

УДК 625.1.033.34:629.4.

*О.С. Сіора, А.О. Сулим, О.О. Мельник, П.О. Хозя, Е.В. Третьак*

### ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ УМОВ ОБЕРТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЯХ АТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

*В статті наведено структуру та загальний вид інтерфейсу розробленого програмного комплексу для виконання теоретичних досліджень з встановлення умов обертання рухомого складу на залізничних коліях АТ «Укрзалізниця». Описано послідовність роботи оператора з програмою. Виконано перевірку адекватності розробленого алгоритмічного та програмного забезпечення шляхом порівняння результатів теоретичних досліджень з встановлення умов обертання напіввагона моделі 12-7023-01.*

**Постановка проблеми.** Одним з важливих етапів комплексної оцінки показників впливу рухомого складу на колію є виконання теоретичних досліджень з встановлення умов обертання. З джерел [1–3] відомо, що ці дослідження є громіздкими, потребують численних математичних розрахунків та займають багато часу. Математичне забезпечення виконання таких досліджень загальновідоме. Його описання детально розкрито в роботах [1–3], тому зупинятись на ньому немає сенсу. Таким чином, важливим та актуальним питанням є скорочення часу та підвищення точності виконання цих досліджень.

**Мета роботи** – розробка програмного комплексу для виконання теоретичних досліджень з встановлення умов обертання рухомого складу на залізничних коліях АТ «Укрзалізниця».

**Матеріал і результати досліджень.** З метою скорочення часу та підвищення точності виконання зазначених досліджень в середовищі LabView розроблено програмний комплекс «Turnover of Rolling Stock» (далі – КП «Turnover»). Основний алгоритм її роботи в спрощеному вигляді можна представити у введенні основних налаштувань для розрахунку, визначенні відповідних коефіцієнтів, що будуть використані в розрахунках, та безпосередньо розрахунки. Інтерфейс КП «Turnover» представлений у вигляді кнопок керування та діалогових вікон.

*Введення даних.*

Після запуску програми перед оператором з'являється інтерфейс основного модулю програми (рис. 1). Для введення розрахункових даних оператор має виконати наступну послідовність дій:

- перейти на вкладку «Ввод данных»;
- виконати ініціалізацію програми, натиснувши відповідну кнопку (рис. 1, поз. 1), про успішність виконання команди засвідчить рядок стану програми;
- ввести розрахункові дані (рис. 1, поз. 3–5);

© Сіора О.С., Сулим А.О., Мельник О.О., Хозя П.О., Третьак Е.В., 2019

---

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

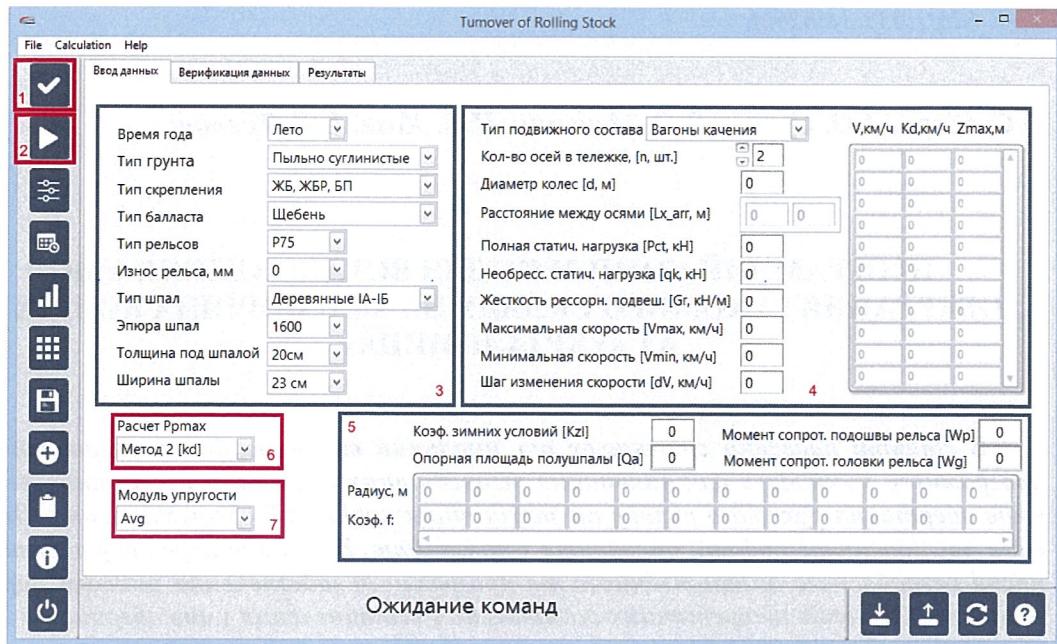


Рис. 1. Графічний інтерфейс КП «Turnover». Введення даних

- підтвердити введені дані, натиснувши відповідну кнопку (рис. 1, поз. 2), про успішність виконання команди засвідчить рядок стану програми (рис. 2, поз. 2);
- обрати необхідний метод розрахунку  $R_{pmax}$  з двох можливих (рис. 1, поз. 6);
- обрати актуальне значення модулю пружності, що буде використано при розрахунку (рис. 1, поз. 7).

Вибір методу розрахунку  $R_{pmax}$  вказує, які дані будуть використані при цьому. В КП «Turnover» передбачено два методи розрахунку:

- з використанням коефіцієнта  $k_d$  (Метод 2);
- з використанням коефіцієнта  $Z_{max}$  (Метод 1).

Дані для розрахунку  $R_{pmax}$  повинні бути введені оператором в відповідний дво-вимірний масив (рис. 2, поз. 1). При чому першим рядком повинні йти коефіцієнти для максимальної швидкості, а останнім – відповідно для мінімальної, з дотриманням вказаного кроку зміни швидкості.

### Верифікація даних.

Для верифікації введених даних оператору необхідно перейти на відповідну вкладку основного вікна програми (рис. 2, поз. 3). Візуально перевірити коректність всіх підтверджених оператором та визначених програмою вхідних даних. Передусім слід звернути увагу на індикатор «Selected #» (рис. 3, поз. 1), оскільки він відображає номер рядка, що був обраний з зовнішнього файлу table5.csv. Якщо введені дані коректні, то цей індикатор буде містити число більше нуля.

У разі, коли необхідна корекція вхідних даних перед розрахунком, оператор повинен виконати виправлення необхідного параметру ручним введенням значення та натиснути кнопку для підтвердження змін (рис. 3, поз. 2). Про успішність модифікації вхідних даних засвідчить рядок стану програми (рис. 3, поз. 2).

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

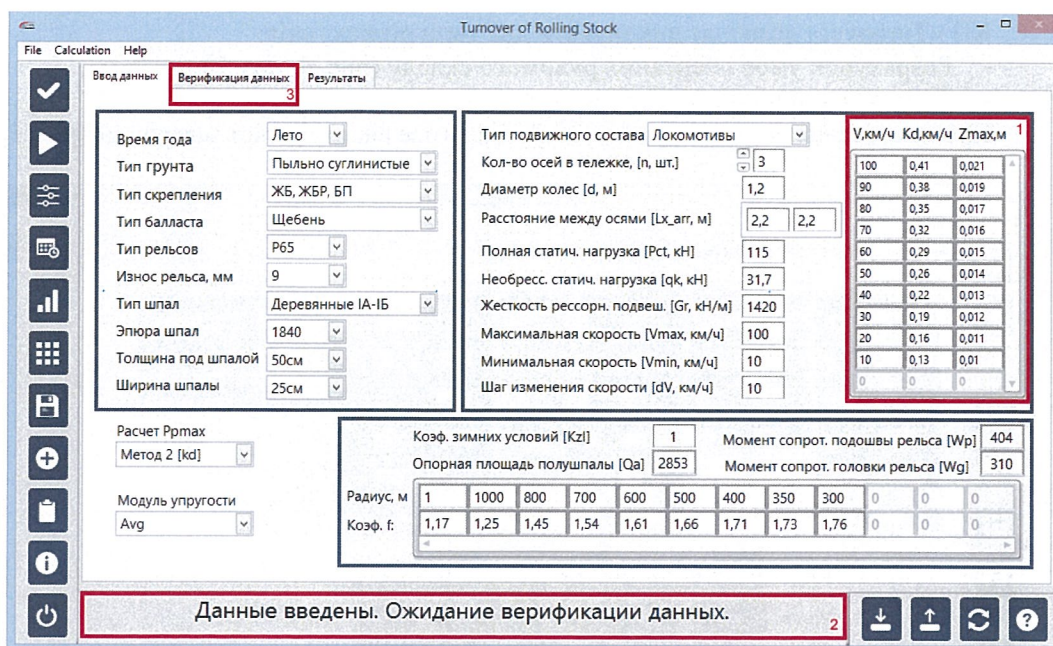


Рис. 2. Графічний інтерфейс КП «Turnover». Підтвердження введених даних

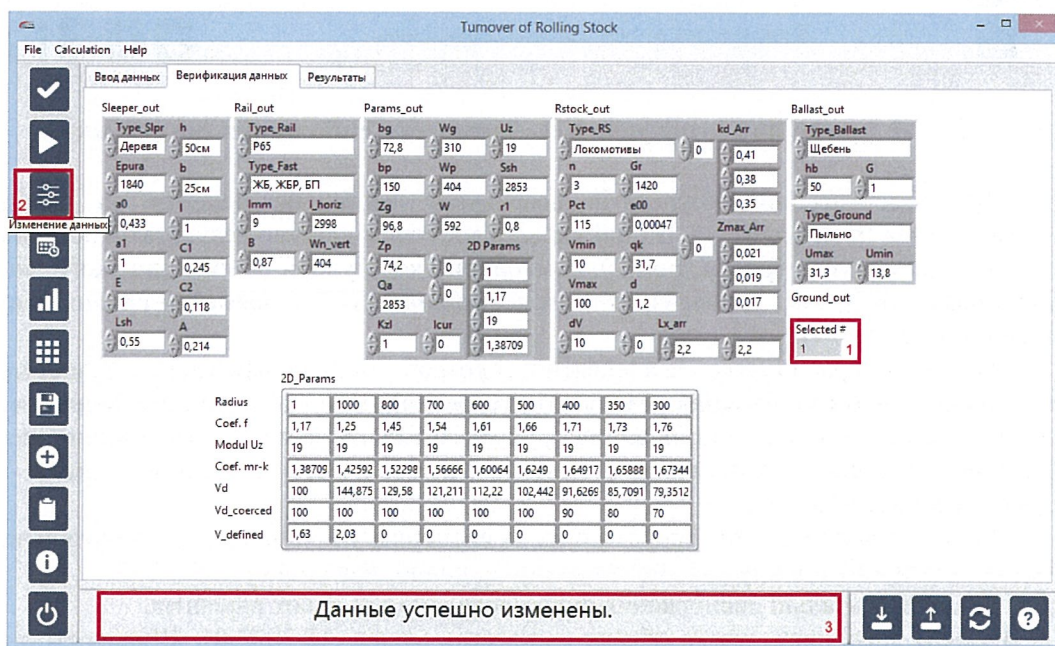


Рис. 3. Графічний інтерфейс КП «Turnover». Модифікація даних

### Виконання розрахунку

Після верифікації вхідних даних оператор може переходити безпосередньо до розрахунків. Насамперед, необхідно визначити необхідність лог-файлу, який буде містити результати розрахунків для всіх етапів, включаючи проміжні. Якщо лог-файл потрібен, то перед виконанням розрахунку оператор має його активувати, натиснувши відповідну кнопку на інтерфейсі програми (рис. 4, поз.1).

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

КП «Turnover» дозволяє виконувати два типи розрахунків:

- Розрахунок умов обертання рухомого складу (рис. 4, поз. 2);
- Теоретичний розрахунок (рис. 4, поз. 3).

Про завершення розрахунку сигналізує діалогове вікно «Расчет завершен» (рис. 4).

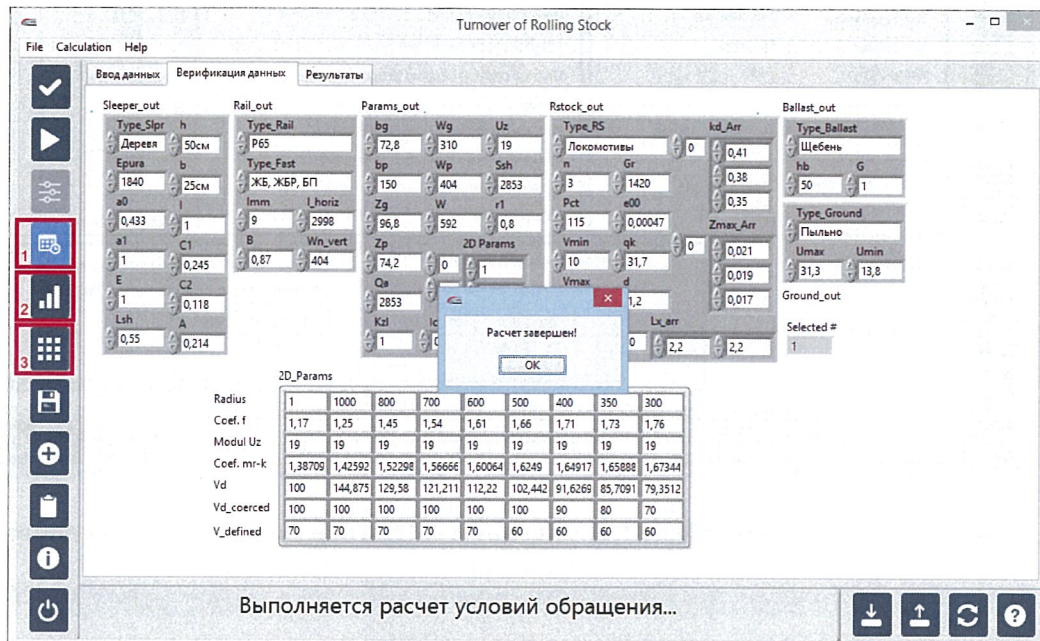


Рис. 4. Графічний інтерфейс КП «Turnover». Виконання розрахунку

Для відображення результатів розрахунку необхідно перейти на вкладку «Результаты» (рис. 5, поз. 1). На цій вкладці містяться кластер результатів останнього кроку розрахунку (рис. 5, поз. 2), символічний код будови шляху, для якого виконано розрахунок (рис. 5, поз. 3), та дозволені швидкості для прямої та кривих відповідно (рис. 5, поз. 4).

Перевірка правильності та адекватності розробленого програмного забезпечення виконано шляхом порівняння результатів теоретичних та експериментальних досліджень з визначення показників впливу рухомого складу на колію. Теоретичні дослідження проведено за допомогою редактору Microsoft Excel, експериментальні – за допомогою КП «Turnover».

Результати порівняння теоретичних та експериментальних досліджень з визначення показників впливу рухомого складу на колію, наведено у табл. 1–3.

Експериментальні дослідження було проведено для трьох варіантів.

1) В якості дослідного зразка обрано напіввагон моделі 12-7023-01. Швидкості руху дослідного зразка 70; 80; 90; 100; 110; 120 км/год та ділянки колії – пряма, криві радіусом 1000; 800; 700; 600; 500; 400; 350; 300 м. За результатами проведення експериментальних досліджень визначено наступні показники: динамічне вертикальне навантаження від колеса на рейку ( $P_{розр}$ , кН); середнє значення динамічного навантаження ( $\bar{P}$ , кН); середнє значення сили інерції ( $\bar{P}_p$ , кН); максимальне динамічне навантаження колеса на рейку від вертикальних коливань надресорної частини екіпажу ( $P_p^{max}$ , кН);

# РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

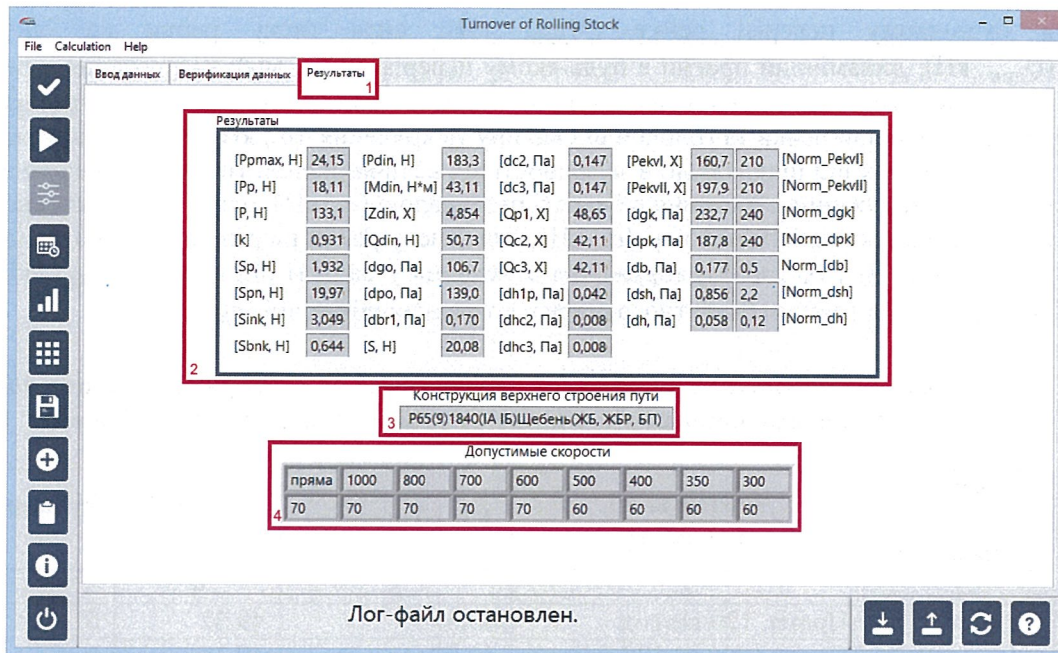


Рис. 5. Графічний інтерфейс КП «Turnover». Результати розрахунку

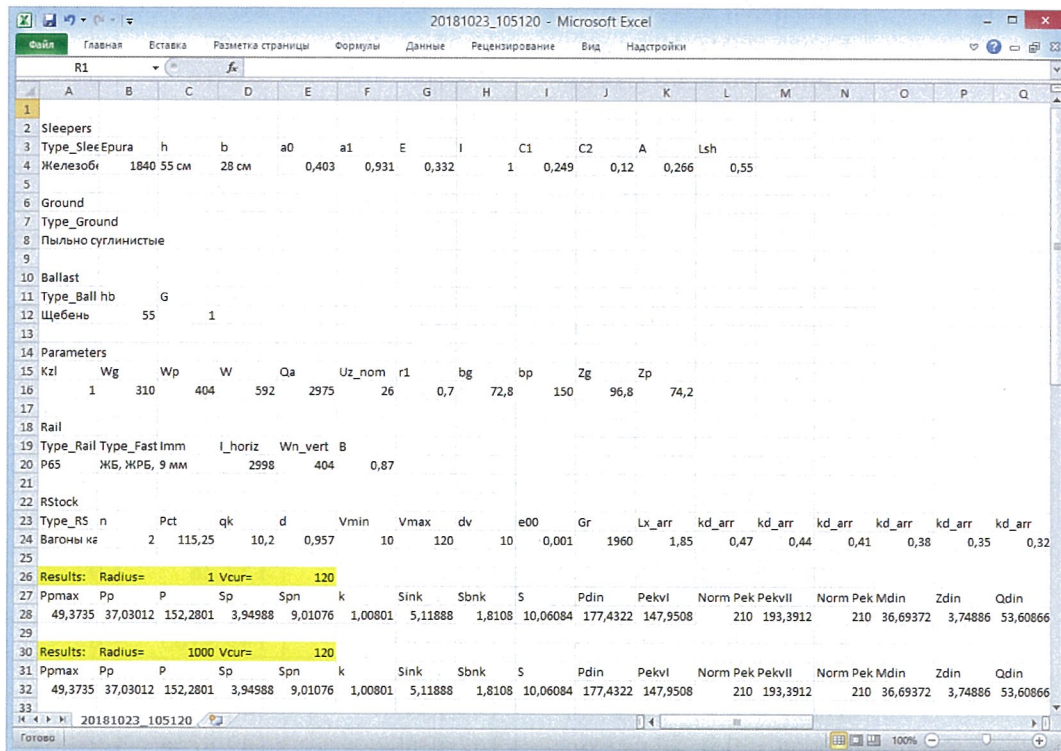


Рис. 6. Зовнішній вигляд лог-файлу

сумарне середнє відхилення динамічного вертикального навантаження колеса на рейку ( $\bar{S}$ , кН); еквівалентні навантаження на колію ( $P_{\text{ЕКВ}}^I$ ,  $P_{\text{ЕКВ}}^{II}$ , кН); згинаючий момент

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

в будь-якому перерізі рейки ( $M_{\text{дин}}$ , кН); сила тиску рейки на опори ( $Q_{\text{дин}}$ , кН); динамічний прогин в будь-якому перерізі ( $Z_{\text{дин}}$ , мм); напруження в рейках (по вісі головки та підшви) від дії згинаючого моменту ( $\sigma_o$ , кН); напруження в кромках підшви рейки та головки від вигину та кручення ( $\sigma_k$ , кН); напруження змикання в шпалах під підкладкою в залежності від величини сили тиску рейки на опору ( $\sigma_{\text{ш}}$ , кН); напруження стискання в баласті під шпалою ( $\sigma_b$ , кН); напруження на основній площадці земляного полотна ( $\sigma_n$ , кН); сила тиску рейки на розрахункову і сусідні шпали ( $Q_{p1}$ ,  $Q_{c2}$ ,  $Q_{c3}$ , кН); напруження стискання у баласті під шпалою ( $\sigma_{br1}$ , кН); напруження на глибині баластного шару в розрахунковій точці ( $\sigma_{n1p}$ , кН).

*Таблиця 1. - Результати порівняння теоретичних та експериментальних досліджень з визначення показників впливу рухомого складу на колію (варіант 1)*

Показник, що визначається	Ділянка колії, швидкість	КП «Turnover»	Microsoft Excel	Різниця, %
1	2	3	4	5
$P_p^{max}$	Пряма, 120 км/год	49,37	49,37	0
	Крива 1000 м, 120 км/год	49,37	49,37	0
	Крива 800 м, 120 км/год	49,373	49,373	0
	Крива 700 м, 120 км/год	49,37	49,37	0
	Крива 600 м, 110 км/год	46,222	46,222	0
	Крива 500 м, 100 км/год	43,07	43,07	0
	Крива 400 м, 90 км/год	39,919	39,919	0
	Крива 350 м, 80 км/год	36,76	36,76	0
$\bar{P}_p$	Крива 300 м, 70 км/год	33,616	33,616	0
	Пряма, 120 км/год	37,03	37,03	0
	Крива 1000 м, 120 км/год	37,03	37,03	0
	Крива 800 м, 120 км/год	37,03	37,03	0
	Крива 700 м, 120 км/год	37,03	37,03	0
	Крива 600 м, 110 км/год	34,666	34,666	0
	Крива 500 м, 100 км/год	32,302	32,302	0
	Крива 400 м, 90 км/год	29,939	29,939	0
$\bar{P}$	Крива 350 м, 80 км/год	27,57	27,57	0
	Крива 300 м, 70 км/год	25,212	25,212	0
	Пряма, 120 км/год	152,28	152,28	0
	Крива 1000 м, 120 км/год	152,28	152,28	0
	Крива 800 м, 120 км/год	152,28	152,28	0
	Крива 700 м, 120 км/год	152,2801	152,2801	0
	Крива 600 м, 110 км/год	149,9165	149,9165	0
	Крива 500 м, 100 км/год	147,5529	147,5529	0
$\bar{S}$	Крива 400 м, 90 км/год	145,1893	145,1893	0
	Крива 350 м, 80 км/год	142,8256	142,8256	0
	Крива 300 м, 70 км/год	140,462	140,462	0
	Пряма, 120 км/год	10,06084	10,07742	0,164496
	Крива 1000 м, 120 км/год	10,06084	10,07742	0,164496
	Крива 800 м, 120 км/год	10,06084	10,07742	0,164496

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
	Крива 700 м, 120 км/год	10,06084	10,07742	0,164496
	Крива 600 м, 110 км/год	9,12726	9,154126	0,293486
	Крива 500 м, 100 км/год	8,22332	8,237676	0,174272
	Крива 400 м, 90 км/год	7,34925	7,361326	0,164042
	Крива 350 м, 80 км/год	6,50551	6,515392	0,151672
	Крива 300 м, 70 км/год	5,69294	5,70073	0,136644
$P_{розр}$	Пряма, 120 км/год	177,4322	177,4737	0,023349
	Крива 1000 м, 120 км/год	177,4322	177,4737	0,023349
	Крива 800 м, 120 км/год	177,4322	177,4737	0,023349
	Крива 700 м, 120 км/год	177,4322	177,4737	0,023349
	Крива 600 м, 110 км/год	172,7347	172,8018	0,038868
	Крива 500 м, 100 км/год	168,1112	168,1471	0,021341
	Крива 400 м, 90 км/год	163,5624	163,5926	0,018451
	Крива 350 м, 80 км/год	159,0894	159,1141	0,015527
	Крива 300 м, 70 км/год	154,6944	154,7138	0,012587
$P_{екв}^I$	Пряма, 120 км/год	147,9508	147,9922	0,027998
	Крива 1000 м, 120 км/год	147,9508	147,9922	0,027998
	Крива 800 м, 120 км/год	147,9508	147,9922	0,027998
	Крива 700 м, 120 км/год	147,9508	147,9922	0,027998
	Крива 600 м, 110 км/год	143,7108	143,778	0,046711
	Крива 500 м, 100 км/год	139,545	139,5808	0,025704
	Крива 400 м, 90 км/год	135,4538	135,4839	0,022272
	Крива 350 м, 80 км/год	131,4384	131,4631	0,018799
	Крива 300 м, 70 км/год	127,5009	127,5204	0,015277
$P_{екв}^{II}$	Пряма, 120 км/год	193,3912	193,4326	0,021421
	Крива 1000 м, 120 км/год	193,3912	193,4326	0,021421
	Крива 800 м, 120 км/год	193,3912	193,4326	0,021421
	Крива 700 м, 120 км/год	193,3912	193,4326	0,021421
	Крива 600 м, 110 км/год	188,4459	188,5131	0,035629
	Крива 500 м, 100 км/год	183,5747	183,6106	0,019539
	Крива 400 м, 90 км/год	178,7782	178,8084	0,016877
	Крива 350 м, 80 км/год	174,0575	174,0822	0,014195
	Крива 300 м, 70 км/год	169,4148	169,4342	0,011492
$M_{дин}$	Пряма, 120 км/год	36,69372	36,70442	0,029161
	Крива 1000 м, 120 км/год	36,69372	36,70442	0,029161
	Крива 800 м, 120 км/год	36,69372	36,70442	0,029161
	Крива 700 м, 120 км/год	36,69372	36,70442	0,029161
	Крива 600 м, 110 км/год	35,64215	35,65922	0,047874
	Крива 500 м, 100 км/год	34,60896	34,61826	0,026867
	Крива 400 м, 90 км/год	33,59429	33,60216	0,023433
	Крива 350 м, 80 км/год	32,59842	32,60493	0,019956
	Крива 300 м, 70 км/год	31,62188	31,62708	0,016437
$Z_{дин}$	Пряма, 120 км/год	3,74886	3,749617	0,02019
	Крива 1000 м, 120 км/год	3,74886	3,749617	0,02019
	Крива 800 м, 120 км/год	3,74886	3,749617	0,02019

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
	Крива 700 м, 120 км/год	3,74886	3,749617	0,02019
	Крива 600 м, 110 км/год	3,65299	3,654253	0,034569
	Крива 500 м, 100 км/год	3,55857	3,559221	0,01829
	Крива 400 м, 90 км/год	3,46559	3,466132	0,015637
	Крива 350 м, 80 км/год	3,37408	3,374517	0,012952
	Крива 300 м, 70 км/год	3,28408	3,284418	0,010279
$Q_{\text{дин}}$	Пряма, 120 км/год	53,60866	53,61952	0,02026
	Крива 1000 м, 120 км/год	53,60866	53,61952	0,02026
	Крива 800 м, 120 км/год	53,60866	53,61952	0,02026
	Крива 700 м, 120 км/год	53,60866	53,61952	0,02026
	Крива 600 м, 110 км/год	52,23781	52,25582	0,034468
	Крива 500 м, 100 км/год	50,88751	50,89686	0,018371
	Крива 400 м, 90 км/год	49,5579	49,56569	0,015712
	Крива 350 м, 80 км/год	48,24931	48,25559	0,013023
	Крива 300 м, 70 км/год	46,96232	46,96717	0,01033
$\sigma_{\text{ш}}$	Пряма, 120 км/год	0,90555	0,905735	0,020447
	Крива 1000 м, 120 км/год	0,90555	0,905735	0,020447
	Крива 800 м, 120 км/год	0,90555	0,905735	0,020447
	Крива 700 м, 120 км/год	0,90555	0,905735	0,020447
	Крива 600 м, 110 км/год	0,8824	0,8827	0,033951
	Крива 500 м, 100 км/год	0,85959	0,859744	0,017942
	Крива 400 м, 90 км/год	0,83713	0,837258	0,015317
	Крива 350 м, 80 км/год	0,81502	0,815128	0,013284
	Крива 300 м, 70 км/год	0,79328	0,793364	0,010637
$\sigma_{\text{б}}$	Пряма, 120 км/год	0,1802	0,180234	0,018694
	Крива 1000 м, 120 км/год	0,1802	0,180234	0,018694
	Крива 800 м, 120 км/год	0,1802	0,180234	0,018694
	Крива 700 м, 120 км/год	0,1802	0,180234	0,018694
	Крива 600 м, 110 км/год	0,17559	0,17565	0,034056
	Крива 500 м, 100 км/год	0,17105	0,171082	0,018636
	Крива 400 м, 90 км/год	0,16658	0,166607	0,016418
	Крива 350 м, 80 км/год	0,16218	0,162204	0,014598
	Крива 300 м, 70 км/год	0,15786	0,157873	0,008137
$\sigma_{\text{о}}$	Пряма, 120 км/год	90,82604	90,85253	0,029161
	Крива 1000 м, 120 км/год	90,82604	90,85253	0,029161
	Крива 800 м, 120 км/год	90,82604	90,85253	0,029161
	Крива 700 м, 120 км/год	90,82604	90,85253	0,029161
	Крива 600 м, 110 км/год	88,22314	88,2654	0,047878
	Крива 500 м, 100 км/год	85,66574	85,68876	0,02687
	Крива 400 м, 90 км/год	83,15417	83,17367	0,023449
	Крива 350 м, 80 км/год	80,68915	80,70526	0,019966
	Крива 300 м, 70 км/год	78,27198	78,28485	0,016438
$\sigma_{\text{к}}$	Пряма, 120 км/год	164,7598	164,5779	0,110398
	Крива 1000 м, 120 км/год	169,3556	169,314	0,02458
	Крива 800 м, 120 км/год	170,5045	170,498	0,003849



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
	Крива 700 м, 120 км/год	171,6535	171,682	0,016601
	Крива 600 м, 110 км/год	168,4083	167,9434	0,276008
	Крива 500 м, 100 км/год	166,7775	166,391	0,231724
	Крива 400 м, 90 км/год	167,1474	166,9269	0,131902
	Крива 350 м, 80 км/год	165,2546	165,1282	0,07649
	Крива 300 м, 70 км/год	165,2548	165,277	0,013427
$\sigma_h$	Пряма, 120 км/год	0,05791	0,057771	0,239353
	Крива 1000 м, 120 км/год	0,05791	0,057771	0,239353
	Крива 800 м, 120 км/год	0,05791	0,057771	0,239353
	Крива 700 м, 120 км/год	0,05791	0,057771	0,239353
	Крива 600 м, 110 км/год	0,05645	0,056322	0,226826
	Крива 500 м, 100 км/год	0,05501	0,054877	0,241345
	Крива 400 м, 90 км/год	0,05359	0,053461	0,239989
	Крива 350 м, 80 км/год	0,0522	0,052067	0,254038
	Крива 300 м, 70 км/год	0,05083	0,050696	0,26388
$\sigma_{h_{1p}}$	Пряма, 120 км/год	0,03962	0,039534	0,217511
	Крива 1000 м, 120 км/год	0,03962	0,039534	0,217511
	Крива 800 м, 120 км/год	0,03962	0,039534	0,217511
	Крива 700 м, 120 км/год	0,03962	0,039534	0,217511
	Крива 600 м, 110 км/год	0,03861	0,038535	0,193634
	Крива 500 м, 100 км/год	0,03762	0,03754	0,212997
	Крива 400 м, 90 км/год	0,03665	0,036565	0,233002
	Крива 350 м, 80 км/год	0,03569	0,035605	0,239472
Крива 300 м, 70 км/год	0,03474	0,03466	0,23001	
$\sigma_{br_1}$	Пряма, 120 км/год	0,18062	0,180234	0,213879
	Крива 1000 м, 120 км/год	0,18062	0,180234	0,213879
	Крива 800 м, 120 км/год	0,18062	0,180234	0,213879
	Крива 700 м, 120 км/год	0,18062	0,180234	0,213879
	Крива 600 м, 110 км/год	0,17601	0,17565	0,204636
	Крива 500 м, 100 км/год	0,17146	0,171082	0,220528
	Крива 400 м, 90 км/год	0,16699	0,166607	0,229143
	Крива 350 м, 80 км/год	0,16258	0,162204	0,231469
Крива 300 м, 70 км/год	0,15825	0,157873	0,238328	
$Q_{p1}$	Пряма, 120 км/год	53,7353	53,61952	0,215457
	Крива 1000 м, 120 км/год	53,7353	53,61952	0,215457
	Крива 800 м, 120 км/год	53,7353	53,61952	0,215457
	Крива 700 м, 120 км/год	53,7353	53,61952	0,215457
	Крива 600 м, 110 км/год	52,36249	52,25582	0,203712
	Крива 500 м, 100 км/год	51,01022	50,89686	0,22223
	Крива 400 м, 90 км/год	49,67864	49,56569	0,227366
	Крива 350 м, 80 км/год	48,36808	48,25559	0,232562
Крива 300 м, 70 км/год	47,07913	46,96717	0,237808	
$Q_{c2}$	Пряма, 120 км/год	53,18552	52,97451	0,396745
	Крива 1000 м, 120 км/год	53,18552	52,97451	0,396745
	Крива 800 м, 120 км/год	53,18552	52,97451	0,396745

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кінець таблиці 1

1	2	3	4	5
	Крива 700 м, 120 км/год	53,18552	52,97451	0,396745
	Крива 600 м, 110 км/год	51,93255	51,73061	0,388841
	Крива 500 м, 100 км/год	50,69587	50,49048	0,405138
	Крива 400 м, 90 км/год	49,47562	49,2724	0,410754
	Крива 350 м, 80 км/год	48,27204	48,07104	0,416399
	Крива 300 м, 70 км/год	47,0856	46,88687	0,422065
$Q_{сз}$	Пряма, 120 км/год	38,78682	38,69417	0,238863
	Крива 1000 м, 120 км/год	38,78682	38,69417	0,238863
	Крива 800 м, 120 км/год	38,78682	38,69417	0,238863
	Крива 700 м, 120 км/год	38,78682	38,69417	0,238863
	Крива 600 м, 110 км/год	37,75734	37,67193	0,226204
	Крива 500 м, 100 км/год	36,74415	36,65345	0,246838
	Крива 400 м, 90 км/год	35,74739	35,65702	0,252803
	Крива 350 м, 80 км/год	34,7673	34,67731	0,258831
Крива 300 м, 70 км/год	33,80436	33,7148	0,264945	

2) В якості дослідного зразка обрано електровоз ВЛ-23. Швидкості руху дослідного зразка 70 км/год та ділянки колії – пряма, криві радіусом 1000; 800; 700; 600; 500; 400; 350; 300 м. За результатами проведення експериментальних досліджень визначено аналогічні показники, що і для варіанта 1.

*Таблиця 2. - Результати порівняння теоретичних та експериментальних досліджень з визначення показників впливу рухомого складу на колію (варіант 2)*

Показник, що визначається	Ділянка колії, швидкість	КП «Turnover»	Microsoft Excel	Різниця, %
1	2	3	4	5
$P_p^{max}$	Пряма, 70 км/год	22,72	22,72	0
	Крива 1000 м, 70 км/год	22,72	22,72	0
	Крива 800 м, 70 км/год	22,72	22,72	0
	Крива 700 м, 70 км/год	22,72	22,72	0
	Крива 600 м, 70 км/год	22,72	22,72	0
	Крива 500 м, 70 км/год	22,72	22,72	0
	Крива 400 м, 70 км/год	22,72	22,72	0
	Крива 350 м, 70 км/год	22,72	22,72	0
$\bar{P}_p$	Пряма, 70 км/год	17,04	17,04	0
	Крива 1000 м, 70 км/год	17,04	17,04	0
	Крива 800 м, 70 км/год	17,04	17,04	0
	Крива 700 м, 70 км/год	17,04	17,04	0
	Крива 600 м, 70 км/год	17,04	17,04	0
	Крива 500 м, 70 км/год	17,04	17,04	0
	Крива 400 м, 70 км/год	17,04	17,04	0
	Крива 350 м, 70 км/год	17,04	17,04	0

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
	Крива 300 м, 70 км/год	17,04	17,04	0
$\bar{P}$	Пряма, 70 км/год	132,04	132,04	0
	Крива 1000 м, 70 км/год	132,04	132,04	0
	Крива 800 м, 70 км/год	132,04	132,04	0
	Крива 700 м, 70 км/год	132,04	132,04	0
	Крива 600 м, 70 км/год	132,04	132,04	0
	Крива 500 м, 70 км/год	132,04	132,04	0
	Крива 400 м, 70 км/год	132,04	132,04	0
	Крива 350 м, 70 км/год	132,04	132,04	0
$\bar{S}$	Крива 300 м, 70 км/год	132,04	132,04	0
	Пряма, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
	Крива 1000 м, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
	Крива 800 м, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
	Крива 700 м, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
	Крива 600 м, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
	Крива 500 м, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
	Крива 400 м, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
$P_{розр}$	Крива 350 м, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
	Крива 300 м, 70 км/год	25,63808	25,65969	0,084227
	Пряма, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
	Крива 1000 м, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
	Крива 800 м, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
	Крива 700 м, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
	Крива 600 м, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
	Крива 500 м, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
$P_{екв}^I$	Крива 400 м, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
	Крива 350 м, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
	Крива 300 м, 70 км/год	196,1352	196,1892	0,02754
	Пряма, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
	Крива 1000 м, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
	Крива 800 м, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
	Крива 700 м, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
	Крива 600 м, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
$P_{екв}^{II}$	Крива 500 м, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
	Крива 400 м, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
	Крива 350 м, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
	Крива 300 м, 70 км/год	177,0818	177,1359	0,030501
	Пряма, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787
	Крива 1000 м, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787
	Крива 800 м, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787
	Крива 700 м, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787
	Крива 600 м, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787
	Крива 500 м, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787
	Крива 400 м, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787
	Крива 350 м, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
	Крива 300 м, 70 км/год	201,6281	201,6821	0,026787
$M_{дин}$	Пряма, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
	Крива 1000 м, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
	Крива 800 м, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
	Крива 700 м, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
	Крива 600 м, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
	Крива 500 м, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
	Крива 400 м, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
	Крива 350 м, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
	Крива 300 м, 70 км/год	43,87646	43,88896	0,02849
$Z_{дин}$	Пряма, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
	Крива 1000 м, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
	Крива 800 м, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
	Крива 700 м, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
	Крива 600 м, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
	Крива 500 м, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
	Крива 400 м, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
	Крива 350 м, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
	Крива 300 м, 70 км/год	3,89729	3,898414	0,028844
$Q_{дин}$	Пряма, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
	Крива 1000 м, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
	Крива 800 м, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
	Крива 700 м, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
	Крива 600 м, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
	Крива 500 м, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
	Крива 400 м, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
	Крива 350 м, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
	Крива 300 м, 70 км/год	54,92843	54,94425	0,028799
$\sigma_{ш}$	Пряма, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
	Крива 1000 м, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
	Крива 800 м, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
	Крива 700 м, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
	Крива 600 м, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
	Крива 500 м, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
	Крива 400 м, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
	Крива 350 м, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
	Крива 300 м, 70 км/год	0,89752	0,897782	0,029173
$\sigma_{Б}$	Пряма, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109
	Крива 1000 м, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109
	Крива 800 м, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109
	Крива 700 м, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109
	Крива 600 м, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109
	Крива 500 м, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109
	Крива 400 м, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109
	Крива 350 м, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
	Крива 300 м, 70 км/год	0,19253	0,192584	0,028109
$\sigma_0$	Пряма, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
	Крива 1000 м, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
	Крива 800 м, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
	Крива 700 м, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
	Крива 600 м, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
	Крива 500 м, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
	Крива 400 м, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
	Крива 350 м, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
	Крива 300 м, 70 км/год	108,6051	108,636	0,02848
$\sigma_k$	Пряма, 70 км/год	196,3244	195,3767	0,482717
	Крива 1000 м, 70 км/год	201,8198	201,0398	0,386488
	Крива 800 м, 70 км/год	215,5583	215,1975	0,167379
	Крива 700 м, 70 км/год	221,7406	220,8606	0,396881
	Крива 600 м, 70 км/год	226,5491	226,5237	0,011227
	Крива 500 м, 70 км/год	229,9838	229,3552	0,273288
	Крива 400 м, 70 км/год	233,4184	233,6026	0,078839
	Крива 350 м, 70 км/год	234,7922	235,0183	0,096203
	Крива 300 м, 70 км/год	236,853	236,4341	0,176866
$\sigma_h$	Пряма, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
	Крива 1000 м, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
	Крива 800 м, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
	Крива 700 м, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
	Крива 600 м, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
	Крива 500 м, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
	Крива 400 м, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
	Крива 350 м, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
	Крива 300 м, 70 км/год	0,0659	0,065622	0,421703
$\sigma_{h_{1p}}$	Пряма, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
	Крива 1000 м, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
	Крива 800 м, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
	Крива 700 м, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
	Крива 600 м, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
	Крива 500 м, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
	Крива 400 м, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
	Крива 350 м, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
	Крива 300 м, 70 км/год	0,04768	0,047203	0,999601
$\sigma_{br_1}$	Пряма, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626
	Крива 1000 м, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626
	Крива 800 м, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626
	Крива 700 м, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626
	Крива 600 м, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626
	Крива 500 м, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626
	Крива 400 м, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626
	Крива 350 м, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кінець таблиці 2

1	2	3	4	5
	Крива 300 м, 70 км/год	0,19344	0,191489	1,008626
$Q_{p1}$	Пряма, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
	Крива 1000 м, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
	Крива 800 м, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
	Крива 700 м, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
	Крива 600 м, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
	Крива 500 м, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
	Крива 400 м, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
	Крива 350 м, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
	Крива 300 м, 70 км/год	55,18742	54,63179	1,006811
$Q_{c2}$	Пряма, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 1000 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 800 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 700 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 600 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 500 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 400 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 350 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 300 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
$Q_{c3}$	Пряма, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 1000 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 800 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 700 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 600 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 500 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 400 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 350 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959
	Крива 300 м, 70 км/год	47,68835	48,18999	1,040959

3) В якості дослідного зразка обрано напіввагон моделі 12-7023-01. Швидкості руху дослідного зразка 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 110; 120 км/год та пряма ділянка колії. За результатами проведення експериментальних досліджень визначено наступні аналогічні показники, що для попередніх варіантів.

*Таблиця 3. - Результати порівняння теоретичних та експериментальних досліджень з визначення показників впливу рухомого складу на колію (варіант 3)*

Показник, що визначається	Ділянка колії, швидкість	КП «Turnover»	Microsoft Excel	Різниця, %
1	2	3	4	5
$P_{pmax}$	Пряма, 120 км/год	49,3735	49,3735	0
	Пряма, 110 км/год	46,222	46,222	0
	Пряма, 100 км/год	43,07	43,07	0
	Пряма, 90 км/год	39,919	39,919	0

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
	Пряма, 90 км/год	39,919	39,919	0
	Пряма, 80 км/год	36,76	36,76	0
	Пряма, 70 км/год	33,616	33,616	0
	Пряма, 60 км/год	30,46	30,46	0
	Пряма, 50 км/год	27,313	27,313	0
	Пряма, 40 км/год	23,111	23,111	0
	Пряма, 30 км/год	19,95	19,95	0
	Пряма, 20 км/год	16,808	16,808	0
	Пряма, 10 км/год	13,65	13,65	0
$\bar{P}_p$	Пряма, 120 км/год	37,03	37,03	0
	Пряма, 110 км/год	34,666	34,666	0
	Пряма, 100 км/год	32,302	32,302	0
	Пряма, 90 км/год	29,93	29,93	0
	Пряма, 80 км/год	27,57	27,57	0
	Пряма, 70 км/год	25,212	25,212	0
	Пряма, 60 км/год	22,84	22,84	0
	Пряма, 50 км/год	20,48	20,48	0
	Пряма, 40 км/год	17,333	17,333	0
	Пряма, 30 км/год	14,96	14,96	0
	Пряма, 20 км/год	12,606	12,606	0
Пряма, 10 км/год	10,24	10,24	0	
$\bar{P}$	Пряма, 120 км/год	152,2801	152,2801	0
	Пряма, 110 км/год	149,9165	149,9165	0
	Пряма, 100 км/год	147,55	147,55	0
	Пряма, 90 км/год	145,1893	145,1893	0
	Пряма, 80 км/год	142,82	142,82	0
	Пряма, 70 км/год	140,462	140,462	0
	Пряма, 60 км/год	138,098	138,098	0
	Пряма, 50 км/год	135,734	135,734	0
	Пряма, 40 км/год	132,5833	132,5833	0
	Пряма, 30 км/год	130,2196	130,2196	0
	Пряма, 20 км/год	127,856	127,856	0
Пряма, 10 км/год	125,4924	125,4924	0	
$\bar{S}$	Пряма, 120 км/год	10,06084	10,07742	0,164496
	Пряма, 110 км/год	9,12726	9,154126	0,293486
	Пряма, 100 км/год	8,22332	8,237676	0,174272
	Пряма, 90 км/год	7,34925	7,361326	0,164042
	Пряма, 80 км/год	6,50551	6,515392	0,151672
	Пряма, 70 км/год	5,69294	5,70073	0,136644
	Пряма, 60 км/год	4,91308	4,920968	0,160292
	Пряма, 50 км/год	4,16868	4,174571	0,141112
	Пряма, 40 км/год	3,4067	3,410732	0,118211
	Пряма, 30 км/год	2,75368	2,755978	0,083381
	Пряма, 20 км/год	2,17038	2,172511	0,098081
	Пряма, 10 км/год	1,69906	1,699727	0,039226

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
$P_{розр}$	Пряма, 120 км/год	177,4322	177,4737	0,023349
	Пряма, 110 км/год	172,7347	172,8018	0,038868
	Пряма, 100 км/год	168,1112	168,1471	0,021341
	Пряма, 90 км/год	163,5624	163,5926	0,018451
	Пряма, 80 км/год	159,0894	159,1141	0,015527
	Пряма, 70 км/год	154,6944	154,7138	0,012587
	Пряма, 60 км/год	150,3811	150,4008	0,013115
	Пряма, 50 км/год	146,1564	146,1712	0,010082
	Пряма, 40 км/год	141,1	141,1101	0,007136
	Пряма, 30 км/год	137,1038	137,1096	0,004186
	Пряма, 20 км/год	133,2819	133,2873	0,004004
	Пряма, 10 км/год	129,74	129,7417	0,001281
$P_{екв}^I$	Пряма, 120 км/год	147,9508	147,9922	0,027998
	Пряма, 110 км/год	143,7108	143,778	0,046711
	Пряма, 100 км/год	139,545	139,5808	0,025704
	Пряма, 90 км/год	135,4538	135,4839	0,022272
	Пряма, 80 км/год	131,4384	131,4631	0,018799
	Пряма, 70 км/год	127,5009	127,5204	0,015277
	Пряма, 60 км/год	123,6452	123,6649	0,015954
	Пряма, 50 км/год	119,8782	119,8929	0,012286
	Пряма, 40 км/год	115,4319	115,442	0,008725
	Пряма, 30 км/год	111,8933	111,8991	0,00513
	Пряма, 20 км/год	108,529	108,5344	0,004916
	Пряма, 10 км/год	105,4447	105,4464	0,001572
$P_{екв}^{II}$	Пряма, 120 км/год	193,3912	193,4326	0,021421
	Пряма, 110 км/год	188,4459	188,5131	0,035629
	Пряма, 100 км/год	183,5747	183,6106	0,019539
	Пряма, 90 км/год	178,7782	178,8084	0,016877
	Пряма, 80 км/год	174,0575	174,0822	0,014195
	Пряма, 70 км/год	169,4148	169,4342	0,011492
	Пряма, 60 км/год	164,8538	164,8735	0,011963
	Пряма, 50 км/год	160,3815	160,3962	0,009183
	Пряма, 40 км/год	154,9947	155,0048	0,006499
	Пряма, 30 км/год	150,7509	150,7566	0,003805
	Пряма, 20 км/год	146,6813	146,6866	0,003638
	Пряма, 10 км/год	142,8916	142,8933	0,001157
$M_{дин}$	Пряма, 120 км/год	36,69372	36,70442	0,029161
	Пряма, 110 км/год	35,64215	35,65922	0,047874
	Пряма, 100 км/год	34,60896	34,61826	0,026867
	Пряма, 90 км/год	33,59429	33,60216	0,023433
	Пряма, 80 км/год	32,59842	32,60493	0,019956
	Пряма, 70 км/год	31,62188	31,62708	0,016437
	Пряма, 60 км/год	30,66562	30,67087	0,017119
	Пряма, 50 км/год	29,73135	29,73535	0,013451
Пряма, 40 км/год	28,62861	28,63144	0,009881	



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	
	Пряма, 30 км/год	27,75099	27,75274	0,006308	
	Пряма, 20 км/год	26,9166	26,91824	0,006103	
	Пряма, 10 км/год	26,15166	26,15237	0,002726	
$Z_{\text{дин}}$	Пряма, 120 км/год	3,74886	3,749617	0,02019	
	Пряма, 110 км/год	3,65299	3,654253	0,034569	
	Пряма, 100 км/год	3,55857	3,559221	0,01829	
	Пряма, 90 км/год	3,46559	3,466132	0,015637	
	Пряма, 80 км/год	3,37408	3,374517	0,012952	
	Пряма, 70 км/год	3,28408	3,284418	0,010279	
	Пряма, 60 км/год	3,19566	3,196009	0,010935	
	Пряма, 50 км/год	3,10897	3,109218	0,007984	
	Пряма, 40 км/год	3,00455	3,004709	0,005276	
	Пряма, 30 км/год	2,92228	2,922358	0,002684	
	Пряма, 20 км/год	2,84339	2,843463	0,002569	
	Пряма, 10 км/год	2,76993	2,76993	0	
	$Q_{\text{дин}}$	Пряма, 120 км/год	53,60866	53,61952	0,02026
		Пряма, 110 км/год	52,23781	52,25582	0,034468
Пряма, 100 км/год		50,88751	50,89686	0,018371	
Пряма, 90 км/год		49,5579	49,56569	0,015712	
Пряма, 80 км/год		48,24931	48,25559	0,013023	
Пряма, 70 км/год		46,96232	46,96717	0,01033	
Пряма, 60 км/год		45,698	45,70294	0,010799	
Пряма, 50 км/год		44,45826	44,46182	0,008009	
Пряма, 40 км/год		42,96504	42,96733	0,005334	
Пряма, 30 км/год		41,78862	41,78973	0,002646	
Пряма, 20 км/год		40,66052	40,66152	0,002463	
Пряма, 10 км/год		39,61002	39,61002	0	
$\sigma_{\text{ш}}$	Пряма, 120 км/год	0,90555	0,905735	0,020447	
	Пряма, 110 км/год	0,8824	0,8827	0,033951	
	Пряма, 100 км/год	0,85959	0,859744	0,017942	
	Пряма, 90 км/год	0,83713	0,837258	0,015317	
	Пряма, 80 км/год	0,81502	0,815128	0,013284	
	Пряма, 70 км/год	0,79328	0,793364	0,010637	
	Пряма, 60 км/год	0,77193	0,772009	0,010239	
	Пряма, 50 км/год	0,75098	0,751044	0,008557	
	Пряма, 40 км/год	0,72576	0,7258	0,005445	
	Пряма, 30 км/год	0,70589	0,705908	0,002483	
	Пряма, 20 км/год	0,68683	0,68685	0,002916	
	Пряма, 10 км/год	0,66909	0,669088	0,000271	
$\sigma_{\text{б}}$	Пряма, 120 км/год	0,1802	0,180234	0,018694	
	Пряма, 110 км/год	0,17559	0,17565	0,034056	
	Пряма, 100 км/год	0,17105	0,171082	0,018636	
	Пряма, 90 км/год	0,16658	0,166607	0,016418	
	Пряма, 80 км/год	0,16218	0,162204	0,014598	
	Пряма, 70 км/год	0,15786	0,157873	0,008137	

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
	Пряма, 60 км/год	0,15361	0,153623	0,008666
	Пряма, 50 км/год	0,14944	0,149451	0,007694
	Пряма, 40 км/год	0,14442	0,144428	0,005543
	Пряма, 30 км/год	0,14047	0,14047	0,000237
	Пряма, 20 км/год	0,13667	0,136677	0,005402
	Пряма, 10 км/год	0,13314	0,133143	0,002198
$\sigma_o$	Пряма, 120 км/год	90,82604	90,85253	0,029161
	Пряма, 110 км/год	88,22314	88,2654	0,047878
	Пряма, 100 км/год	85,66574	85,68876	0,02687
	Пряма, 90 км/год	83,15417	83,17367	0,023449
	Пряма, 80 км/год	80,68915	80,70526	0,019966
	Пряма, 70 км/год	78,27198	78,28485	0,016438
	Пряма, 60 км/год	75,905	75,918	0,017119
	Пряма, 50 км/год	73,59245	73,60235	0,013451
	Пряма, 40 км/год	70,86289	70,8699	0,00989
	Пряма, 30 км/год	68,69058	68,6949	0,006293
	Пряма, 20 км/год	66,62526	66,62931	0,006085
	Пряма, 10 км/год	64,73182	64,7336	0,002744
$\sigma_k$	Пряма, 120 км/год	164,7598	164,5779	0,110398
	Пряма, 110 км/год	160,0381	159,8913	0,091692
	Пряма, 100 км/год	155,3989	155,2238	0,112687
	Пряма, 90 км/год	150,8429	150,6678	0,116116
	Пряма, 80 км/год	146,3713	146,1963	0,119591
	Пряма, 70 км/год	141,9865	141,8117	0,123111
	Пряма, 60 км/год	137,6928	137,5242	0,122435
	Пряма, 50 км/год	133,4978	133,3295	0,126091
	Пряма, 40 км/год	128,5463	128,3797	0,129651
	Пряма, 30 км/год	124,6057	124,4397	0,133246
	Пряма, 20 км/год	120,8592	120,6979	0,133454
	Пряма, 10 км/год	117,4245	117,2639	0,136798
$\sigma_h$	Пряма, 120 км/год	0,05791	0,057771	0,239353
	Пряма, 110 км/год	0,05645	0,056322	0,226826
	Пряма, 100 км/год	0,05501	0,054877	0,241345
	Пряма, 90 км/год	0,05359	0,053461	0,239989
	Пряма, 80 км/год	0,0522	0,052067	0,254038
	Пряма, 70 км/год	0,05083	0,050696	0,26388
	Пряма, 60 км/год	0,04948	0,049349	0,263806
	Пряма, 50 км/год	0,04816	0,048027	0,275996
	Пряма, 40 км/год	0,04656	0,046432	0,275394
	Пряма, 30 км/год	0,0453	0,045176	0,274818
	Пряма, 20 км/год	0,04409	0,043971	0,270192
	Пряма, 10 км/год	0,04297	0,042847	0,287266
$\sigma_{h_{1p}}$	Пряма, 120 км/год	0,03962	0,039534	0,217511
	Пряма, 110 км/год	0,03861	0,038535	0,193634
	Пряма, 100 км/год	0,03762	0,03754	0,212997

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
	Пряма, 90 км/год	0,03665	0,036565	0,233002
	Пряма, 80 км/год	0,03569	0,035605	0,239472
	Пряма, 70 км/год	0,03474	0,03466	0,23001
	Пряма, 60 км/год	0,03381	0,033733	0,227323
	Пряма, 50 км/год	0,0329	0,032823	0,234336
	Пряма, 40 км/год	0,03181	0,031727	0,262444
	Пряма, 30 км/год	0,03094	0,030862	0,250978
	Пряма, 20 км/год	0,03011	0,030034	0,251688
	Пряма, 10 км/год	0,02934	0,029262	0,265184
$\sigma_{бр1}$	Пряма, 120 км/год	0,18062	0,180234	0,213879
	Пряма, 110 км/год	0,17601	0,17565	0,204636
	Пряма, 100 км/год	0,17146	0,171082	0,220528
	Пряма, 90 км/год	0,16699	0,166607	0,229143
	Пряма, 80 км/год	0,16258	0,162204	0,231469
	Пряма, 70 км/год	0,15825	0,157873	0,238328
	Пряма, 60 км/год	0,15399	0,153623	0,238124
	Пряма, 50 км/год	0,14982	0,149451	0,245963
	Пряма, 40 км/год	0,14479	0,144428	0,250013
	Пряма, 30 км/год	0,14083	0,14047	0,255864
	Пряма, 20 км/год	0,13703	0,136677	0,257328
	Пряма, 10 км/год	0,13349	0,133143	0,259999
$Q_{р1}$	Пряма, 120 км/год	53,7353	53,61952	0,215457
	Пряма, 110 км/год	52,36249	52,25582	0,203712
	Пряма, 100 км/год	51,01022	50,89686	0,22223
	Пряма, 90 км/год	49,67864	49,56569	0,227366
	Пряма, 80 км/год	48,36808	48,25559	0,232562
	Пряма, 70 км/год	47,07913	46,96717	0,237808
	Пряма, 60 км/год	45,81285	45,70294	0,239921
	Пряма, 50 км/год	44,57113	44,46182	0,245247
	Пряма, 40 км/год	43,0753	42,96733	0,25065
	Пряма, 30 км/год	41,89692	41,78973	0,255852
	Пряма, 20 км/год	40,76684	40,66152	0,258343
	Пряма, 10 км/год	39,71438	39,61002	0,262774
$Q_{с2}$	Пряма, 120 км/год	53,18552	52,97451	0,396745
	Пряма, 110 км/год	51,93255	51,73061	0,388841
	Пряма, 100 км/год	50,69587	50,49048	0,405138
	Пряма, 90 км/год	49,47562	49,2724	0,410754
	Пряма, 80 км/год	48,27204	48,07104	0,416399
	Пряма, 70 км/год	47,0856	46,88687	0,422065
	Пряма, 60 км/год	45,91715	45,72189	0,425244
	Пряма, 50 км/год	44,76819	44,57526	0,43096
	Пряма, 40 км/год	43,36302	43,17362	0,436781
	Пряма, 30 км/год	42,26431	42,07737	0,442305
	Пряма, 20 км/год	41,20393	41,02032	0,445606
	Пряма, 10 км/год	40,20512	40,02413	0,450169

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Кінець таблиці 3

1	2	3	4	5
$Q_{сз}$	Пряма, 120 км/год	38,78682	38,69417	0,238863
	Пряма, 110 км/год	37,75734	37,67193	0,226204
	Пряма, 100 км/год	36,74415	36,65345	0,246838
	Пряма, 90 км/год	35,74739	35,65702	0,252803
	Пряма, 80 км/год	34,7673	34,67731	0,258831
	Пряма, 70 км/год	33,80436	33,7148	0,264945
	Пряма, 60 км/год	32,85939	32,77147	0,267558
	Пряма, 50 км/год	31,93393	31,84649	0,27381
	Пряма, 40 км/год	30,82674	30,74039	0,280111
	Пряма, 30 км/год	29,95152	29,8658	0,286201
	Пряма, 20 км/год	29,11463	29,0304	0,2893
	Пряма, 10 км/год	28,33931	28,25586	0,294465

За результатами порівняльного аналізу отриманих даних встановлено, що їх розбіжність не перевищує 1,05 %.

### Висновки.

На основі загальновідомих розрахункових формул розроблено програмне забезпечення для виконання теоретичних досліджень з встановлення умов обертання рухомого складу на залізничних коліях АТ «Укрзалізниця».

Розроблене програмне забезпечення дозволяє отримати економічний ефект за рахунок автоматизації обробки даних, значного скорочення часу такої обробки, зменшення суб'єктивної похибки, що в цілому забезпечить більшу точність отриманих результатів зазначених досліджень та покращить умови праці оператора.

Адекватність розробленої КП «Turnover» перевірено шляхом порівняння результатів теоретичних досліджень за допомогою редактору Microsoft Excel та експериментальних – за допомогою КП «Turnover». За результатами порівняння встановлено, що максимальна розбіжність результатів складає 1,05 %, що не перевищує заданих вимог встановлених в [4].

### ЛІТЕРАТУРА

1. Даніленко Е.І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність та стійкість : ЦП-0117 / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2004. – 64 с.
2. Даніленко Е.І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом: підруч. для вищ. навч. закл.: у 2 т. / Е.І. Даніленко. – К.: Інпрес, 2010. – Т. 2. – 456 с.
3. Курган Д.М. Визначення динамічного навантаження від колеса на рейку для швидкісних поїздів / Д.М. Курган // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту – Д., 2015. – № 3 (57) – С. 118–128.
4. Програма і методика оцінки придатності комп'ютерної програми з визначення умов обертання рухомого складу (КП «TURNOVER OF ROLLING STOCK»). – 4 с.