтервал не перевищує допустимий (рисунок 10), на цьому розрахунки закінчуються.

Останнім кроком є друкування результатів. Для цього необхідно перейти по вкладці „Результати” на відповідну сторінку та роздрукувати результати технологічних розрахунків.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. – М.: Транспорт, 1992.

2 Берестов І.В., Огар О.М., Шаповал Г.В., Куценко М.Ю. Комплексний розрахунок висоти і поздовжнього профілю сортувальних гірок з використанням ПЕОМ: Методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проектування для студентів денної та заочної форми навчання, а також слухачів ІППК. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Ч. І.

3 Берестов І.В., Огар О.М., Шаповал Г.В., Куценко М.Ю. Комплексний розрахунок висоти і поздовжнього профілю сортувальних гірок з використанням ПЕОМ: Методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проектування для студентів денної та заочної форми навчання, а також слухачів ІППК. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Ч. ІІ.









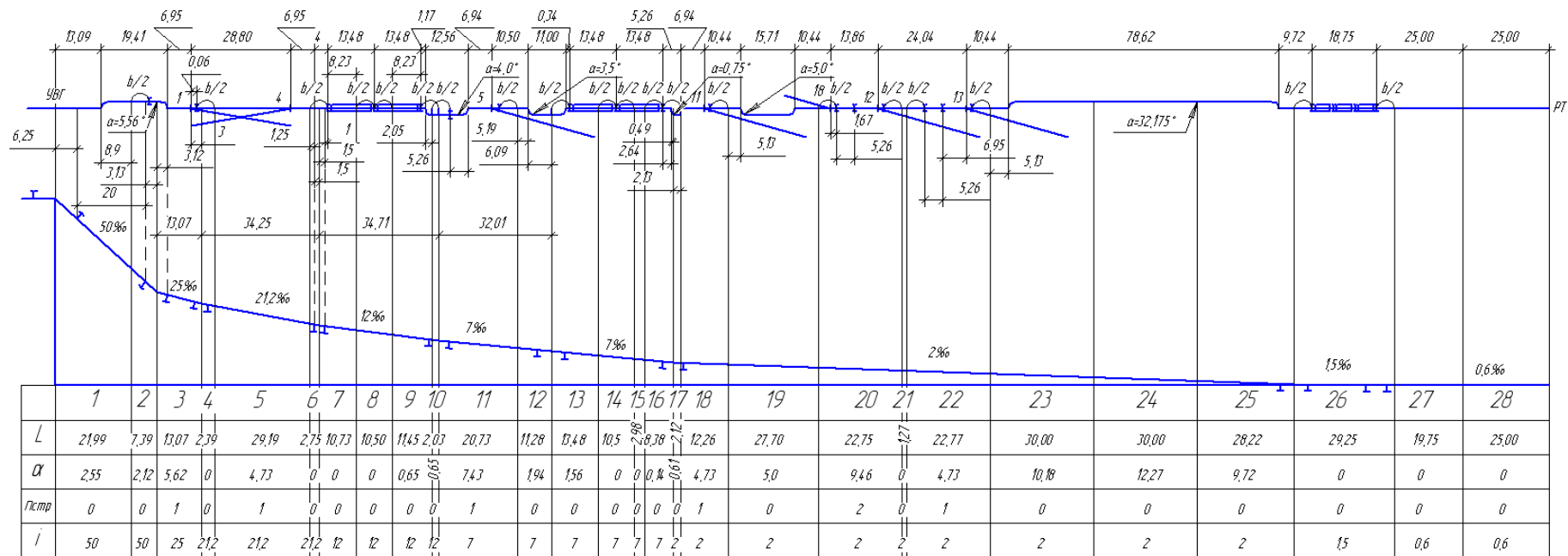


Рисунок 1 – Розподіл трудної колії на розрахункові елементи

