



## KAPITEL 5 / CHAPTER 5<sup>5</sup> NEW ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN TRANSPORT SERVICES FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-17-03-006

### Вступ.

Специфічною особливістю промислового залізничного транспорту є необхідність обслуговування підприємств багатьох галузей з різним характером і складністю виробництва і, що особливо важливо, які розрізняються за виробничою потужністю. У загальному вигляді цю відмінність можна оцінити показником транспортності підприємства, тобто відношенням обсягу перевезень до обсягу продукції, що випускається (т/т), оскільки він досить об'єктивно характеризує обсяг роботи транспорту і масштаби транспортної інфраструктури.

До числа найбільш транспортних підприємств відносяться металургійні комбінати повного циклу (12-15 т/т). Істотно менше транспортності у машинобудівних заводів, підприємств будматеріалів та інших галузей промисловості (4 - 6 т/т). [1]

Однак найбільш численна група активів (до 70% загального числа), до якої відносяться виробничі підприємства, будівельні, збутові та інші організації, які характеризуються невеликим обсягом виробництва і транспортності (1,0 - 2,0 т/т), а також нерегулярністю перевезень.

Крім того, до цієї групи належать також територіально відокремлені допоміжні та ремонтні виробничі та складські комплекси, що функціонують на підприємствах першої та другої груп.

Для забезпечення перевізного процесу кожне підприємство, як правило, має свій парк тягових засобів з інфраструктурою для експлуатації, технічного обслуговування і ремонту локомотивів. При цьому витрати на вказаний комплекс є найбільш витратною частиною транспортних технологій.

В силу виробничих вимог і умов експлуатації залізничного транспорту домінуюче значення на промислових підприємствах належить тепловозній тязі. Тепловози виконують тут весь обсяг перевізної роботи. Лише окремі металургійні підприємства на вивізній роботі використовують електровозну тягу.

Враховуючи вищевикладене, кожне із зазначених підприємств містить свій тепловозний парк чисельністю від 2 до 60-80, а в окремих випадках 100 одиниць. При цьому структура парку ґрунтується на типовому ряді тепловозів, що поставляються підприємствам протягом цілого ряду попередніх років, який включає практично три типи тепловозів зчпною вагою 45, 90 і 100-120 т і потужністю 500, 750 і 1000-1200 к.с., відповідно.

Як показала практика підприємств, такий типовий ряд тепловозів виявився вкрай обмеженим. Тому тепловозний парк більшості підприємств протягом тривалого часу, за аналогією з магістральними дорогами, комплектувався

<sup>5</sup>Authors: Maslak Anna Victorivna, Krasulin Oleksandr Stanislavovich



локомотивами зі свідомо надлишковими показниками потужності і зчіпної ваги.

Крім того, у міру вироблення ресурсу підприємства виводили з експлуатації і списували тепловози малої потужності. У той же час оновлення парку, зокрема, металургійних комбінатів відбувалося за рахунок придбання тепловозів підвищеної потужності серій ТЕМ-7, ТЕМ-18 та ін. Багато підприємств і організації змушені були замінювати тепловози малої і середньої потужності (серії ТГМ-23 і ТГМ-4), що відпрацювали свій ресурс, на більш потужні тепловози, виведені з експлуатації з різних причин на інших підприємствах.

Проведений аналіз [1] показав, що у зв'язку із зазначеним за останній період на промислових підприємствах України структура тепловозного парку істотно змінилася.

Наведені дані показують, що за розглянутий період знизилася частка тепловозів малої і середньої потужності (ТГМ-23 і ТГМ-4). У той же час, для переважаючого числа промислових підприємств основним типом стали тепловози підвищеної потужності (1000 к.с. і більше) і зчіпною масою 90-100 т, число яких досягло 70%. Такий нерегульований перерозподіл структури тепловозного парку суттєво погіршив показники використання локомотивів.

У становищі, що склалося, тепловози на підприємствах використовуються вкрай нерационально, як за основними параметрами - зчіпній вазі і потужності, так і за часом. Зазначене призвело до значного (на 20-25 %) зростання витрат на тягові засоби в собівартості перевезень і істотного збільшення витрат на енергоресурси. Слід також враховувати, що на підприємствах велика частина тепловозів вже відпрацьовує свій ресурс і підтримання парку тягових засобів стає все більш витратним [2, 3].

В особливо складні умови це поставило підприємства малої потужності, що мають обмежені вагопотоки (до 30-50 вагонів на добу) і які змушені утримувати свій обмежений локомотивний парк (2-3 од.).

Як показує світова практика вельми перспективним напрямком вирішення даних питань слід вважати перехід підприємств на енергозберігаючі транспортні технології з використанням гібридних тягових засобів - локотракторів, тобто маневрових тягачів на комбінованому пневмо-рейковому ході на базі колісного трактора або спеціального рушія.

## **5.1. Аналіз літературних джерел і постановка проблеми.**

В останній період в Україні та інших країнах СНД питанням експлуатації тепловозного парку та енергозбереження при транспортному обслуговуванні промислових підприємств приділяється мало уваги. Число публікацій на цю важливу і актуальну тему досить обмежено. Звертає на себе увагу відсутність статей по накопиченому за роки роботи в ринкових умовах досвіду експлуатації і ступеня використання тепловозів в різних умовах експлуатації на підприємствах, принципам формування тепловозного парку, перспективам його розвитку та ін., в особливій мірі це стосується промислового транспорту найбільш розвинених країн. По суті, слід зазначити такі роботи [4, 5, 6, 7, 8, 9,



10, 11, 12].

У роботі [4] автор, не оцінюючи фактичного положення на підприємствах, не конкретизуючи експлуатаційні умови і виробничі вимоги, пропонує формувати типаж тепловозів на основі модульного принципу. Тим часом, відомо, що пропонований принцип, призводить до істотного ускладнення експлуатації парку і зниження витрат на тягу забезпечити не може.

У публікаціях [5, 6] висвітлюються результати роботи з впровадження системи обліку та реєстрації параметрів роботи тепловозів на металургійних підприємствах.

Так само і в інших публікаціях [7, 8, 9, 10, 11, 12] висвітлюються питання застосування локомотивів з гібридними тяговими агрегатами зокрема з використанням парової машини. Однак, даних про практичне використання та ефективності отриманих результатів в процесі експлуатації тепловозів не наводиться.

Метод вибору типу тепловоза для тієї чи іншої транспортної технології підприємства регламентується у вітчизняній практиці Правилами виробництва тягових розрахунків, та розробленою методикою [13, 14].

В його основу приймається визначення необхідної величини сили тяги ( $F_k$ ) в залежності від маси складу ( $Q$ ) на розрахунковому ухилі і визначається за відомою формулою.

З іншого боку, можлива величина дотичної сили тяги тепловоза по зчепленню визначається як добуток зчіпної ваги локомотива і розрахункового коефіцієнта зчеплення.

У цьому випадку нормативні обмеження по коефіцієнту зчеплення коліс з рейками ( $\psi_k = 0,2 \div 0,27$ ) призводять до необхідності визначення необхідної сили тяги, варіюючи зчіпну вагу локомотива виходячи з наявного типажу. А оскільки зараз на підприємствах в основному використовуються потужні важкі тепловози це призводить до необхідності вибору локомотива з надлишковими параметрами зчіпної ваги і потужності.

У зарубіжній практиці, як це впливає з наявних публікацій [15, 16, 17, 18, 19], прийнято принципово інший методичний підхід до вибору тягових засобів для конкретних виробничо-експлуатаційних умов підприємств, де вже давно встановлена нераціональність повсюдного застосування потужних локомотивів. В основу цього підходу приймається мінімально необхідна зчіпна вага локомотива для роботи в конкретній транспортній технології, а величина сили тяги встановлюється виходячи з реалізації максимально можливої величини коефіцієнта зчеплення.

Зарубіжними дослідженнями встановлено [20] і практично підтверджено, що для умов підприємств величина коефіцієнта зчеплення тягового засобу може бути збільшена до  $\psi_k = 0,65 - 0,7$  (тобто практично в три рази) за рахунок застосування пневмошинного рушія колісного трактора або спеціального шасі. На цій основі було створено і успішно застосовується новий тяговий засіб для підприємств – локотрактор.

Аналіз зарубіжних джерел показує, що в Німеччині більше шістдесят років



фірма «Zweiweg» (корпорація «Mercedes Benz») випускає тягові засоби на базі колісних тракторів на комбінованому пневмо-рейковому ході (рис. 1).



**Рисунок 1 – Локотрактор фірми Zweiweg.**



**Рисунок 2 – Локотрактор фірми Zephir.**

Вони показали себе як працездатні, надійні і високоефективні тягові засоби для умов підприємств, що замінили тепловози, і отримали широке поширення в різних галузях промисловості.

Новий напрямок в останні роки отримало інтенсивний розвиток. В даний час локотрактори виготовляються декількома машинобудівними фірмами. З них найбільшою є фірма «Zephir», локотрактори якої широко застосовуються на металургійних та інших підприємствах (рис. 2).

Технічна характеристика ряду моделей локотракторів зазначених фірм наводиться в таблиці 1.

Фірма «Zweiweg» в якості базової машини для локотракторів використовуються серійно випускаються колісні трактори. Фірма «Zephir» для цієї мети застосовує спеціальне шасі. Для створення рейкового рушія перед передніми і за задніми колесами базової машини, локотрактори обладнуються спеціальним пристроєм з напрямними роликками і гідроприводом для їх опускання на рейки при русі по залізничній колії і підйому при пересуванні по автодорогах. У передній і задній частині рами локотрактор має автозчеплення для з'єднання з вагонами і зчеплення для автопричепів. Гальмівне обладнання локотрактора пристосоване для можливості управління процесом гальмування залізничними вагонами.

Тягове зусилля локотрактора створюється пневмоколесами базового трактора або шасі, а коефіцієнт зчеплення стабільно забезпечується на рівні 0,65-0,7.

Звертає на себе увагу той факт, що в останній період почав істотно розширюватися типаж локотракторів. Так, фірма «Zephir» випускає в даний час 12 моделей локотракторів починаючи від зчійної маси 10 т і потужності 74 кВт до зчійної маси 50 т і потужності 441 кВт. Останні кілька моделей за своїми параметрами в повній мірі замінюють маневрові тепловози потужністю до 750 к.с. і масою до 80-100 т. На ряді металургійних підприємств такі локотрактори застосовуються навіть на технологічних перевезеннях розплавленого чавуну в



Таблиця 1 – Технічні характеристики зарубіжних локотракторів

№ п/п	Показники	Од. вим.	Моделі локотракторів				
			Zweiweg 82S	Zweiweg 100S	Zephir Loc 4.90	Zephir Loc 14240	Zephir Loc 10.600
1	Базова машина		Тягач «Унимог»	Тягач «Унимог»	Спеціальне шасі	Спеціальне шасі	Спеціальне шасі
2	Потужність двигуна	кВт/лс	50/82	100/140	74/100	169/230	441/600
3	Службова маса	кг	6000	11500	12000	25000	50000
4	Габаритні розміри: довжина, ширина, висота	мм	3460*1630*2350	4470*2300*2620	6040*2500*3150	7740*2500*3190	8600*2500*3420
5	Сила тяги на гаку	кН	36	50	50	140	300
6	Швидкість руху: - передній рейковий хід - задній рейковий хід - на пневмоходу	км/год	20,0 5,0 50,0	20,0 5,0 50,0	10,0 5,0 30,0	10,0 5,0 30,0	10,0 5,0 30,0
7	Маса перевезених вагонів - на ухилі 0 % - на ухилі 3 %	т	450 150	900 300	1000 610	2800 970	6000 2070
8	Колія: - пневмоколів - залізнична	мм	1480 1435-1600	1480 1435-1600	1520 750-1676	1520 750-1676	1520 750-1676
9	Тривалість установки тягового засобу на залізничну	хв.	10	10	10	10	10

важких міксерах при транспортуванні з доменного в сталеплавильне виробництво.

Локотрактори зазначених фірм відрізняються надійністю в експлуатації, високим рівнем автоматизації управління виконуваними операціями, легкістю перекладу на рейковий і пневмошинний рушій, а також економічністю.

Багаторічний досвід експлуатації локотракторів в різних умовах показав, що високий економічний ефект від їх застосування досягається за рахунок:

а) заміни традиційних локомотивів (тепловозів) на всіх видах транспортних робіт, оскільки локотрактори на залізничних перевезеннях забезпечують заданий тяговий, швидкісний і гальмівний режими роботи;

б) можливості виконання значного додаткового обсягу транспортних робіт в якості тягача на пневмошинному ході при вимушених перервах (особливо цілодобових) при нерегулярній подачі з зовнішньої мережі залізничних вагонів;

в) скорочення експлуатаційних витрат від зниження витрат енергоресурсів і поточних витрат (амортизація, технічне обслуговування і ремонти) локомотивів.

Використання трактора-150К в якості бази для агрегування комбінованого ходу і адаптерів дозволить створити універсальну машину, що виконує поточний ремонт залізничної колії та автодоріг, за рахунок установки



бульдозерного відвалу, кранового і гідравлічного обладнання для перекладу пневмоколісної системи на рейковий хід і назад [15, 16 17].

Таким чином, застосування тягового засобу, трансформованого для використання на залізничному та автомобільному ході, є одним з головних напрямків підвищення ефективності транспортного обслуговування підприємств практично всіх галузей промисловості та АПК [15, 16, 17].

**Метою цього дослідження** є розробка нової енергозберігаючої транспортної технології при обслуговуванні підприємств різних галузей промисловості.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Оцінка використання тепловозів промислового транспорту в існуючих технологіях обслуговування під'їзних колій підприємств.
2. Аналіз експлуатаційних показників транспортних технологій.
3. Розробка нової енергозберігаючої транспортної технології при обслуговуванні підприємств різних галузей промисловості.
4. Практична реалізація енергозберігаючої транспортної технології в умовах металургійного підприємства.

## **5.2. Теорія, методи дослідження, моделі, технічні та технологічні розробки**

### **2.1. Оцінка використання тепловозів промислового транспорту в існуючих технологіях обслуговування під'їзних колій підприємств.**

Функції транспорту і основні експлуатаційно-технічні показники транспортного обслуговування підприємств визначаються: видом і обсягом виробництва продукції, характером виробництва (безперервним і дискретним), технологічною складністю виробничого процесу і наявністю регламентованих за часом і обсягами перевезень напівфабрикатів. У свою чергу, реалізовані функції визначають вид транспортної роботи і, в кінцевому підсумку, конкретну транспортну технологію.

В якості основи для подальших досліджень прийнято диференціювання промислових підприємств на групи за основними виробничими ознаками: транспортноємності і функцій, що реалізуються транспортом, видами транспортної роботи і показниками, що характеризують транспортне обслуговування [17, 18].

Для проведення аналізу в якості підприємств-представників обрані: по першій групі – металургійні комбінати; по другій – машинобудівельні об'єднання; по третій – Міжгалузеві підприємства промислового залізничного транспорту (МППЗТ).

Зазначені підприємства в достатній мірі представляють всі зазначені групи. Разом з цим, в процесі аналізу використовуються показники інших підприємств.

У всіх розглянутих групах підприємств вихідними експлуатаційними показниками транспортного обслуговування з'явилися вагопотік ( $B$ , ваг/добу), маса поїзда або маневрової передачі ( $Q$ , т), дальність транспортування ( $L$ , км), керівний ухил ( $i_p$ , ‰) і швидкість руху ( $v$ , км/год.).



На цій основі позначено шість основних транспортних технологій, що використовуються (вибірково) на підприємствах різних груп.

Для тягових засобів, що використовуються за діючими транспортними технологіями, фактичні показники потужності ( $N_K$ , к.с.) і швидкості руху ( $v$ , км/год) локомотива отримані безпосередніми вимірами. Наявність цих показників дозволяє визначити фактично реалізовану зчіпну вагу ( $P_{зч}$ , тс) локомотива.

Крім того, прямими вимірами отримані дані по міжопераційним, внутрішньозмінним і цілозмінним простоям, що характеризує використання тепловозів на діючих транспортних технологіях за часом.

З метою створення необхідного масиву даних на підприємствах-представниках отримано звітні дані щодо використання тепловозного парку, зібрано та опрацьовано експлуатаційні, технічні та технологічні показники роботи тепловозів, а також проведено комплексні виробничі експерименти та хронометражі щодо їх використання в різних експлуатаційних умовах. Крім того, в масив включені дані реєстраційної системи «Дельта», яка відображає показники роботи тепловозів за часом і витрачається потужності на кожній позиції контролера.

Прийнятий масив даних дозволяє з достатньою для практичних цілей точністю дати оцінку основних показників використання тепловозного парку підприємств-представників за основними транспортними технологіями.

Загальний алгоритм оцінки фактичного використання тепловозів за пропонуваним методом представлений на рисунку 3. Запропонований метод дозволяє визначити для всіх транспортних технологій необхідні за умовами роботи показники зчіпної ваги і сили тяги локомотива.

Слід особливо відзначити, що при виконанні розрахунків по кожній транспортній технології кожної групи підприємств розглядалися типи тепловозів, які використовуються в перевізному процесі.

Результати розрахунку фактично реалізованої потужності і необхідної зчіпної ваги тепловозів для виконання транспортної роботи за прийнятими транспортними технологіями наведені в таблиці 2.

Результати проведених досліджень дають підставу вважати, що тепловозний парк промислових підприємств використовується в даний час вкрай неефективно. Розглянемо і якісно оцінимо їх за типами локомотивів і за транспортними технологіями.

Потужні тепловози ( $N = 1000 \div 1200$  к.с. і  $P_{зч} = 100 \div 120$  т) відповідають умовам і задовільно використовуються тільки на вивізній та маневровій роботі на основних станціях (сортувальній, вантажній) підприємств I та II груп. Тут коефіцієнти їх використання складають: по потужності 0,68-0,92, по зчіпній вазі 0,56-0,69. У всіх інших умовах застосування потужних тепловозів є вкрай неефективним.

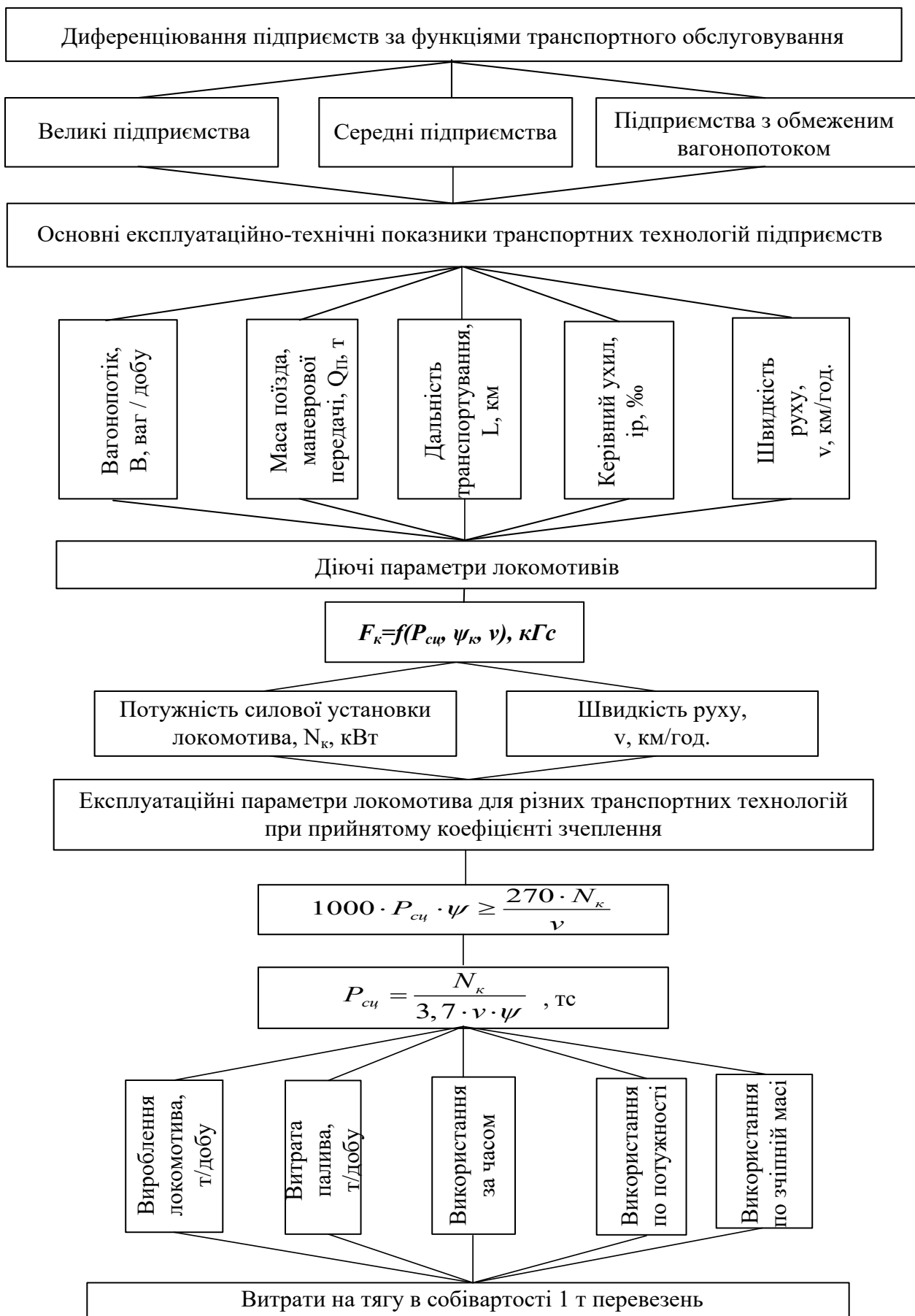


Рисунок 3 – Алгоритм зіставлення оцінки використання тепловозів





Тепловози середньої потужності ( $N = 750$  к.с. і  $P_{34} = 80$  т) характеризуються найбільш високими показниками використання, тільки на внутрішньозаводській поїзній і маневровій роботі на районних станціях підприємств I та II груп. У цих експлуатаційних умовах коефіцієнти використання тепловозів складають: по потужності 0,6-0,77, по зчіпній вазі 0,46-0,6.

Тепловози малої потужності ( $N = 400 \div 500$  к.с. і  $P_{34} = 50$  т) мають більш високі показники використання на обслуговуванні вантажних фронтів і складів, на всіх групах підприємств. Коефіцієнти їх використання складають: по потужності 0,35-0,85, по зчіпній вазі 0,25-0,65.

Однак в даний час, на обслуговуванні переважної кількості підприємств III групи на цій транспортній технології застосовуються потужні тепловози, які характеризуються коефіцієнтом використання по потужності 0,08-0,13, а по зчіпній вазі 0,09-0,1.

З огляду на велику кількість таких підприємств (до 70% загального числа), дане положення є досить істотним недоліком транспортного обслуговування і значно збільшує їх транспортні витрати.

Особливе місце в даній проблемі займає питання використання тепловозів за часом. Аналіз показав, що постійна аритмія виробничого процесу (обсяг випуску металопродукції окремих цехів коливається від 30-50 до 200-250 тис. т на місяць), нерівномірність вхідного поїздопотуку з сировиною (від 3-5 до 10-12 маршрутів на добу) та інші фактори призвели до постійної неузгодженості роботи виробничих цехів і транспорту. Тому по всьому ланцюгу матеріалоруку вантажні комплекси цехів і станцій в умовах дефіциту переробної спроможності транспортної інфраструктури стали об'єктами аритмії обсягів перевізної та маневрової роботи, і значного зростання тривалості міжопераційних простоїв вагонів.

Дане положення відбивається на використанні тепловозного парку в залежності від виду транспортної технології та експлуатаційно-виробничих умов. Тому використання тепловозів за часом оцінюється показниками тривалості: корисної роботи, міжопераційних очікувань, внутрішньозмінних і цілозмінних простоїв.

За результатами звітних даних та проведених виробничих хронометражів встановлено, що середній корисний час використання тепловозів на підприємствах різних груп становить:

- на поїзній та вивізній роботі – 70-80 %;
- на маневровій роботі – 35-50 %;
- на обслуговуванні цехів і складів – 10-30 %.

При цьому більш високим використанням тепловозів в першому і другому випадках характеризуються підприємства першої групи. Однак, для підприємств другої і третьої груп має місце неприпустимо низький рівень використання тепловозного парку.

Таким чином, проведений аналіз і його результати дають підставу вважати, що в даний час структура тепловозного парку підприємств і форміруючий її типаж локомотивів не в повній мірі відповідають виробничим вимогам по



**Таблиця 2 – Показники фактичного використання тепловозів на транспортних технологіях підприємств**

Транспортна технологія	Номинальні показники використовуваних лок-вов, (потужність дизеля, $N$ , к. с., зчпний вага, $P$ , т)	Підприємства 1-ї групи		Підприємства 2-ї групи		Підприємства 3-ї групи	
		Використовувана потужність, $N_k$ , к.с.	Використовуваний зчпний вага лок-ву, $P_{зч}$ , т	Використовувана потужність, $N_k$ , к.с.	Використовуваний зчпний вага лок-ву, $P_{зч}$ , т	Використовувана потужність, $N_k$ , к.с.	Використовуваний зчпний вага лок-ву, $P_{зч}$ , т
1) Вивізна робота з подачі сировини та вивезення готової продукції з сортувальної (вантажної) станції на зовнішню мережу	$(N=1200 \text{ к.с.}), (P_{зч}=120 \text{ тс})$	1100	90	1000	82	-	-
2) Поїзна робота між сортувальною (вантажною) та районними станціями	$(N=1200 \text{ к.с.}), (P_{зч}=120 \text{ тс})$	850	70	-	-	-	-
3) Маневрова робота на сортувальній станції	$(N=1200 \text{ к.с.}), (P_{зч}=120 \text{ тс})$	810	66	690	57	-	-
	$(N=750 \text{ к.с.}), (P_{зч}=80 \text{ тс})$	580	48	470	38	-	-
4) Маневрова робота на районних станціях	$(N=1200 \text{ к.с.}), (P_{зч}=90 \text{ тс})$	500	41	300	25	-	-
	$(N=750 \text{ к.с.}), (P_{зч}=80 \text{ тс})$	580	48	450	37	-	-
	$(N=440 \text{ к.с.}), (P_{зч}=48 \text{ тс})$	-	-	400	33	-	-
5) Регламентовані технологічні перевезення виробничих цехів і агрегатів	$(N=1200 \text{ к.с.}), (P_{зч}=90 \text{ тс})$	315	26	-	-	-	-
	$(N=750 \text{ к.с.}), (P_{зч}=80 \text{ тс})$	440	36	-	-	-	-
	$(N=440 \text{ к.с.}), (P_{зч}=48 \text{ тс})$	400	33	-	-	-	-
6) Перевезення виробничих і допоміжних цехів і складів	$(N=1200 \text{ к.с.}), (P_{зч}=90 \text{ тс})$	189	15	95	8	95	8
	$(N=750 \text{ к.с.}), (P_{зч}=80 \text{ тс})$	200	16	100	8	100	8
	$(N=440 \text{ к.с.}), (P_{зч}=48 \text{ тс})$	300	25	220	18	150	12

транспортному обслуговуванню підприємств і сформованим експлуатаційним умовам.



### 5.2.2 Аналіз експлуатаційних показників транспортних технологій.

Відомо, що транспортна технологія при використанні будь-якого виду транспорту являє собою сукупність способів (операцій) транспортування і переробки вантажу в перевізному процесі. Тому в її структуру входить комплекс вантажно-розвантажувальних, складських і транспортних операцій, для виконання яких вибираються спеціалізовані технічні засоби (обладнання, машини та ін.), і кожна операція характеризується головним техніко-експлуатаційним параметром. Таким чином, в загальних енерговитратах транспортних технологіях однією зі складових є енергоресурси, що витрачаються на транспортний процес.

У транспортному процесі основні енерговитрати формують тягові засоби - локомотиви. Як було зазначено вище, в даний час транспортні технології промислових підприємств засновані на широкому використанні маневрових тепловозів підвищеної потужності серії ТГМ-6А (1200 к.с.). На окремих підприємствах ще використовуються маневрові тепловози ТГМ-4А потужністю 750 к.с. деякі металургійні комбінати застосовують потужні тепловози М-62 (2000 к.с.) і ТЕМ-7 (2000 к.с.). При цьому робочий парк тепловозів на великих підприємствах досягає 65-70 одиниць і більше [1, 17, 18].

Отже, резервом для істотного зниження енерговитрат на транспортне обслуговування промислових підприємств є приведення потужності використовуваних тягових засобів у відповідність з виробничими вимогами та експлуатаційними умовами.

Пошук такого рішення повинен ґрунтуватися на поглибленому аналізі факторів, що формують показники транспортної роботи і ступінь використання локомотивів по потужності і часу. В якості базових підприємств для проведення такого аналізу прийняті: по I групі (виконання тільки зовнішніх перевезень) – міжгалузеві підприємства промислового залізничного транспорту (МППЗТ); По II групі (виконання зовнішніх і внутрішніх перевезень, не пов'язаних безпосередньо з виробничим процесом) – машинобудівні об'єднання; по III групі (виконання зовнішніх, внутрішніх і технологічних перевезень, безпосередньо пов'язаних з обслуговуванням виробничого процесу) – металургійні комбінати.

З теорії тягових розрахунків відомо, що величина сили тяги в залежності від маси складу (маневрової подачі), необхідної для виконання заданої транспортної роботи при відомій швидкості руху і ухилу колії, записується наступним виразом:

$$F_k = P_{зч} \cdot (w'_o + i_p) + Q \cdot (w''_o + i_p), \text{ кгс} \quad (1)$$

де  $P_{зч}$  – зчіпна маса локомотива, т;

$Q$  – маса поїзду брутто, т;

$w'_o, w''_o$  – основний питомий опір руху відповідно локомотива і вагонів,

кгс/т;

$i_p$  – керівний ухил траси залізничної колії, ‰.



Потужність силової установки тепловоза ( $M_T$ ) при відомій силі тяги визначається за формулою:

$$M_T = \frac{F_k \cdot v}{367 \cdot \eta}, \text{ л.с.} \quad (2)$$

де  $F_k$  - сила тяги тепловоза, кгс;

$v$  - швидкість руху поїзда, км/ч;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії.

Отже, враховуючи, що,  $P_{зч}$ ,  $w'_o$ ,  $w''_o$  і  $\eta$  мають нормативне значення, потужність визначається силою тяги локомотива, яка, в свою чергу, залежить від маси складу, швидкості руху і ухилу траси колії.

Для виконання зазначених розрахунків по базовим підприємствам визначені основні техніко-експлуатаційні показники транспортної роботи. Усереднені значення цих показників наведені в таблиці 3.

**Таблиця 3 – Усереднені техніко-експлуатаційні показники транспортної роботи в умовах базових підприємств**

Показники	Базові підприємства				
	ЕМППЗТ	Машинобудівні об'єднання		Металургійні комбінати	
		вагонне	кранове	механічні цехи	ремонтні цехи
1. Вагонопотоки:					
- річний	958	2668	270	2604	1812
- добовий	3	8	1	8	6
2. Кількість поданих партій вагонів на добу	1 – 3	4 – 8	1	3 – 4	2 – 3
3. Кількість вагонів в маневровій подачі до місць навантаження-вивантаження	до 3	до 2	1	до 4	до 3

За даними таблиці 3 за відомою методикою [13, 14] виконані розрахунки сили тяги локомотива, використовуюваного для виконання переробки вагонів, а по ній визначена необхідна потужність дизельної установки тепловоза при розрахунковій швидкості руху 10 км/год (Таблиця 4).

Для порівняльної оцінки отриманих даних з фактичними значеннями в умовах підприємств була проведена експериментальна перевірка потужності, що реалізується тепловозами серії ТГМ-6А при виконанні транспортної роботи.



**Таблиця 4 – Розрахункові значення сили тяги і потужності локомотива для заданих умов**

Базові підприємства	Маса маневрової передачі, т	Максимальний ухил, $i_p$ ‰	Розрахункова сила тяги, кгс		Розрахункова потужність, к.с.	
			ТГМ-4А $P_{зч}=80$ т	ТГМ-6А $P_{зч}=90$ т	ТГМ-4А	ТГМ-6А
1. Металургійні комбінати:						
- ремонтні цехи	280	1,5	950	987	70	72
- механічні цехи	370	2,0	1390	1432	101	104
2. Машинобудівні об'єднання						
- вагонобудівні цехи	185	4,0	1387	1450	101	105
- кранові цехи	95	2,5	685	73	50	53
3. ЕМПШЗТ	280	6,6	2790	2880	122	126

Дослідження фактичної потужності тепловоза проводилося методом виробничого експерименту з аналізом числа включень і тривалості роботи тепловоза на позиціях контролера управління. В основу досліджень була прийнята паспортна залежність потужності тепловоза від реалізованої сили тяги по позиціях контролера [2, 18].

Було обстежено 25 маршрутів руху тепловоза з навантаженими і порожніми вагонами і резервом від станції до промислових об'єктів і назад. Виробничі експерименти по об'єктах проводилися в режимі руху локомотива з вагонами від розгону до швидкості 15 км/год і в режимі гальмування від сталої швидкості до уповільнення і зупинки.

Всього було зафіксовано 2052 включень, а тривалість спостережень склала 34,8 години. Систематизовані та оброблені результати спостережень представлені в таблиці 5.

**Таблиця 5 – Число випадків руху тепловоза на різних позиціях контролера**

Позиції контролера	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Число випадків	602	675	500	275	0	0	0	0	0
Час роботи на даній позиції, год.	11,5	10,17	8,46	4,67	0	0	0	0	0

За результатами експериментів встановлено, що в процесі транспортної роботи тепловози використовують тільки три перших позиції контролера, які відповідають трьом зонам реалізованої потужності дизельної установки (див. рис. 4):

- перша зона (перша і нульова позиції), в якій реалізована потужність не перевищує 95 к.с., питома вага зафіксованих випадків становить 62 %, тривалість роботи - 62,3 %;

- друга зона (друга і третя позиція), в якій реалізована потужність досягає 200-315 к.с. і зафіксована при швидкості руху, що перевищує розрахункову, а частка випадків становить 38 % при тривалості роботи - 37,7%. Тобто в даній

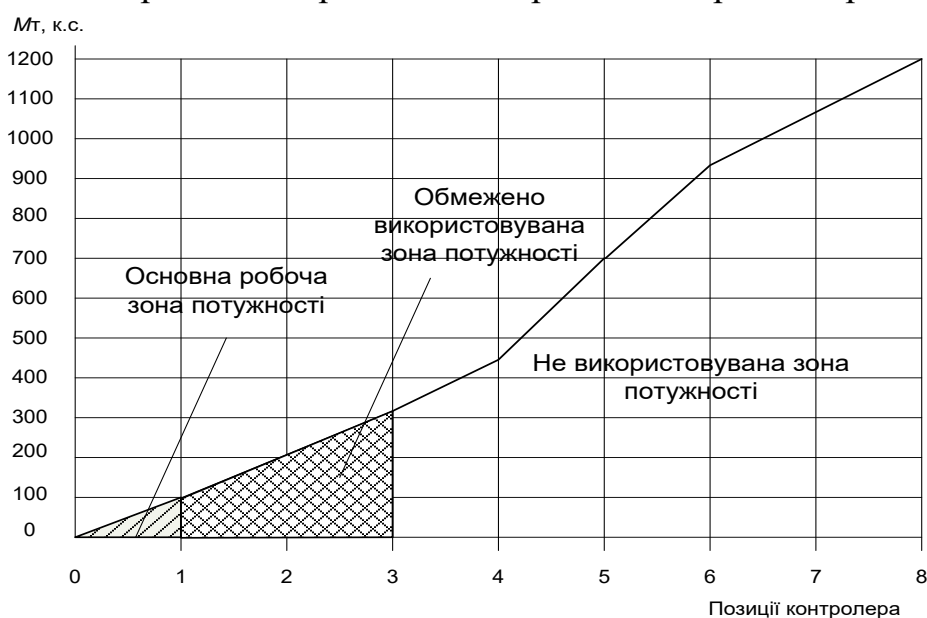


зоні додаткова потужність тепловоза витрачається не на збільшення маси складу, а на підвищення швидкості руху;

- третя зона (з четвертої по восьму позиції), в якій розвивається потужність в розглянутих умовах в роботі тепловозів практично не використовується.

Проведені дослідження дають підставу вважати, що для тепловозів, що застосовуються в розглянутих експлуатаційних умовах, домінуючою є робоча потужність до 100 - 120 к.с., а збільшення потужності до 190 - 315 к.с. характерно для випадків, коли локомотив рухається зі швидкістю, що перевищує розрахункову (див. рис. 4). Отже, в даний час в цих умовах використання локомотивів по потужності практично не перевищує 10 -15 %.

Іншим важливим питанням цієї роботи є визначення ступеня використання тепловозів за часом в рамках календарного року (8760 годин) і доби. Кількісна оцінка завантаження тепловозів за часом в рамках року виконана на основі звітних даних підприємств і проведених виробничих хронометражів.



**Рисунок 4 – Графік потужності тепловоза ТГМ6А на позиціях контролера**

Встановлено, що добовий час корисної роботи тепловозів на розглянутих підприємствах становить відповідно 7,6 години (31,67%), 7,3 години (30,42 %) і 5,6 години (23,33 %). Перекидання тепловозів на інші ділянки робіт, що має місце на великих підприємствах, істотного поліпшення ступеня їх використання не дає. Для невеликих промислових підприємств має місце значний простій тепловозів, пов'язаний з неритмічністю підведення вантажу з зовнішньої мережі. Так, наприклад, на ЕМППЗТ крім внутрішньодобових простоїв зафіксовані цілодобові простої, що становлять до 23% річного часу, тобто мають місце дні, коли немає прибуття вагонів із зовнішньої мережі.

Результати проведених досліджень показали, що в розглянутих умовах в рамках доби потужні тепловози ТГМ-6 у всіх випадках продуктивно використовуються на транспортній роботі не більше 24-32% часу.

Одним з найважливіших підсумкових показників використання локомотивів є їх продуктивність і експлуатаційні витрати, включаючи витрати на енергоносії.



З метою визначення обсягів транспортної роботи ( $A_{л}$ ), виконаних локомотивами на розглянутих підприємствах, розроблений метод їх оцінки, який реалізується наступним виразом:

$$A_{л} = \frac{T_p \cdot B_{on} \cdot q_o \cdot (1 - \alpha_{п})}{(M_p \cdot K_B)}, \text{ т/рік} \quad (3)$$

де  $T_p$  – час роботи локомотивів на рік, днів;

$B_{on}$  – число вагонів, в/доб.;

$q_o$  – середня вантажопідйомність одного фізичного вагона, т;

$\alpha_{п}$  – частка порожніх вагонів у середньому складі поїзда;

$M_p$  – робочий парк локомотивів, фіз. од.;

$K_B$  – середнє число операцій на 1 вагон, вагонооперація/вагон.

У даній формулі визначальними показниками є: число вагонооперацій ( $B_{on}$ ), середнє число операцій на 1 вагон ( $K_B$ ) і частка порожніх вагонів у складі поїзда ( $\alpha_{п}$ ) для різних груп підприємств. З метою визначення зазначених показників зібраний і оброблений великий масив статистичних даних за обсягом транспортної роботи, виконаної тепловозами на розглянутих підприємствах, включаючи поїзну, передавальну і маневрову роботу. На основі проведених досліджень встановлено, що для металургійних підприємств  $K_B = 4 \div 8$ ,  $\alpha_{п} = 0,25 \div 0,3$ ; для машинобудівних об'єднань –  $K_B = 3 \div 4$ ,  $\alpha_{п} = 0,3 \div 0,4$ ; МППЗТ –  $K_B = 2 \div 3$ ,  $\alpha_{п} = 0,45 \div 0,5$ . За цими даними з використанням формули (3) розраховані обсяги транспортної роботи та представлені в таблиці 6.

**Таблиця 6 – Техніко-економічні показники використання тепловозів на підприємствах різних груп**

Підприємства	Обсяг роботи, виконаної локомотивом, тис. т./рік	Експлуатаційні, тис. грн.	Витрати на 1 т. виконаної роботи локомотивом, грн/т
МППЗТ	15,6	504,0	32,3
Машинобудівельні	47,7	670,0	14,05
Металургійні:			
- об'єкти з обмеженим вагонопотоком	71,8	680,0	9,5
- основні технологічні перевезення	296,4	2250	7,6

Спільний розгляд показників реалізованої потужності і використання за часом дають підставу вважати, що застосування тепловозів підвищеної потужності на підприємствах з обмеженим вагонопотоком є неефективним за економічними результатами і вельми енерговитратним.

Вищевикладене свідчить про необхідність розробки більш досконалої



енергозберігаючої транспортної технології для умов підприємств і виробничих об'єктів з обмеженим вагонопотоком.

### **5.2.3. Розробка нової енергозберігаючої транспортної технології при обслуговуванні підприємств різних галузей промисловості.**

Розробка нової енергозберігаючої транспортної технології передбачає обґрунтування конструктивної схеми і основних техніко-експлуатаційних параметрів тягового засобу для розглянутих підприємств.

Рішення даної проблеми здійснюється в два етапи. На першому етапі, аналізуються дані багаторічного зарубіжного досвіду створення і використання тягових засобів для енергозберігаючих транспортних технологій. На другому етапі, на основі узагальнення та систематизації цього досвіду, розробляються нові технічні рішення для підприємств України.

У світовій практиці накопичено досить великий позитивний досвід застосування тягових засобів на базі колісних тракторів, обладнаних комбінованим пневмо-рейковим ходом. Вони набули широкого поширення в країнах Європи, Африки, Близького Сходу і використовуються на рудниках, промислових підприємствах, в морських і річкових портах, в будівельних фірмах і в агропромисловому комплексі.

Великий досвід створення і застосування різних машин на комбінованому залізничному і автомобільному ході накопичений в організаціях транспортного будівництва країн СНД. Ці машини являють собою звичайні серійно випускаються промисловістю транспортні та вантажно-розвантажувальні засоби (автомобілі, автокрани, трактори), пристосовані до руху по залізничній колії.

Найбільший інтерес для вітчизняних умов представляють маневрові тягачі на комбінованому ході німецьких фірм «Zephir» і «Zweiweg».

У більшості випадків в якості базової машини для маневрових тягачів використовуються серійно випускаються колісні машини. Однак в окремих випадках для цієї мети створюються спеціальні шасі. Для створення рейкового рушія перед передніми і за задніми колесами маневрові тягачі обладнуються рамами з напрямними роликками, які гідроприводом опускаються на рейки при русі по залізничній колії і піднімаються при пересуванні на пневмошинах по автодорогах. У передній і задній частині рами тягач має спеціальний зчпний пристрій (автозчеплення) для з'єднання з залізничними вагонами і зчеплення для автопричепів. Гальмівне обладнання тягача модернізується і пристосовується для можливості управління процесом гальмування при роботі з залізничними вагонами.

За період більш ніж 50 років маневрові тягачі зазначених фірм неодноразово модернізувалися і удосконалювалися. Вони відрізняються високою надійністю в експлуатації, великим ступенем автоматизації управління виконуваними операціями, легкістю перекладу на залізничний хід, а з нього – на пневмошинний, а також економічністю.

Багаторічний досвід експлуатації тягачів в різних умовах показав, що високий економічний ефект від їх застосування досягається за рахунок:

а) повноцінної заміни традиційних локомотивів (тепловозів) на всіх видах





транспортних робіт, оскільки маневрові тягачі на залізничних перевезеннях забезпечують заданий тяговий, швидкісний і гальмівний режими роботи;

б) можливості виконання значного додаткового обсягу транспортних робіт в якості тракторного тягача на пневмошинному ході при вимушених перервах (особливо цілодобових) в подачі з зовнішньої мережі залізничних вагонів;

в) скорочення експлуатаційних витрат від зниження:

- витрати паливно-мастильних матеріалів (енергоресурсів) для тепловозів: по-перше, що виконують транспортну роботу; по-друге – при простою (внутрішньодобовому і цілодобовому) працюючих локомотивів; по-третє – при простою резервних локомотивів;

- поточних витрат (амортизація, технічне обслуговування та ремонти) робочого і резервного локомотивів.

За різними джерелами, витрати на експлуатацію маневрових тягачів практично на 40 - 50% нижче витрат на утримання маневрового тепловоза потужністю 400 - 450 к. с.

Роботи зі створення маневрових тягачів на комбінованому пневмо-рейковому ході ведуться і в країнах СНД.

Так, на базі колісного трактора РТМ-160 Шадринського заводу колісних тягачів виготовлений тяговий модуль вагонів ТМВ-1. Він призначений для транспортування порожніх вагонів від станції в депо для ремонту і відремонтованих вантажних вагонів назад; переміщення вантажних вагонів в депо по ремонтних позиціях, а також для утримання під'їзних колій в працездатному стані (видалення з рейкових шляхів снігу і сміття). Застосування модуля ТМВ-1 дозволяє повністю замінити на виконуваних роботах маневровий тепловоз і дає істотне зниження транспортних витрат. Разом з цим для широкого використання модуля його основні параметри (маса, потужність дизельної установки та ін.) повинні бути приведені у відповідність з виробничими вимогами та умовами експлуатації підприємств [21].

У країнах СНД виготовлено спеціальний тяговий засіб на базі шасі автомобіля підвищеної прохідності, який використовується на маневровій роботі з переробки вагонів, на подачі вагонів на навантаження-розвантаження на вантажні fronti і повністю замінює на цих роботах маневровий тепловоз.

Аналогічна машина-тепловоз створена в Білорусії Мінським автотранспортним заводом для Департаменту залізничних військ. Тут за базову машину тепловоза прийнятий універсальний автомобіль МАЗ-6303 підвищеної прохідності, який обладнаний спеціальним рейковим рушієм для роботи на залізничній колії.

Однак, обидва тягових засоби, що використовують в якості бази вантажні автомобілі, характеризуються невідповідністю ширини дорожньої і рейкової колії. Дана обставина призводить до необхідності застосування досить складної конструкції рейкового рушія для передачі тягового зусилля від основних пневмоколіс на рейки, що знижує його величину, а також надійність рушія. Крім того, значні габарити цих тягових засобів через наявність кузова істотно ускладнюють їх експлуатацію.

Проведений аналіз показує, що тільки комплексний облік в конструкції всіх



викладених вище вимог дозволяє отримати працездатний, надійний і ефективний маневровий тягач, який в повній мірі відповідає виробничим вимогам і умовам транспортного обслуговування промислових підприємств.

Застосування тягового засобу, трансформованого для використання на залізничному і автомобільному ході, є одним з головних напрямків підвищення ефективності транспортного обслуговування підприємств з обмеженим обсягом перевезень і нерегулярним прибуттям вантажів. У цьому випадку відсутність обсягів роботи в залізничному режимі компенсується додатковим обсягом перевезень вантажів підприємства в автомобільному режимі.

На підставі проведених досліджень встановлено основні технологічні та конструктивні вимоги до перспективного маневрового тягача для умов підприємств України. Він повинен забезпечувати:

- виконання в різних експлуатаційних умовах всіх видів транспортної роботи з переробки вагонів зовнішнього парку;

- необхідне тягове зусилля для виконання транспортної роботи при заданому числі вагонів в маневровій передачі, дальності транспортування і ухилі залізничної колії, і т. д.;

- виконання транспортної роботи при оптимальних і ув'язаних значеннях зчіпної ваги і сили тяги, при яких досягається мінімальна величина енерговитрат на переробку вагонів;

- відповідність ширини дорожньої і рейкової колії базового колісного трактора, простоту конструкції і надійність рейкового рушія;

- максимальне використання добового часу за рахунок наявності комбінованого (пневно-рейкового) рушія і різночасового застосування тягача на залізничних і автомобільних перевезеннях, що забезпечує мінімізацію транспортних витрат підприємств.

Дані зарубіжного досвіду, а також технологічні передумови, що наведені вище, створюють основу для обґрунтування техніко-експлуатаційних параметрів перспективного вітчизняного маневрового тягача.

Отже, приймаючи в якості вихідних даних техніко-експлуатаційні показники транспортного обслуговування конкретної групи підприємств, є можливість пов'язати з ними і оптимізувати відповідні робочі параметри тягового засобу. Однак, параметризація тягового засобу з різними рушіями вимагає нового методичного підходу, що враховує різні експлуатаційні властивості цих рушіїв. Тому принципова відмінність пропонованого методу полягає в тому, що, при визначенні робочих параметрів тягового засобу на рейковому ході, використовуються показники експлуатаційних властивостей, що характеризують пневно-шинний рушія.

З вищевикладеного очевидно, що в оптимальному варіанті базова машина тягового засобу повинна являти собою колісний трактор промислового типу з дорожньою колією відповідної рейкової колії.

Головним параметром тягового засобу, на основі якого встановлюються інші розрахункові параметри, є його зчіпна маса.

Тому параметризація тягового засобу починається з розробки моделі розрахунку даного параметра.



1) Зчіпна маса тягового засобу ( $M$ ) є основним елементом, що формує силу тяги. Вона розраховується залежно від техніко-експлуатаційних показників транспортного обслуговування підприємства та експлуатаційних властивостей тягового засобу за формулою:

$$M = \frac{Q_{mn}(w_0'' + i_p)}{1000\Psi - w_0' - i_p}, \text{ т} \quad (4)$$

де  $Q_{mn}$  – маса групи вагонів у маневровій передачі, т;

$w_0''$  і  $w_0'$  – питомий основний опір руху відповідно тягового засобу і вагонів, кгс/т;

$\Psi$  – коефіцієнт зчеплення провідних пневмо-шинних коліс тягового засобу з рейками;

$i_p$  – розрахунковий підйом залізничної колії, ‰.

Максимальна сила тяги по зчепленню ( $F_{зч}$ ), що забезпечує рух тягового засобу з маневровою передачею, визначається за виразом:

$$F_{зч} = 1000 \cdot P_{зч} \cdot \psi_{\kappa}, \text{ кгс} \quad (5)$$

де  $P_{зч}$  – навантаження на ведучі колеса, тс.

Сила тяги за умовами рушання з місця ( $F_{ТР}$ ) маневрової передачі на розрахунковому підйомі знаходиться за формулою:

$$F_{ТР} = M_n(w_{ТР} + i_p) + M_T \cdot w_0'' + P_{зч} \cdot w_0' + Q_{мп}(w_{ТР} + w_0'' + i_p), \text{ кгс} \quad (6)$$

де  $w_{мп}$  – додаткове питомий опір при рушанні з місця, кгс/т.

Рух здійснюється при навантаженні на ведучі колеса тягового засобу, що відповідає умові  $F_{ТР} \geq 1,1 \cdot F_{зч}$ . Її величину визначають, вирішуючи спільно формули (5 і 6):

$$P_{цч} = \frac{1,1 \cdot [M_n(w_{ТР} + i_p) + M_T \cdot w_0'' + (M_n - M_T) \cdot w_0' + Q_{мп}(w_{ТР} + w_0'' + i_p)]}{1000\psi}, \text{ тс} \quad (7)$$

При невиконанні зазначеного вище умови варіюють навантаження на провідні колеса ( $P_{зч}$ ) до необхідної величини, а перевищення останньої є надмірним.

Потрібна потужність ( $N$ ) при використанні тягового засобу визначається за стандартною методикою тягових розрахунків:

$$N = \frac{F_{зч} \cdot v}{270}, \text{ л.с.} \quad (8)$$

де  $v$  – усталена швидкість при руху тягового засобу з маневровою



передачею, км/год.

Маса тягового засобу значно менше маси групи вагонів маневрової передачі. Тому її гальмування здійснюється гальмівною системою причіпних вагонів, а величина гальмівних сил визначається за стандартним алгоритмом і нормативами правил тягових розрахунків.

За запропонованою методикою виконано обґрунтування основних техніко-експлуатаційних параметрів маневрового тягача для експлуатаційних умов і технологічних вимог групи підприємств з обмеженим вантажопотоком. Усереднені значення технологічних показників транспортного обслуговування для цієї групи підприємств складають: маса маневрової передачі (групи вагонів) – 500 т, розрахунковий підйом залізничної колії – 6‰, маневровий рейс – 500 м [1].

Показники, що характеризують експлуатаційні властивості маневрового тягача, складають: коефіцієнт зчеплення пневмоколіс з рейками  $\psi = 0,75$ ; питомий опір руху тягового засобу  $w'_0 = 20$  кгс/т, вагонів  $w''_0 = 2,5$  кгс/т [3].

Маса направляючих візків, що забезпечує надійне пересування маневрового тягача по залізничній колії за розрахунком приймається  $M_T = 8,0$  т.

На основі прийнятих вихідних даних відповідно до формули (1) необхідна повна маса маневрового тягача складе  $M_n = 8,0$  т.

Отриманий результат дає підставу вважати, що в якості базової машини для перспективного маневрового тягача доцільно прийняти вітчизняний колісний трактор промислового призначення типу ХТЗ-150К-09 номінальною потужністю  $N = 175 \div 200$  к.с. і конструктивною масою  $M = 11,1$  т. Колія пневмоколіс трактора становить 1680 мм, що відповідає ширині рейкової колії і забезпечує нормальну установку і стійкий рух трактора по залізничній колії.

Колісні трактори даного типу широко використовувалися в якості бази для цілого ряду колійних і дорожніх машин на комбінованому ході, які ефективно застосовувалися в транспортному будівництві і на промисловому транспорті.

Відповідно визначається:

- навантаження на ведучі колеса маневрового тягача, складова  $P_{зч} = 9,0$  тс.

При цьому враховуючи, що умова  $F_{ТР} \geq 1,1 \cdot F_{зч}$  виконується, зчіпна маса маневрового тягача приймається  $P_{зч} = 9,0$  тс;

- потрібна потужність маневрового тягачу, складає  $N = 202$  к.с.

Таким чином, розрахункові параметри перспективного маневрового тягача добре пов'язуються з параметрами прийнятого базового трактора.

На підставі проведених досліджень розроблені спільно з «МП «Азовмашпром» технічне завдання і конструкторська документація на перспективний маневровий тягач типу ТМ 1.175 на базі колісного трактора ХТЗ-150К-09 з колісною формулою 4x4, який оснащений направляючими рейковими візками, що забезпечують комбінований пневморейковий хід, автозчеплення і гальмівним обладнанням, а також світловою і звуковою сигналізацією.

За розробленою документацією «МП «Азовмашпром» виготовив дослідно-промисловий зразок маневрового тягача ТМ 1.175 (рис. 5), який пройшов



заводські випробування і підготовлений для промислових випробувань в реальних експлуатаційних умовах металургійного комбінату.

Технічна характеристика маневрового тягача типу ТМ 1.175 наведена в таблиці 7.



**Рисунок 5 – Загальний вид маневрового тягача ТМ 1.175 на базі колісного трактора ХТЗ-150К-09 на коліях промислових підприємств**

**Таблиця 7 – Технічна характеристика маневрового тягача типу ТМ 1.175**

№ п.п.	Найменування показників	Од. вим.	Величина
1	2	3	4
1	Базова машина		ХТЗ-150К-09
2	Потужність двигуна	кВт (к.с.)	132 (180)
3	Службова маса	кг	11800
4	Габаритні розміри (довжина, ширина, висота)	мм	6500, 2406, 3195
5	Сила тязі на гаку	кН	60
6	Швидкість руху, км/год - передній хід - задній хід - на пневмошинах	км/ч	3,36-30,08 5,1-9,1 30,08
7	Колія - пневмоколіс - залізничного ходу	мм	1680 1524
8	Тривалість установки тягового засобу на залізничну колію	хв	2

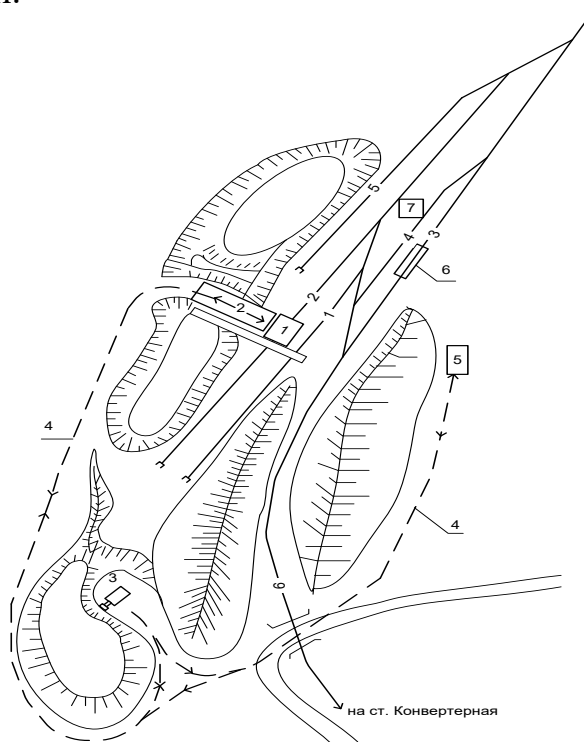
Таким чином, запропонований метод системної організації і наявність відпрацьованої конструкції локотрактора дозволяють обґрунтувати, застосувати і ефективно використовувати на великому числі розглянутих підприємств логістичну енергозберігаючу технологію вантажопереробки вагонопотоку. [16, 17, 18, 19, 20]



#### 5.2.4. Практична реалізація енергозберігаючої транспортної технології в умовах металургійного підприємства.

Розглянемо застосування логістичної енергозберігаючої технології на прикладі цеху переробки шлаку великого металургійного комбінату. В результаті виробничої діяльності цих підприємств відбувається накопичення значної кількості шлаків, яке становить основну частину відходів і зберігається у відвалах. Для звільнення площ, зайнятих шлаковими відвалами, необхідно більш інтенсивно проводити переробку і відвантаження шлаку, який являє собою досить дешевий матеріал для будівельного виробництва, дорожнього будівництва та ін. Крім того, ліквідація накопичених шлакових відвалів сприяє значному поліпшенню екологічної обстановки прилеглих селітебних територій. [18]

Цех з переробки металургійних шлаків (ЦПШ) відвантажує шлак споживачам залізничним транспортом через транспортно-вантажний комплекс (ТГК) продуктивністю 1200 тонн або 20 вагонів на добу. Він включає (рис. 6): навантажувальну естакада для прямого завантаження з автосамоскидів у вагони, дозувальний екскаватор, електроштовхач вагонів, залізничні та автомобільні ваги та вантажні фронти.



**Рисунок 6 – Схема розташування споруд і пристроїв ділянки ЦПМШ:**

1 – бункер для завантаження вагонів з автосамоскиду БЕЛАЗ; 2 – навантажувальна естакада;

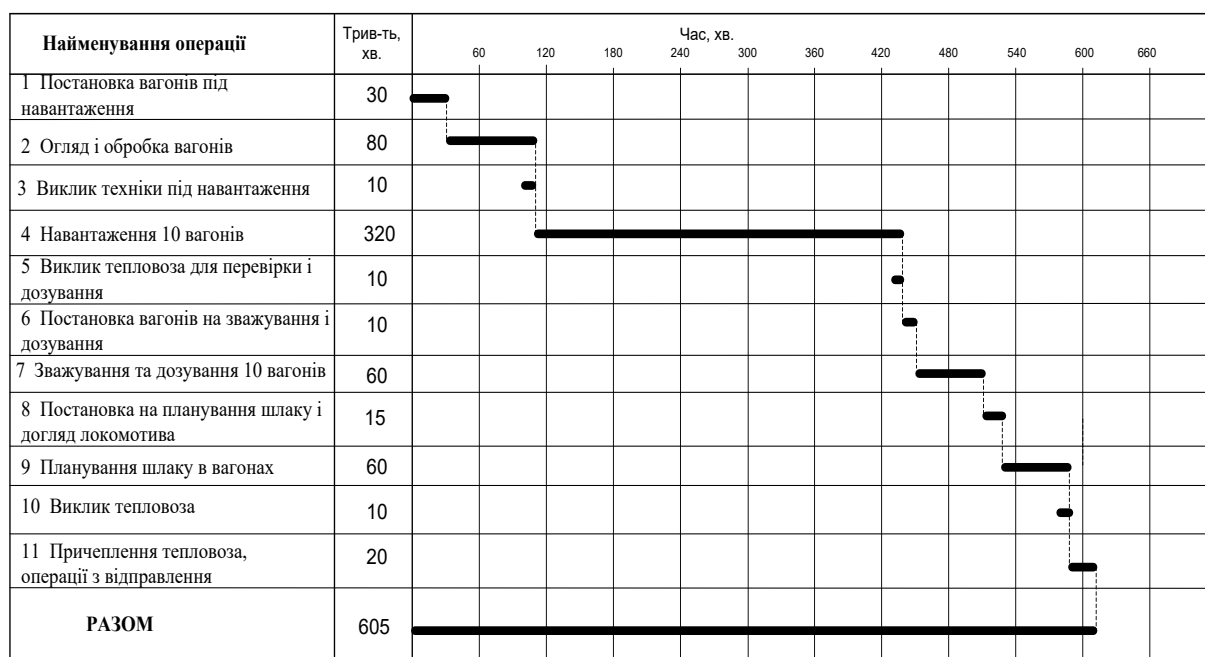
3 – ділянка навантаження шлаку в автосамоскиди; 4 – маршрут руху автосамоскиду до автовагової і до навантажувального бункера (1); 5 – автомобільні ваги; 6 – залізничні ваги; 7 – ділянка коригування та дозування вагонів.

Під навантаження шлакової продукції порожні вагони УЗ подаються зі станції Конвертерна в кількості 10 одиниць в зміну на 1-у колію, потім локомотивом забираються з 2-ої колії навантажені вагони, а порожні



виставляються на 2-у колію для здійснення операцій з огляду та обробки (підготовка під навантаження).

Навантаження шлаку проводиться двома автомобілями БелАЗ через приймальний бункер 1 завантажувальної естакади 2 вантажної колії. З навантаженими вагонами локомотив здійснює операції з перевірки, дозуванні і виставці вагонів на планування шлакової продукції, потім локомотив йде на ст. Конвертерна. Після закінчення робіт з вагонами здійснюється оформлення товаросупровідних документів і виклик локомотива, а потім вагони відправляються на станцію Конвертерна. Технологічний графік відвантаження 10 вагонів 2-ма автосамоскидами БелАЗ представлений на рисунку 7.



**Рисунок 7 – Існуюча технологія обробки 10 вагонів при відвантаженні шлаку двома автосамоскидами**

На основі наведеного графіка встановлені основні показники тривалості циклу вантажообробки і відвантаження шлаку з 10 вагонів, які представлені в таблиці 8.

**Таблиця 8 – Показники тривалості циклу вантажообробки і відвантаження шлаку складом з 10 вагонів**

№ п/п	Найменування операцій	Тривалість, годин	
		планова	фактична
1	Тривалість вантажних операцій	5,33	-
2	Тривалість супутніх операцій	3,33	
3	Тривалість транспортних операцій	0,92	
4	Навантаження вагона при роботі двох самоскидів БЕЛАЗ-540	0,54	0,44 – 0,58
5	Міжопераційні очікування, пов'язані з подачею локомотива	1,67	0,5 – 2,2
6	Використання тепловоза	2,08	-
7	Використання вагонів зовнішнього парку	11,25	-



Як показав аналіз, фактична тривалість циклу вантажопереробки і відвантаження складу істотно більше у зв'язку з міжопераційними очікуваннями в процесі транспортного обслуговування, обумовлена несвоєчасною подачею тепловоза для вивезення навантажених вагонів. З урахуванням цих простоїв, які носять систематичний характер, загальна тривалість циклу відвантаження шлаку становить 11,25 години. При цьому транспортні витрати на вантажопереробку і відвантаження 10 вагонів або 1200 т шлаку в зміну складають: 1,83 лок-години і 112,5 вагоно-годин. Особливо необхідно відзначити, що вкрай не раціональним і витратним є використання в процесі вантажопереробки відвантаження шлаку тепловоза ТГМ-6.

Підвищення ефективності процесу транспортного обслуговування ЦШП планується забезпечити на основі проведення ряду заходів щодо вдосконалення його організації і подальшого переходу на поточний спосіб вантажопереробки. Зазначена робота виконується в наступній послідовності.

На операціях першого етапу вантажопереробки регламентується за часом цикл роботи автосамоскидів при навантаженні вагонів. Це дозволяє усунути всі невиправдані простої машин і встановити норматив навантаження вагона за часом, який складе  $t_{\Pi} = 30$  мин .

Така регламентація дала можливість збільшити кількість вагонів у складі, що переробляється, до  $n = 12$  одиниць, а загальну тривалість його навантаження прийняти величиною  $T_{\Pi} = 360$  хвилин (6 годин).

Одночасно було впорядковано організацію комплексу операцій із зважування, дозування та планування поверхні шлаку в кузові вагона за місцем і способом їх виконання і відповідно транспортних операцій з їх обслуговування та, на цій основі, встановлено тривалість їх виконання при різній кількості вагонів у групі, що переробляється.

Така параметризація дозволила здійснити перехід на поточний спосіб вантажопереробки. З цією метою була проведена взаємоув'язка вантажної та супутніх їй операцій за часом і встановлена тривалість такту вантажопереробки, що складає  $T^{TP} = 120$  хв., а також кількості вагонів у групі  $n_{gz} = 4$  од. і число груп у складі  $n = 3$ .

Таким чином, процес вантажопереробки по всій траєкторії повинен здійснюватися з групою вагонів в кількості 4 одиниць. Дане положення свідчить про необхідність обґрунтованого вибору тягового засобу з урахуванням експлуатаційно-технічних показників транспортного обслуговування (вага групи вагонів – до 300 т, ухили залізничних колій - до 5 %, радіуси кривих – до 150 м). Результати розрахунків за запропонованою формулою дають підстави вважати, що оптимальним рішенням в даному випадку є застосування локотрактора ТМ1.175.

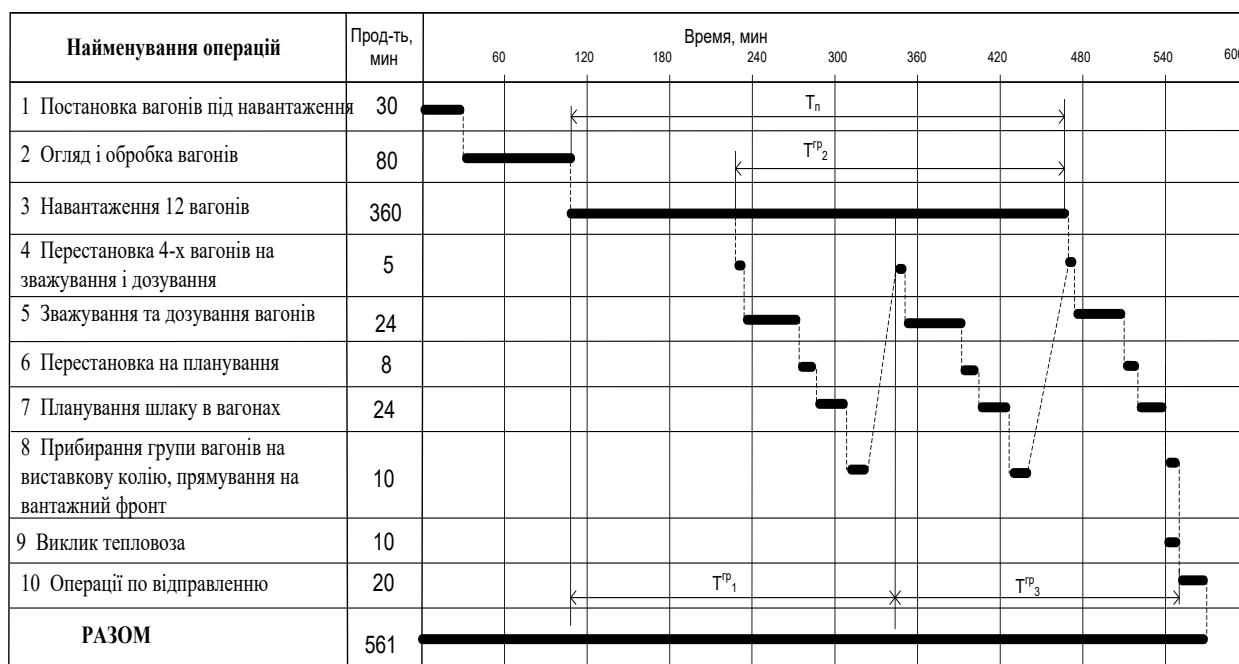
На основі експлуатаційно-технічних показників використання локотрактора при виконанні навантажувальних операцій (Таблиця 9) побудований графік тривалості виробничого циклу вантажопереробки складу із застосуванням потокового способу (рис. 8). [18]





**Таблиця 9 – Експлуатаційно-технічні показники транспортного обслуговування ЦПП при існуючому і потоковому способах вантажопереробки**

№ п/п	Найменування операцій	од. вим.	Величина	
			Існуючий спосіб	Потоковий спосіб
1	Число вагонів у складі	од.	10	12
2	Тривалість технологічних операцій	год.	8,66	8,13
4	Тривалість транспортних операцій	год.	1,25	1,98
5	Міжопераційні очікування, пов'язані з подачею локомотива	год.	1,33	-
6	Використання тепловоза	год.	2,25	0,83
7	Використання локотрактора	год.	-	3,55
8	Використання вагонів зовнішнього парку	год.	11,41	9,35



**Рисунок 8 – Графік виробничого циклу переробки складу з 12 вагонів при відвантаженні шлаку із застосуванням потокового способу**

Організація транспортного обслуговування ЦПП із застосуванням потокового способу вантажопереробки істотно спрощується. Функції маневрового тепловоза обмежуються тільки подачею на навантаження шлаку 12 порожніх вагонів і прибиранням на станцію 12 навантажених вагонів. Весь процес вантажопереробки від прийому групи вагонів, їх зважування, дозування, планування шлаку в кузові вагона і постановки на виставкову колію проводиться локотрактором.

Таким чином, застосовувана технологія транспортного обслуговування вантажного пункту дозволила організаційно зв'язати в єдиний процес комплекс вантажних, супутніх і транспортних операцій з навантаження шлаку і на її основі



створити ефективну систему управління вантажопереробкою.

Відповідно до попередніх розрахунків економічний ефект від застосування логістичної енергозберігаючої технології транспортного обслуговування ЦПШ становить понад 1,0 млн. грн. на рік [18].

## Висновки

1. В умовах дії ринкових механізмів транспортне обслуговування вантажних комплексів виробничих цехів, складських комплексів, допоміжних і ремонтних цехів, парків, а також великої групи підприємств з обмеженим і нерегулярним вагонопотоком вимагає переходу на нові енергозберігаючі транспортних технології.

2. Зарубіжний досвід показує, що для розглянутих умов досить ефективною заміною потужних тепловозів є тягові засоби на комбінованому пневмо-рейковому ході – локотрактори, які забезпечують: заданий тяговий, швидкісний і гальмівний режим на всіх видах маневрової роботи, а також можливість виконання додаткового обсягу транспортної роботи тракторного тягача. Їх застосування забезпечує значне зниження експлуатаційних витрат за рахунок переходу на більш досконалу технологію переробки вагонопотоку, а також скорочення енергоресурсів.

3. Для переходу на прогресивну енергозберігаючу транспортну технологію вперше в Україні створено маневровий тягач на базі колісного трактора ХТЗ-150К-09 на комбінованому ході. Промислова перевірка маневрового тягача ТМ 1.175 підтвердила його працездатність, надійність, високі експлуатаційні якості та відповідність виробничим вимогам підприємств. Застосування маневрового тягача дозволить отримати в розглянутих умовах значний економічний ефект в порівнянні з тепловозами. Розпочато промислове виробництво і поставка маневрового тягача підприємствам.

4. Перехід на нові енергозберігаючі технології дозволить отримати найбільший виробничий ефект тільки при параметричній ув'язці виробничих і транспортних операцій в потоковий процес, визначенні необхідної зчіпної маси нового тягового засобу і формуванні системи логістичного управління, що забезпечує задані експлуатаційні та техніко-економічні показники.