

**О.М. Сафронов\***

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»  
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-03-24

**Ю.Я. Водянніков**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»  
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-03-24

**О.Г. Макеева**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»  
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-02-50

### ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ ЗА ПРАВИЛАМИ ГОСТ 34434-2018

*Наведено алгоритми розрахунку гальмівних шляхів вантажного поїзда і перерахунку на чавунні колодки відповідно до нових правил ГОСТ 34434-2018 «Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета». За викладеними алгоритмами була складена програма в середовищі Excel, що дозволяє повністю автоматизувати процес проведення розрахункових досліджень з визначення гальмівної ефективності вантажного поїзда. Програма є універсальною, оскільки дозволяє досліджувати гальмівні системи різного конструктивного виконання: з одним і двома гальмівними циліндрами; з одностороннім та двостороннім натисненням гальмівних колодок на колеса; з дисковим гальмом. Показані приклади розрахункових досліджень гальмівної ефективності напіввагона з осьовим навантаженням 25 тс.*

***Ключові слова:** гальмівна ефективність вантажних поїздів, алгоритм розрахунку гальмівних шляхів, чавунні колодки, програмний комплекс*

**А.М. Сафронов\***

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»  
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина  
Телефон: (05366) 6-03-24

**Ю.Я. Водяников**

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»  
ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина  
Телефон: (05366) 6-03-24

© Сафронов О.М., Водянніков Ю.Я., Макеева О.Г., 2020

---

**Е.Г. Макеєва**

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

ул. И. Приходько, 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина

Телефон: (05366) 6-02-50

### ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА ПО ПРАВИЛАМ ГОСТ 34434-2018

*Приведены алгоритмы расчета тормозных путей грузового поезда и перерасчет на чугунные колодки в соответствии с новыми правилами ГОСТ 34434-2018 «Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета». По изложенным алгоритмам была составлена программа в среде Excel, которая позволяет полностью автоматизировать процесс проведения расчетных исследований по определению тормозной эффективности грузового поезда. Программа является универсальной, поскольку позволяет исследовать тормозные системы различного конструктивного исполнения: с одним и двумя тормозными цилиндрами; с односторонним и двусторонним нажатием тормозных колодок на колеса; с дисковым тормозом. Показаны примеры расчетных исследований тормозной эффективности полувагона с осевой нагрузкой 25 тс.*

**Ключевые слова:** *тормозная эффективность грузовых поездов, алгоритм расчета тормозных путей, чугунные колодки, программный комплекс.*

У 2018 році вийшов ГОСТ 34434-2018 [1], в якому викладені нові технічні вимоги та правила розрахунку гальма, а також критерії гальмівної ефективності вантажних поїздів з осьовим навантаженням до 30 тс і швидкостями руху до 160 км/год включно.

Викладені в [1] правила гальмівних розрахунків вантажних вагонів мають принципові відмінності від типових правил розрахунку. Основні особливості викладені в правилах гальмівних розрахунків вантажних поїздів за [1], які полягають у визначенні гальмівного шляху вантажного поїзда при заданій функціональній залежності дійсної сили натиснення гальмівних колодок на колеса від часу гальмування.

Крім того, одним з основних критеріїв гальмівної ефективності вантажного поїзда є розрахункова сила натиснення композиційних колодок на вісь в перерахунку на чавунні. Тому для перерахунку на чавунні колодки потрібно визначити розрахункові коефіцієнти чавунних, виходячи з рівності гальмівних шляхів вантажного поїзда при композиційних і чавунних колодках.

Алгоритми розрахункових досліджень представлені на рисунках 1 і 2.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

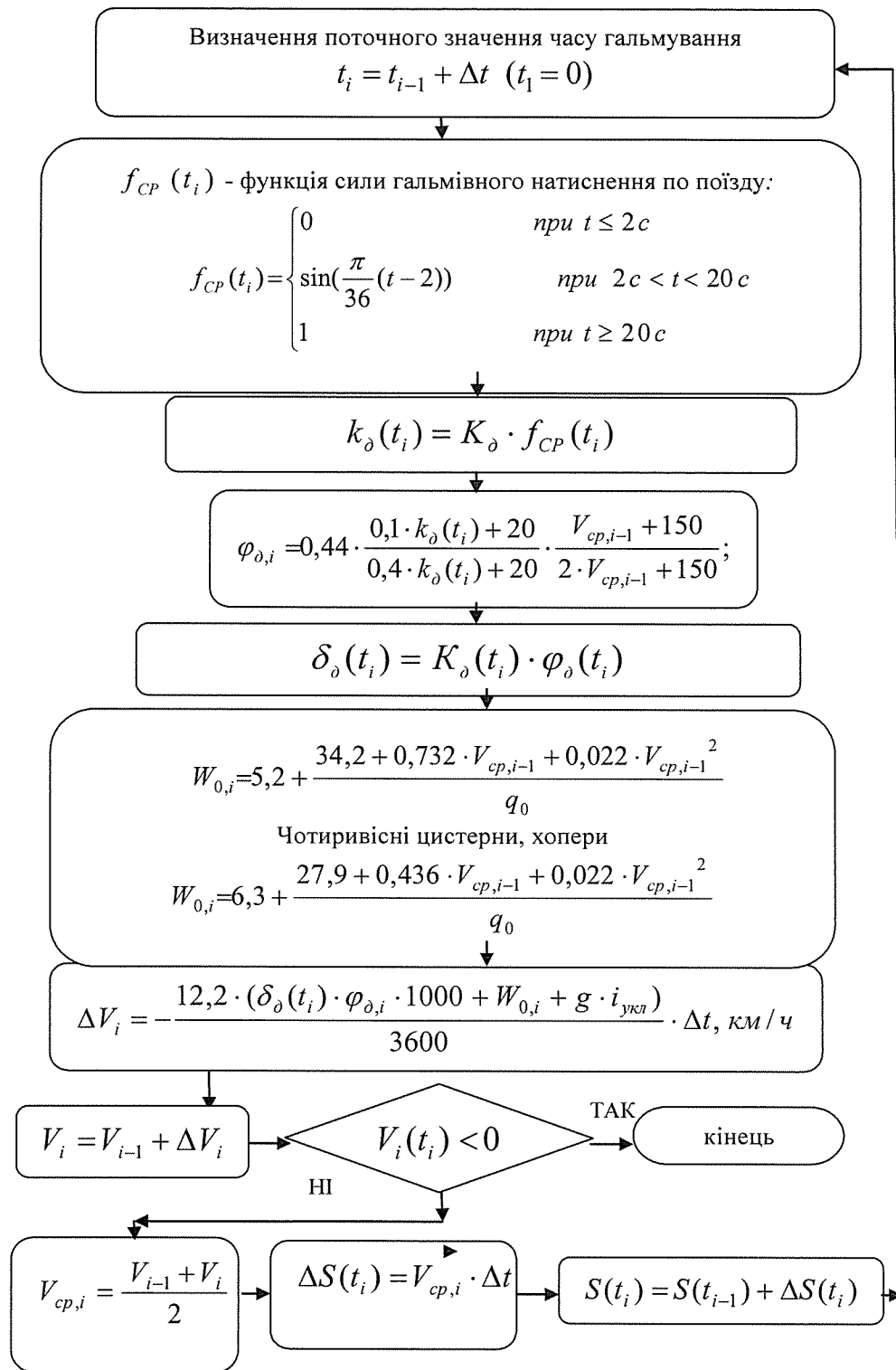
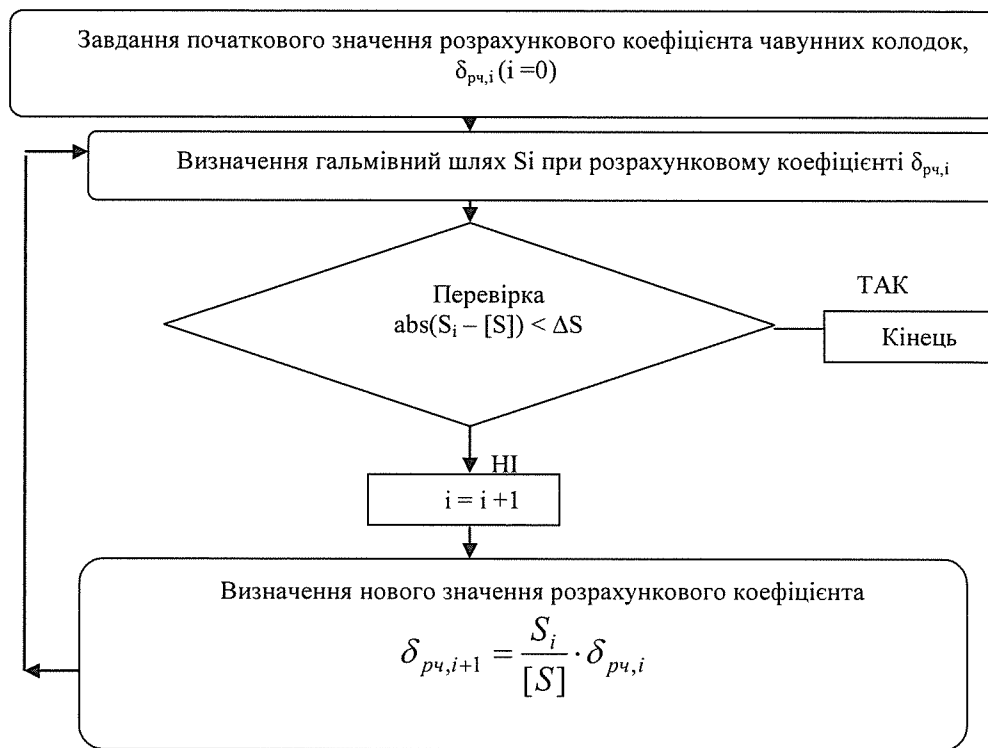


Рис. 1. Алгоритм розрахунку гальмівних шляхів вантажного поїзда

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 2. Алгоритм визначення розрахункового гальмівного коефіцієнта композиційних колодок в перерахунку на чавунні по заданому значенню гальмівного шляху**

За викладеними алгоритмами була складена програма в середовищі Excel, що дозволяє повністю автоматизувати процес проведення розрахункових досліджень з визначення гальмівної ефективності вантажного поїзда.

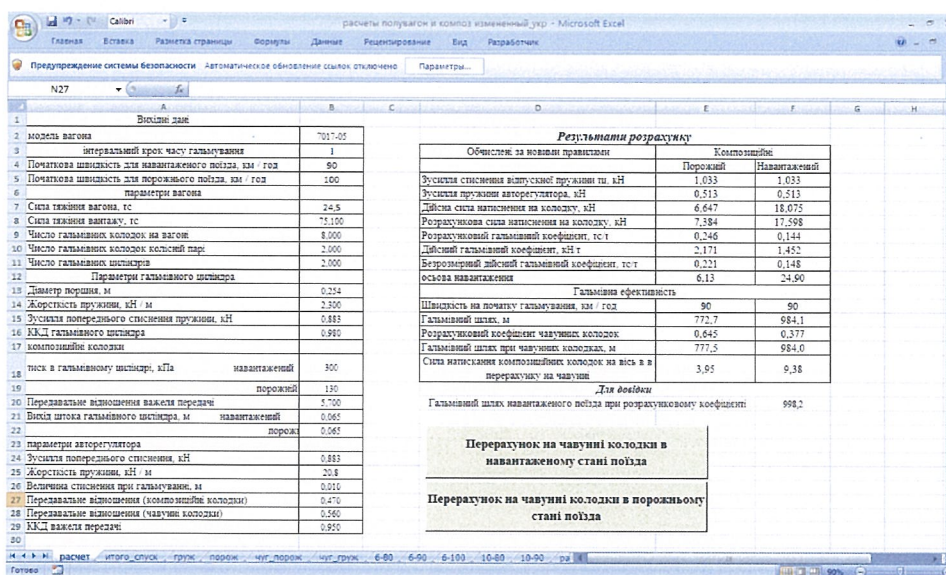
Позначення ідентифікаторів наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1. - Позначення ідентифікаторів в алгоритмах і електронних таблицях**

Позначення ідентифікатора	Назва
t, с	- час гальмування
f(t)	- функція сили натиснення
Кд	- дійсна сила натиснення
фд	- дійсний коефіцієнт тертя
δд	- дійсний коефіцієнт сили натиснення колодок
W <sub>ох</sub>	- опір руху поїзда
i	- величина ухилу залізничної колії
b (t)	- питома гальмівна сила
Δv	- зниження швидкості в поточному інтервалі часу
V <sub>i</sub>	- швидкість руху на поточний час гальмування
V <sub>ср</sub>	- середня швидкість руху на поточний час гальмування
ΔS	- приріст гальмівного шляху в поточному інтервалі часу
ΣΔS	- гальмівний шлях на поточний час гальмування

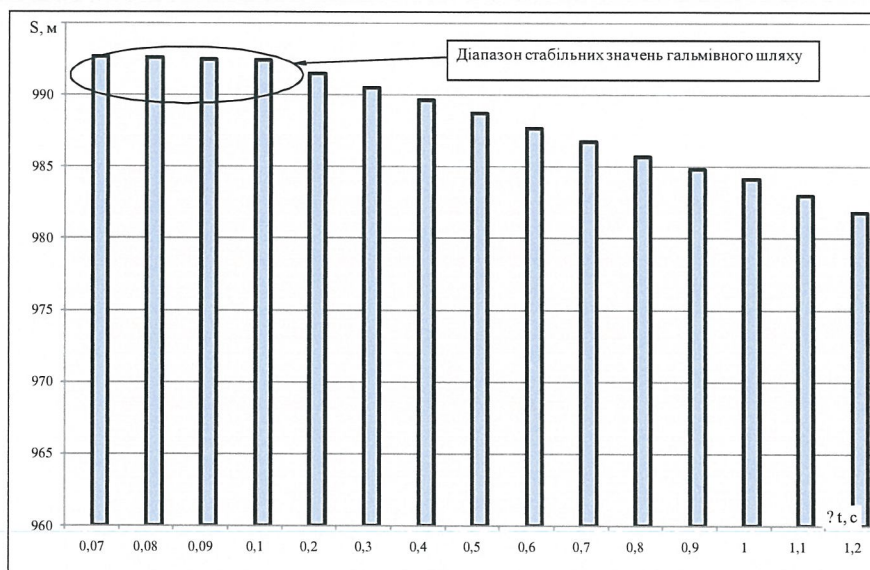
## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Порівняльний аналіз результатів розрахунку за викладеними алгоритмами (див. рис. 1, 2) і результатами контрольного прикладу (табл. 3.10 і 3.11, [1]) показав: для навантаженого поїзда різниця гальмівних шляхів склала  $985 - 984,11 = 0,98$  м, для порожнього  $772,6 - 771 = 1,6$  м, що становить відповідно 0,09 % і 0,22 % (рис. 3).



**Рис. 3. Розрахунок гальмівної ефективності піввагона за вихідними даними контрольного прикладу [1]**

Однак, подальші дослідження показали, що розбиття часу гальмування на інтервали більше 0,1 с обумовлюють занижені значення гальмівного шляху вантажного поїзда (рис. 4), тому для розрахункових досліджень рекомендується приймати інтервал рівний 0,1 с.



**Рис. 4. Гальмівні шляхи вантажного поїзда в залежності від величини часового інтервалу**



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Робоча книга для розрахункових досліджень складається з 12 робочих аркушів. Перший робочий аркуш містить таблицю вхідних даних і таблицю результатів розрахунку, а також дві кнопки для визначення розрахункового коефіцієнта чавунних колодок (рис. 5).

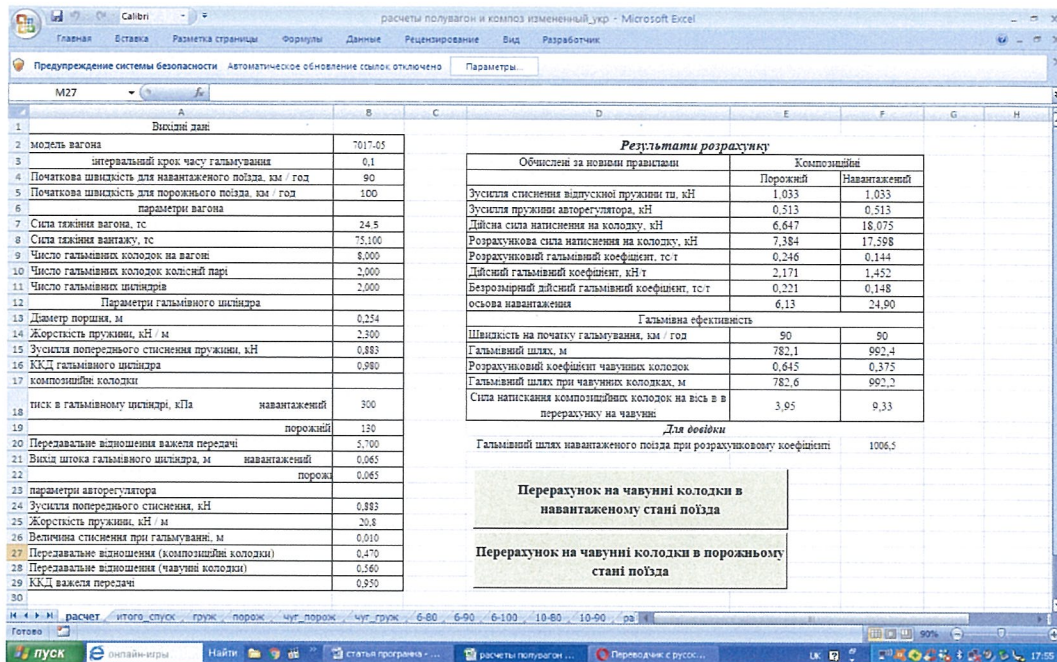


Рис. 5. Вхідні дані та результати розрахунку

Другий робочий лист - відображає підсумкові результати гальмівних шляхів вантажного поїзда на нормованих спусках (рис. 6).

Робоча книга для розрахункових досліджень складається з 11 робочих аркушів:

Перший робочий аркуш містить таблицю вхідних даних і таблицю результатів розрахунку, а також дві кнопки для визначення розрахункового коефіцієнта чавунних колодок (рис. 3).

Другий робочий аркуш - відображає підсумкові результати гальмівних шляхів вантажного поїзда на нормованих спусках (рис. 7).

У третьому і четвертому робочих аркушах наведені розрахунки гальмівного шляху вантажного поїзда в навантаженому (рис. 8) і порожньому (рис. 9) станах при екстремому пневматичному гальмуванні на площадці.

У п'ятому і шостому робочих аркушах наведені результати визначення розрахункових коефіцієнтів чавунних колодок вантажного поїзда в порожньому (рис. 10) і навантаженому станах (рис. 11).

З сьомого по одинадцятий робочі аркуші наведені результати визначення гальмівних шляхів вантажного поїзда на спуску 6 ‰ при швидкостях (80-90-100) км/год та на спуску 10 ‰ при швидкостях (80-90) км/год, для прикладу на рис. 12 і 13 наведено гальмівні шляхи при швидкості 90 км/год на спусках відповідно 6 ‰ і 10 ‰.

У дванадцятому робочому аркуші наведені гальмівні шляхи вантажного поїзда, які отримані за розрахунковим коефіцієнтом композиційних колодок (рис. 13).

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Перерахунок композиційних колодок на чавунні для вантажного поїзда в навантаженому і порожньому станах виконується за окремими програмами, розробленими на мові VBA в середовищі EXCEL.

Допустимі значення гальмівних шляхів на нормованих спусках			
Керівний спуск і максимально допустима швидкість руху поїзда на перегоні	Відстань		Гальмівні шляхи вантажного поїзда, які отримані в результаті
	А	Б	
На перегонах, де є керівні спуски менше 6 ‰, при швидкості руху вантажних поїздів - не більш 80 км / год	800	1000	928,5
вантажних поїздів - більше 80 км / год, але не більше 90 км / год	1100	1300	1162,7
вантажних поїздів - більше 90 км / год, але не більше 100 км / год	1400	1200	1424,9
На перегонах, де є керівні спуски 6 ‰ і крутіше, але не більше 10 ‰, при швидкості руху:			
вантажних поїздів - не більш 80 км / год	1000	1200	1046,6
вантажних поїздів - більше 80 км / год, але не більше 90 км / год	1300	1500	1312,7
"А" - відстань від сигнальних знаків "Початок небезпечного місця" і "Кінець небезпечного місця" до сигналів зменшення швидкості;			
"Б" - відстань від тимчасових червоних сигналів і від місця раптового переходи, яке виникло, до першої петарди			

Рис. 6. Результати розрахунку гальмівного шляху вантажного поїзда на нормованих спусках

l, c	f(t)	Kd	уд	ба	вох	i	b (t)	Δv	Vt	Vcp	Гальмівний шлях		992,3889
											ΔS	ΣΔS	
3	0	0	0	0,32	0,0000	16,3759	0	0	-0,0055496	90	90	0	0
4	0,1	0	0	0,32	0,0000	16,3759	0	0	-0,0055496	89,99445	89,99723	2,499923	2,499923
5	0,2	0	0	0,320002	0,0000	16,37538	0	0	-0,0055494	89,9889	89,99168	2,499769	4,999692
6	0,3	0	0	0,320005	0,0000	16,37434	0	0	-0,0055491	89,98335	89,98613	2,499615	7,499306
7	0,4	0	0	0,320008	0,0000	16,37329	0	0	-0,0055487	89,97778	89,98056	2,499461	9,998767
8	0,5	0	0	0,320012	0,0000	16,37224	0	0	-0,0055484	89,97225	89,97503	2,499306	12,49807
9	0,6	0	0	0,320015	0,0000	16,3712	0	0	-0,005548	89,96671	89,96948	2,499152	14,99723
10	0,7	0	0	0,320018	0,0000	16,37015	0	0	-0,0055477	89,96116	89,96393	2,498998	17,49622
11	0,8	0	0	0,320022	0,0000	16,36911	0	0	-0,0055473	89,95561	89,95839	2,498844	19,99507
12	0,9	0	0	0,320025	0,0000	16,36806	0	0	-0,005547	89,95006	89,95284	2,49869	22,49376
13	1	0	0	0,320029	0,0000	16,36702	0	0	-0,0055466	89,94452	89,94729	2,498536	24,99229
14	1,1	0	0	0,320032	0,0000	16,36597	0	0	-0,0055462	89,93897	89,94175	2,498382	27,49068
15	1,2	0	0	0,320035	0,0000	16,36493	0	0	-0,0055459	89,93343	89,9362	2,498228	29,98898
16	1,3	0	0	0,320039	0,0000	16,36388	0	0	-0,0055455	89,92788	89,93065	2,498074	32,48698
17	1,4	0	0	0,320042	0,0000	16,36284	0	0	-0,0055452	89,92234	89,92511	2,49792	34,9849
18	1,5	0	0	0,320045	0,0000	16,3618	0	0	-0,0055448	89,91679	89,91956	2,497766	37,48266
19	1,6	0	0	0,320049	0,0000	16,36075	0	0	-0,0055445	89,91125	89,91402	2,497612	39,98027
20	1,7	0	0	0,320052	0,0000	16,35971	0	0	-0,0055441	89,9057	89,90847	2,497458	42,47773
21	1,8	0	0	0,320056	0,0000	16,35866	0	0	-0,0055438	89,90016	89,90293	2,497304	44,97503
22	1,9	0	0	0,320059	0,0000	16,35762	0	0	-0,0055434	89,89461	89,89739	2,49715	47,47218
23	2	3,88E-17	7E-16	0,320062	0,0000	16,35658	0	1,8008E-14	-0,0055431	89,88907	89,89184	2,496996	49,96918
24	2,1	0,008727	0,157734	0,319311	0,01267	16,35553	0	4,045475999	-0,0069137	89,88216	89,88561	2,496823	52,466
25	2,2	0,017452	0,315456	0,318564	0,02534	16,35436	0	8,071733143	-0,0082777	89,87388	89,87802	2,496612	54,96261
26	2,3	0,026177	0,473154	0,317824	0,03800	16,35293	0	12,0786801	-0,0096352	89,86425	89,86906	2,496363	57,45898
27	2,4	0,034899	0,630816	0,317088	0,05067	16,35125	0	16,06622845	-0,0109859	89,85326	89,85875	2,496076	59,95505
28	2,5	0,043619	0,78843	0,316359	0,06333	16,34931	0	20,03429257	-0,01233	89,84093	89,84709	2,495753	62,45081
29	2,6	0,052336	0,945984	0,315635	0,07598	16,34711	0	23,98278963	-0,0136674	89,82726	89,8341	2,495392	64,9462
30	2,7	0,061056	1,103664	0,314917	0,08863	16,34467	0	27,91163912	-0,014998	89,81236	89,81976	2,494982	67,44136

Рис. 7. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда в навантаженому стані



# РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

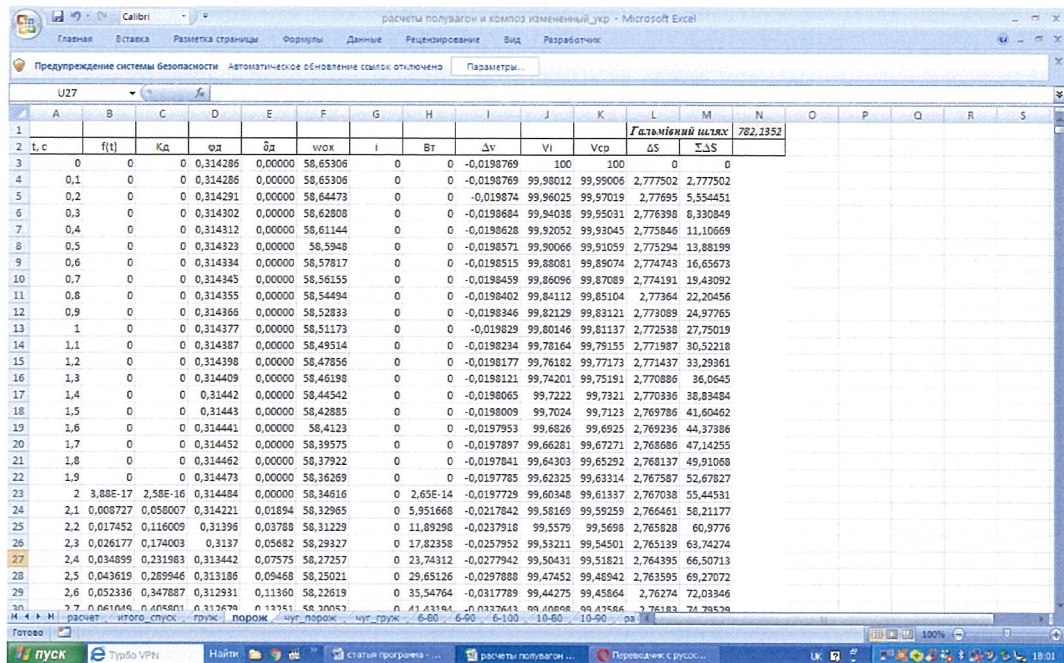


Рис. 8. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда в порожньому стані

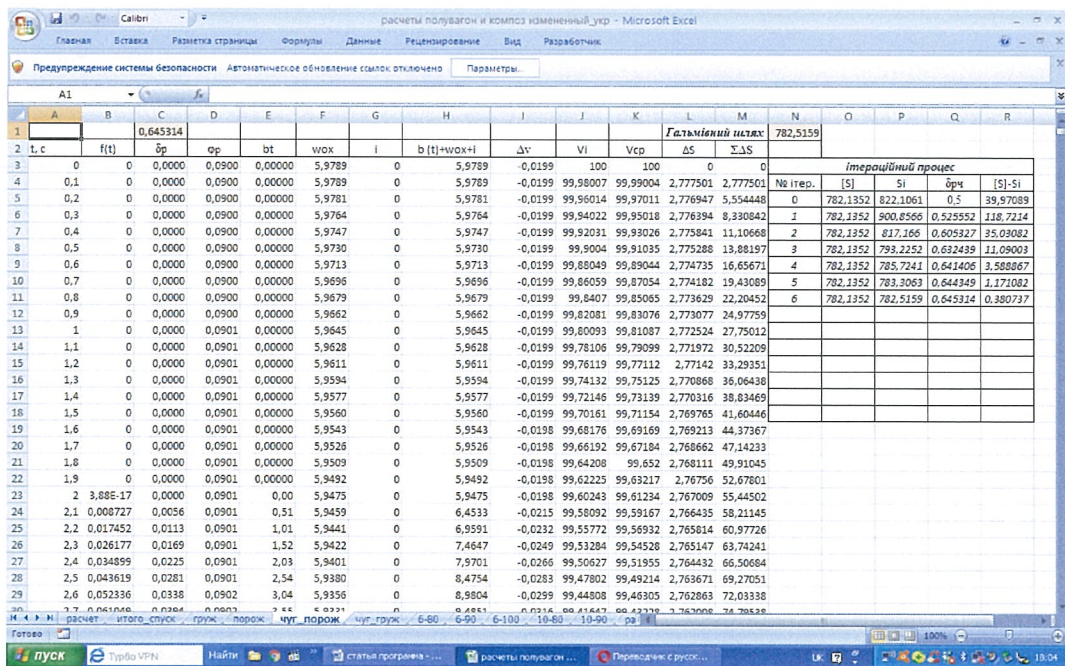
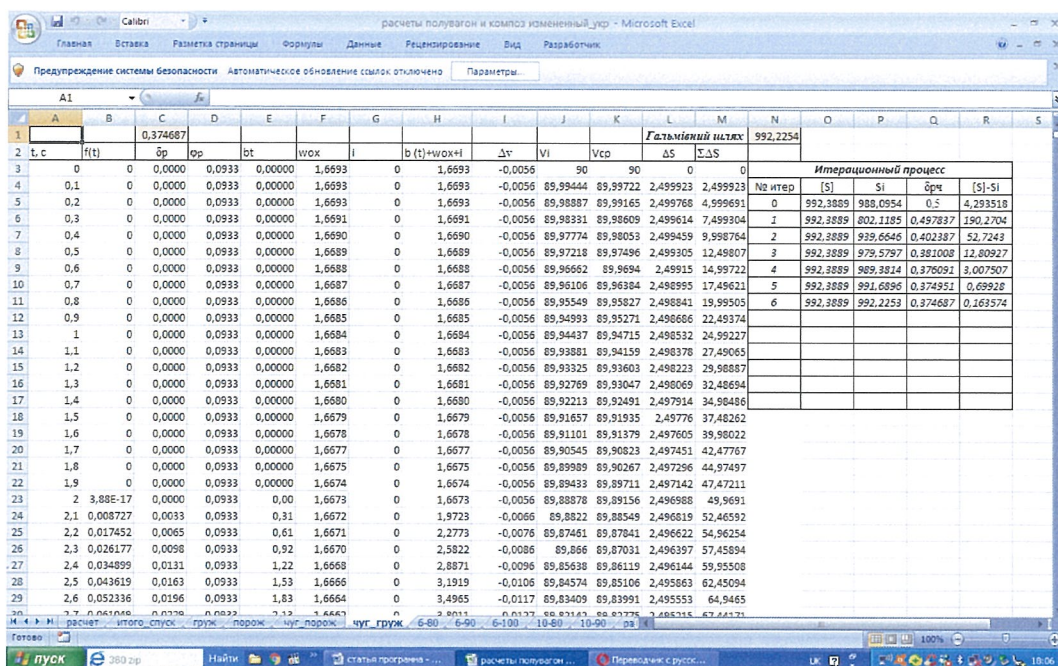


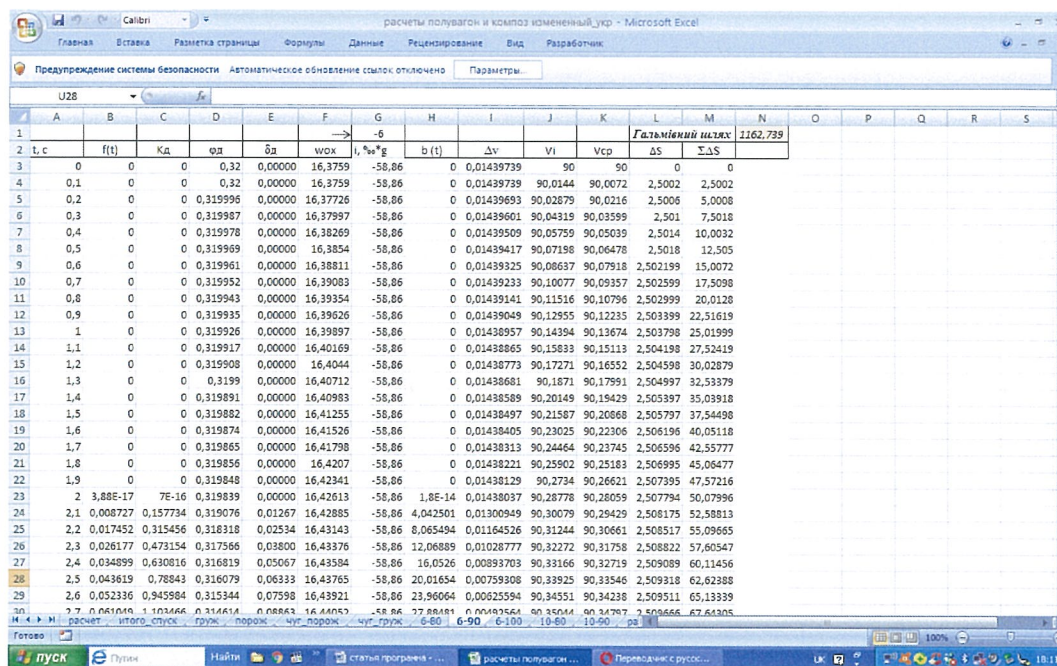
Рис. 9. Визначення розрахункового коефіцієнта чавунних колодок для порожнього поїзда



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



**Рис. 10. Визначення розрахункового коефіцієнта чавунних колодок для навантаженого поїзда**



**Рис. 11. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда на спуску 6 % в навантаженому стані при швидкості руху 90 км/год**



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

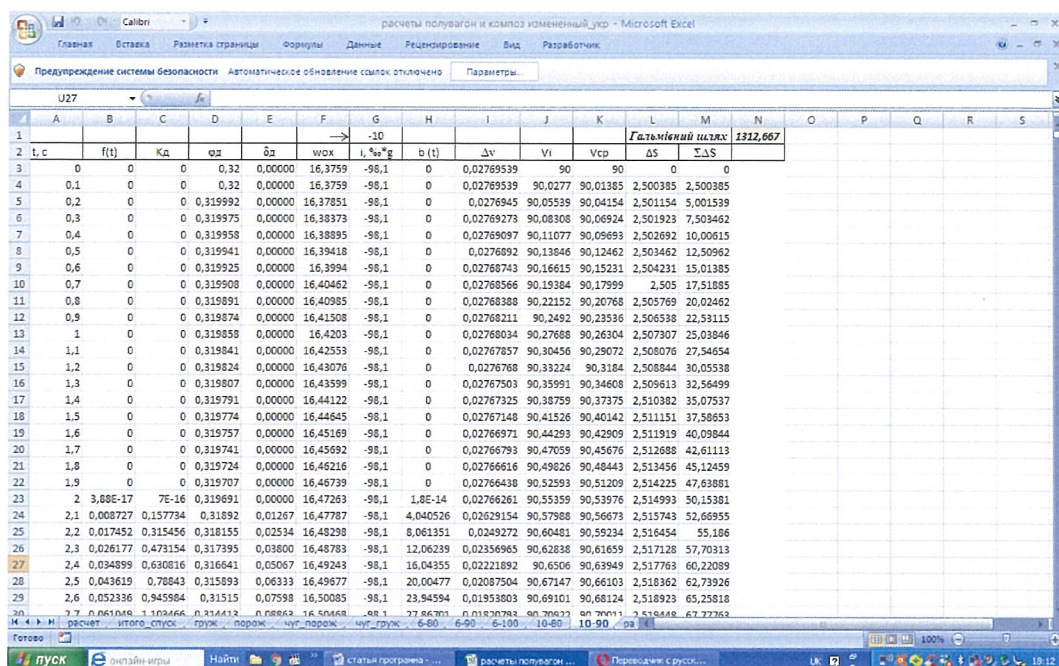


Рис. 12. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда на спуску 10 % в навантаженому стані при швидкості руху 90 км/год

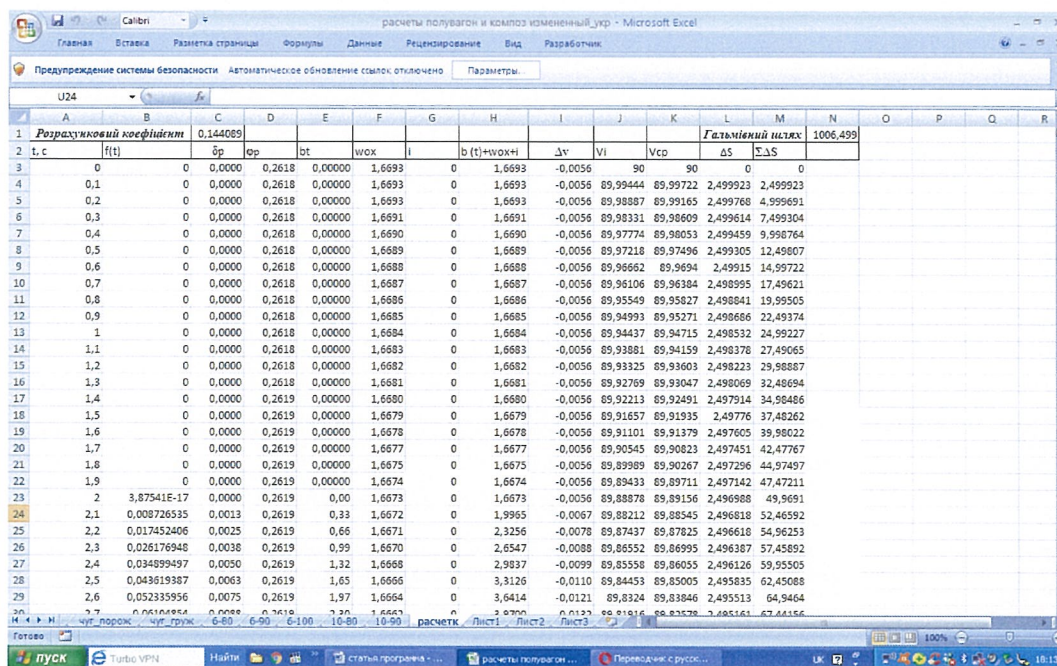


Рис. 13. Визначення гальмівного шляху вантажного поїзда в навантаженому стані по розрахунковому коефіцієнту композиційних колодок

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Для прикладу наведено текст програми для навантаженого поїзда (табл. 2), точність розрахунку визначається по різниці гальмівних шляхів, який повинен становити не більше 0,5 м (50 см), за початкове значення розрахункового коефіцієнта приймається 0,5.

Таблиця 2. - Оригінальний текст програми

Sub пересчет_груз()
Sheets("расчет").Select
Range("A1").Select
Dim sdop As Single, stek As Single, otn As Single, kofa As Single, kofb As Single, koffa As Single, koffb As Single
sdop = ActiveCell.Offset(14, 5).Range("A1")
stek = ActiveCell.Offset(14, 4).Range("A1")
If (sdop - stek) > 0.5 And (sdop - stek) < -0.5 Then
Stop
End If
Sheets("чуг_груз").Select
Range("n5:r18").Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
stek = ActiveCell.Offset(0, 13).Range("A1")
kofa = 0.5
ij = 0
Продолжение таблицы 1
ActiveCell.Offset(4, 13).Value = ij
ActiveCell.Offset(4, 14).Value = sdop
Продолжение таблицы 1
ActiveCell.Offset(4, 15).Value = stek
ActiveCell.Offset(4, 16).Value = kofa
ActiveCell.Offset(4, 17).Value = Abs(sdop - stek)
While Abs(sdop - stek) > 0.5
ij = ij + 1
otn = stek / sdop
kofa = kofa * otn
ActiveCell.Offset(0, 2).Value = kofa
stek = ActiveCell.Offset(0, 13).Range("A1")
ActiveCell.Offset(ij + 4, 13).Value = ij
ActiveCell.Offset(ij + 4, 14).Value = sdop
ActiveCell.Offset(ij + 4, 15).Value = stek
ActiveCell.Offset(ij + 4, 16).Value = kofa
ActiveCell.Offset(ij + 4, 17).Value = Abs(sdop - stek)
Wend
Sheets("расчет").Select
Range("A1").Select
End Sub



## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Перед початком розрахунку необхідно на першому аркуші робочої книги («розрахунок») в ліву таблицю (див. рис. 5) занести вхідні дані, або їх замінити для подальшого розрахунку.

У якості приклада, в таблиці 3 наведені вхідні дані для розрахунку, наведеному в [1].

*Таблиця 3. - Параметри гальма напіввагона з роздільним по візковим гальмуванням*

Найменування	Значення
1	2
Модель вагона	<b>7017-05</b>
Інтервальний крок часу гальмування, с	0,1
Початкова швидкість для навантаженого поїзда, км/год	<b>90</b>
Початкова швидкість для порожнього поїзда, км/год	<b>100</b>
<b><i>Параметри вагона</i></b>	
Маса вагона, т	<b>24,5</b>
Маса вантажу, т	<b>75,100</b>
Число гальмівних колодок на вагоні	<b>8</b>
Число гальмівних колодок на колісній парі	<b>2</b>
Число гальмівних циліндрів	<b>2</b>
<b><i>Параметри гальмівного циліндра</i></b>	
Діаметр поршня, м	0,254
Жорсткість пружини, кН / м	2,3
Зусилля попереднього стиснення пружини, кН	0,883
ККД гальмівного циліндра	0,980
Тиск в гальмовому циліндрі, кПа	навантажений порожній
	300 130
Передаточне відношення важеля передачі	<b>5,7</b>
Вихід штока гальмівного циліндра, м	навантажений порожній
	0,065 0,065
<b><i>Параметри авторегулятора</i></b>	
Зусилля попереднього стиснення, кН	0,883
Жорсткість пружини, кН / м	20,8
Величина стиснення при гальмуванні, м	0,010
Передаточне відношення (композиційні колодки)	0,470
ККД важільної передачі	0,950

Після введення даних, для запуску програми досить натиснути на будь-яку вільну клітинку, або натиснути «ENTER», при цьому розрахункові дослідження виконуються автоматично, для перерахунку на чавунні колодки запустити макроси натисненням відповідних кнопок на панелі першого робочого аркуша.

Слід зазначити, що частина параметрів таблиці 3 регламентовані нормативною документацією, тому заміні піддаються дані, які відмічені жирним шрифтом.

### **Висновки.**

1. Розроблено універсальну програму, яка дозволяє досліджувати гальмівні системи різного конструктивного винання:
  - ✓ з одним і двома гальмівними циліндрами;

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

- ✓ з одностороннім та двостороннім натисненням гальмівних колодок на колеса;
  - ✓ з дисковим гальмом (для дискового гальма вказують: параметри кліщового механізму, радіус тертя, діаметр колеса).
2. Створена програма повністю автоматизована і дозволяє виконувати різноманітні розрахункові дослідження з метою вибору раціональних параметрів гальмівної системи вантажного вагона.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС), принят 30 октября 2018 г. (протокол № 113-П), Москва, Стандартиформ, 2018. 31 с.

#### ***O.M. Safronov***

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)  
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-03-24

#### ***Y.Y. Vodiannikov***

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)  
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-03-24

#### ***O.G. Makeieva***

State Enterprise «Ukrainian Research Railway Car Building Institute» (DP «UkrNDIV»)  
33, Prykhodka Str., Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-02-50

### SOFTWARE APPLICATION FOR DETERMINATION OF BRAKE EFFICIENCY OF FREIGHT TRAINS ACCORDING TO THE RULES OF GOST 34434-2018

*Calculation algorithm for braking distances of a freight train and recalculation on cast iron brake shoes in accordance with new rules of GOST 34434-2018 "BRAKE SYSTEMS OF FREIGHT CARS. Technical requirements and calculation rules " is given. According to the above mentioned algorithms, a program was drawn up in the Excel environment, intended to complete automation of the process of computational research to determine the braking efficiency of a freight train. The program is universal, as it allows studying brake systems of different design: with one and two brake cylinders; with one-sided and two-sided application of brake shoes on wheels; with disc brake. Examples of calculation studies of the braking efficiency of the open-top car with an axial load of 25 tons are shown.*

**Keywords:** *brake efficiency of freight trains, calculation algorithm of the brake distances, cast iron shoes, software application.*

### REFERENCES

1. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета [Brake systems of freight railways cars. Technical requirements and calculation rules]. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (ISS), adopted on October 30, 2018 (Minutes № 113-P), Moscow, Standardinform, 2018. pp.31.