

УДК 658.274

КРАШЕНІНІН О. С., доктор технічних наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу;

ЯКОВЛЕВ С. С., аспірант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу;

ШАПАТІНА О. О., асистент кафедри управління вантажною і комерційною роботою;

ТУРУБАРА О. О., магістрант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу (Український державний університет залізничного транспорту)

## Територіальне закріплення локомотивних депо за сервісними центрами

*У статті розглядаються теоретичні і практичні аспекти територіального закріплення локомотивних депо залізниць за сервісними центрами з ремонту і будови обладнання локомотивів.*

**Ключові слова:** зона обслуговування, інтенсивність заявок на обслуговування, інтенсивність обслуговування, локомотиви.

### Постановка проблеми

Традиційна система взаємодії локомотиворемонтних заводів, спеціалізованих майстерень і лінійних підприємств – локомотивних депо останнім часом втратила свою ефективність. В умовах стагнації галузі це супроводжується стрімким погіршенням технічного стану обладнання локомотивів у цілому.

Спроба перекласти частину витрат на ремонт на локомотивні депо впровадженням підсиленого ремонту в обсязі ПР-ЗП загалом себе не виправдала, оскільки навіть досить потужні депо не відповідають можливостям локомотиворемонтних заводів.

Тому потрібні нові підходи для відновлення ефективної взаємодії між усіма ланками ремонтного господарства залізниць.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Досвід розвинутих країн показує, що великі фірми-виробники локомотивної техніки все частіше звертають увагу на взаємодію і розширення свого впливу в галузі роботи локомотивних депо. Це пов'язано з великими перспективами освоєння ніші з утримання тягового рухомого складу через представлення післягарантійних зобов'язань на основі моніторингу технічного стану обладнання локомотивів. У виробників виникає стимул в інвестуванні в удосконалення конструкції обладнання локомотивів, підвищення його надійності, впровадження сучасного технічного обладнання.

Питанням підвищення ефективності утримання тягового рухомого складу присвячені дослідження

Е. Д. Тартаковського, О. Л. Голубенка, В. Є. Боднара, Ю. Є. Калабухіна, О. Б. Бабаніна, Т. В. Бутько, В. Г. Пузиря та інших вітчизняних та закордонних вчених.

Діапазон досліджень містить оптимізацію системи технічного обслуговування і поточного ремонту локомотивів на основі широкого впровадження в систему утримання локомотивів засобів і технологій діагностування [1, 2, 3], оптимальної системи постачання запасних частин і обладнання в систему ремонту [4, 5, 8, 9], визначення оптимального терміну життєвого циклу [6]. Вийшли у світ перші роботи, що присвячені поступовому переходу на сервісне обслуговування [7]. Сформульовано умови і переваги відходу від традиційної системи до сервісного обслуговування.

### Виділення невирішених частин загальної проблеми

Недостатньо розробленими залишаються питання транспортно-логістичного забезпечення, що містить місце розташування складів, визначення розташування сервісних центрів і їх територіальне тяжіння до відповідних локомотивних депо. Все це визначає актуальність розгляду питань територіального закріплення сервісних центрів за окремими локомотивними депо.

**Мета дослідження** полягає в розробленні наукових аспектів формування регіональних сервісних центрів і закріплення за ними локомотивних депо на основі аналізу технічного стану локомотивного парку і надання їм відповідних послуг, у тому числі і в забезпеченні запасними частинами.

**Викладення основного матеріалу дослідження**

Нехай на території, що розділена на райони (департаменти) деяким відомим чином, є технічні об'єкти (локомотиви), в разі відмов яких надсилаються заявки на їх обслуговування. Відомою є інтенсивність надходження заявок від кожного департаменту, яка визначається середнім числом відмов в одиницю часу. Передбачається, що один сервісний центр (СЦ) може обслуговувати кілька департаментів, хоча при високій щільності розподілу локомотивних депо можуть знадобитися кілька СЦ для одного департаменту. Робота всіх СЦ у даній зоні обслуговування координується головним СЦ. Завдання полягає в побудові таких зон обслуговування, щоб загальне число СЦ на всій території було б мінімальним за умови, що якість обслуговування задовольняє задані вимоги. Якість обслуговування будемо характеризувати двома основними факторами:

1) затримкою підтвердження з боку головного СЦ того, що заявку на обслуговування прийнято і надіслано у відповідний СЦ; може бути така затримка, яка викликана зайнятістю усіх СЦ обслуговування інших депо в момент надходження заявок;

2) часом обслуговування, що містить час у русі до СЦ, і часом, що витрачається, власне, на ремонтні процедури у відповідних локомотивних депо.

Зі збільшенням зони (території) обслуговування коефіцієнт використання СЦ зростає, проте водночас погіршується якість обслуговування, зокрема зростає:

- можливість очікування початку обслуговування через черги;
- час у русі із СЦ до локомотивного депо.

Для сусідніх департаментів з великою кількістю локомотивних депо можливе створення однієї зони обслуговування з декількома СЦ.

Виникає задача визначення оптимальних зон обслуговування і оптимальної кількості СЦ у них за умови задоволення заданих вимог щодо якості обслуговування. У разі низької інтенсивності відмов на одиницю зони, зони обслуговування в першу чергу визначаються фізичними можливостями СЦ з доставки запасних частин із СЦ за допустимий час до локомотивних депо.

Нехай  $\Lambda$  є інтенсивність заявок у зоні обслуговування, а  $\mu$  – інтенсивність обслуговування, яку можна приблизно визначити як:

$$\mu = \frac{1}{t_{pyx} + t_p}, \tag{1}$$

де  $t_{pyx}$  – середній час доставки,  
 $t_p$  – середній час ремонту.

Робота СЦ може бути описана системою масового обслуговування типу **M/M/V** (позначення системи масового обслуговування з пуассонівським вхідним потоком і експоненціальним часом обслуговування при одному обслуговуючому каналі).

Введемо безрозмірний коефіцієнт навантаження цієї системи масового обслуговування у вигляді

$$\rho = \frac{\Lambda}{\mu}. \tag{2}$$

Середній час очікування в такій системі

$$W = \frac{\Lambda}{\mu(\mu - \Lambda)}. \tag{3}$$

Частота надходження заявок (тобто інтенсивність відмов об'єктів)  $\Lambda$  і швидкість обслуговування  $\mu$  залежать від радіуса зони обслуговування  $r$ , коли обладнання доставляється автомобільними засобами. Для зони з радіусом  $r$  і рівномірним розподілом об'єктів по площі можна записати вираз для сумарної інтенсивності заявок у зоні як

$$\Lambda(r) = \lambda \pi r^2, \tag{4}$$

де  $\lambda$  – інтенсивність заявок  $\Lambda$  за годину на одиницю площі;

$\pi r^2$  – площа зони в тих самих одиницях. Сумарна інтенсивність заявок у зоні може бути задана і на підставі реальних даних, за рахунок попереднього досвіду обслуговування в даній зоні.

Середня інтенсивність обслуговування локомотивного депо в зоні дорівнює:

$$\mu(r) = \frac{1}{\tau + \frac{r^*}{v}}, \tag{5}$$

де  $\tau$  – середній час на виконання ремонту;

$r^*$  – середня відстань до СЦ у зоні обслуговування;

$v$  – швидкість переміщення до локомотивного

депо. Величина  $r^*$  залежить від розміщення локомотивних депо, що обслуговуються, по відношенню до бази СЦ.

Остаточно формулу для часу очікування початку обслуговування запишемо у вигляді:

$$W = \frac{\lambda \pi r^2 \left( \frac{r^2}{v} + \tau \right)}{\left( \frac{r^*}{v} + \tau \right)^{-1} - \lambda \pi r^2} \quad (6)$$

Розглянемо ту саму зону обслуговування, що і раніше, припустивши, що наприклад, інтенсивність запитів підвищилася, що викликало необхідність збільшення кількості СЦ. Фізичне обмеження на розміри зони зберігається. Моделлю обслуговування об'єктів групою СЦ у цій зоні може бути  $n$ -канальна система масового обслуговування типу  $M/M/n^*$  ( $n$ -канальна система масового обслуговування з пуассонівським входним потоком і експоненціальним розподіленням часу обслуговування) з дисципліною обслуговування **FIFO** – обслуговування в порядку надходження заявок (аббревіатура First In – First Out)).

Середній час обслуговування може бути записано як:

$$W = \frac{\rho^n}{\mu(n-1)!(n-\rho)^2} P_0 \quad (7)$$

Стационарна ймовірність того, що  $n$ -канальна система обслуговування вільна (в даний момент не обслуговується жодної заявки):

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^k \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^{k+1}}{k!(k-\rho)}} \quad (8)$$

Процедура пошуку оптимального розміру зон обслуговування для визначення необхідної кількості СЦ і розміщення головного СЦ у кожній із зон є багатокроковою і істотно інтерактивною процедурою. На кожному кроці процесу необхідно приймати рішення залежно від вже одержаних поточних результатів. Процедура проводиться таким чином:

1. Формується окрема оптимальна зона для одного СЦ за раніше описаним методом аналізу зон з одним СЦ.
2. Формується сусідня окрема зона.
3. Перевіряється можливість об'єднати ці дві зони з двома СЦ в одну, взявши до уваги характеристики обслуговування: час очікування і час у русі.
4. Формується така сусідня зона. Додавання зон іде таким чином, щоб у процесі розростання загальна територія, покрита зонами обслуговування, мала б по можливості компактную форму.
5. Повторюється процедура з кроку (3).
6. Продовжується процедура до тих пір, поки вся територія не буде покрита зонами обслуговування.

Проілюструємо на прикладі процедуру пошуку регіонального закріплення локомотивних депо за сервісними центрами. Схема розташування і відстані між депо і ремонтними заводами наведена на рис. 1.

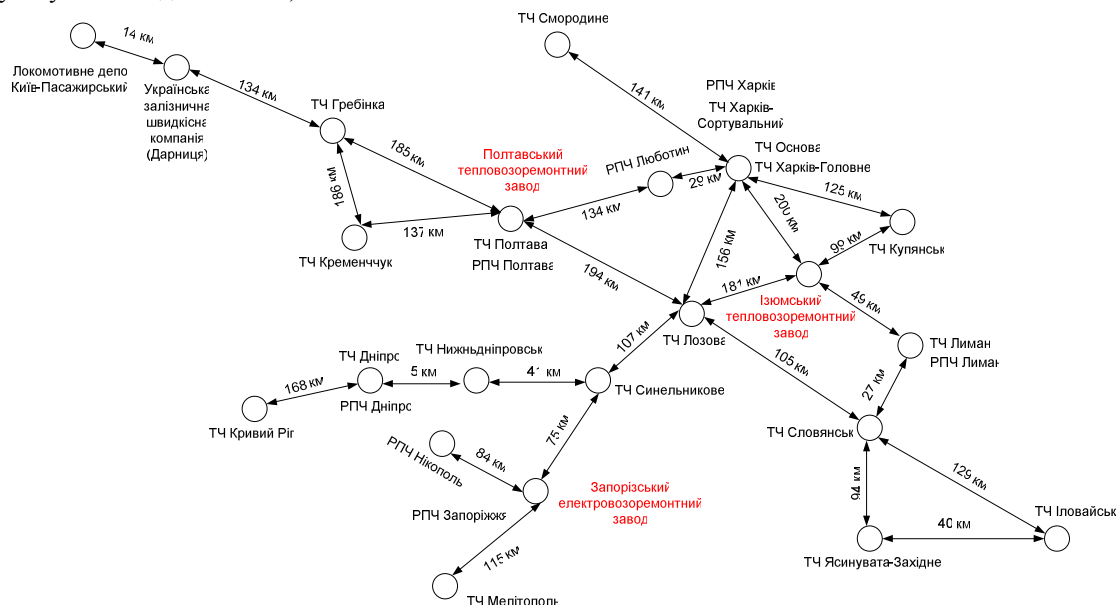


Рис. 1. Схема розташування ТЧ та РПЧ Південної, Придніпровської та Донецької залізниць

Щодо територіального розміщення, то місця розташування заводів дають змогу охопити компактно навколишні локомотивні депо. Разом з цим локомотивні депо мають у приписному парку різні серії і типи локомотивів: тепловози і електровози. Це створює деякі незручності при виборі для локомотивного депо локомотиворемонтного заводу для проведення великих видів ремонтів як локомотивів у цілому, так і ремонту окремого обладнання. Деякі з локомотиворемонтних заводів працюють не на повну потужність через низку причин, і для їх подальшого ефективного функціонування доцільно було б створити умови для спеціалізації на надання сервісних послуг з ремонту обладнання для локомотивних депо.

Для обґрунтування закріплення за локомотиворемонтними заводами таких функцій і створення на їх базі СЦ розглянемо і проаналізуємо витрати на організацію ТО, ПР. У табл. 1 містяться дані про витрати на організацію ТО, ПР деякими депо регіональної філії «Південна залізниця». Найбільш часто депо виконують ТО-3 та ПР-1, причому по тепловозному парку значно перевищуються норми простою і значні витрати припадають на проведення позапланових ремонтів (НР) (табл. 1).

Саме це і визначає необхідність створення умов для сервісного обслуговування локомотивного парку депо.

Для визначення потреби в сервісному обслуговуванні депо були виділені складові, що пов'язані з перевищенням норм простою на ТО-3, ПР-1 по тепловозному парку і витратами на НР. У табл. 2 систематизовано види витрат за окремими серіями тепловозів і час у русі на одну поїздки з локомотиворемонтного заводу (сервісного центру) до локомотивного депо.

Час у русі обчислювався за даними відстані між сервісними центрами і локомотивними депо згідно з рис. 1 і середньою технічною швидкістю  $v_{\text{тех}} = 40 \text{ км/год}$  (табл. 3) для варіантів, коли сервісний центр організований у Полтаві (при ПТРЗ) – 1-й варіант, коли сервісний центр організований в Ізюмі (при ІТРЗ) – 2-й варіант, визначений час у русі на доставку необхідного обладнання.

З урахуванням цих і попередніх даних у табл. 4 визначено інтенсивність заявок на сервіс і на обслуговування. Вважаючи, що сервісний центр забезпечує високий рівень обслуговування, було прийнято нормативні витрати на ТО, ПР з урахуванням доставки обладнання для проведення сервісу (табл. 4).

Як видно з наведених у табл. 4 даних, для депо Полтава та Смородине сервісне обслуговування доцільне тільки із СЦ Полтавського тепловозоремонтного заводу (ПТРЗ).

Для інших локомотивних депо були проведені розрахунки з визначення доцільності організації сервісних центрів у Полтаві (на ПТРЗ) (табл. 5) та в Ізюмі (на ІТРЗ) (табл. 6), а також при одночасній організації сервісу в даних підприємствах (табл. 7).

Таблиця 1

Витрати на проведення ТО, ПР по регіональній філії «Південна залізниця» за 2017 рік

Вид ТО, ПР	ТО-3				ПР-1				ПР-2				ПР-3				Загальний простій, години		Поза-планові ремонтні години
	Кількість локомотивів, які виконано ТО-3	Середня тривалість, години	Сумарна тривалість, години	Норма	Кількість локомотивів, які виконано ПР-1	Середня тривалість, години	Сумарна тривалість, години	Норма	Кількість локомотивів, які виконано ПР-2	Середня тривалість, години	Сумарна тривалість, години	Норма	Кількість локомотивів, які виконано ПР-3	Середня тривалість, години	Сумарна тривалість, години	Норма	По серіям	Всього	
Детпо	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Електровогне детпо Харків-Головне (ТЧ-2)	ЧС2	27	12	324	19	24	456	24	19	-	-	2	2	5	10 (240 годин)	5	1 020		
	ЧС7	92	12	1 104	88	24	2 112	24	88	4	8 (192 години)	4	5	10	50 (1 200 годин)	10	4 608	6 588	38
	ВЛ11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	40 (960 годин)	-	960		
Локомотивне детпо Основа (ТЧ-3)	2ТЭП16	50,5	76,04	3840,02	16	14	95,07	48	14	-	-	8	-	-	-	10	5 171		
	ТЭП70, 150	95	72,02	6 841,9	34	124,95	4 248,3	48	34	-	-	5	4	5,03 (120,74 години)	20,12 (482,96 години)	6	11 573,16	18 412	6289,25
	ТТМ, ТТК, ТУ-2, ТУ-7	77	12	924	16	24	384	24	16	-	-	4	3	5	15 (360 години)	5	1 668		
Локомотивне детпо Полтава (ТЧ-5)	ВЛ80Т	-	-	-	-	18,59	1 041,04	24	-	2,12	2,12 (50,88 години)	4	-	-	-	-	1 091,92		
	ВЛ80К	-	-	-	12	15,25	854	24	112	2,42	4,84 (116,16 години)	4	-	-	-	10	970,16	7 233,35	317,7
	2ТЕП16	32	31,73	1 001,6	16	9	40,49	364,41	48	-	-	8	-	-	-	-	1 366,01		
Локомотивне детпо Кременчук (ТЧ-6)	ТЕП70, 150	30	18,02	540,6	12	7	17,22	120,54	36	-	-	5	-	-	-	6	661,14		1028
	ЧМБЗ	123	20,84	2 563,32	12	24	24,20	580,8	24	-	-	4	-	-	-	5	3 144,12		
	2ТЕП16	10	-	-	16	2	82,3	48	2	-	-	8	-	-	-	10			
Локомотивне детпо Кременчук (ТЧ-6)	ЧМБЗ	134	63,3	6 583,2	12	22	24	2 057,5	24	-	-	4	-	-	-	5	8 640,7	8 640,7	8371
	ТЕП70, 150	8	-	-	12	1	36	36	1	-	-	5	-	-	-	6			

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Локомотивне депо Ромни (ТЧ-7)	ЧМЕЗ	49	12,8	627,2	12	7	24	168	24	-	-	4	-	-	-	5	795,2	795,2	2162
Локомотивне депо Смородице (ТЧ-8)	ЧМЕЗ	158	11,81	1 865,98	12	25	24	600	24	-	-	4	-	-	-	5	286,08	2 752,06	239
Локомотивне депо Лозова (ТЧ-9)	ЧМЕЗ	67	112,6	7 544,2	12	15	132,6	1 989	24	-	-	4	12	81,4 (777,6 годин)	976,8 (9 331,2 годин)	5	18 864,4	38 054,57	96,2
Локомотивне депо Харків-Сортувальний (ТЧ-10)	ВЛП1	72,5	82,6	5 988,5	12	72,5	82,6	5 988,5	24	4,5 (108 годин)	27 (648 годин)	4	3	87,56 (2 101,44 годин)	262,58 (6 304,32 годин)	10	18 929,32	150,7	
																			6
Локомотивне депо Харків-Сортувальний (ТЧ-10)	ЧМЕЗ	201	12	2 412	12	64	24	1 536	-	-	-	4	7	-	-	5	3 948	4 356	178
Локомотивне депо Гребінка (ТЧ-12)	ЧМЕЗ	14,5	71,4	1 035,3	16	4	198,8	795,2	48	8	24 (576 годин)	8	3	8,4	25,2 (604,8 годин)	10	3 011,3	13 094,4	1491
Локомотивне депо Гребінка (ТЧ-12)	ВЛ80к	50	87,9	4 395	12	94	24	2 256	24	4	12 (288 годин)	4	7	10	70 (1 680 годин)	10	4 224	1583	
																			3
Локомотивне депо Харків-Сортувальний (ТЧ-10)	ВЛ80г	-	-	-	-	246	17,2	4 231,2	12	2,6	31,2 (748,8 годин)	4	10	12,7	127 (3 048 годин)	10	8 028	12 740	227,05
Локомотивне депо Куп'янськ (ТЧ-15)	ВЛ80к	-	-	-	-	30,3	30,3	939,3	-	-	-	-	-	10,4	41,6 (998,4 годин)	5	1 404	1 404	0

Таблиця 2

Витрати локомотивних дело на ТО-3, ПР-1 і НР

Вид ТО	ТО-3										ПР-1					
	Дело	Кількість локомотивів, ТО-3	Середня тривалість, годин	Норма	Сумарна тривалість, годин	Сумарна норма, м	Різниця	Час на НР	Час у руці на одну поїздку, годин		Кількість локомотивів, яким виконано ПР-1	Середня тривалість, годин	Норма	Сумарна тривалість, годин	Сумарна норма, м	Різниця
									I варіант	II варіант						
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Локомотивне депо Основа (ТЧ-3)	2ТЭ116	50,5	76,04	16	3 840,02	808	3 032,02				14	95,07	48	1 350,9	672	678,9
	ТЭП70, 150	95	72,02	12	6 841,9	1 140	5 701,9	6 289,3			34	124,9	48	4 284,3	1 632	2 652,3
	ТМ, ТТК, ТУ-2, ТУ-7	77	12	12	924	924	0		3,98	5	16	24	24	384	384	0
Локомотивне депо Полтава (ТЧ-5)	Σ				11 603,92	2 688	8 733,9							6 019,2	2 688	3 339,2
	2ТЕ116	32	31,73	16	1 001,6						9	40,49	48	3 64,41	432	- 67,6
	ТЕП70, 150	30	18,02	12	540,6			1 028	0		7	17,22	36	120,54	252	- 131,5
Локомотивне депо Кременчук (ТЧ-6)	ЧМЕ3	123	20,84	12	2 563,3	1 476	1 087,3				24	24,2	24	580,8	576	4,8
	Σ				4 105,5	2 348	1 757,5							1 065,75	1 260	- 194,25
	2ТЕ116	10	63,3	16	633	160	473				2	82,3	48	164,6	96	68,6
Локомотивне депо Ромни (ТЧ-7)	ЧМЕ3	134	63,3	12	8 482,2	1 608	6 874,2	8 731	3,43	12,8	22	24	24	528	528	0
	ТЕП70, 150	8	63,3	12	506,4	96	410				1	33	36	33	36	- 3
	Σ				9 621,6	1 864	7 757,6							561	564	- 3
Локомотивне депо Смордине (ТЧ-8)	ЧМЕ3	49	12,8	12	627,2	588	39,2	2 162	2,25	10,9	7	24	24	168	168	0
	Σ				627,2	58,8	39,2							729	732	- 3
	ЧМЕ3	158	11,81	12	1 865,9	1 896	- 30,1		3,75	8,5	25	24	24	600	600	0
Локомотивне депо Лозова (ТЧ-9)	ТЕП70, 150	24	11,92	12	286,1	288	- 1,9	239			-	16	16	0	0	0
	Σ				2 152	2 184	- 32							600	600	0
	2ТЕ116	3	86,95	16	260,85	48	212,85	96,2	4,85	4,53	1	48	48	48	48	0
Локомотивне депо Гребінка (ТЧ-12)	ЧМЕ3	47	112,6	12	7 544,2	564	6 980,2				15	132,6	24	1 989	360	1 629
	Σ				7 805,05	612	7 193,05							2 037	408	1 629
	2ТЕ116	14,5	71,6	16	1 035,3	232	803,3				4	198,8	48	795,2	192	603,2
Σ	ЧМЕ3	50	87,9	12	4 395	600	3 795	1 491			11	133,1	24	1 464,1	264	1 200,1
	Σ				5 430,3	832	4 598,3							2 259,3	456	1 803,3

Таблиця 3

## Час руху на доставку обладнання із СЦ до локомотивних депо

І варіант – сервісний центр у Полтаві			І варіант – сервісний центр в Ізюмі		
Назва депо		Час у русі, год	Назва депо		Час у русі, год
Локомотивне депо Гребінка (ТЧ-12)	185	4,62	Локомотивне депо Гребінка (ТЧ-12)	526	13,5
Локомотивне депо Смородине (ТЧ-8)	150	3,75	Локомотивне депо Смородине (ТЧ-8)	341	8,5
Локомотивне депо Полтава (ТЧ-5)	0	0	Локомотивне депо Полтава (ТЧ-5)	375	9,38
Локомотивне депо Харків-Сортувальний (ТЧ-10)	159	3,98	Локомотивне депо Харків-Сортувальний (ТЧ-10)	200	5,0
Електровозне депо Харків-Головне (ТЧ-2)	159	3,98	Електровозне депо Харків-Головне (ТЧ-2)	200	5,0
Локомотивне депо Основа (ТЧ-3)	159	3,98	Локомотивне депо Основа (ТЧ-3)	200	5,0
Локомотивне депо Лозова (ТЧ-9)	194	4,85	Локомотивне депо Лозова (ТЧ-9)	181	4,53
Локомотивне депо Куп'янськ (ТЧ-15)	288	7,2	Локомотивне депо Куп'янськ (ТЧ-15)	99	2,5
Локомотивне депо Лиман (ТЧ-1)	316	8,15	Локомотивне депо Лиман (ТЧ-1)	49	1,23
Локомотивне депо Кременчук (ТЧ-6)	137	3,43	Локомотивне депо Кременчук (ТЧ-6)	512	12,8
Локомотивне депо Ромни (ТЧ-7)	90	2,25	Локомотивне депо Ромни (ТЧ-7)	436	10,9



Таблиця 4

Зведена таблиця витрат і інтенсивності заявок (потреби) та інтенсивності обслуговування

Розрахунки	Сумарний фактичний простий на ТО-3, П-1, год	Сумарний нормативний простий на ТО-3, ПР-1, год	Кількість НР, шт.	Час у русі на одну поїздку / на всі поїздки, год		Сумарний час на ТО-3, ПР-1 і в русі		Інтенсивність обслуговування, ц. год <sup>-1</sup>		Сумарний час на різниці ТО-3, ПР-1, год	Сумарний час з урахуванням НР, год	Інтенсивність заявок $\lambda_s$ , год <sup>-1</sup>
				I варіант	II варіант	I варіант	II варіант	I варіант	II варіант			
Дело Локомотивне дело Основа (ТЧ-3)	17 625, 12	5 560	79	3,98 / 316	5 / 395	5 876	5 955	1,7×10 <sup>-4</sup>	1,68×10 <sup>-4</sup>	12 065,1	6 289,3	5,45×10 <sup>-5</sup>
Локомотивне дело Полтава (ТЧ-5)	5 171,25	3 608	18	0	9,4 / 109,2	3 668	3 777,2	2,77×10 <sup>-4</sup>	2,65×10 <sup>-4</sup>	1 563,25	1 028	3,86×10 <sup>-4</sup>
Локомотивне дело Кременчук (ТЧ-6)	10 182,6	2 428	53	3,43 / 181,8	12,8 / 678,4	2 609,8	3 106,4	3,83×10 <sup>-4</sup>	3,22×10 <sup>-4</sup>	7 754,6	8 371	1,19×10 <sup>-4</sup>
Локомотивне дело Ромни (ТЧ-7)	1 356,2	1 320	16	2,3 / 36,8	10,9 / 174,4	1 356,8	1 494,4	7,37×10 <sup>-4</sup>	6,69×10 <sup>-4</sup>	36,2	2 162	4,55×10 <sup>-4</sup>
Локомотивне дело Смородине (ТЧ-8)	2 752	2 784	3	3,8 / 11,4	8,5 / 25,5	2 795,4	2 809,51	3,57×10 <sup>-4</sup>	3,56×10 <sup>-4</sup>	- 32	239	4,83×10 <sup>-3</sup>
Локомотивне дело Лозова (ТЧ-9)	9 794	1 020	4	4,9 / 19,6	4,5 / 18	1 039,6	1 038	9,62×10 <sup>-4</sup>	9,63×10 <sup>-4</sup>	8 822,05	96,2	1,12×10 <sup>-4</sup>
Локомотивне дело Гребінка (ТЧ-12)	7 689,6	1 288	52	4,6 / 239,2	13,2 / 686,4	1 527,2	1 974,4	6,55×10 <sup>-4</sup>	5,05×10 <sup>-4</sup>	6 401,6	1 491	1,27×10 <sup>-4</sup>

Таблиця 5

## Полтава (ПТРЗ) – сервісний центр (I варіант)

Розрахунки Депо	Інтенсивність заявок, $\lambda_i$ , год <sup>-1</sup>	Час у русі, $t_{гр}$ , год	Інтенсивність обслуговування, $\mu_i$ , год <sup>-1</sup>	Приведена інтенсивність обслуговування, $\rho = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$	Час очікування, $W_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i(\mu_i - \lambda_i)}$ , $\times 10^4$ год	Сумарний час очікування, $\sum W_i$ , год $\times 10^4$
Локомотивне депо Ромни (ГЧ-7)	$4,55 \times 10^{-4}$	36,8	$7,37 \times 10^{-4}$	0,617	0,219	0,219
Локомотивне депо Гребінка (ГЧ-12)	$1,27 \times 10^{-4}$	239,2	$6,55 \times 10^{-4}$	0,194	0,037	0,256
Локомотивне депо Кременчук (ГЧ-6)	$1,19 \times 10^{-4}$	181,8	$3,83 \times 10^{-4}$	0,31	0,147	0,403
Локомотивне депо Основа (ГЧ-3)	$5,45 \times 10^{-5}$	316	$1,7 \times 10^{-4}$	0,321	0,277	0,680
Локомотивне депо Лозова (ГЧ-9)	$1,12 \times 10^{-4}$	19,6	$9,67 \times 10^{-4}$	0,1158	0,0135	0,6935
$\Sigma$	$8,675 \times 10^{-4}$	793,4	$29,12 \times 10^{-4}$	1,558		$0,6935 \times 10^{-4}$

Таблиця 6

## Ізюм (ІТРЗ) – сервісний центр (II варіант)

Розрахунки Депо	Інтенсивність заявок, $\lambda_i$ , год <sup>-1</sup>	Час у русі, $t_{гр}$ , год	Інтенсивність обслуговування, $\mu_i$ , год <sup>-1</sup>	Приведена інтенсивність обслуговування, $\rho = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$	Час очікування, $W_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i(\mu_i - \lambda_i)}$ , $\times 10^4$ год	Сумарний час очікування, $\sum W_i$ , год $\times 10^4$
Локомотивне депо Лозова (ГЧ-9)	$1,12 \times 10^{-4}$	18	$9,63 \times 10^{-4}$	0,1163	0,0137	0,0137
Локомотивне депо Основа (ГЧ-3)	$5,45 \times 10^{-4}$	395	$1,68 \times 10^{-4}$	0,324	0,286	0,299
Локомотивне депо Ромни (ГЧ-7)	$4,55 \times 10^{-4}$	174,4	$6,63 \times 10^{-4}$	0,686	0,481	0,779
Локомотивне депо Гребінка (ГЧ-12)	$1,27 \times 10^{-4}$	686,4	$5,06 \times 10^{-4}$	0,251	0,066	0,845
Локомотивне депо Кременчук (ГЧ-6)	$1,19 \times 10^{-4}$	678,4	$3,22 \times 10^{-4}$	0,369	0,182	1,027
$\Sigma$	$8,675 \times 10^{-4}$	1 952,2	$26,22 \times 10^{-4}$	1,7463		$1,027 \times 10^{-4}$

## Два сервісних центри – Полтава, Ізюм

Розрахунки Депо	Інтенсивність заявок, $\lambda_i$ , год <sup>-1</sup>	Час у дорозі, $t_{др}$ , год	Інтенсивність обслуговування, $\mu_i$ , год <sup>-1</sup>	Приведена інтенсивність обслуговування, $P = \frac{\lambda}{\mu}$
Локомотивне депо Гребінка (ГЧ-12)	$1,27 \times 10^{-4}$	239,2	$6,55 \times 10^{-4}$	0,194
Локомотивне депо Кременчук (ГЧ-6)	$1,19 \times 10^{-4}$	181,8	$3,83 \times 10^{-4}$	0,31
Локомотивне депо Ромни (ГЧ-7)	$4,55 \times 10^{-4}$	36,8	$7,37 \times 10^{-4}$	0,617
Локомотивне депо Основа (ГЧ-3)	$5,45 \times 10^{-5}$	316	$1,7 \times 10^{-4}$	0,321
Локомотивне депо Лозова (ГЧ-9)	$1,12 \times 10^{-4}$	18	$9,63 \times 10^{-4}$	0,1163
$\Sigma$	$8,675 \times 10^{-4}$	791,8	$29,08 \times 10^{-4}$	1,5583

Виходячи з розрахунків найгіршим є варіант організації сервісного центру на ІТРЗ для всіх депо, оскільки сумарний час очікування сервісу складає 10270 годин. У варіанті, коли сервісний центр організовано на ПТРЗ, цей показник значно менший і складає 6935 годин. Але найкращим варіантом є варіант з організацією сервісу одночасно на ПТРЗ і ІТРЗ. У цьому випадку сумарний час очікування складає 899 годин на рік.

Значення цього часу очікування обслуговування на двох СЦ визначалося таким чином:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{1,5583}{1!} + \frac{1,5583^2}{2!} + \frac{1,5583^{2+1}}{2!(2-1,5583)}} = 0,21;$$

$$W = \frac{1,5583^2}{29,08 \times 10^{-4} (2-1)!(2-1,5583)^2} \times 0,21 = 899 \text{ год,}$$

де  $n=2$ ;  $k=5$ ;  $\rho=1,5583$ ;  $\mu=29,08 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ .

### Висновки з дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному напрямку

1. Оскільки цільова функція є функцією з багатьма екстремумами, тобто описане вище інтерактивне рішення може істотно залежати від початкової обраної точки розростання зони обслуговування, процедуру алгоритму можна повторювати кілька разів, вибираючи кожного разу нову початкову точку, і

вибрати як фінальне найкраще за підсумковими характеристиками обслуговування рішення. Однак, як показали практичні розрахунки, локальні оптимуми, отримані при різних початкових умовах, достатньо близькі до значень цільової функції (7).

2. Наведені результати показують можливість застосування даного методу для вирішення практичних завдань, навіть при тому, що метод є істотно інтерактивним, оскільки на кожному кроці процесу необхідно приймати рішення щодо того, як розширювати зону обслуговування і коли припинити процес, переходячи до наступного етапу розрахунку.

3. У розглянутій статті показано, що в умовах коливання динаміки витрат на утримання локомотивного парку депо доцільно створення спеціалізованих сервісних центрів, які проводять моніторинг організації ТО, ПР, витрат на них і спроможні значно покращити показники використання локомотивів і скоротити витрати на ТО, ПР локомотивів.

### Список використаних джерел

1. Дацун, Ю. Н. Выбор стратегии технического обслуживания и ремонта локомотивов на основе методов нечеткой логики / [Текст] / Ю. Н. Дацун // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – № 1. – С. 77-80.
2. Ерохин, Е. А. Эволюция систем технического обслуживания и ремонта оборудования [Текст] / Е. А. Ерохин, А. Н. Осинцев // Организатор производства. – Воронеж, 2009. – № 4. – С. 37-41.

3. Лакин, И. И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов [Текст] : дисс...канд. техн. наук / И. И. Лакин. — М., 2016. — 195 с.
  4. Toporkova, O. A., & Zheludovych, O. A. (2014). Lohistychnе upravlinnia v systemi obliku zapasiv. Problemy ekonomiky transportu : zb. nauk. pr. Dnipropetr. nats. un-tu zalizn. transp. im. akad. V.Lazariana, (7), 67-73. doi:https://doi.org/10.15802/pte.v0i7.32097
  5. Ustenko, M. O. (2010). Osnovni problemy transportnoi lohistyky. Problemy transportnoho kompleksu Ukrainy: Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti, (29), 236-238.
  6. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог [Текст] : монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин, А. П. Фалендыш. — Луганск : Изд-во "Наулирис", 2011. — 174 с.
  7. Харламов, П. О. Підвищення ефективності сервісного обслуговування поїздів метрополітену [Електронний ресурс] / П. О. Харламов, Е. Л. Шабанов // Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп. — 2015. — Вип. 158(2). — С. 149-152. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt\\_2015\\_158%282%29\\_29](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2015_158%282%29_29)
  8. Industrial and Engineering Chemistry Research Volume 50, Issue 18, 21 September 2011, Pages 10630-10642 Multicriteria optimization model for supply process problem under provision and demand uncertainty (Article) Rodriguez, M.A. Email Author, Vecchiatti, A.
  9. Omega (United Kingdom) Volume 57, December 01, 2015, Pages 217-229. Improving the management of spare parts stocks in the repair shop (article). Dekker, R.
- railways to service centers for repair and installation of locomotive equipment. The traditional system of cooperation between locomotive repair shops, specialized workshops and linear enterprises - locomotive depots has recently reduced its effectiveness, so an attempt has been made to implement new approaches for restoring effective cooperation between all links in the repair service of railways. The range of research included the optimization of the maintenance and current repair of locomotives based on the widespread introduction of means and diagnostic technologies into the locomotive maintenance system, the optimal system for the supply of spare parts and equipment, and the determination of the optimal life cycle period. The main task of the research was to develop the scientific aspects of the formation of regional service centers and to assign locomotive depots to them with the example of locomotive depots of the South, Pridneprovskaya and Donetsk railways, and in the first variant it was proposed the Poltava locomotive repair plant as a service center, in the second variant - Izyumsky diesel locomotive plant, and in the third - two service centers were counted simultaneously. The results of the research showed the possibility of using this method for solving practical problems, even though the method is essentially interactive, because at each step of the process it is necessary to decide how to expand the service area and when to stop the process, moving on to the next stage of the calculation. The study showed that, under conditions of fluctuations in the dynamics of expenses for the maintenance of the locomotive depot park, it is advisable to create specialized service centers that monitor the maintenance organization and repair costs thereon and are able to significantly improve the use of locomotives and reduce costs for maintenance and current repair of locomotives.

**Key words:** service area, intensity of service requests, service intensity, locomotives.

**Крашенин А. С., Яковлев С. С., Шапатина О. А., Турубара О. А. Территориальное закрепление локомотивных депо за сервисными центрами.** В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты территориального закрепления локомотивных депо железных дорог за сервисными центрами по ремонту и производству оборудования локомотивов.

**Ключевые слова:** зона обслуживания, интенсивность заявок на обслуживание, интенсивность обслуживания, локомотивы.

Надійшла 20.09.2018 р.

**Крашенин Александр Семенович**, доктор технічних наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [errs1@mail.ua](mailto:errs1@mail.ua) ORCID 0000-0001-7462-3372.

**Яковлев Сергій Сергійович**, аспірант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [errs1@mail.ua](mailto:errs1@mail.ua) ORCID 0000-0002-8578-4566.

**Шапатина Ольга Олександрівна**, асистент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [uvkr@kart.edu.ua](mailto:uvkr@kart.edu.ua) ORCID 0000-0002-9185-6212.

**Krashenin O., Yakovlev S., Shapatina O., Turubara O. Territorial relief of locomotive deposits to service centers.** The article deals with theoretical and practical aspects of territorial assignment of locomotive depots of

**Турубара Ольга Олександрівна**, магістрант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [errs1@mail.ua](mailto:errs1@mail.ua)

**Krashenin Alexander Semenovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Operation and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [errs1@mail.ua](mailto:errs1@mail.ua)  
ORCID 0000-0001-7462-3372.

**Yakovlev Sergey Sergeevich**, post-graduate student of the Department of Operation and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [errs1@mail.ua](mailto:errs1@mail.ua) . ORCID 0000-0002-8578-4566.

**Shapatina Olga Aleksandrovna**, assistant lecturer of cargo and commercial work department, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.  
E-mail: [uvkr@kart.edu.ua](mailto:uvkr@kart.edu.ua) , ORCID 0000-0002-9185-6212.

**Turubara Olga Alexandrovna**, Masters of the Department of Operation and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine.  
E-mail: [errs1@mail.ua](mailto:errs1@mail.ua)