

УДК 656.213

Д. М. КОЗАЧЕНКО^{1*}, В. І. БОБРОВСЬКИЙ^{2*}, О. Б. ОЧКАСОВ^{3*}, А. П. ШЕПОТЕНКО^{4*}

^{1*} Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, ел. пошта kozachenko@upr.diit.edu.ua, ORCID 0000-0003-2611-1350

^{2*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (068) 444 63 95, ел. пошта: 1973bvi@gmail.com, ORCID 0000-0001-8622-2920

^{3*} Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. + 38 (056) 733 19 61, ел. пошта oalexander@mail.ru, ORCID 0000-0002-7719-7214

^{4*} Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. + 38 (056) 733 19 61, ел. пошта sthorn@ua.fm, ORCID 0000-0003-4349-1674

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ЕЛЕВАТОРІВ ДЛЯ НАВАНТАЖЕННЯ ВІДПРАВНИЦЬКИХ МАРШРУТІВ

Мета. Метою статті є удосконалення підходів до проектування та експлуатації під'їзних колій зернових елеваторів для можливості навантаження на них прямих відправницьких маршрутів. **Методика.** Дослідження виконані на основі методів організації експлуатаційної роботи залізниць. **Результати.** Одним із основних методів зниження витрат у логістичному ланцюзі, що забезпечує експорт зернових вантажів є маршрутизація перевезень. Використання цієї технології в умовах України обмежується низькою навантажувальною спроможністю елеваторів. В статті розроблені принципові схеми колійного розвитку під'їзних колій елеваторів та проаналізовано використання різних технічних засобів для виконання маневрової роботи на них. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає у тому, що в ній розроблено методику та отримано техніко-експлуатаційну оцінку технічного оснащення та технології роботи під'їзних колій зернових елеваторів для навантаження відправницьких маршрутів. **Практична значимість.** Результати виконаних досліджень можуть бути використані при проектуванні, реконструкції існуючих та будівництві нових елеваторів, а також для оцінки витрат, пов'язаних з різними логістичними схемами доставки зерна у морські порти.

Ключові слова: залізничний транспорт; зерновий елеватор; перевезення зернових; відправницький маршрут; під'їзна колія

Вступ

На сьогодні зерно є одним із основних експортних товарів вітчизняної економіки. У 2016/2017 маркетинговому році Україною було експортовано 43,9 млн т зернових, що у грошовому еквіваленті складає біля 17 % від загального експорту країни та є другим результатом у світі після США (92 млн т). Однією із проблем, яку необхідно вирішити для підвищення конкурентоспроможності вітчизняного зерна на зовнішніх ринках, є зниження логістичних витрат. Так, згідно з оцінкою Світового банку [14] логістичні витрати на експорт зерна в Україні складають 50-55 USD/т, тобто біля 35 % від його кінцевої вартості; в той же час у США ці витрати знаходяться на рівні 30 USD/т, що складає біля 9 % від вартості зерна [8].

Скорочення логістичних витрат, пов'язаних з перевезеннями зерна, може бути досягнуто за рахунок удосконалення технічних засобів та

технологій, що їх забезпечують.

Аналіз вітчизняної системи зберігання та транспортування зерна на експорт виконано в [3]. Представлені в даній роботі результати показують, що однією із сучасних проблем логістичного забезпечення перевезень зернових є недосконалість взаємодії елеваторів та залізничного транспорту. Ця неузгодженість насамперед викликана низькою навантажувальною спроможністю елеваторів, які в більшості випадків можуть завантажити 10-12 вагонів на добу. Така ситуація в сукупності зі значною розпорошеністю станцій навантаження зерна по території країни призводить до неможливості відвантаження зернових вантажів відправницькими маршрутами. В результаті зерно є єдиним видом масових вантажів, що переважно перевозиться повагонними відправками і, при середньому рівні відправницької маршрутизації по Укрзалізниці 40-45 %, маршрутизація переве-

зень зерна становить лише 10 % [5, 10].

Необхідно відмітити, що будівництво значної частини елеваторів в Україні здійснювалось за часів СРСР. Більше того, «Норми технологічного проектування хлібоприймальних підприємств та елеваторів» [9] залишаються незмінними з тих часів і нові елеватори також будуються відповідно до застарілих вимог. Згідно з [9], типові проекти пристроїв для навантаження зерна розробляються, виходячи з розрахунку обробки однієї групи вагонів місткістю 1000 т, 1500 т, 2000 т, 3000 т. Для підприємств з розрахунковим добовим об'ємом навантаження понад 1000 т необхідно приймати добове навантаження зерна не менше вантажопідйомності залізничного маршруту. Фронт навантаження і розвантаження залізничних маршрутів повинен визначатися з умови навантаження або розвантаження маршруту не більше ніж в дві-три подачі. Для конкретних пунктів будівництва кількість подач на добу і їх величина встановлювались Міністерством шляхів сполучення (МШС, зараз Укрзалізницею). Розрахунковий об'єм операцій згідно з [9] необхідно визначати з урахуванням коефіцієнтів нерівномірності відвантаження зерна за формулою

$$B_p = \frac{BK_m K_d}{330},$$

де B – річний обсяг навантаження зерна, т;

K_m, K_d – відповідно, коефіцієнти місячної та добової нерівномірності перевезень;

330 – розрахункова кількість діб, протягом яких здійснюється навантаження зерна протягом року.

Згідно з [9] для типових проектів елеваторів значення коефіцієнтів нерівномірності необхідно приймати рівними $K_m = 2$ та $K_d = 2,5$.

На рис. 1 представлена залежність співвідношення між розрахунковими та середньодобовими обсягами навантаження елеватора від річних обсягів навантаження.

Аналіз рис. 1 показує, що для виконання вимог [9] необхідне створення значних резервів навантажувальної спроможності елеваторів, які в окремих випадках повинні забезпечувати добові обсяги навантаження, що більше ніж у 20 разів перевищують середньодобові. В той же час, аналіз фактичних розмірів навантаження зерна на 30 основних станціях показує, що із імовірністю 0,95 співвідношення між фактичними добовими обсягами навантаження і середньодобовими не перевищує 1,9.

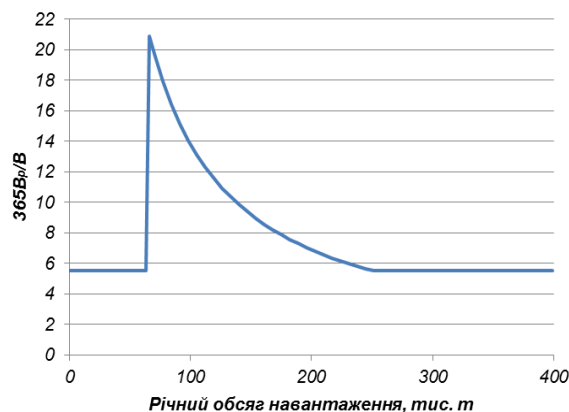


Рис. 1. Залежність співвідношення між розрахунковими та середньодобовими обсягами навантаження елеватора від річних обсягів навантаження

В цілому норми [9] стосуються лише колійної інфраструктури та навантажувальних пристроїв елеватора. Це пов'язано з тим, що обслуговування елеваторів в СРСР здійснювалось у переважній більшості випадків локомотивами залізниць, і тому вимоги [9] сформульовані таким чином, щоб інфраструктура елеватора надавала змогу найбільш ефективно їх використовувати під час маневрової роботи. В той же час, значні витрати коштів на створення та експлуатацію резервів навантажувальної спроможності елеваторів є економічно необґрунтованими для їх власників. У зв'язку з тим, що в Україні відсутні вимоги щодо співвідношення між розрахунковою навантажувальною спроможністю елеваторів та обсягами замовлень на перевезення від них, то вимоги [9] щодо співвідношення між розрахунковою та середньодобовою навантажувальною спроможністю елеваторів фактично не виконуються.

Необхідно відзначити, що навантажувальна спроможність елеваторів визначається не лише потужністю навантажувальних пристроїв та колійною інфраструктурою, а і технологією виконання маневрової роботи та технічними засобами, що її забезпечують. Однак в [9] ці питання не розглядаються.

Пропозиції щодо удосконалення інфраструктури та технічного забезпечення елеваторів наведено в [11]. В даній роботі передбачено виконання маневрової роботи на елеваторі в умовах поєднання як маневрових локомотивів залізниць, так і маневрових засобів елеваторів. Однак питання технології роботи під'їзної колії елеватора та її взаємодії з магістральною залізничною станцією в цій роботі не розкриті.

Для зменшення пробігу автомобілів, що виконують перевезення зерна, елеватори розта-

шовуються у сільськогосподарських районах з примиканням до проміжних станцій. В той же час характерними умовами роботи магістрального залізничного транспорту України є падіння обсягів вантажних перевезень на 60-70 % у порівнянні з 1991 роком та значний знос основних технічних засобів. Зокрема, знос маневрових локомотивів досяг 99 %, а знос вагонів зерновозів складає 99,99 %. Сполучення вказаних факторів призводить до того, що окремі елеватори не можуть забезпечити прийнятний рівень завантаження локомотивів залізниці при навантаженні прямих відправницьких маршрутів. Тому їх обслуговування здійснюється локомотивами збірних поїздів та диспетчерськими локомотивами разом з іншими пунктами вантажної роботи на дільницях, що викликає значні простої вагонів. Формування ступінчатих маршрутів [4], як і технічна маршрутизація, вимагають узгодження навантаження на декількох станціях і призводять до зростання простоїв вагонів у порівнянні з формуванням маршрутів на одній станції.

Проблеми взаємодії елеваторів та залізниць є типовими також і для інших країн світу, насамперед, для таких крупних експортерів зерна як США та Канада. З метою підвищення ефективності перевезення зернових вантажів на північноамериканських залізницях впроваджена технологія *shuttle train* [12]. Зазначена технологія передбачає використання спеціального тарифу, який нижче, ніж для перевезення зерна груповими відправками, на 46-52 %. При цьому вантажовідправник повинен бути спроможним забезпечити навантаження поїзда з 75-120 вагонів протягом обмеженого часу (близько 15 годин [13]). Поїзди рухаються між пунктами навантаження і вивантаження за жорстким розкладом у відповідності з контрактом на 6-9 місяців без переформування і відчеплення поїзних локомотивів на станції навантаження [15]. Застосування вказаної технології вимагає збільшення навантажувальної спроможності елеваторів, однак її використання дає змогу зменшити витрати на залізничні перевезення, тому що не потребує залучення маневрових локомотивів, скорочує обіг вагонів та суттєво зменшує потребу у використанні технічних засобів залізничних станцій. Необхідно відмітити, що вітчизняні залізниці мають ряд суттєвих відмінностей від залізниць Північної Америки. Зокрема, доля електрифікованих залізниць в США складає біля 0,6 %, в той час, як доля електрифікованих залізниць в Україні складає 47 % експлуатаційної довжини мережі. Більше того, врахо-

вуючи, що витрати на енергоносії на електрифікованих залізницях менше, ніж на не електрифікованих, у 4 рази, то основна частина перевезень в Україні сконцентрована на електрифікованих напрямках і доля вантажообігу, що виконується з використанням електротяги, складає біля 90 % загального вантажообігу. У зв'язку з цим на основних напрямках технічно є неможливим навантаження зернових маршрутів з виконанням маневрів на елеваторах поїзними електровозами. Окрім того, кризові явища в економіці України, що відбулися після розпаду Радянського Союзу, несуттєво вплинули на обсяги пасажирського руху. Фактично сучасні обсяги пасажирських перевезень становлять біля 72 % від обсягів пасажирських перевезень у 1991 році. У зв'язку з цим вимоги до залізничної інфраструктури та організації перевезень навіть на малодіяльних лініях є досить високими, так як вони повинні забезпечувати безпеку руху пасажирських поїздів. Тому на лініях, що обслуговуються тепловозною тягою, організація навантаження зернового маршруту без його розчеплення вимагає значних капітальних вкладень у розвиток колійної інфраструктури.

Технологія перевезень *shuttle train* у США застосовується переважно на відстанях понад 1000 км, а перевезення зернових на відстані до 500 км в значній кількості випадків виконуються автомобільним транспортом. У зв'язку з тим, що площа США у 16,3 рази більша за площу України, то залізничний та автомобільний транспорт можуть займати різні ніші ринку перевезень. В той же час середня відстань перевезень зерна залізничним транспортом в Україні складає біля 550 км, що призводить до значної конкуренції між ним та автомобільним транспортом.

Таким чином для підвищення конкурентоспроможності вітчизняного зерна на зовнішніх ринках актуальною є задача адаптації світового досвіду і розробки власних технічних та технологічних рішень, спрямованих на зменшення витрат, що пов'язані з його перевезеннями від елеваторів до морських портів. Додатковою перевагою маршрутизації перевезень потенційна можливість використання приватної локомотивної тяги для перевезень зерна [1, 7].

Мета

Метою статті є удосконалення підходів до проектування та експлуатації під'їзних колій елеваторів для можливості навантаження на них прямих відправницьких маршрутів.

Методика

Для мінімізації пробігів автомобільного транспорту та зменшення обсягів автомобільного руху у містах, зернові елеватори доцільно розмішувати у сільськогосподарських районах. Однак у такому випадку примикання елеваторів виконується до проміжних станцій, які не мають маневрових тепловозів. Тому забезпечення маневрової роботи на елеваторах є ключовою задачею, яка повинна бути вирішена для формування на них відправницьких маршрутів.

Для того, щоб організувати рух зернових маршрутів за розкладом прийнято, що тривалість виконання операцій з маршрутом на станції навантаження не повинна перевищувати 20 год. Інші 4 години доби використовуються як резерв.

Обсяги навантаження зерна в Україні є недостатніми для створення елеваторів, що забезпечуватимуть щоденне формування маршрутів, так як це призведе до нераціонального збільшення відстаней перевезень до них зерна автомобільним транспортом від сільських господарств. Дослідження, виконані в [5], показують, що раціональним є завантаження маршруту один-два рази на тиждень. В таких умовах для забезпечення постійною роботою на під'їзній колії одного елеватора штату залізничників тривалість завантаження маршруту повинна давати можливість організації роботи працівників із 8-ми або 12-ти годинною тривалістю робочих змін.

Робота залізничного транспорту безпосередньо пов'язана з роботою поточно-транспортних систем (ПТС) елеватора. При цьому можливі дві технологічні схеми завантаження вагонів зерном – коли зерно зі сховища подають безпосередньо у вагон і коли між сховищем та вагоном влаштовуються оперативні та накопичувальні бункери; вони надають можливість рівномірного завантаження транспортного обладнання елеватора в умовах, коли відпускні пристрої мають непостійну продуктивність у часі.

Вимоги до ПТС елеватора при завантаженні маршруту полягають у встановленні необхідної кількості та продуктивності норій, а також обладнання пунктів завантаження.

При подаванні зерна безпосередньо з під ваг витрати часу на транспортування зерна ПТС для завантаження вагонів визначаються за формулою

$$T_n = \frac{mq_b}{n_n Q_{nn} k_b},$$

де m – кількість вагонів, що завантажуються;

q_b – розрахункова місткість вагона;

n_n – кількість норій, що одночасно використовуються для завантаження, $n_n = 1 - 2$ шт.;

Q_{nn} – паспортна продуктивність норії, т/год;

k_b – коефіцієнт використання норій за потужністю.

Розрахункові параметри норій, що використовуються для завантаження залізничних вагонів, наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункові параметри норій

Продуктивність норії, Q_{nn} , т/год	Коефіцієнт використання норії за потужністю, k_b
100	0,80
175	0,75
350	0,70
500	0,65

З урахуванням наведених у табл. 1 характеристик час роботи однієї норії продуктивністю 350 т/год для транспортування зерна для навантаження маршруту повинен складати 15,5 год, однієї норії продуктивністю 500 т/год – 11,7 год, двох норій продуктивністю 350 т/год – 7,8 год. Улаштування на пунктах навантаження накопичувальних бункерів надає можливість частково виконувати їх завантаження завчасно до подачі вагонів. Для завантаження залізничних вагонів випускаються бункери об'ємом 120 м³, 160 м³, 240 м³, 300 м³, 320 м³ та 400 м³, які дозволяють завантажувати один вагон, а також об'ємом 2×200 м³ для завантаження двох вагонів на паралельних коліях.

Робота обладнання елеватора під час навантаження зерна у вагони має циклічний характер. Визначення тривалості циклу завантаження вагона безпосередньо із сховища виконано на рис. 2. Для забезпечення циклічності операцій завантаження вагонів можливе спорудження двох навантажувальних колій, що дозволяє виконувати паралельно завантаження зерна у вагон на одній колії та підготовчі або заключні операції – на іншій. Витрати часу на завантаження вагонів маршруту безпосередньо зі сховища в залежності від продуктивності норій та кількості навантажувальних колій наведені у табл. 2.

Використання бункерів завантаження вагонів дозволяє забезпечити певну незалежність роботи ПТС елеватора та пристроїв завантаження, а також виконувати завантаження вагонів одночасно через усі завантажувальні луки.

№ п/п	Операція	Тривалість операції, хв		Час, хв
		350 т/год	500 т/год	
1	Відкриття кришок люків вагона	2,0	2,0	
2	Опускання телескопічних труб	4,0	4,0	
3	Передача сигналу про пуск зерна та очікування надходження зерна	1,6	1,6	
4	Завантаження основної маси зерна	15,8	11,7	
5	Очікування завершення висипання зерна	1,6	1,6	
6	Підняття телескопічних труб	4,0	4,0	
7	Закриття люків вагонів	2,0	2,0	
8	Зміна вагона	2,0	2,0	
Всього норія 500 т/год			28,9	
Всього норія 350 т/год		33,0		

Рис. 2. Цикл завантаження вагона безпосередньо із сховища

Таблиця 2

Витрати часу на завантаження вагонів маршруту безпосередньо зі сховища

Характеристика	Варіанти			
	1	2	3	4
Продуктивність норії, т/год	350	350	500	500
Кількість колій навантаження	1	2	1	2
Тривалість навантаження, год	29,7	17,1	26,0	13,4

Визначення тривалості циклу роботи обладнання при використанні бункерів завантаження вагонів та навантажувального пристрою ЛД-5 наведено на рис. 3.

№ п/п	Операція	Тривалість операції, хв	Час, хв
1	Відкриття кришок люків вагона	2,0	
2	Опускання у вагон 4-х навантажувальних труб та пуск зерна	1,4	
3	Завантаження основної маси зерна	12,6	
4	Підняття навантажувальних труб та досипка зерна	3,4	
5	Закриття люків вагонів	2,0	
6	Зміна вагона	2,0	
Всього		23,4	

Рис. 3. Цикл завантаження вагона з використанням оперативного або накопичувального бункеру та навантажувального пристрою ЛД-5

Тривалість завантаження маршруту зерном з використанням оперативних чи накопичувальних бункерів на одній колії при цьому буде складати 21,0 год, а на двох коліях – 10,5 год. Виконані розрахунки показують, що при застосуванні існуючого на сьогодні в Україні обладнання елеваторів та вагонів для навантаження відправницьких маршрутів на елеваторі повинно бути не менше ніж дві навантажувальні колії.

Можливими варіантами організації навантаження маршруту є:

- розміщення порожніх вагонів маршруту та збирання завантаженого маршруту на станції примикання з обслуговуванням локомотивом залізниці;

- створення на елеваторі власної колійної ємності для вагонів маршруту з подачею та забиранням вагонів локомотивом залізниці і виконанням маневрів на елеваторі власними маневровими засобами;

- створення на елеваторі власної колійної ємності для вагонів маршруту з виконанням подачі та забирання вагонів, а також маневрів на елеваторі власними маневровими засобами.

Принципові схеми колійного розвитку елеваторів наведено на рис. 4, а-з. Схеми на рис 4, а, г, е мають одну навантажувальну колію і не можуть забезпечувати навантаження маршрутів протягом доби. Тому в подальшому ці схеми не розглядаються.

Схеми на рис. 4, б, в, д, є мають дві навантажувальні колії. Необхідно відмітити, що при використанні для обслуговування елеватора маневрових локомотивів залізниці, таких як ЧМЭЗ або ТЭМ2, величина подачі вагонів обмежується продуктивністю та допустимим часом неперервної роботи компресора локомотива при відкачуванні автогальм. Виходячи із вказаної вимоги, подача повинна складатися із 20-21 вагона. В цих умовах доцільним є поділ состава маршруту на 3 частини по 18 вагонів та завантаження їх на 2-х коліях по 9 вагонів.

Корисна довжина навантажувальних колій повинна забезпечувати розміщення подвійної довжини подачі вагонів для можливості переміщення їх під час навантаження з урахуванням резерву і визначається виразом

$$L_{\text{нав}} = 2m_{\text{в}}l_{\text{в}} + 10,$$

де $m_{\text{в}}$ – кількість вагонів, що розміщується на колії навантаження;

$l_{\text{в}}$ – довжина вагона-зерновоза, м.

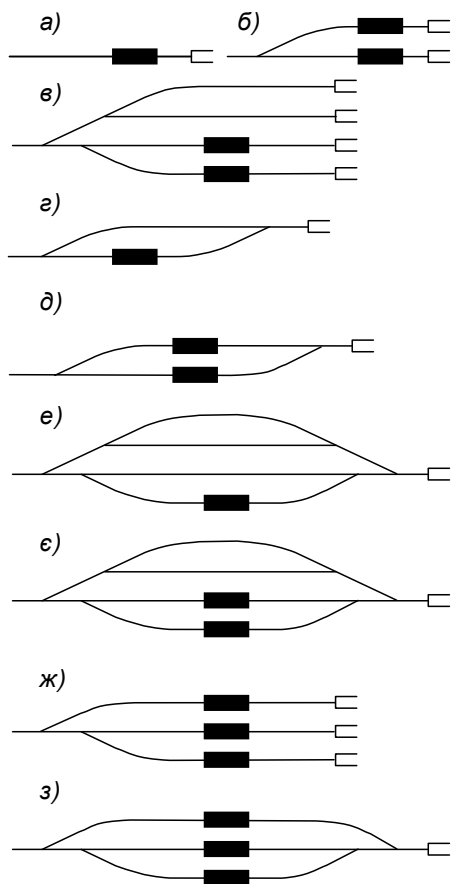


Рис. 4. Принципові схеми колійного розвитку елеваторів для завантаження відправницьких маршрутів

Особливостями схем 4, б та 4, д є те, що вони передбачають спорудження лише колій навантаження, тому у цьому випадку на станції примикання необхідно мати дві колії для розміщення вагонів порожнього та завантаженого маршруту. Це може створювати проблеми для пропуску поїздів по станції та обмежує можливість паралельного виконання вантажних операцій та подачі-прибирання вагонів на станцію. Схеми 4, в та 4, є передбачають створення на елеваторі власної колійної ємності для розміщення вагонів маршруту. Використання схем 4, б та 4, в можливе у випадках, коли подача вагонів зі станції виконується вагонами вперед. Застосування схем 4, д та 4, є дозволяє виконувати подачу вагонів локомотивом вперед.

Підтягування вагонів на вантажних фронтах виконується маневровими лебідками. Характеристики лебідок, які можуть використовуватись для навантаження зернових маршрутів, наведено у табл. 3. В даній таблиці у випадку, якщо лебідки мають різні технічні характеристики, у чисельнику вказані параме-

три лебідок типу ЛЭМ, а у знаменнику – лебідок ТЛ.

Таблиця 3

Характеристики маневрових лебідок

Параметр	ЛЭМ-10/ ТЛ-10М	ЛЭМ-15/ ТЛ-15М	ЛЭМ-20/ ТЛ-20М	ЛЭМ- 25
Кількість вагонів, що переміщуються	10	15	17	21
Маса вантажу у вагонах, що переміщуються, т	550	950/ 960	1070	1300
Швидкість переміщення вагонів, м/с	0,060/ 0,052	0,060/ 0,052	0,064	0,064
Орієнтовна вартість, тис. грн	300	400	800	915

Діючі на сьогодні норми [9] встановлюють вимоги до завантаження однієї подачі вагонів протягом 3,66 год. У зв'язку з цим для залізниці обслуговування локомотивом навантаження маршруту є ефективним лише на технічних та вантажних станціях, що мають свої локомотиви, які можуть використовуватись для виконання і іншої роботи. При навантаженні маршрутів на проміжних станціях мають місце значні перерви у роботі маневрових локомотивів, через що знижуються показники використання локомотивів та локомотивних бригад залізниці.

Одним із методів забезпечення незалежності навантажувальної роботи елеватора від обслуговування маневровими локомотивами залізниці є наявність на ньому власного тягового рухомого складу. В якості тягового рухомого складу на елеваторах можуть використовуватись маневрові тепловози з гідравлічною передачею [2], такі як ТГМ-23 і ТГМ-4 та їх модифікації; характеристики тепловозів наведені у табл. 4.

Таблиця 4

Характеристики маневрових тепловозів

Параметр	ТГМ23	ТГМ4
Осьова формула	0-3-0	2 ₀ -2 ₀
Сила тяги тривалого режиму, т	10,2-12,5	16,4-23,0
Довжина, м	8,92	12,6-13,1
Орієнтовна вартість на вторинному ринку, млн. грн	1,0-1,2	2,6-3,2

Можливим також є застосування на елеваторах у якості маневрових засобів локотракторів (див. табл. 5).

Таблиця 5

Характеристики локотракторів

Параметр	ТМ1.175	КРТ-1	ММТ-3
Базовий трактор	ХТЗ - 150К – 09	ХТЗ-17221-03	ХТА-300
Зчіпна маса, т	12,8	10,0	13,0
Потужність силової установки, кВт	128,7	128,7	183,8

Їх перевагами є те, що, по-перше, вони можуть використовуватись для виконання різноманітних технологічних та господарських задач в період відсутності навантаження зерна на елеваторі, по-друге – спрощуються вимоги до колійного розвитку, тому що їх пересування може здійснюватися як залізничною колією, так і автодорогою. Орієнтовна вартість нових локотракторів складає 2,2-2,7 млн грн.

Альтернативні способи забезпечення навантаження маршрутів на елеваторі дозволяють використовувати схеми 4, ж та 4, з. При застосуванні вказаних схем навантаження маршруту виконується на усіх коліях елеватора, а подача та забирання вагонів можуть здійснюватися за один раз поїзним локомотивом. При цьому колійна ємність станції примикання може використовуватись лише для пропуску поїзда. Формування состава маршруту може виконуватись на з'єднувальній колії; корисна довжина колій елеватора у цьому випадку складає $L_{ел} = 2m_{м.л.в}$.

Результати

Для оцінки параметрів інфраструктури та маневрових засобів елеваторів виконано проектування планів їх колійного розвитку; результати розрахунків зведено у табл. 6.

Для технологічних розрахунків прийнято,

що елеватор знаходиться на відстані 3 км від станції примикання, розрахунковий ухил цієї ділянки – 10 %, радіус кривих – 180 м, ухил колії при виконанні маневрів зміни вагонів між коліями елеватора – 5 %. Витрати часу на розтановку та збирання вагонів на колії навантаження прийняті рівними 5 хв. Додаткові витрати часу на підготовчо-заклучні операції, пов'язані з подаванням та забиранням вагонів на станційну колію (причеплення-відчеплення вагонів, закріплення вагонів та прибирання гальмових башмаків, переговори між працівниками, переведення стрілок та ін), прийняті рівними 5 хв.

При використанні локомотивів залізниці для навантаження маршрутів необхідно враховувати, що вони можуть виконувати і інші роботи на станції. Враховуючи, що згідно з [9] інтервал між подачами вагонів повинен складати не менше 2 год, то загальна тривалість завантаження маршруту при застосуванні схем, що зображені на рис. 4, б та 4, д, буде складати біля 19 год.

Маса состава, який може переставляти маневровий локомотив, визначається як

$$Q = \frac{F_p - (w'_0 + i + w'_r) \cdot P_{зч} \cdot g}{(w''_0 + i + w''_r) \cdot g},$$

де F_p – сила тяги тягового засобу, кгс;

$P_{зч}$ – зчіпна маса тягового засобу, т;

w'_0, w''_0 – основний питомий опір руху, відповідно, тягового засобу та вагонів;

w'_r, w''_r – додатковий питомий опір руху, відповідно, тягового засобу та вагонів в кривих;

i – розрахунковий ухил ділянки;

g – прискорення вільного падіння.

Таблиця 6

Параметри інфраструктури та маневрових засобів елеваторів

Показник	Варіанти					
	б	в	Д	Є	ж	з
Кількість колій на станції	2	1	2	1	0	0
Кількість стрілочних переводів на елеваторі	1	3	2	6	2	4
Будівельна довжина під'їзної колії елеватора, м.	670	1303	870	1731	1843	2120
Кількість лебідок	2	2	2	2	3	3
Потужність лебідок, ваг	10	10	10	10	21	21
Кількість локотракторів або локомотивів	1	1	1	1	0	0
Кількість ПТС елеватора	2	2	2	2	3	3
Орієнтовні капітальні вкладення, млн. грн.	10,3	16,6	12,5	21,7	20,7	24,1

Розрахункова кількість вагонів у маневрових складах, переміщення яких можуть забезпечувати маневрові локомотиви та локомотрактори елеваторів, наведено у табл. 7.

Таблиця 7

Кількість вагонів у складах при виконанні маневрів

Ухил, %	ТГМ4	ТГМ23	ММТ3	ТМ1.175, КРТ-1
Завантажені вагони				
5	21	12	10	7
10	14	7	-	-
Порожні вагони				
5	85	49	40	28
10	21	14	-	-

Тривалість випробування гальм у маневровому складі перед маневрами з подачі-забирання вагонів включає час на зарядку гальмової магістралі, перевірку її цілісності та перевірку спрацьовування гальм вагонів. Норма часу на повне випробування гальм визначалась за допомогою виразу

$$t_{авт} = 8,5 + 0,64m_{п},$$

де $m_{п}$ – кількість вагонів у складі.

Витрати часу на маневрові пересування визначались з урахуванням кількості вагонів у складі та допустимих швидкостей руху на підставі методики, наведеної у [6].

Для оцінки варіантів технічного оснащення та технології роботи під'їзних колій елеваторів виконана побудова добових планів-графіків

для схем, що представлені на рис. 4, в та 4, є, а також 4, ж та 4, з. Фрагмент добового плана-графіка наведено на рис. 5. Узагальнені результати оцінки техніко-експлуатаційних показників роботи під'їзних колій елеваторів при навантаженні маршрутів представлені у табл. 8.

Для схем колійного розвитку, що представлені на рис. 4, в та 4, є, розглянуто варіанти, коли подача, збирання і маневри на під'їзній колії елеватора виконуються локомотивом ТГМ4, а також коли подача вагонів на під'їзну колію елеватора виконується маневровими локомотивами залізниці ЧМЭЗ або ТЭМ2, або поїзним тепловозом 2ТЭ116, а маневри на елеваторі виконуються власним локомотивом ТГМ23 або локомотрактором ММТ-3. Аналіз отриманих результатів показує, що схеми, представлені на рис. 4, в та 4, є, забезпечують можливість навантаження на елеваторі одного маршруту протягом доби. Перевагою застосування на елеваторі локомотива ТГМ4 є те, що залізниця може використовувати для доставки на станцію примикання порожніх вагонів та забирання з неї завантаженого маршруту як електричну так і тепловозну тягу. Недоліком цього варіанту є те, що через значний обсяг маневрової роботи на елеваторі в процесі навантаження маршруту повинні працювати два машиністи локомотива і два складачі протягом двох восьмигодинних робочих змін.

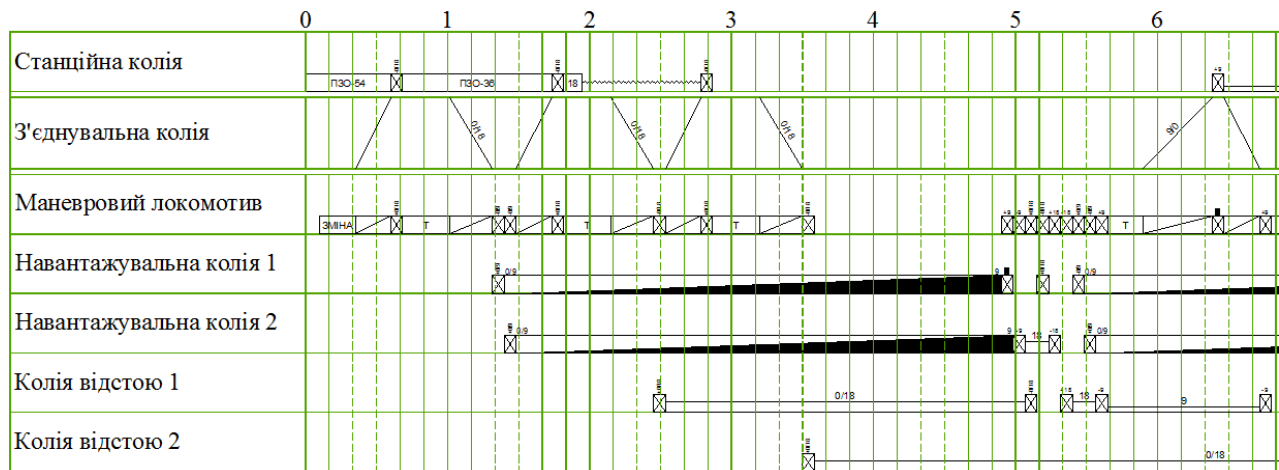


Рис. 5. Фрагмент добового плана-графіка навантаження маршруту при виконанні подачі та прибирання вагонів на станцію примикання та перестановки вагонів на елеваторі локомотивом ТГМ4

**Оцінка техніко-експлуатаційних показників роботи під'їзних колій елеваторів
при навантаженні маршрутів**

Параметр	Схеми				
	б, д	в, є			ж, з
Тяговий рухомий склад елеватора	-	ТГМ4	ТГМ23, ММТ3	-	-
Подача-збирання вагонів локомотивом	залізниці	елеватора	залізниці	залізниці	залізниці
Тип локомотива, що виконує подачу-збирання	ЧМЭЗ,ТЭМ2	ТГМ4	ЧМЭЗ,ТЭМ2	2ТЭ116	2ТЭ116
Тривалість навантаження маршруту, год	19	16	17	16	11
Тривалість заняття локомотива елеватора, год	-	16	2×0,83	2×0,83+ 2×0,17	-
Тривалість заняття локомотива залізниці, год	18	-	2×3,2	0,8+1,2	0,8+1,2

Виконання подачі-забирання вагонів на елеватор локомотивом залізниці дозволяє використовувати на ньому малопотужні локомотиви ТГМ23 або локотрактори. Однак при виконанні подачі і забирання вагонів на елеватор маневровими тепловозами тривалість їх заняття навантаженням маршруту складає біля 6,4 год; крім того мають місце витрати, що пов'язані з доставкою локомотива на проміжну станцію і забиранням його з неї. Тому зазначений варіант доцільно застосовувати лише на ділянках, що обслуговуються електричною тягою. На ділянках, що обслуговуються тепловозною тягою, доцільним є виконання подачі і забирання вагонів на елеватор поїзним локомотивом. Такий підхід дозволить мінімізувати використання станційної інфраструктури і, за умови зміни структури вантажного тарифу, зменшити витрати на перевезення.

Використання схем, представлених на рис. 4, ж та 4, з, дозволяє забезпечити навантаження маршруту протягом 11 годин і, при необхідності, виконувати навантаження двох маршрутів за добу. Недоліком цих варіантів є те, що доставка порожніх вагонів на станцію навантаження та забирання з неї завантажених вагонів повинні здійснюватись поїзними тепловозами.

Наукова новизна та практична значимість

Наукова новизна роботи полягає у тому, що в ній розроблено методику та отримано техніко-експлуатаційну оцінку технічного оснащення та технології роботи під'їзних колій зернових елеваторів для навантаження відправницьких маршрутів.

Результати виконаних досліджень можуть бути використані при проектуванні, реконструкції існуючих та будівництві нових елеваторів, а також для оцінки витрат, пов'язаних з різни-

ми логістичними схемами доставки зерна у морські порти.

Висновки

Виконані дослідження дозволяють зробити наступні висновки.

1. Удосконалення технологій перевезень зернових вантажів залізничним транспортом в Україні за рахунок впровадження відправницької маршрутизації вимагає розвитку технічних засобів під'їзних колій елеваторів.

2. Для забезпечення навантаження маршруту протягом доби на елеваторі повинно бути не менше ніж дві навантажувальні колії, обладнані бункерами відвантаження зерна. Транспортування зерна повинні виконувати одна норія продуктивністю 500 т/год або дві норії продуктивністю 350 т/год.

3. Для виконання маневрової роботи на елеваторах можуть використовуватись власні тягові засоби: локомотиви або локотрактори. На дільницях, що обслуговуються електровозною тягою, на елеваторі доцільно передбачати локомотиви ТГМ4, що виконують маневрову роботу з перестановки вагонів на коліях елеватору та подачі і забирання їх на станцію. На дільницях, що обслуговуються тепловозною тягою, маневрову роботу з перестановки вагонів на коліях елеватора можуть виконувати локомотиви ТГМ23 або локотрактори з подачею та забиранням вагонів локомотивом залізниці; також можуть використовуватись схеми колійного розвитку, що дозволяють розставляти вагони по коліям навантаження за одну подачу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Березовый Н. И. Перевозка металлургической продукции кольцевыми маршрутами по расписанию с использованием частных локомотивов / Н. И. Березовый // Восточно-Европейский журнал

передовых технологий. – 2014. – Вип. 3 (68). – С. 51-55.

2. Bodnar, B. Improving Operation and Maintenance of Locomotives of Ukrainian Railways / B. Bodnar, A. Ochkasov, D. Bobyr // Technology and Art. – 2016. – № 7. – P. 109-114.

3. Вернигора, Р. В. Анализ системы хранения украинского зерна / Р. В. Вернигора, Р. Ш. Рустамов // Транспортні системи та технології перевезень. – Дніпро, 2017. – Вип. 13. – С. 10-18. – DOI : 10.15802/tstt2017/110763.

4. Голубева Е. В. Логистические технологии формирования судовых партий на полигоне дороги / Е. В. Голубева, В. Н. Зубков, Е. А. Чеботарева // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2007. – № 4 (28). – С. 56-61.

5. Козаченко, Д. М. Удосконалення технічного забезпечення та технологій експортних перевезень зернових вантажів в Україні / Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова, Р. Ш. Рустамов // Вісник Дніпропетр. держ. аграрно-економ. ун-ту. – 2015. – № 4. – С. 121-127.

6. Козаченко, Д. М. Нормування тривалості виконання маневрових пересувань з врахуванням обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування составів / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, І. Ю. Левицький // Залізничний транспорт України. – 2014. – № 6. – С. 30-36.

7. Козаченко, Д. М. Перспективи використання приватних локомотивів для перевезення вантажів у напрямку морських портів / Д. М. Козаченко, О. Б. Очкасов, А. П. Шепотенко, Н. М. Санницький // Наука та прогрес транспорту. – 2017. – № 6 (72). – С. 7-19. – DOI : 10.15802/stp2017/118196/

8. Колодйчук В. А. Ефективність логістики зерна та продуктів його переробки : монографія / В. А. Колодйчук. – Львів : Український бестселер, 2015. – 574 с.

9. Нормы технологического проектирования хлебоприемных предприятий и элеваторов: ВНТП-05-88. – Москва : ЦНИИПРОМЗЕНПРОЕКТ : М-во хлебопродуктов СССР, 1988. – 139 с.

10. Рустамов, Р. Ш. Оценка перспектив развития зерновой логистики в Украине / Р. Ш. Рустамов // Транспортні системи і технології перевезень. – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 8. – С. 127-133. – DOI : <https://doi.org/10.15802/tstt2014/38101>.

11. Фейденгольд, В. Б. Технологическое проектирование и эффективная эксплуатация линий приёмки и отпуска зерна в вагоны на элеваторах Росрезерва/ В. Б. Фейденгольд, В. Л. Серебряный, С. Л. Белецкий// Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. – 2015. – Вып. 4. – С. 225-242.

12. Ndembe, E. Hard Red Spring Wheat Marketing: Effects of Increased Shuttle Train Movements on Railroad Pricing in the Northern Plains / E. Ndembe // Journal of the Transportation Research Forum. – 2015. – Vol. 54, No. 2. – P. 101-115.

13. Sarmiento, C. Spatial Modeling in Technology Adoption Decisions: The Case of Shuttle Train Elevators / C. Sarmiento, W. W. Wilson // American Journal of Agricultural Economics. – 2005. – Vol. 87, №. 4. – P. 1034-1045. – DOI : 10.1111/j.1467-8276.2005.00786.x

14. Shifting into Higher Gear. Recommendations for Improved Grain Logistics in Ukraine Report № ACS15163 – World Bank, 2015. – 42 p.

15. Sparger, A. A comprehensive rail rate index for grain /A. Sparger, M. E. Prater. // Agricultural Marketing Service. U. S. Department of Agriculture – 2013. – 22 P. – DOI : 10.9752/TS060.04-2013.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Лавухіним О. В. (Україна)

Надійшла до редколегії 25.11.2017.

Прийнята до друку 29.11.2017.

Д. Н. КОЗАЧЕНКО, В. И. БОБРОВСКИЙ, А. Б. ОЧКАСОВ, А. П. ШЕПОТЕНКО

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ ЭЛЕВАТОРОВ ДЛЯ ПОГРУЗКИ ОТПРАВИТЕЛЬСКИХ МАРШРУТОВ

Цель. Целью статьи является усовершенствование подходов к проектированию и эксплуатации подъездных путей зерновых элеваторов для возможности погрузки на них прямых отправительских маршрутов. **Методика.** Исследования выполнены на основе методов организации эксплуатационной работы железных дорог. **Результаты.** Одним из основных методов снижения затрат в логистической цепи, которая обеспечивает экспорт зерновых грузов, является маршрутизация перевозок. Использование этой технологии в условиях Украины ограничивается низкой погрузочной способностью элеваторов. В статье разработаны принципиальные схемы путевого развития подъездных путей элеваторов и проанализировано использование различных технических средств для выполнения на них маневровой работы. **Научная новизна.** Научная новизна работы состоит в том, что в ней разработана методика и получена технико-эксплуатационная оценка технического оснащения и технологии работы подъездных путей зерновых элеваторов для погрузки отправительских маршрутов. **Практическая значимость.** Результаты выполненных исследований могут быть использованы при проектировании, реконструкции существующих и строительстве новых элеваторов, а

также для оценки затрат, связанных с различными логистическими схемами доставки зерна в морские порты.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; зерновой элеватор; перевозка зерновых; отправительский маршрут; подъездной путь.

D. KOZACHENKO, V. BOBROVSKY, O. OCHKASOV, A. SHEPOTENKO

IMPROVEMENT OF TECHNICAL SUPPLY OF GRAIN ELEVATOR PRIVATE SIDINGS FOR LOADING OF UNIT TRAINS

Purpose. Purpose of the article is to improve approaches to the design and operation of private sidings of grain elevators for loading of unit trains. **Methodology.** The research is based on the methods of organizing field operation of railways. **Findings.** One of the main methods of reducing costs in the logistics chain, which provides for the export of grain cargoes is the using of unit train technology for transportation. The use of this technology in Ukraine is limited by the low loading capacity of elevators. The article designs the basic schemes of track development of elevator private sidings and analyzes the use of different technical means for performing shunting operations. **Originality.** The work develops a methodology and obtains a technical-operational assessment of the technical equipment and the operation technology grain elevator private sidings for loading of unit trains. **Practical value.** The results of the performed research can be used for designing and reconstruction of the existing elevators and for building the new ones, as well as for estimating the costs associated with different logistic schemes for grain delivery to seaports.

Keywords: railway transport; grain elevator; grain transportation; unit train; private sidings.