

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

УДК 629.463.67

DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-111-126

O.M. Сафронов*

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

Ю.Я. Водяnnіков

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

П.О. Хозя

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

A.Є. Можейко

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»
вул. І. Приходька 33, м. Кременчук, Полтавської обл., 39621, Україна
Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ГАЛЬМІВНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КАР'ЄРНИХ ПОЇЗДІВ З ШЕСТИВІСНИМИ ДУМПКАРАМИ ПІДВИЩЕНОГО ОСЬОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДО 27,7 ТС

Підвищення технічного рівня залізничного транспорту промислових підприємств виражається у впровадженні прогресивних видів тяги (тепловозів і електровозів), чотири і шестивісних спеціалізованих вагонів, у тому числі саморозвантажних, засобів автоматики і телемеханіки. Для підвищення продуктивності кар'єрних потягів на ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» був запроектований шестивісний вагон-самоскид (думпкар) моделі 33-7141 для кар'єрного залізничного транспорту. Вагон призначений для перевезення з кар'єрів розкривних скельних порід, руди і інших сипких і кускових вантажів, щільністю (1,75-4,0) т/м³, а також механізованого розвантаження на відвахах або подрібнювальних установках відкритих гірських розробок. Відмітною особливістю інноваційних думпкарів від типових є збільшення маси вантажу на 10 т та осьового навантаження до 271,6 (27,7) кН (тс). У зв'язку з цим, актуальними стають питання оцінки гальмівної ефективності кар'єрного поїзда з інноваційними думпкарами, що відповідають вимогам для залізничного промислового транспорту.

© Сафронов О.М., Водяnnіков Ю.Я., Хозя П.А., Можейко А.Є., 2021

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

У статті приведені результати дослідження гальмівної ефективності кар'єрного поїзда з 10 і 14 вагонами в складі. В якості тягових одиниць розглядалися: тепловоз ТЭМ7 і агрегат ОП Э1АМ з одним і двома моторними вагонами. Максимальні допустимі швидкості руху визначалися в заданому діапазоні ухилів залізничної колії, причому максимально можливий спуск задавався за умови, що гальмівний шлях не перевищить або буде рівним 300.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що максимальні допустимі ухили склали від 34 % до 38 % залежно від кількості вагонів і тягових одиниць. Швидкість руху потягів з інноваційними думпкарами на площині складає 42 км/год.

Ключові слова: вагон-самоскид, думпкар, максимальний ухил, допустима швидкість, гальмівний шлях, тягова одиниця.

A.M. Сафронов*

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

Ю.Я. Водянников

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-20-43, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

П.А. Хозя

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-03-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

А.Е. Можейко

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»

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

Телефон: (05366) 6-13-24, E-mail: office@ukrndiv.com.ua

ТОРМОЗНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАРЬЕРНЫХ ПОЕЗДОВ С ШЕСТИОСНЫМИ ДУМПКАРАМИ ПОВЫШЕННОЙ ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ ДО 27,7 ТС

Повышение технического уровня железнодорожного транспорта промышленных предприятий выражается во внедрении прогрессивных видов тяги (тепловозов и электровозов), четырех и шестиосных специализированных вагонов, в том числе саморазгружающихся, средств автоматики и телемеханики. Для повышения производительности карьерных поездов на ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» был спроектирован

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

шестивісний вагон-самосвал (думпкар) моделі 33-7141 для кар'єрного залізничного транспорту. Вагон призначений для перевозки із кар'єров вскинних скальних пород, руди і других сипучих і кускових грузів, щільністю (1,75-4,0) т/м³, а також механізованої розгрушки на отвахах чи дробильних установках відкритих горних розробок. Отличительною особливістю інноваційних думпкарів від типових являється збільшення маси перевозимого груза на 10 т і осевої навантаження до 271,6 (27,7) кН (тс). В зв'язку з цим, актуальними стають питання оцінки тормозної ефективності кар'єрного поезда з інноваційними думпкарами, відповідаючими вимогам для залізничного промисленного транспорту.

В статті приведені результати дослідження тормозної ефективності кар'єрного поезда з 10 і 14 вагонами в складі. В якості тягових одиниць розглядалися: тепловоз Т ЭМ7 і агрегат ОП Э1АМ з одним і двома моторними вагонами. Максимальні дозволені швидкості руху визначались в заданому діапазоні уклонів залізничного пути, причем максимально можливий спуск задавався під умову, що тормозна дорога не перевищить чи буде рівна 300 м.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що максимальні дозволені спуски становили від 34 % до 38 % в залежності від кількості вагонів і тягових одиниць. Швидкість руху поездів з інноваційними думпкарами на площині становила 42 км/ч.

Ключові слова: вагон-самосвал, думпкар, максимальний уклон, дозволена швидкість, тормозна дорога, тягова одиниця.

Умови роботи гірничодобувних підприємств не є постійними і безперервно ускладнюються впродовж усього періоду розробки родовища (zmіна в часі глибини ведення гірських робіт, висоти робочої зони і величини поточного коефіцієнта розкриву, zmіна з глибиною умов транспортування гірської маси з кар'єру до пунктів доставки).

Збільшення глибини кар'єрів для видобутку корисних копалин до 750-1000 м визначає підвищену увагу до проблем транспорту глибоких кар'єрів, тому що без її рішення неможливо забезпечити рентабельний видобуток корисних копалин на таких глибинах. Це обумовлює оснащення кар'єрів новим гірничотранспортним устаткуванням, вдосконалення технології і організації виробництва і інші чинники технічного прогресу доки не компенсиують пов'язане із зростанням глибини кар'єрів збільшення витрат. Тому, у міру зростання відстаней транспортування і висоти під'йому гірської маси, зменшення розмірів робочої зони кар'єру потрібно періодично вдосконалення транспортної системи і схеми розкриття кар'єру, спрямоване на забезпечення оптимальних умов експлуатації кожного із вживаних на кар'єрі видів транспорту при їх самостійному або комбінованому застосуванні.

Підвищення технічного рівня залізничного транспорту промислових підприємств виражається у впровадженні прогресивних видів тяги (тепловозів і електровозів), чотири та шестивісних спеціалізованих вагонів, у тому числі саморозвантажних, засобів автоматики і телемеханіки.

Для підвищення продуктивності кар'єрних потягів і зниження часу обороту на ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» був зaproектований шестивісний вагон-самосвал (думпкар) для кар'єрного залізничного транспорту моделі 33-7141 (рис.1).

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

Мета розробки полягала в створенні думпкара з поліпшеними техніко-економічними показниками посиленої конструкції на тривісних візках, призначеними для перевезення з кар'єрів розкривних скельних порід, руди і інших сипких і кускових вантажів, щільністю (1,75-4,0) т/м³, а також механізованого розвантаження на відвалах або подрібнювальних установках відкритих гірських.

Вагон-думпкар призначається для експлуатації по коліям промислових підприємств з ухилом не більше 30 %, а також для пересування в порожньому стані по мережі залізниць колії 1520 мм, до місця експлуатації або ремонту, з конструкційною швидкістю не більше 90 км/год, як вантаж на своїх осях. Основні параметри і розміри вагона-думпкара вказані в таблиці 1 [4].



Рис. 1. Шестивісний вагон-самосвал (думпкар) моделі 33-7141

Таблиця 1. - Основні параметри і розміри вагона-думпкара моделі 33-7141

Найменування параметра	Значення параметра
1	2
Вантажопідйомність, т, не більше	115
Маса тари, т, не більше	51
Ширина колії, мм	1520
Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, кН (тс)	271,6 (27,7)
Об'єм кузова, м ³	55
Питомий об'єм, (об'єм/вантажопідйомність), м ³ /т	0,474
Питома матеріаломісткість (маса тари/вантажопідйомність)	0,439
Конструкційна швидкість, км/год, не більше:	90
- по магістральних коліях в порожньому стані	70
- по коліях промислових підприємств в порожньому стані	40

Оскільки відмітною особливістю інноваційних думпкарів від типових є збільшення маси вантажу на 10 т і осьового навантаження до 271,6 (27,7) кН (тс), то актуальними є питання гальмівної ефективності вагонів, що відповідають вимогам для залізничного промислового транспорту.

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

В якості оціночної характеристики гальмівної ефективності промислового залізничного транспорту є максимальна швидкість руху, за якої гальмівний шлях складає 300 м незалежно від величини ухилу залізничної колії [5-7].

Дослідження гальмівної ефективності інноваційного вагона-думпкара проводилися в умовах Полтавського гірничу-збагачувального комбінату. Такий вибір обумовлений наявною розвинutoю залізничною інфраструктурою на цьому підприємстві.

Загальна протяжність залізничної мережі на території комбінату складає 186,8 км, з них електрифіковані 87 км. Щорічно перевозиться близько 55 млн тонн гірської маси : близько 35 млн тонн - це руда і 20 млн тонн – порода [8].

Для перевезення руди використовуються локомотиви ТЕМ- 7 і тягові агрегати ОПЕ1АМ.

Дослідження виконувалися в два етапи: на першому етапі вимірювалися дійсні сили натиснення композиційних колодок на колеса при екстренному пневматичному гальмуванні, а також тиски в гальмівних циліндрах, на другому - визначалися максимальні допустимі швидкості руху кар'єрного поїзда, за яких гальмівний шлях складає 300 м при заданому діапазоні значень ухилів.

Гальмівна ефективність визначалася для поїзда, що включає послідовно 10 і 14 вагонів-думпкарів вантажопідйомністю 115 тонн з масою тари 51 т.

В якості тягових одиниць розглядалися тепловоз ТЕМ7 (рис. 2) і тяговий агрегат моделі ОПЕ1АМ з одним і двома моторними вагонами (рис. 3 і 4).



Рис. 2. Загальний вигляд тепловозу ТЕМ7



Рис. 3. Зовнішній вигляд тягового агрегату моделі ОПЕ1АМ

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД



Рис.4. Зовнішній вигляд поїзда з двома моторними вагонами

ГАЛЬМІВНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЇЗДА З ТЕПЛОВОЗОМ ТЕМ7

Коротка характеристика тепловоза

Ширина колії, м.....	1520
Габарит по ГОСТ 9238-83.....	1-Т
Потужність по дизелю, кВт (л. с.).....	1470 (2000)
Осьова формула.....	20-20-20-20
Службова маса, т.....	180±3
Нагрузка від колісної пари на рейки, кН (тс).....	220±3 (22,5±3)
Конструкціонна швидкість, км/год.....	100
Мінімальний радіус прохідних кривих, м.....	80
Діаметр коліс, мм.....	1050

Гальмівне обладнання тепловоза ТЕМ7 приведене на рис. 5. Параметри гальмівного обладнання тепловоза ТЕМ7 наведено в табл. 2

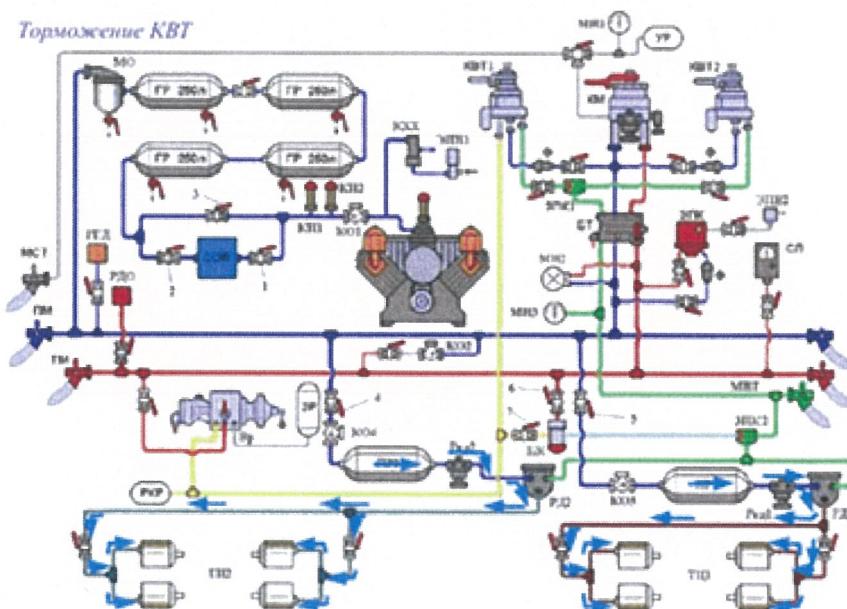


Рис.5. Схема гальмівного обладнання тепловоза ТЕМ7

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

Таблиця 2.- Параметри гальмівного обладнання

Найменування параметра	Значення параметра
Тип гальма	колодка з двостороннім натисненням
Принцип дії пневматичного гальма	автоматичний прямодіючий
Розподільник повітря	умовний № 483
Число гальмівних осей пневматичного гальма, шт	8
Величина натиснення гальмівних колодок пневматичного гальма, тс	60,6
Тип гальмівних колодок	чавунні гребеневі

Дослідження проводилися при подвійній тязі (два тепловози) з кількістю вагонів 10 і 14. Результати представлені в таблицях 3, 4.

Таблиця 3. - Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2020 тс

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2020 тс і корисним навантаженням при 10 вагонах - 1150 тс.				
Ухил, %	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
1	2	3	4	5
-36	5,11	146	300,01	
-34	8,30	121	300,01	
-32	11,27	105	300,01	
-30	14,04	94	300,00	
-28	16,63	85	300,00	
-26	19,07	79	300,01	
-24	21,37	73	300,00	
-22	23,55	69	300,00	
-20	25,63	65	299,99	
-18	27,62	62	300,00	
-16	29,53	59	300,00	
-14	31,36	56	300,01	
-12	33,12	54	300,00	
-10	34,83	52	300,01	
-8	36,48	50	300,00	
-6	38,08	49	300,01	
-4	39,63	47	300,00	
-2	41,14	46	300,00	
0	42,62	45	300,00	
2	44,04	43	300,00	
4	45,44	42	300,00	

Graph showing Maximum speed V , km/h versus Grade i , %.

Grade i , %	Maximum speed V , km/h
-36	10
-34	15
-32	20
-30	25
-28	30
-26	35
-24	40
-22	45
-20	50
-18	55
-16	60
-14	65
-12	70
-10	75
-8	80
-6	85
-4	90
-2	95
0	100
2	105
4	110

Rівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу

$$V_{\max} = 0,00010 i^3(\%) - 0,00534 i^2(\%) +$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

Закінчення таб. 3

1	2	3	4	5
6	46,81	41	300,00	
8	48,15	40	300,00	
10	49,47	40	300,00	
12	50,75	39	300,00	
14	52,00	38	300,00	
16	53,23	37	299,99	+ 0,70923 i (%) + 42,69671
18	54,46	37	300,00	Kоефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень) $R^2 = 0,99992$
20	55,64	36	299,99	
22	56,80	35	300,00	
24	57,96	35	300,00	
26	59,08	34	300,00	

Таблиця 4. - Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2684 тс

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2684 тс та корисним навантаженням при 14 вагонах - 1610 тс.				
Ухил, %	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
1	2	3	4	5
-34	5,44	153	299,99	
-32	8,83	125	300,01	
-30	11,92	107	300,01	
-28	14,78	95	299,99	
-26	17,43	86	300,00	
-24	19,91	79	300,00	
-22	22,23	73	300,00	
-20	24,44	69	299,99	
-18	26,53	65	300,00	
-16	28,52	62	300,01	
-14	30,43	59	300,00	
-12	32,26	56	300,00	
-10	34,03	54	300,00	
-8	35,73	52	300,01	
-6	37,38	50	300,00	
-4	38,99	49	300,01	
-2	40,53	47	300,00	
0	42,04	46	300,00	
2	43,50	44	300,00	
4	44,93	43	300,00	

Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу

$$V_{\max} = 0,00011 \cdot i^3 (\%) - 0,00612 \cdot i^2 (\%)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

Закінчення таб. 4

1	2	3	4	5
6	46,32	42	300,00	
8	47,68	41	300,00	
10	49,01	40	300,00	
12	50,32	39	300,00	
14	51,61	39	300,00	
16	52,85	38	300,00	
18	54,07	37	299,99	
20	55,28	36	300,00	
22	56,47	36	299,99	
24	57,62	35	299,99	

$$+ 0,72589 \cdot i(\%) + 42,16523$$

Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень)

$$R^2 = 0,99988$$

ГАЛЬМІВНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЇЗДА З ТЯГОВИМ АГРЕГАТОМ

ОПЕ1АМ

Коротка характеристика агрегату

Діаметр коліс, мм.....	1250
Ширина колії, мм.....	1520
Конструкційна швидкість, км/год.....	65
Швидкість тривалого режиму, км/год.....	30,4
Маса тягового агрегату, т.....	368
Електровоза управління, т.....	120
Дизельній секції, т.....	124
Навантаженого моторного вагону, т.....	124
Вантажопідйомність моторного вагону, т.....	45,5
Маса тари моторного вагону, т, не більше.....	82,2

Таблиця 5. - Параметри гальмівного обладнання

Найменування параметра	Значення параметра
Тип гальма	колодка з двостороннім натисненням
Принцип дії пневматичного гальма	автоматичний прямодіючий
Число гальмівних колодок на осі, шт	4
Число гальмівних осей пневматичного гальма, шт	4
Величина натиснення гальмівних колодок пневматичного гальма, тс	4,3
Тип гальмівних колодок	чавунні гребеневі
Електричне гальмування (магниторельсовий гальмо не використовується)	-

Результати дослідження при одному моторному вагоні з кількістю вагонів 10 і 14 представлена в таблицях 6, 7 (під час екстренного гальмування при дії

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

пневматичного гальма). Результати дослідження гальмівної ефективності поїзда з двома моторними вагонами приведені в таблицях 8, 9.

Підсумкові результати дослідження приведено в таблиці 10.

Таблиця 6. - Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2028 тс

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2028 тс і корисним навантаженням при 10 немоторних вагонах і одному моторному вагоні- 1195,5 тс.				
Ухил, %	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
1	2	3	4	5
-36	5,37	145	300,04	
-34	8,53	121	299,97	
-32	11,48	105	300,02	
-30	14,23	94	299,98	
-28	16,81	85	300,02	
-26	19,23	78	299,95	
-24	21,52	73	299,97	
-22	23,70	69	300,01	
-20	25,77	65	299,99	
-18	27,76	62	300,01	
-16	29,66	59	300,04	
-14	31,48	56	300,01	
-12	33,24	54	300,02	
-10	34,94	52	300,01	
-8	36,59	50	300,01	
-6	38,19	49	300,01	
-4	39,73	47	300,00	
-2	41,25	46	300,00	
0	42,72	45	300,00	
2	44,14	43	299,97	
4	45,54	42	299,97	
6	46,90	41	299,97	
8	48,24	40	299,98	
10	49,56	40	299,96	
12	50,84	39	299,98	
14	52,09	38	299,98	
16	53,31	37	299,99	
18	54,54	37	299,98	
20	55,72	36	299,99	
22	56,87	35	299,99	
24	58,04	35	300,00	
26	59,15	34	300,00	

A nomogram with a grid background. The horizontal axis (x-axis) is labeled 'i, %' and ranges from -40 to 25 with increments of 5. The vertical axis (y-axis) is labeled 'V, km/ч' and ranges from 0 to 60 with increments of 10. A smooth curve is drawn through points corresponding to the data in the table, starting near (-36, 5) and ending near (26, 60).

Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу

$$V_{\max} = 0,0001 \cdot i^3(\%) - 0,0053 \cdot i^2(\%) + 0,7083 \cdot i (\%) + 42,793$$

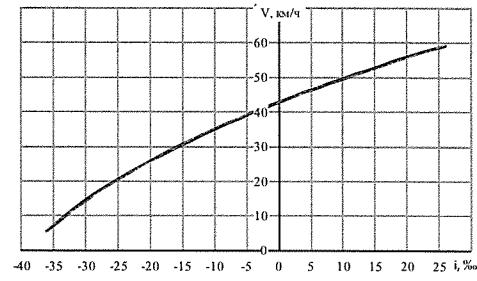
Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень)

$$R^2 = 0,9999$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

Таблиця 7. - Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2692 тс

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2692 тс і корисним навантаженням при 14 немоторних вагонах і одному моторному вагоні – 1655,5 тс.				
Ухил, %	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
-34	5,59	153	299,96	
-32	8,95	125	299,98	
-30	12,04	107	299,97	
-28	14,89	95	300,04	
-26	17,53	86	300,01	
-24	20,00	79	299,96	
-22	22,32	73	299,98	
-20	24,52	69	299,99	
-18	26,61	65	300,05	
-16	28,60	61	300,03	
-14	30,51	59	300,03	
-12	32,33	56	300,01	
-10	34,10	54	300,01	
-8	35,80	52	300,01	
-6	37,44	50	300,01	
-4	39,04	48	300,00	
-2	40,59	47	300,00	
0	42,10	46	300,00	
2	43,55	44	300,00	
4	44,98	43	299,96	
6	46,37	42	299,97	
8	47,73	41	299,98	
10	49,07	40	299,99	
12	50,37	39	299,99	
14	51,66	39	299,98	
16	52,90	38	299,99	
18	54,12	37	299,99	
20	55,32	36	299,99	
22	56,52	36	299,99	
24	57,67	35	299,99	
26	58,84	35	299,99	
28	59,94	34	299,99	



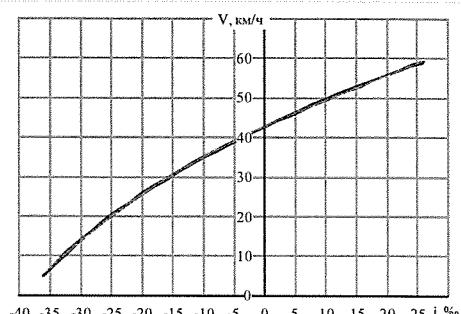
Рівняння для визначення
максимальної швидкості при задано-
му довільному значенні ухилу

$$V_{\max} = 0,0001 \cdot i^3(\%) - 0,0061 \cdot i^2(\%) + 0,7254 \cdot i (\%) + 42,221$$

Коефіцієнт детермінації (міра близь-
кості до розрахункових значень)
 $R^2 = 0,9999$

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

Таблиця 8. - Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2152 тс

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2152 тс та корисним навантаженням при 10 немоторних вагонах і двох моторних вагонах – 1241 тс.				
Ухил, %	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
-38	5,17	138	300,03	
-36	8,15	117	300,03	
-34	10,97	103	300,04	
-32	13,62	92	299,98	
-30	16,14	84	300,04	
-28	18,51	78	300,02	
-26	20,77	73	299,97	
-24	22,92	68	299,98	
-22	24,97	65	299,98	
-20	26,94	61	299,99	
-18	28,83	59	299,99	
-16	30,65	56	300,02	
-14	32,41	54	300,02	
-12	34,11	52	300,01	
-10	35,75	50	299,98	
-8	37,35	49	300,01	
-6	38,90	47	300,00	
-4	40,41	46	300,01	
-2	41,89	45	300,01	
0	43,33	44	300,01	
2	44,71	42	300,00	
4	46,08	41	300,00	
6	47,43	41	299,96	
8	48,74	40	299,97	
10	50,02	39	299,97	
12	51,28	38	299,98	
14	52,51	37	299,99	
16	53,74	37	299,99	
18	54,92	36	299,99	
20	56,09	35	300,00	
22	57,25	35	299,99	
24	58,37	34	299,99	

Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу

$$V_{\max} = 0,00009 \cdot i^3(\%) - 0,0046 \cdot i^2(\%) + 0,6937 \cdot i(\%) + 43,358$$

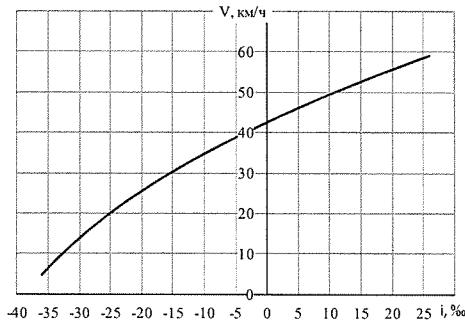
Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень)

$$R^2 = 0,99999$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

Таблиця 9. - Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2817 тс

Гальмівна ефективність поїзда загальною вагою 2817 тс та корисним навантаженням при 14 немоторних вагонах і двох моторних вагонах – 1241 тс.				
Ухил, %	Швидкість, км/год	Час, с	Гальмівний шлях, м	Номограма
-36	4,86	152	300,04	
-34	8,08	125	300,05	
-32	11,09	108	299,96	
-30	13,89	95	299,99	
-28	16,50	86	299,96	
-26	18,96	80	299,95	
-24	21,28	74	299,97	
-22	23,47	69	299,99	
-20	25,57	65	299,99	
-18	27,57	62	300,04	
-16	29,48	59	300,03	
-14	31,32	57	300,03	
-12	33,09	54	300,01	
-10	34,80	52	299,96	
-8	36,45	50	299,98	
-6	38,06	49	300,01	
-4	39,62	47	300,00	
-2	41,13	46	300,00	
0	42,61	45	300,00	
2	44,05	44	300,00	
4	45,44	42	300,00	
6	46,81	41	300,00	
8	48,17	41	299,96	
10	49,47	40	299,96	
12	50,76	39	299,98	
14	52,01	38	299,98	
16	53,24	37	299,99	
18	54,47	37	299,99	
20	55,65	36	299,99	
22	56,81	35	299,99	
24	57,98	35	300,00	
26	59,09	34	300,00	



Рівняння для визначення максимальної швидкості при заданому довільному значенні ухилу

$$V_{\max} = 0,0001 \cdot i^3 (\%) - 0,0054 \cdot i^2 (\%) + 0,7101 \cdot i (\%) + 42,694$$

Коефіцієнт детермінації (міра близькості до розрахункових значень)

$$R^2 = 0,9999$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

Таблиця 10. - Підсумкові результати досліджень

Кількість вагонів	Допустимі швидкості руху на максимальних спусках			Допустимі швидкості руху на спуску 30 %		
	Спуск, %	[V] _{max} , км/год	Час гальмування, с	Спуск, %	[V] _{max} , км/год	Час гальмування, с
<i>На ухилах</i>						
Два тепловоза ТЕМ7						
10 вагонів	-36	5,11	146	-30	14,04	94
14 вагонів	-34	5,44	153	-30	11,92	107
Агрегат ОПЕ1АМ з одним моторним вагоном						
10 вагонів	-36	5,37	145	-30	14,23	94
14 вагонів	-34	5,59	153	-30	12,04	107
Агрегат ОПЕ1АМ з двома моторними вагонами						
10 вагонів	-38	5,17	138	-30	16,14	84
14 вагонів	-36	4,86	152	-30	13,89	95
<i>На рівній площаці</i>						
Кількість вагонів	Спуск, %	[V] _{max} , км/год	Час гальмування, с			
Два тепловоза ТЕМ7						
10 вагонів	42,62	45	300,00			
14 вагонів	42,04	46	300,00			
Агрегат ОПЕ1АМ з одним моторним вагоном						
10 вагонів	42,72	45	300,00			
14 вагонів	42,10	46	300,00			
Агрегат ОПЕ1АМ з двома моторними вагонами						
10 вагонів	43,33	44	300,01			
14 вагонів	42,61	45	300,00			

Висновки

- ✓ Максимальне значення спуску дозволеного для руху кар'єрного поїзда при 10 і 14 думпкарах склав:
 - при двох тепловозах ТЕМ7 і агрегаті ОПЕ1АМ з одним моторним вагоном відповідно мінус 36 % і 34 %;
 - для агрегату ОПЕ1АМ з двома моторними вагонами - мінус 38 % і 36 %;
- ✓ Максимальна допустима швидкість руху кар'єрного поїзда на спуску 30 % при 10 і 14 думпкарах не повинна перевищувати:
 - при двох тепловозах ТЕМ7 і агрегаті ОПЕ1АМ з одним моторним вагоном 14 км/год і 12 км/год;
 - для агрегату ОПЕ1АМ з двома моторними вагонами відповідно 16,14 км/год і 13,89 км/год.

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

ЛІТЕРАТУРА

1. Логинов А.И., Афанаскин Н.Е. Вагоны-самосвалы. М.: Транспорт, 1975, 192 с.
2. Каблуков В.А., Савчук О.М. Подвижной состав промышленного железнодорожного транспорта: Учебник 2-е изд. перераб. и доп. К.: Вища школа, 1990, 295 с.
3. Калмыков В.Г., Кузнецов А.Г. Вагоны промышленного транспорта. М.: Транспорт. 1978. 336 с.
4. Технічне завдання на дослідно-конструкторську роботу вагон – самоскид (думпкар) модель 33-7141 7141.00.000 ТЗ. 31 с.
5. Методическое пособие. Актуализация правил тяговых расчетов на промышленном железнодорожном транспорте. Москва: 2016. 95 с.
6. Правила тяговых расчетов для поездной работы промышленных электровозов и тяговых агрегатов постоянного тока. М.: ПромтрансНИИпроект, 1977. 117 с.
7. Правила тяговых расчетов для поездной работы, М.: Транспорт, 1985. 287с.
8. Козаченко Д. М., Малашкін В. В., Березовий М. І., Іскра О. Л. Дослідження пропускної та провізійної спроможності залізничної інфраструктури гірничу-збагачувального комбінату в умовах збільшення обсягів перевезення сировини. Транспортні системи і технології перевезень. Дніпро, 2020. Вип. 20. С. 86–93. DOI: 10.15802/tstt2020/217417.

O.M. Safronov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24

Yu.Ya. Vodiannikov

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "33 I. Prikhodka Str,
Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-20-43

P.O. Khozia

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-03-24

A.E. Mozheiko

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute"
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine
Tel.: (05366) 6-13-24

BRAKING EFFICIENCY OF QUARRY TRAINS WITH SIX-BOGIES DUMP CARS OF THE INCREASED AXIAL LOAD UP TO 27.7 TF

Improving the technical level of railway transport of industrial enterprises is expressed in the introduction of advanced types of traction (locomotives and electric locomotives), four and six-axle specialized cars, including self-unloading, automation and telemechanics. To increase the productivity of quarry trains at PJSC "Kryukiv Railway Car Building Plant" a six-axle dump car model 33-7141 for quarry railway transport was designed. The car is designed for transportation from quarries of open cut hard rocks, ore and other bulk and lump cargo with density (1.75-4.0) t/m³, as well as mechanized unloading on dumping sites or crushing units of opencast mining.

РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

A distinctive feature of innovative dump cars from typical ones is the increase of cargo weight by 10 t and axial load to 271.6 (27.7) kN (ts). In this regard, the issues of assessing the braking efficiency of a quarry train with innovative dump cars that meet the requirements for railway industrial transport are becoming relevant. The article presents the study results of the braking efficiency of a quarry train composition of 10 and 14 cars. Locomotive TEM7 and unit OPE1AM with one and two motor cars were considered as traction units. The maximum permissible speeds were determined in a given range of slopes of the railway track, and the maximum possible descent was set provided that the braking distance does not exceed or will be equal to 300.

As a result of research, it was found that the maximum allowable deviations ranged from 34 % to 38 % depending on the number of cars and traction units. The speed of trains with innovative dump trucks on the site is 42 km/h.

Key words: *dump car, tipping wagon, maximum slope, permissible speed, braking distance, traction unit.*

REFERENCES

1. Lohinov A.Y. & Afanaskin N.E. (1975). *Vahony-samosvaly [Tipping wagons]*. Moscow: Transport, p. 192 [in Russian]
2. Kablukov V.A. & Savchuk O.M. (1990). *Podvizhnoi sostav promyshliennoho zhielieznodorozhnoho transporta [Rolling stock of industrial railway transport]*. Textbook 2nd ed. reworked. and ext. Kyiv: Vyshcha shkola, p. 295 [in Ukrainian]
3. Kalmykov V.G. & Kuznetsov A.G. (1978). *Vahony promyshliennoho transporta. [Industrial railway cars]*. Moscow: Transport, p. 336 [in Russian]
4. Tekhnichne zavdannia na doslidno-konstruktorskui robotu vahon – samoskyd (dumpkar) model 33-7141 7141.00.000 TZ [Technical requirement specification for research and design work of dump car model 33-7141 7141.00.000 TS], p. 31 [in Ukrainian]
5. Mietodicheskoie posobiie. Aktualizatsiia pravil tiahovykh raschietov na promyshliennom zhelezno-dorozhnom transportie [Guidance manual. Updating of the traction calculations rules for industrial railway transport]. (2016). Moscow, p. 95 [in Russian]
6. Pravyla tiahovykh raschietov dlja poezdnoi raboty promyshliennykh eliektrovozov i tiahovykh ahrehatov postoiannoho toka [Rules of traction calculations for train operation of industrial electric locomotives and traction units of direct current]. (1977). Moscow: Promtrans NYY proiekt [in Russian]
7. Pravyla tiahovykh raschietov dlja poezdnoi raboty [Rules of traction calculations for train operation]. (1985). Moscow: Transport [in Russian]
8. Kozachenko D.M., Malashkin V.V., Berezovyi M.I. & Iskra O.L. (2020). Doslidzhennia propusknoi ta proviznoi spromozhnosti zaliznychnoi infrastruktury hirnycho-zbahachuvalnogo kombinatu v umovakh zbilshennia obsiahiv perevezennia syrovyny [Research of throughput and carrying capacity of the railway infrastructure of the mining and processing plant in the conditions of increase in raw materials volumes transportation]. *Transportni systemy i tekhnolohii perevezen –Transport systems and transportation technologies*, 20, 86–93. Dnipro. DOI: 10.15802/tstt2020/217417 [in Ukrainian].