

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Львівський інститут

(назва факультету)

Рухомий склад залізниць і колія

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

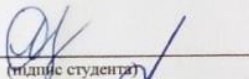
на тему: «Дослідження ефективності експлуатації тепловозів ТЕЗЗА на ділянках Львівської залізниці»

за освітньою програмою Локомотиви та локомотивне господарство

зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

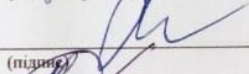
Виконав: студент групи: ЛГ 19117


(підпис студента)

/ Руслан ЛАНЬ /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/ викладач Владислав БОЯРКО /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

/ викладач Іван КРАВЕЦЬ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент



(підпис)

Львів – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Lviv Institute

(faculty)

Railway Rolling Stock and Tracks

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

Bachelor

(higher education degree)

on the topic: «Research of efficiency of TE33A locomotive operation on the sections of Lviv Railway»

according to educational curriculum Locomotives and locomotive economy

in the Speciality: 273 “Railway transport”

(speciality and its code)

Done by the student of the group: ЛІГ 19117

/ Ruslan LAN /

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ lecturer Vladyslav BOIARKO /

(position, name, surname)

Normative controller :

/ lecturer Ivan KRAVETS /

(position, name, surname)

**(ЗАВДАННЯ НА РОБОТУ (ОКРЕМИЙ ДОКУМЕНТ, ОДИН ЛИСТ З
ДВОХ СТОРІН ЗГІДНО ШАБЛОНУ)**

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 49 с., 7 рис., 6 табл., 16 літературні джерела.

Об'єкт дослідження – тепловози серії ТЕ33А виробництва General Electric.

Предмет дослідження – методи ефективності використання тепловозів ТЕ33А в залежності від умов їх експлуатації.

Мета роботи – дослідження доцільності та ефективності експлуатації тепловозів ТЕ33А на ділянках Львівської залізниці.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, об'єкт та предмет дослідження.

Проаналізовано загальні основи управління експлуатаційною роботою та розглянуто основні заходи щодо покращення пропускнуої здатності залізничних ліній. Наведено основні конструктивні частини тепловоза ТЕ33А компанії General Electric та їх технічні характеристики, а саме дизельний двигун GEVO12, тяговий генератор 5GMG205 та тяговий електродвигун 5GEB30. Проведено дослідження ефективності реалізації сили тяги тепловоза ТЕ33А на ділянках Львівської залізниці, показано особливості тягової характеристики тепловоза ТЕ33А та запропоновано шляхи підвищення сили тяги по зчепленню.

Ключові слова: ТЕПЛОВОЗ ТЕ33А, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ТЯГОВА ХАРАКТЕРИСТИКА, КОЕФІЦІЄНТ ЗЧЕПЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРІЛК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП	7
1 ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ	8
1.1 Аналіз експлуатаційної роботи	8
1.2. Технічне нормування експлуатаційної роботи	10
1.3 Заходи щодо покращення пропускної здатності залізних ліній	12
2 УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ЛОКОМОТИВІВ	15
2.1 Основні положення системи експлуатації локомотивів	15
2.2 Організація праці і відпочинку локомотивних бригад	156
2.3 Показники використання локомотивів	158
2.4 Способи обслуговування поїздів локомотивами	24
3 ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОВОЗА ТЕ33А	27
3.1 Загальна будова тепловоза ТЕ33А	27
3.2 Дизельний двигун GEVO12	30
3.2.1 Робота дизеля в умовах експлуатації	31
3.3 Тяговий генератор 5GMG205	32
3.4 Тяговий електродвигун 5GEB30	34
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СИЛИ ТЯГИ ТЕПЛОВОЗА ТЕ33А	37
4.1 Утворення сили тяги та її реалізація	37
4.2 Відмінні особливості тягової характеристики тепловоза ТЕ33А	39
4.3 Шляхи підвищення сили тяги по зчепленню	43
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	47
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	48

0041.190547.01.ВКР.ПЗ								
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження ефективності експлуатації тепловозів ТЕ33А на ділянках Львівської залізниці	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Руслан ЛАНЬ		09.06.22			5	49
Консульт						ЛП УДУНТ		
Керівник		В. БОЯРКО		09.06.22				
Н. контр.		Іван КРАВЕЦЬ		11.06.22				
Зав.каф.		Олена БАЛЬ		11.06.22				

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

УЗ	АТ «Укрзалізниця»
ЕУТ	Енергетична установка тепловоза
АЛСБ	Автоматична локомотивна сигналізація безперервної дії
ПТЕ	Правила технічної експлуатації залізниць України
GE	Компанія General Electric
ЕК	Електронна карта ділянки обігу локомотива
ПТР	Правила тягових розрахунків
ПТОЛ	Пункт технічного обслуговування локомотивів
АСУТ	Автоматизована система управління транспортом
АСУЗТ	Автоматизована система управління залізничного транспорту

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Локомотивне господарство – основна складова частина залізничного транспорту, на яку припадає близько 40% експлуатаційних витрат і приблизно 1/10 частина основних фондів мережі залізниць. Локомотивне господарство витрачає більшу частину палива та електроенергії, що споживаються залізничним транспортом. Чисельність працівників сягає 25% всього контингенту залізничників, які в основному задіяні в експлуатації локомотивів, під час технічного обслуговування та проведення ремонтних робіт та інших видах роботи.

Як відомо, для якісного виконання експлуатаційної роботи необхідно проводити модернізацію або заміну існуючого локомотивному парку, який знаходиться на межі своєї працездатності. Тому, одним зі шляхів вирішення цього питання є закупівля нових сучасних локомотивів українських та закордонних виробників.

На даний час керівництво УЗ продовжує кампанію із залучення до співпраці іменитих західних виробників рухомого складу серед яких є General Electric. 28 вересня 2016 року у Києві вперше було представлено тепловоз ТЕ33А.

Оскільки, тепловоз ТЕ33А має свої конструктивні особливості та особливості щодо управління, актуальним є дослідження ефективності його експлуатації на ділянках Львівської залізниці.

Метою роботи є дослідження доцільності та ефективності експлуатації тепловозів ТЕ33А на ділянках Львівської залізниці.

Об'єктом дослідження в даній роботі є тепловози серії ТЕ33А виробництва General Electric, які надійшли у експлуатацію на залізниці України.

Предметом дослідження є методи реалізації сили тяги тепловозів серії ТЕ33А на ділянках Львівській залізниці.

Вирішення поставлених задач дозволить досліджувати режими експлуатації тепловозів ТЕ33А та покращувати ефективність їх використання.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		7

1 ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ

1.1 Аналіз експлуатаційної роботи

Основою організації перевізного процесу залізницею є графік руху поїздів. Він визначає послідовність і тривалість заняття поїздами перегонів, час прибуття, відправлення та зупинки по кожному роздільному пункту, масу та кількість осей складу.

Робота локомотивів організовується також на основі та відповідно до графіку руху поїздів. Число поїздів, яке може бути включене в графік руху залежить від пропускної та провізної здатності залізниць.

Пропускна спроможність залізничної ділянки – найбільша кількість поїздів або пар поїздів встановленої маси, які можуть бути пропущені по даній ділянці протягом доби. Пропускна здатність може бути виражена у вагонах чи тонах вантажу.

Провізна здатність визначає той обсяг перевезень вантажів, який може бути виконаний на даній лінії протягом року. Провізна здатність є найважливішим показником виробничої потужності залізничних ліній і залежить, насамперед, від пропускної спроможності та маси вантажних поїздів, які можуть бути реалізовані на даній ділянці.

Оцінка роботи підприємств шляхом порівняння фактично виконаних показників із планом чи попереднім звітним періодом є завжди правомірним. Необхідно більш глибоко та об'єктивно оцінювати діяльність колективів. Аналіз повинен розкривати причинно-наслідкові зв'язки між показниками та дозволяти об'єктивно оцінювати роботу колективів підприємств; вишукувати та використовувати глибинні резерви; більш інтенсивно використовувати рухомий склад та провізну здатність ділянок та станцій.

Аналіз експлуатаційної роботи поділяється на оперативний (1, 7 та 10 діб), місячний та цільовий.

При оперативному аналізі розглядаються:

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		8

- стан безпеки руху поїздів та маневрової роботи;
- виконання плану навантаження та завдань з розвантаження;
- виконання графіка руху та плану формування поїздів;
- виконання технічного плану;
- організація роботи під час надання «вікон».

При проведенні місячного аналізу розглядаються питання виконання плану навантаження, завдань з розвантаження, виконання графіка руху та плану формування поїздів, включаючи план відправної маршрутизації, передачі по стиках, якість використання рухомого складу, його розміщення на підрозділі та стан безпеки руху.

При цільовому періодичному аналізі розглядаються окремі аспекти експлуатаційної роботи з перерахованих вище. Звертають увагу також на рентабельність перевезень, забезпеченість персоналом, ефективність його використання, трудову та виробничу дисципліну та ін. В окремі періоди року аналізу можуть зазнавати виконання перевезень окремих категорій вантажів, організація роботи в зимових умовах та ін.

Для періодичного аналізу використовують дані форм звітності та при необхідності оперативні дані, які не містяться у формах обліку та звітності.

Виконання завдань із перевезення часто вимагає вирішення низки невідкладних завдань, пов'язаних не тільки з розвитком пропускнуої спроможності ділянок і станцій, але й у не меншій мірі з кращим використанням внутрішніх резервів, які повинні розкриватися при комплексному аналізі експлуатаційної роботи доріг, станцій та інших лінійних підприємств.

Аналіз ефективності технічних, організаційних та фінансово-економічних заходів, що діють у цей час, свідчить про недостатню комплексність заходів для освоєння плану перевезень. Існуючий аналіз часто не розкриває справжніх резервів. Ці резерви можна поділити на дві групи: нормативні та глибинні.

Нормативні резерви пов'язані з найефективнішим використанням встановлених нормативів. Наприклад, перегінний час ходу розраховується на

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						9
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

прийняту розрахункову вагу поїзда на критичному елементі профілю колії. Фактично багато поїздів слідують повними по довжині станційних колій, але не повними за вагою. Отже такі поїзди мають резерви для скорочення часу знаходження на ділянці. Аналогічний стан і з середнім простоєм вагонів на технічних станціях. Відомо, що норма середнього простою вагонів на станціях розраховується виходячи з певних розмірів пропуску транзитних вагонів з переробкою та без переробки. Отже, у разі зростання транзитних вагонопотоків без переробки на станції виникають резерви скорочення середнього простою вагонів. Аналогічні нормативні резерви є і в інших показників підприємств.

Глибинні резерви пов'язані зі скороченням технологічних нормативів. Саме збільшення та використання цих резервів становить великий інтерес для підвищення економічної ефективності перевізного процесу.

Для якнайшвидшого усунення «вузьких місць» у розвитку пропускнуої спроможності залізничних ліній основну увагу слід зосередити на питаннях поліпшення використання технологічних резервів, зміцнення графіка руху та плану формування поїздів, оскільки за своєю природою є нормативними документами тривалої дії, що відображають розрахункові нормативи технологічного значення. Наприклад, щоб оцінити роль графіка руху у використанні технологічних резервів, потрібен якісно новий підхід до аналізу виконання планових завдань. Такий комплексний аналіз має ґрунтуватися на базі поточного плану та місячних технічних норм, що враховують фактичні умови діяльності підприємства. Методика складання комплексного аналізу не лише враховує можливість порівняння плану та технічних норм експлуатаційної роботи з фактичним виконанням, а й дозволяє аналізувати якість самого плану, встановлювати, наскільки заплановані обсяги і структура роботи, які залежать від колективу підприємства, відповідають звітним даним.

1.2. Технічне нормування експлуатаційної роботи

Основними документами для управління перевізним процесом на

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

залізничному транспорті є: план перевезень вантажів, який встановлює обсяг та напрямок прямування вантажів на місячний період; технічні норми експлуатаційної роботи залізниць, що є планом забезпечення перевізними засобами доріг та станцій для виконання заданого обсягу перевезень на основі технічних можливостей кожного підрозділу залізничного транспорту; план оперативного регулювання, що є комплексом організаційно-технічних заходів щодо виконання плану перевезень і технічних норм щодо попередження виникнення можливих труднощів в експлуатаційній роботі.

Таким чином, технічне нормування експлуатаційної роботи залізниць можна розглядати як комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення плану перевезень у конкретних умовах роботи кожного підрозділу залізничного транспорту.

План перевезень вантажів є основою розробки технічних норм експлуатаційної роботи доріг і станцій. Він може встановлюватися окремо від технічних можливостей транспорту, тобто без урахування наявності пропускну та провізної спроможності ділянок, вантажно-вивантажувальних можливостей станцій, наявності вагонів та локомотивів тощо.

Відповідно до плану перевезень встановлюють розміри навантаження, вивантаження, здачі порожніх вагонів з-під свого вивантаження, передачі вагонів та поїздів по стикових станціях, вагонопотоки, вантажообіг, а також оборот вагона та його елементи.

Тісна ув'язка планування перевезень з технічною можливістю залізничного транспорту дозволяє своєчасно виявляти «вузькі місця» в технічній озброєності доріг та правильно встановлювати черговість капітальних вкладень у збільшення пропускну, провізної, вантажно-вивантажувальної спроможності ділянок, станцій та під'їзних шляхів промислових підприємств, а також передбачати організаційно-технічні заходи (підвищення маси поїзда, запровадження подвійної тяги, відкриття додаткових постів тощо), створені задля освоєння необхідних обсягів перевезень.

Технічне нормування експлуатаційної роботи дозволяє:

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		11

- визначати обсяг перевезень на наступний місяць (в середньому на добу) та його розподіл дорогами;
- розраховувати показники, які забезпечують виконання цього обсягу роботи;
- розподіляти технічні засоби та ресурси по залізничним підрозділам відповідно до обсягу їх роботи.

1.3 Заходи щодо покращення пропускної здатності залізних ліній

Основними заходами, що дозволяють збільшити пропускну здатність, вважаються такі:

- автоблокування або диспетчерська централізація з пакетним рухом поїздів на одноколійних лініях;
- подовження приймально-відправних колій на станціях, роз'їздах та обгінних пунктах з одночасним посиленням потужності тяги для підвищення норм маси поїздів;
- відкриття додаткових роз'їздів на перегонах, що обмежують пропускну спроможність одноколійних ліній;
- скорочення міжпоїзного інтервалу на двоколійних лініях з автоблокуванням;
- спорудження додаткових головних колій на перегонах: двоколійних вставок для безперервних схрещень, суцільної другої колії на одноколійних лініях, третьої колії на двоколійних лініях.

Також треба врахувати, що з введенням нового виду тяги пропускну спроможність лінії та особливо шляхи її подальшого розвитку змінюються. Тому при оптимізації розвитку пропускної спроможності як двоколійних, так і одноколійних лініях, на яких у перспективі можлива заміна тепловозної електричної тяги, слід розглянути і електрифікацію.

Збільшенню провізної здатності ліній сприяють спрямлення плану та профілю колії, що веде до зниження основного опору руху поїздів та

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						12
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

підвищення вагової норми вантажних поїздів. При спрямленні профілю колії збільшення ваги та довжини поїздів при збереженні незмінної швидкості їх руху призводить до зменшення пропускної спроможності ділянки та збільшення його провізної спроможності (рисунок 1.1 та 1.2).

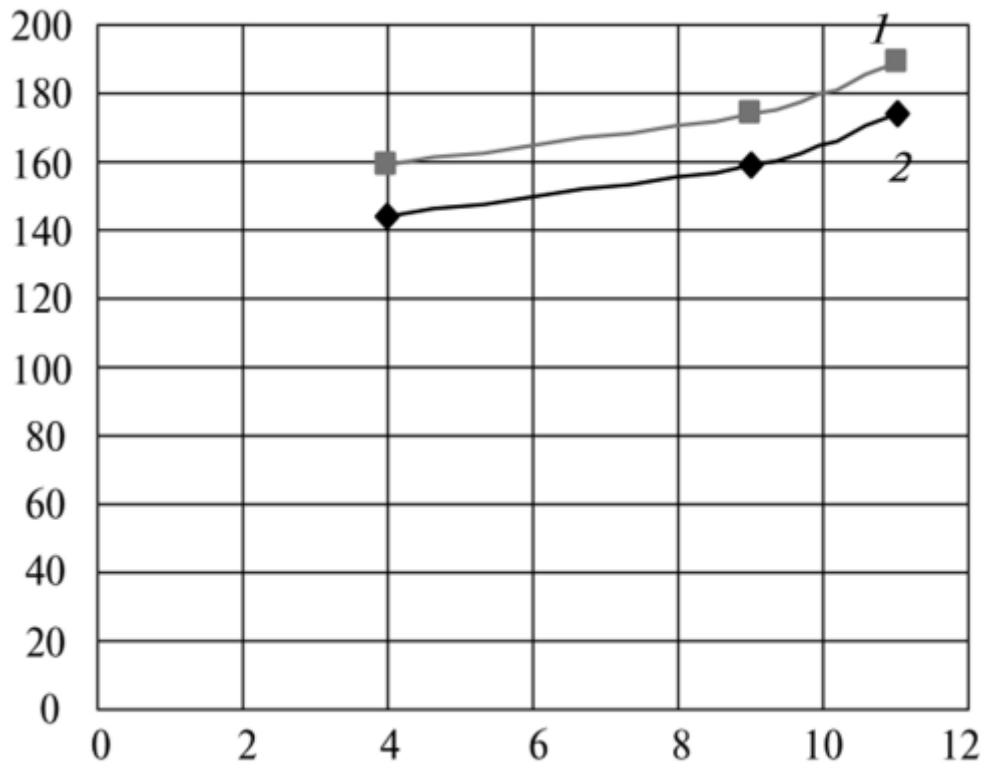


Рисунок 1.1 – Вплив спрямлення профілю колії на пропускну спроможність ділянки (поїздів/доб, вісь ординат) при збільшенні ваги та довжини поїздів та збереженні незмінної швидкості їх руху. Вісь абсцис – підйом, %: 1 - для тепловозів 2ТЕ10; 2 - для електровозів ВЛ80

Забезпечити мінімальний інтервал між поїздами може використання системи супутникових радіонавігаційних систем для автоматизації диспетчерського керівництва поїзною роботою, інтервального регулювання руху поїздів без світлофорів і рейкових ланцюгів, знімання інформації з рухомого складу, автоматизації управління рухом поїздів. Для цього засоби супутникової навігації надають інформацію про координати поїздів. Відповідно до координат і поздовжнього профілю шляху визначається оптимальний режим ведення поїзда, у тому числі швидкість руху, яка підтримує безпечно мінімальну відстань між

поїздами. Застосування супутникової навігації в організації руху поїздів дозволяє забезпечити безпеку руху, збільшити пропускну спроможність ділянок не менше ніж у 2 рази та підвищити швидкість руху поїздів.

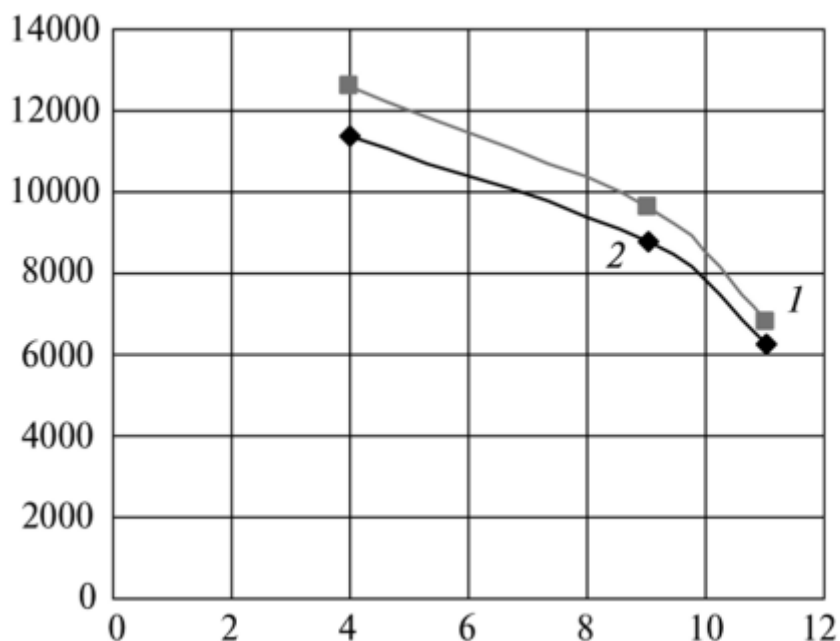


Рисунок 1.2 – Вплив спрямування профілю шляху на провізну здатність ділянки (вагонів/доб) при збільшенні ваги та довжини поїздів та збереженні незмінної швидкості їх руху: 1 - для тепловозів 2ТЕ10; 2 - для електровозів ВЛ80

Усі методи посилення пропускнуої спроможності одноколійних і двоколійних ліній можна використовувати у різних комбінаціях і черговості, тобто у різних схемах розвитку ліній.

2 УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ ЛОКОМОТИВІВ

2.1 Основні положення системи експлуатації локомотивів

Система експлуатації локомотивів визначає та встановлює:

- організацію роботи та управління тяговими ресурсами;
- управління тяговими ресурсами у період надання «вікон» на ремонт, модернізацію та обслуговування інфраструктури;
- порядок розрахунку необхідної кількості локомотивів та локомотивних бригад для забезпечення обсягу перевезень;
- порядок місячного та змінно-добового планування експлуатації вантажних локомотивів на тягових ділянках, а також у межах дирекцій загалом;
- зміст встановленого нормативу технологічного резерву локомотивів на виділених технічних станціях та станціях зміни локомотивів та локомотивних бригад;
- своєчасну постановку локомотивів на технічне обслуговування та ремонт;
- взаємодію диспетчерського апарату та керівників всіх учасників перевізного процесу.

Стабільна експлуатаційна робота забезпечується за рахунок парності при обміні поїздами на міжколійних стикових пунктах та суворого дотримання технологічної дисципліни диспетчерським апаратом у частині виконання регульовальних завдань за своєчасною передислокацією локомотивів, зазначених у змінно-добовому плані.

Технологія експлуатації локомотивів передбачає їх максимально можливе проходження без відчеплення від поїзда між станціями формування та розформування поїздів.

Для забезпечення потрібного парку локомотивів в умовах непарності поїздів, під час проведення ремонту інфраструктури, виникнення відмов технічних засобів тощо передбачається резерв утримання локомотивів, що враховується під час завдання технічного плану їх утримання.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						15
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Місячне нормування парку локомотивів для вантажного руху передбачає:

- розрахунок середньодобового парку локомотивів для освоєння заданих технічним планом розмірів вантажного руху в цілому;
- необхідну кількість локомотивів у оперативному резерві;
- розподіл експлуатованого парку локомотивів за експлуатаційним локомотивним депо;
- середньодобовий нормативний вміст парку локомотивів, що експлуатується, по виділених ділянках тягових пліч.

Змінно-добове нормування необхідного експлуатованого парку локомотивів розраховується за коефіцієнтом потреби на кілька поїздів для ділянок обігу, районів управління та доріг.

Вихідними даними для розрахунку потреби локомотивів вантажного руху на наступну добу є:

- плановані розміри руху вантажних поїздів за стиковими пунктами дирекцій управління рухом, виходячи з наявності ниток у графіку руху поїздів, у тому числі кількості локомотивів, що видаються під збірні, вивізні поїзди та диспетчерські локомотиви (до розрахунку приймається найбільша кількість поїздів одного з напрямків – парного або непарного);
- потрібна кількість локомотивів-штовхачів на кожній ділянці їхньої роботи;
- кількість запланованих до «підйому», тимчасово відставлених від руху на проміжних станціях, поїздів;
- встановлений норматив утримання локомотивів у оперативному резерві на станціях.

2.2 Організація праці і відпочинку локомотивних бригад

Важливою умовою забезпечення безпеки руху поїздів є правильна організація праці та відпочинку локомотивних бригад. Облік виробітку робочих годин та їх нормування ведуться щомісяця.

Робочий час локомотивної бригади починається з моменту її явки на роботу

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

і триває до здачі локомотива після поїздки.

Режим роботи бригади не повинен негативно позначатися на безпеці руху через її стомлюваність та зниження пильності під час ведення поїзда.

Організація явки бригад депо залежить від встановленої системи роботи ділянки обороту локомотивів.

Найпоширеніша система організації явки – система за іменними графіками.

Локомотивні бригади, що обслуговують поїзди, нитки яких включені в жорсткий графік обороту локомотивів, працюють за іменними графіками, а інші вантажні поїзди, що обслуговуються, – за викликовою системою в поєднанні з безвикликовою.

Щомісяця на кожній ділянці визначаються плановані вагоно- та поїздопотоки, уточнюються нитки, що включаються до остаточного графіку обороту локомотивів, коригується графік обороту поїзних локомотивів та складаються іменні розклади праці та відпочинку локомотивних бригад.

Завданнями диспетчерського апарату є забезпечення підготовки вантажних поїздів на нитки графіка руху, включені у затверджений графік, та пропуск поїздів за розкладом.

Контроль за виконанням іменних графіків роботи локомотивних бригад покладено на служби локомотивного господарства та управління рухом залізниці.

Безвикликова система нарядів полягає в тому, що після закінчення поїздки нарядник локомотивного депо видає бригаді письмове завдання на наступний рейс.

Виклична система заснована на тому, що бригада викликається в поїздку по телефону. Недолік такої системи полягає у невизначеності початку робочого часу бригади.

Відповідно до трудового законодавства час безперервної роботи локомотивних бригад не повинен перевищувати 8 год. У виняткових випадках з урахуванням характеру роботи на лінії з дозволу керівництва та профспілки робочий режим може становити до 12 год.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						17
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Якщо локомотивна бригада протягом рейсу не укладається у встановлену норму безперервної тривалості роботи, то пункті обороту локомотивів їй надається відпочинок. Норма часу відпочинку бригади у пункті обороту визначається за формулою:

$$t_{\text{від}}^{\text{об}} = \frac{t_{\text{раб}}}{2} \approx 320 \text{д.}, \quad (2.1)$$

де $t_{\text{раб}}$ – тривалість роботи бригади від станції основного депо до пункту обороту (від моменту явки в поїздку до моменту здачі локомотива в пункті обороту).

У пункті основного депо після повернення з поїздки бригаді надається відпочинок:

$$t_{\text{від}}^{\text{осн}} = 2,51 \cdot t_{\text{раб}}. \quad (2.2)$$

При виробничій необхідності бригада може бути викликана у поїздку через 12 год, але більше двох нічних поїздок поспіль не допускається.

Крім розрахункової норми відпочинку, у пункті основного депо бригаді додається один вихідний день на тиждень (24 год), який може бути наданий їй у будь-який день тижня, але обов'язково приєднаний до розрахункового відпочинку після поїздки.

2.3 Показники використання локомотивів

Показники використання локомотивів поділяються на:

1. кількісні, що характеризують обсяг планованої та виконуваної роботи,
2. якісні, які дозволяють оцінити рівень використання локомотивного парку за часом і потужністю.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						18
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Основними кількісними показниками залізничного транспорту, що визначають роботу локомотивів, є:

1. вантажообіг,
2. пасажирооборот.

При цьому підраховуються такі показники роботи локомотивів, як пробіги в локомотиво-км, робота в локомотиво-добах, робота в тонно-кілометрах.

Загальний пробіг локомотивів складається з:

1. лінійного,
2. умовного.

До лінійного пробігу відноситься пробіг локомотивів:

1. з поїздами (у тому числі приміських, збірних вивізних, передаточних),
2. у кратній тязі, при роботі за системою багатьох одиниць (управління декількома локомотивами з однієї кабіни),
3. у підштовхуванні,
4. в одиночній роботі.

Лінійний пробіг у локомотиво-кілометрах визначається сумуванням добутку числа локомотивів на пройдену ними відстань.

Пробіг у голові поїздів називається поїзним пробігом і нараховується лише одному локомотиву, незалежно від інших локомотивів у голові чи хвості. У сполучених поїздах лінійний поїзний пробіг обчислюється кожному головному локомотиві цих поїздів.

Пробіг локомотивів у подвійній тязі, підштовхуванні і одиночному слідуванні називається допоміжним пробігом. Для оцінки ступеня використання локомотивів у поїздах та допоміжних видах руху при розрахунках використовують так званий коефіцієнт допоміжного лінійного пробігу. Допоміжний пробіг є непродуктивним та його потрібно скорочувати.

Умовний пробіг обчислюється переведенням кілометрів за встановленими коефіцієнтами часу роботи локомотивів на маневрах та інших видах роботи, а також часу простою на станціях, в основних та оборотних депо. При цьому 1 час роботи локомотива на маневрах та іншій роботі прирівнюється до 5 км

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						19
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

пробігу, 1 час простою на станціях та в депо прирівнюється до 1 км пробігу. При переведенні годин простою в умовний пробіг (1 год – 1 км) для тепловозів враховуються лише часи простою у гарячому стані.

Показник локомотиво-кілометрів загального річного пробігу локомотивів експлуатованого парку депо (відділення, дороги) використовується для:

1. розрахунку програми ремонту та інвентарного парку локомотивів,
2. потреби ремонтних та екіпірувальних засобів,
3. матеріалів та запасних частин при ремонті,
4. фінансових витрат,
5. аналізу господарської діяльності депо.

Облік роботи локомотивів у локомотиво-годинах визначає:

1. обсяг роботи,
2. ступінь використання локомотивів депо за часом.

Локомотиво-години враховують і визначають як сумарний час роботи експлуатованому парку локомотивів окремо за видами руху, так і в очікуванні роботи:

1. у вантажному,
2. пасажирському,
3. передатному,
4. вивізному,
5. господарському,
6. на маневрах та інших видах робіт.

Локомотиво-години визначають також час знаходження локомотивів у неексплуатованому парку (в ремонті, в очікуванні ремонту, в резерві).

Робота локомотивів у тонно-кілометрах брутто, що виконується всіма локомотивами експлуатованого парку за добу, визначається з маршрутів машиніста шляхом підсумовування добутку середньої маси складу брутто (без локомотива) кожного поїзда на відстань прямування по ділянці обслуговування локомотивних бригад.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						20
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Масу вантажу (нетто), що у вагонах вантажного поїзда визначають по натурним листам, а за їх відсутності - по вантажопідйомності вагонів. Робота в тонно-кілометрах нетто є показником експлуатаційним.

Усі експлуатаційні витрати (витрата палива, електроенергія тощо) відносять на вимірювання тонно-кілометрової роботи локомотивів.

До основних якісних показників відносять:

1. середньодобова продуктивність локомотива,
2. середня маса складу,
3. середньодобовий пробіг локомотива,
4. дільнична та технічна швидкість руху,
5. бюджет часу локомотива.

Середньодобова продуктивність - універсальний показник, що характеризує рівень використання локомотива по:

1. часу,
2. пробігу,
3. потужності,

і що виражає роботу локомотива вантажного руху в тонно-км бруто в середньому на добу на одну локомотиво-добу експлуатованого парку.

Продуктивність маневрових локомотивів виражається сумою кількості вантажних місцевих та транзитних вагонів, перероблених за 1 годину маневрової роботи.

Продуктивність локомотива може бути підвищена не тільки за рахунок збільшення маси складу та середньодобового пробігу, але і за рахунок зниження допоміжного пробігу.

При підвищенні продуктивності локомотивів зростає обсяг перевезень при тому самому парку локомотивів, знижуються витрати на паливно-енергетичні ресурси.

Середня маса поїзда встановлюється для кожної ділянки обороту окремо у парному та непарному напрямках. Відношення фактично виконаної середньої маси складів бруто до розрахункової маси складу, встановленої тяговими

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

розрахунками для даної серії локомотива, називають коефіцієнтом використання сили тяги локомотива. Щоб не встановлювати норму маси складу по кожній ділянці, для поїздів, що прямують по певному напрямку, встановлюють уніфіковану (єдину) норму маси поїздів. Цю норму розраховують за найважчим елементом профілю, що є на цьому напрямку. Щоб підвищити норму маси складу для всіх ділянок вдаються в таких випадках до економічно доцільних заходів: підштовхування, подвійної тяги, більш потужних локомотивів.

Іноді для місцевих поїздів встановлюють так звану критичну масу складу, яка відповідає тяговим якостям даного типу локомотива, визначена для розрахункового підйому, перевірена в дослідних поїздах з динамометричним вагоном. Критична маса в основному обмежується за умовами зчеплення коліс з рейками і нагрівання тягових електродвигунів. Перевищення критичної маси категорично забороняється, так як це виводить із ладу тягові електродвигуни локомотива.

Збільшення маси вантажних поїздів має велике практичне значення. Впровадження на всій мережі залізниць методів керування поїздами підвищеної маси та довжини значно збільшує продуктивність локомотивів, провізну здатність ділянок.

Середньодобовий пробіг локомотивів показує число кілометрів лінійного пробігу, що припадає в середньому за добу на 1 локомотив експлуатованого парку. Збільшення середньодобового пробігу вивільняє частину локомотивів з експлуатації, підвищує продуктивність праці локомотивних бригад, рентабельність локомотивного господарства та ефективність перевізного процесу в цілому.

У середньодобовому пробігу враховується:

1. пробіг локомотивів у подвійній тязі,
2. других локомотивів, які працюють у системі багатьох одиниць,
3. у підштовхуванні,
4. в одиночному слідуванні.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Основні якісні показники враховують:

1. середню дільничну швидкість руху поїзда,
2. середньотехнічну швидкість.

Середня дільнична швидкість руху поїзда показує відстань, що проходить поїзд за 1 годину по ділянці з урахуванням стоянок на проміжних станціях.

Середня технічна швидкість руху поїзда показує середню відстань в кілометрах, що проходить поїзд за 1 годину по перегону. Вона визначається як частка від розподілу пройденої відстані на якийсь час у чистому русі (без урахування стоянок).

Збільшення дільничної швидкості призводить:

1. до зростання продуктивності праці локомотивних бригад,
2. вивільняє з експлуатації частину локомотивів,
3. збільшує пропускну спроможність ділянок залізниць.

Рівень використання технічної швидкості прийнято оцінювати коефіцієнтом дільничної швидкості - відношенням дільничної швидкості до технічної, що характеризує ступінь впровадження передової технології в організації руху поїздів. Скорочення розриву між технічною швидкістю та дільничної дозволяє реалізувати найбільше значення коефіцієнта дільничної швидкості.

Технічна швидкість залежить від:

1. потужності локомотива та його тягових властивостей,
2. профілю та стану колії,
3. технічного стану рухомого складу,
4. гальмівних засобів та ін.

Технічна швидкість закладається у графік руху поїздів у результаті тягових розрахунків.

Середньодобовий бюджет часу локомотива характеризує якість використання локомотивів у часі, тобто розподіл добового часу локомотивів експлуатованого парку депо приписки в годинах (або відсотках від добового, 24-годинного фонду часу) за різними елементами витрат у русі та у всіх видах простою:

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						23
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

1. на проміжних станціях,
2. на станціях зміни локомотивних бригад,
3. у депо приписки,
4. пункти обороту локомотива.

Аналіз бюджету часу локомотива показує, що головні втрати часу допускаються на проміжних станціях та у пунктах обороту.

Окремий показник бюджету часу - час корисної роботи локомотива. Загалом у мережі залізниць цей показник становить приблизно 12 годин, тобто половину доби.

2.4 Способи обслуговування поїздів локомотивами

Локомотиви, приписані до основного депо, експлуатують поїзди в межах залізничних напрямів, обмежених станціями, на яких розміщуються пункти обороту локомотивів. При значній протяжності ділянок між граничними станціями, коли час у дорозі більше 7÷8 годин, розміщуються додаткові пункти зміни локомотивних бригад та екіпірування локомотивів. Ділянку між межами обслуговування поїздів локомотивами називають ділянкою обігу локомотивів. Ділянку, обмежену станцією основного депо і станцією оборотного депо, називають тяговим плечем. До станції основного депо можуть примикати кілька тягових плеч.

Дві або кілька ділянок обігу, на яких за єдиним планом експлуатуються локомотиви одного або кількох депо, утворюють зону обігу локомотивів.

Досвід роботи залізниць з експлуатації локомотивів на змінених тягових плечах (дільницях поведження із застосуванням змінної їзди) показав, що це сприяє підвищенню середньодобового пробігу локомотивів, прискорює оборот рухомого складу, скорочує потребу в локомотивах, забезпечує безпеку руху та дає великий економічний ефект.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						24
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

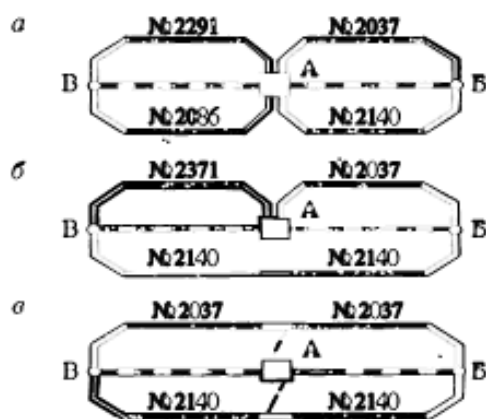


Рисунок 2.1 – Способи обслуговування поїздів локомотивами

Разом з тим надмірне подовження тягових плеч може призвести до зворотного результату. Оптимальна довжина ділянок обігу локомотивів має перевищувати 800÷900 км. Розташовуватися вони, як правило, мають у межах своєї залізниці.

На залізницях застосовуються в основному три способи обслуговування поїздів локомотивами: кільцевий, петлевий та плечовий. При кільцевому способі роботи (рисунок 2.1, а) локомотив, вийшовши з основного депо після чергового технічного обслуговування або поточного ремонту, працює між станціями одного та іншого оборотного депо, не заходячи в основне депо до встановлення його на наступне технічне обслуговування або ремонт. Екіпірування локомотива може здійснюватися як у оборотних депо Б і В, так і на станції основного депо А без відчеплення від складу.

Технічне обслуговування ТО-2, як правило, має виконуватися на ПТОЛ в оборотних депо Б та В.

При кільцевому способі обслуговування скорочується експлуатований парк локомотивів, на 6÷9% знижується завантаження горловин станцій, зменшується кількість перетинів головних шляхів, що збільшує пропускну здатність станцій, знижує простий поїзд.

При петлевому способі обслуговування (рисунок 2, б) локомотив, вийшовши з основного депо, обслуговує одну пару поїздів між пунктами Б і В без заходу в депо А. Один раз за повний оборот локомотив відчіпляється і заходить в

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						25
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

основне депо для екіпірування та технічного обслуговування . Петлевий спосіб менш ефективний (на 3÷4 % скорочується експлуатований парк локомотивів), ніж кільцевий і може бути викликаний необхідністю виконання ТО-2 переважно депо.

Плечовий спосіб (рисунок 2.1, в) застосовується, коли основне депо розташоване на граничній станції ділянки обороту. При цьому локомотив, що вийшов з основного депо, обслуговує поїзд до пункту обороту, де після відчеплення від складу проходить передбачене технічне обслуговування, після чого причіпляється до найближчого часу відправлення складу зворотного напрямку і слідує з ним до станції основного депо. На станції А локомотив відчіпляється від складу, заходить у депо для екіпірування та на ПТОЛ. Потім цикл повторюється.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						26
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

3 ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ТЕПЛОВОЗА ТЕ33А

3.1 Загальна будова тепловоза ТЕ33А

Тепловози типу ТЕ33А (країна-виробник США та Казахстан) односекційний, який виконано із загальною потужністю 3356 кВт. Тепловоз ТЕ33А має дві кабіни – основну та допоміжну, основна кабіна за конструкцією має більший обсяг (рисунок 3.1).

Все обладнання тепловоза розташоване в кузові на несучій рамі. Кузов тепловоза складається із шести основних частин: основної та допоміжної кабіни машиніста, допоміжного відсіку, відсіку генератора, відсіку дизеля, охолоджувальної камера.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд тепловоза ТЕ33А

Пуск дизеля здійснюється від кислотної акумуляторної батареї, розташованої в чотирьох відсіках з лівого боку центральної частини рами локомотива щодо основної кабіни. Акумуляторна батарея складається із 16 елементів. Від акумуляторних батарей живляться радіостанції, блоки живлення логічних схем, комп'ютер, АЛСН, ланцюги управління та освітлення – при

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		27

непрацюючій дизель-генераторній установці. Вироблений тяговим генератором змінний струм подається до тягової інверторної установки, яка перетворює струм до необхідних значень частоти, напруги та передається тяговим електродвигунам. Швидкість тепловоза регулюється частотою змінного струму.

Повітря до дизелю надходить через впускний колектор, розташований зверху на V-подібному розвалі. Вода дизеля охолоджується в холодильній камері, обладнаний жалюзі радіатора (55), розташований у два яруси на даху радіаторного відсіку. Управління вентилятором холодильника, радіатором здійснюється автоматично, а також дистанційно за допомогою тумблерів у зоні керування 9 (49).

Масло дизеля охолоджується в масляному теплообміннику. Тягові електродвигуни охолоджуються повітрям, що нагнітається вентиляторами охолодження ТЕД через повітряні канали, що проходять всередині рами тепловоза.

Повітряний компресор 6 служить для забезпечення стисненим повітрям гальмівної системи та пневматичних допоміжних систем тепловоза. Режим роботи компресора повторно короткочасний з відношенням часу роботи під навантаженням до часу на холостому ході. На тепловозі встановлено дві ротаційні компресори, з'єднані один з одним.

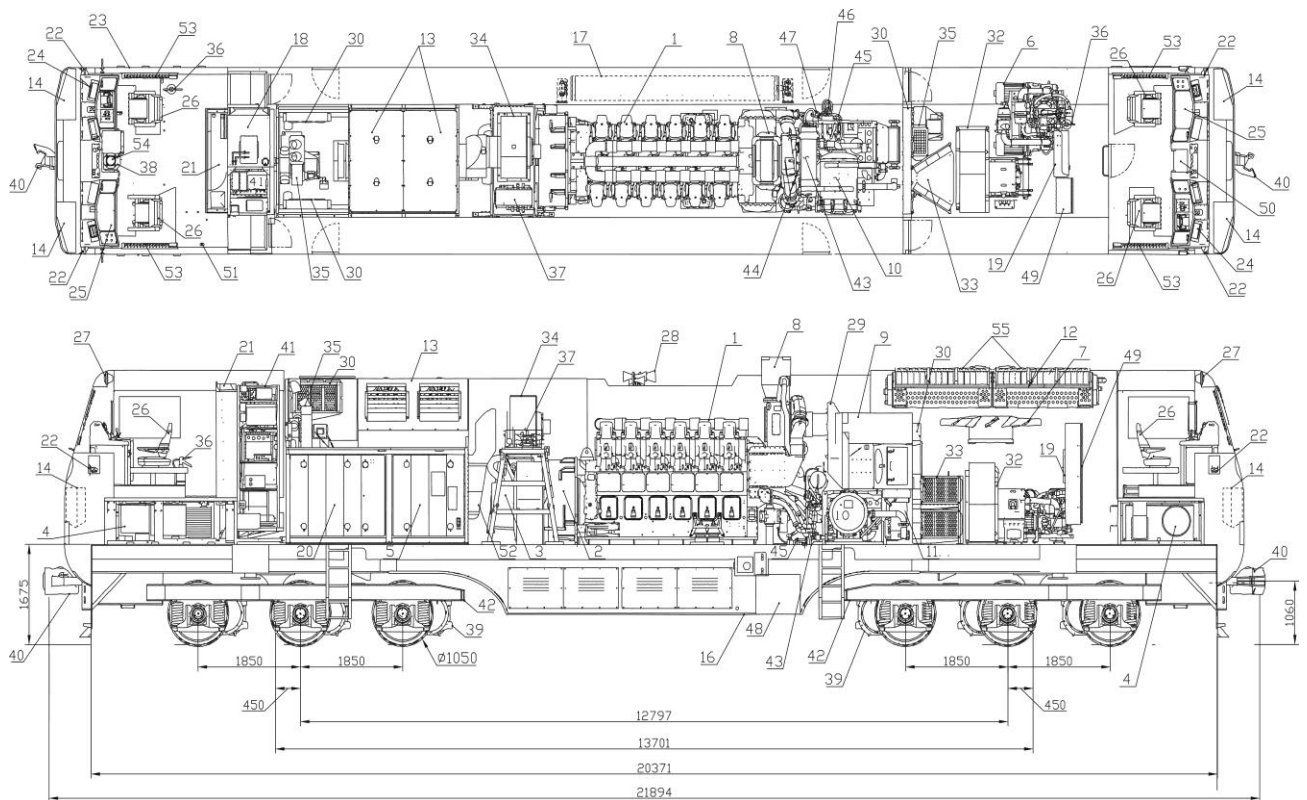
Рама кузова тепловоза отримує навантаження від ваги всіх вузлів і агрегатів, що знаходяться на ній, передає тягові і гальмівні зусилля, а також сприймає динамічні навантаження. Рама спирається на два щелепні візки з одностороннім розташуванням ТЕД. Тягові та гальмівні зусилля передаються від візка до рами через шворні. Важільна передача гальма візка обладнана індивідуальними гальмівними циліндрами. Тягові електродвигуни мають опорно-осьове підвішування з роликівими підшипниками ковзання укладені в осьову буксу.

Конструкція та обладнання кабіни машиніста мають покращені умови для роботи локомотивних бригад відповідно до вимог промислової санітарії. Кондиціонер встановлений у кабіні в зимовий час обігріває теплим повітрям та вентилює у літній час. З боку машиніста та помічника машиніста встановлені

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						28
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

бічні радіаторні обігрівачі.

Загальна схема розміщення обладнання у локомотиві приведена на рис. 3.2.



- 1 - Двигун GEVO 12; 2 - генератор; 3 - допоміжний генератор; 4 - система опалення, вентиляції та кондиціонування повітря; 5 - тягові інвертори; 6 - повітряний компресор; 7 - вентилятор радіатора; 8 - вихлопна труба дизеля; 9 – водяний бак; 10 – масляний фільтр; 11 - охолоджувач мастила; 12 - радіатори; 13 - ящик динамічного гальма; 14 - пісочний бункер; 15 - акумуляторні батареї; 16 - паливний бак; 17 - головний повітряний резервуар (2); 18 - санітарний вузол; 19 - панель електромагнітних клапанів; 20 - ВВК / НВС; 21- шафа розташування обладнання (CDC); 22 - горловина пісочного бункера; 23 - обладнання пневматичних гальм; 24 - пульт управління машиніста; 25 - пульт управління помічника машиніста; 26 - крісло; 27 - прожектор; 28 - тифон; 29 - ящик повітряного фільтра двигуна; 30 відцентрові фільтри; 31 - буферні ліхтарі; 32 - вентилятор охолодження ТЕД; 33 - фільтри вентиляторів охолодження ТЕД; 34 - вентилятор охолодження інвертора / генератора; 35 - вихлоп брудного повітря; 36 - вогнегасник; 37 - вимикач повороту двигуна; 38 - холодильник; 39 - асинхронний тяговий двигун; 40 - автозчеплення; 41 - ящик обладнання; 42 - візок; 43 - паливний фільтр; 44 - масляна помпа; 45 - паливний насоса низького тиску; 46 - паливний фільтр грубої очистки; 47 - паливний підігрівач; 48 - відстійник; 49 - зона управління 9; 50 - зона управління 10; 51 - ручне гальмо; 52 - повітропровід інвертора; 53 - обігрівач кабіни; 54 - плита; 55 - жалюзі радіатора 51 - жалюзі радіаторів

Рисунок 3.2 – Загальна схема розміщення обладнання на тепловозі ТЕ33А

									Арк.
									29
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	0041.190547.01.ВКР.ПЗ				

3.2 Дизельний двигун GEVO12

Дизель GEVO12 (рисунок 3.3) тепловоза ТЕ33А є двигуном внутрішнього згоряння, в якому – у процесі згоряння хімічна енергія палива перетворюється на теплову енергію, з подальшим перетворенням на механічну енергію обертання.

Марка дизеля тепловоза GEVO12 розшифровується, як G – дизель розробки компанії General Electric, EVO – серія дизелів встановлених у тепловозах серії Evolution, 12 – кількість циліндрів, а також наявність літери V мають на увазі розташування поршнів.

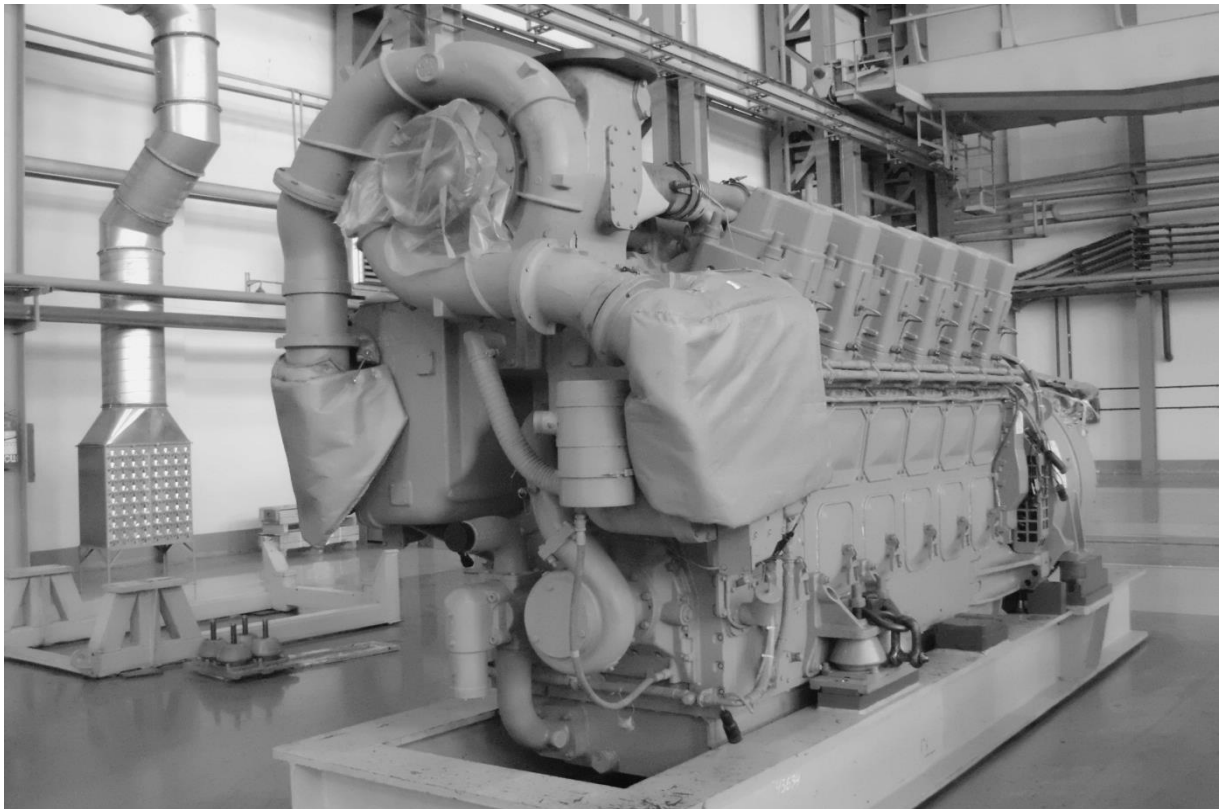


Рисунок. 3.3 – Дизель GEVO12

Дизель GEVO12 є чотиритактним, дванадцяти - циліндровим двигуном внутрішнього згоряння з V-подібним розташуванням циліндрів, потужністю 4500 к.с., з газотурбінним наддувом і охолоджувачем надувного повітря, розроблений фахівцями компанії General Electric з урахуванням вимог екологічних стандартів.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		30

Торцева сторона дизеля з боку турбокомпресора, масляного, водяного насоса та охолоджувальної камери називається передньою, а протилежна з боку генератора називається задньою (див. рис.3.3). Якщо дивитися з задньої сторони, то ряд циліндрів, що виступають, справа прийнято називати правим рядом, а зліва - лівим. Порядок нумерації циліндрів починається з передньої сторони L1, L2 (перший лівий, другий лівий) R1, R2 (перший правий, другий правий).

3.2.1 Робота дизеля в умовах експлуатації

Під час роботи дизеля колінчастий вал обертається за годинниковою стрілкою (з боку турбокомпресора). У такому напрямку рекомендується обертати колінчастий вал при виконанні всіх операцій технічного обслуговування. Технічні дані дизельного двигуна GEVO12 наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні дані дизельного двигуна GEVO12

№ з/п	Назва обладнання	Дані
1	Марка	GEVO 12
2	Тактове число	4
3	Розташування циліндрів	V-подібне
4	Число циліндрів	12
5	Діаметр циліндра, мм	250
6	Хід поршня, мм	320
7	Робочий об'єм циліндра, л	15,7
8	Ступінь стиснення	≈17:1
9	Порядок роботи циліндрів	1П-1Л-5П-5Л-3П-3Л-6П-6Л-2П-2Л-4П-4Л
10	Клапанний механізм	2 впускні + 2 випускні клапани на циліндр
11	Мінімальні оберти холостого ходу, об/хв	330
12	Номінальні оберти холостого ходу, об/хв	440
13	Номінальна/максимальна частота обертання колінчастого валу, об/хв.	1050
14	Максимальна електрична потужність, кВт	3 300
15	Потужність у кінських силах	4 500
16	Турбокомпресор	одноступінчастий
17	Маса, кг	19 238

Такт – один повноцінний цикл переміщення поршня в циліндрі від першого до крайнього.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		31

Крайнє положення поршня в циліндрі - це положення, при якому поршень змінює напрямок поступального руху.

Основними деталями дизеля є циліндр, кришка циліндра, картер, поршень, шатун, колінчастий вал, клапани впуску та випуску. Нижній блок дизеля є остовом, де розміщені та змонтовані всі механізми та вузли, що забезпечують роботу дизеля.

3.3 Тяговий генератор 5GMG205

Тяговий генератор (рисунок 3.4) призначений для перетворення, отриманої з валу дизеля механічної енергії в електричну та подальшого живлення тягових електродвигунів. При пуску дизеля GEVO 12, тяговий генератор запускається в режимі двигун, отримуючи живлення від акумуляторних батарей CRL.

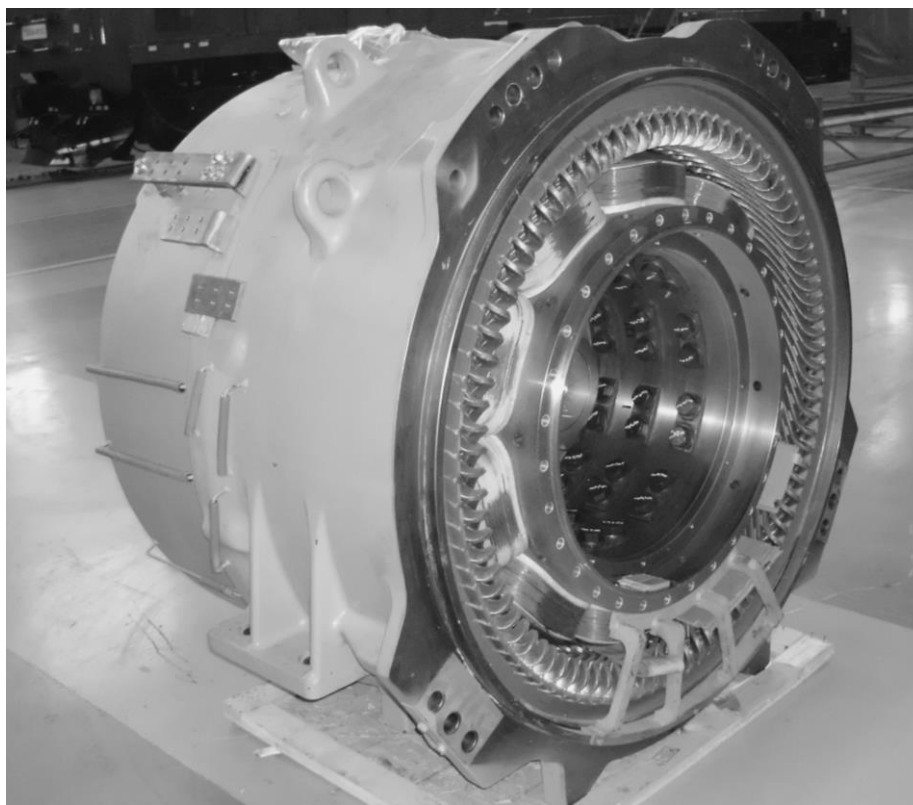


Рисунок 3.4 – Тяговий генератор 5GMG205

Тяговий генератор марки GE 5GMG205 є електричною машиною змінного струму. Як генератор використовується трифазна синхронна колекторна

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		32

машина, що складається з двох основних елементів: нерухомої частини – статора та рухомої частини, що обертається – якоря (ротор) (табл. 3.2).

З обмотки якоря допоміжного генератора 5GDY100 подається струм на обмотки статора тягового генератора, внаслідок чого створюється основне магнітне поле. Обмотки якоря тягового генератора намагнічуються при обертанні якоря магнітний потік, перетворюється на електричну енергію. На кінцях обмоток якоря встановлені колекторні пластини, з яких через щітки графітові знімається електричний струм і далі передається на тяговий інвертор, в даному випадку виконує роль керованого випрямляча.

Дана схема в режимі "прямокутних імпульсів" дозволяє тяговим інверторам при малих обертах дизеля підтримувати низьке значення напруги. При установці перемикача швидкості положення «Notch» струму може регулюватися і за частотою, і за величиною напруги не перевищуючи значення 1400В.

Система вентиляції тягового генератора – незалежна від окремого вентилятора, встановленого зверху над генератором.

Вал вентилятора отримує обертання від допоміжного електродвигуна. Повітряний потік проходить через повітряні фільтри з боку даху, охолоджує якір, тим самим охолоджуючи колектор, обмотку та сердечник якоря, потім проходить між якорем та полюсними сердечниками. Через ґрати підшипникових щитів на валу з боку дизеля повітряний потік викидається з генератора.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики тягового генератора GE 5GMG20

Потужність, кВт	3350
Лінійна/фазна напруга, В	680/370
Номінальна частота обертання, об/хв	1000
Струм при лінійній та фазній напрузі, А	2x1700/2x3000
Витрата навколишнього повітря, м ³ /с	≈ 5,5
ККД, %	≈ 98
Маса, кг	7652

Оскільки компанія General Electric не надає технічних параметрів про тягові генератори 5GMG205, ґрунтуючись на конструкції, масі тягового електродвигуна та кількості обмоток можна припустити насуپне.

Тяговий генератор 5GMG205 – синхронний трифазний генератор (5 – серія Evolution, G – General Electric, M – Motor (електродвигун), G – generator (призначення генератор)). У вузли тягового генератора входять: щітки, щіткотримачі, струмознімальні кільця, кришка щіток.

Модель 5GMG205 аналогічна моделі 5GMG203В за винятком того, що ротор кріпиться до колінчастого валу за допомогою гнучкої пластини, яка монтується спочатку до колінчастого валу. Ротор кріпиться болтами до гнучкої пластини на зовнішній стороні картера двигуна. Цей тип генератора застосовується на тепловозах ТЕ33А серії Evolution з приводом змінного струму.

Тяговий генератор розташований у генераторному відсіку, безпосередньої близькості від дизельного відсіку.

3.4 Тяговий електродвигун 5GEB30

Тяговий електродвигун призначений для перетворення електричної енергії на механічне обертання, що передається за допомогою одноступінчастого прямозубого редуктора на колісну пару. Кожна колісна пара обертається індивідуальним тяговим електродвигуном.

Тяговий електродвигун марки GE 5GEB30 є трифазною асинхронною електричною машиною з короткозамкненим ротором (рисунок 3.5).

Складається із трьох основних компонентів: станина (корпус), статор та короткозамкнений ротор.

Станина виконує три функції: перша - виконує роль корпусу, куди кріпляться елементи статора та ротора, друга - огорожа інших вузлів та агрегатів від впливу магнітного поля статора, третя - огороження від впливу довкілля. Основне призначення обмотки статора тягового електродвигуна -

						Арк.
					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	34
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

створення в машині обертового магнітного поля. Сердечник ротора набирається з листів електротехнічної сталі, на зовнішньому боці розташовуються пази, у яких закладається короткозамкнута обмотка ротора. Двигун із короткозамкненим ротором не має рухомих контактів (колекторно-щіткового вузла). За рахунок цього дані електродвигуни мають високу надійність. Обмотка ротора виконується з міді, алюмінію, латуні та інших матеріалів.

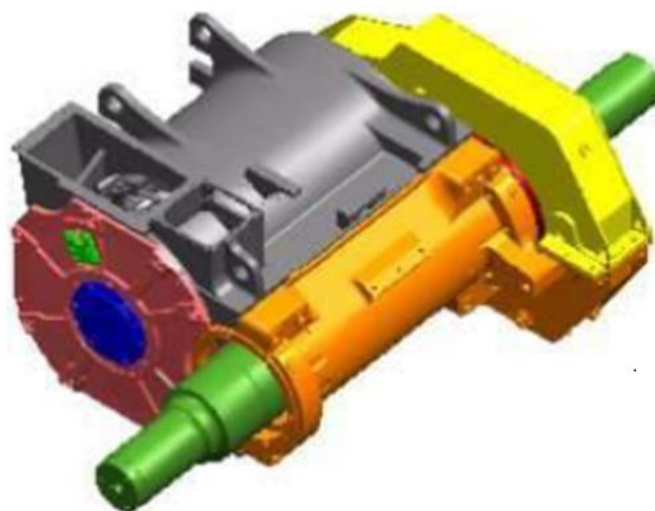


Рисунок 3.5 – Тяговий електродвигун 5GEB30

На тепловозі ТЕ33А застосовані асинхронні трифазні електричні машини із короткозамкненим ротором. Даний тип електричних машин є найпростішими за конструкцією, дешевими у виготовленні, найнадійнішими в експлуатації, не вимагають великих витрат на обслуговування та ремонт, має мінімальну масу на одиницю потужності та високий ККД.

Пускова характеристика двигуна з короткозамкненим ротором за постійної частоти забезпечує плавність моменту при торканні до максимального значення зі зростанням швидкості. Зовнішня характеристика асинхронного двигуна жорстка, подібну характеристику мають двигуни постійного струму незалежного збудження.

Оскільки компанія General Electric не надає технічних параметрів про тягові електродвигуни 5GEB30, то ґрунтуючись на конструкції, масі тягового електродвигуна та кількості обмоток можна припустити наступне.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		35

Таблиця 2.3 – Основні технічні характеристики двигуна 5GEB30A1

Потужність	≈ 480 кВт
Напруга при тривалому режимі/максимальна напруга	≈ 900/1200 В
Максимальний струм/струм при тривалому режимі	≈ 516/362 А
Частота обертання в тривалому режимі/максимальна частота	490/2460 об/хв
ККД в тривалому режимі/ККД максимальний	91/93,5%
Коефіцієнт потужності в тривалому режимі/максимальний (cos φ)	0,81/0,85
Подача охолоджуючого повітря	1,25 м ³ /с
Напір	2,6 кПа
Момент на валу при тривалому режимі	≈ 8037,5 Н*м
З'єднання фаз	Зірка(Υ)
Маса	2268 кг

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СИЛИ ТЯГИ ТЕПЛОВОЗА ТЕЗЗА

4.1 Утворення сили тяги та її реалізація

Розглянемо систему сил, що діють на колісну пару локомотива (рисунок 4.1). Сила G_0 чисельно дорівнює вазі локомотива, поділеному на його осей, притискає колісну пару до рейок.

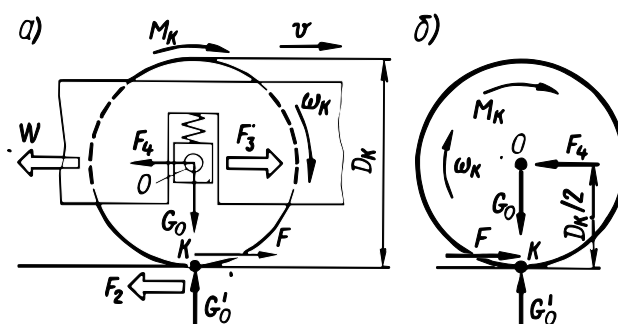


Рисунок 4.1 – Схеми сил, що діють на колесо та рейку при реалізації сили тяги

Вертикальна реакція рейки на колесо G'_0 дорівнює за величиною силі G_0 і протилежна у напрямку. Сили G_0 та G'_0 взаємно врівноважені та не можуть викликати руху колісної пари. Крім вертикальних сил до колісної пари прикладено крутний момент M_k , який передається від тягового електродвигуна через зубчасту передачу і визначається формулою:

$$M_k = M \cdot \mu \cdot \eta_3, \quad (4.1)$$

де: M - крутний момент на валу тягового електродвигуна;

μ - передавальне число зубчастої передачі;

$\eta_3 = 0,975$ – коефіцієнт корисної дії зубчастої передачі.

Сила зчеплення рейки з колесом F_2 , прикладена до рейки в точці його торкання з колесом, прагне зрушити рейку за напрямом обертання колеса. Але рейки залишаються нерухомими, т.к. вони надійно закріплені.

Сила зчеплення колеса з рейкою F , прикладена до обода колеса в точці його

торкання з рейкою, перешкоджає проковзування колеса по рейці, згідно з третім законом Ньютона $F = -F_2$. Система сил, що діють на колісну пару, показана на рис. 4.1, а чорними стрілками, на відміну від сил, що діють на рейок і на візок локомотива, які показані світлими стрілками.

Наявність сили зчеплення F дозволяє розглядати рухоме колесо як важіль другого роду з точкою опори (рис. 4.1,б). Під дією обертаючого моменту M_k і сили F цей важіль прагне повернутися за годинниковою стрілкою щодо точки K . При цьому колесо прагне перекочуватися по рейці, а ось колеса - переміщатися вправо, передаючи на буксі горизонтальну силу F_3 . У свою чергу вісь колісної пари зазнає реакції букси, що описується рівнянням:

$$F_4 = -F_3 \quad (4.2)$$

Умовою рівноваги колеса, як важеля другого роду, є рівність нулю суми проєкцій всіх прикладених до нього сил на горизонтальну вісь:

$$F - F_4 = 0 \quad (4.3)$$

Сума моментів цих сил щодо точки K визначається рівнянням:

$$M_k - \frac{F \cdot D_k}{2} = 0, \quad (4.4)$$

де D_k - діаметр рушійного колеса.

З рівняння (4.4) отримуємо рівняння для сили:

$$F = \frac{2M_k}{D_k} \quad (4.5)$$

Силу F називають силою тяги, що віднесена до обода колеса. Поступальний рух локомотива відбувається під дією сили F_3 , з якої букса тисне на раму візка. З рівнянь (4.3) і (4.2) випливає, що сила F_3 за величиною дорівнює силі тяги віднесеної до обода колеса:

$$F_3 = F \quad (4.6)$$

Локомотив рушить з місця, якщо сила F_3 буде більша за силу опору руху поїзда W , яка прикладена до автозчеплення (рис. 4.1,а). З урахуванням виразу (4.6) умова рушання поїзда з місця має вигляд:

$$F > W \quad (4.7)$$

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						38
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Виконання цієї умови досягається збільшенням обертового моменту тягового електродвигуна. Однак надмірне збільшення крутного моменту призводить до порушення зчеплення колеса з рейкою. При цьому колесо, продовжуючи обертатися, вже не перекочується, а проковзує відносно рейки. Передача поздовжньої горизонтальної сили F_2 від колеса на рейку стає неможливою і відповідно до третього закону Ньютона сила F теж дорівнює нулеві.

Максимально можливе значення сили зчеплення колісної пари з рейкою прямо пропорційно силі натискання колісної пари на рейку і визначається формулою:

$$F_{зч} = \psi \cdot G_0 \quad (4.8)$$

Коефіцієнт пропорційності між тиском колісної пари на рейки G_0 (рис. 4.1) і максимальною силою зчеплення коліс з рейкою $F_{зч}$ називається коефіцієнтом зчеплення $\psi_{зч}$. Коефіцієнт зчеплення локомотива залежить від:

1. матеріалу, з якого виготовлені колеса та рейки;
2. стану поверхні колеса та рейок;
3. від швидкості руху локомотива;
4. параметрів тягових електродвигунів;
5. конструкції локомотива.

4.2 Відмінні особливості тягової характеристики тепловоза ТЕ33А

З наведеного вище робимо висновок, що проблема буксування є актуальною для тепловоза ТЕ33А. Для її розв'язання проаналізуємо відомі нам тягові характеристики (див. таблицю 4.1).

Залежність сили тяги від швидкості за позиціями контролера машиніста продемонстрована у таблиці 4.2.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						39
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Тягові параметри тепловоза ТЕ33А

Параметр	Значення
Кількість секцій	1
Кількість осей	6
Довжина тепловоза, м	21,5
Розрахункова маса тепловоза, т	138
Зчіпна маса тепловоза, т	138
Конструкційна швидкість, км/год	120
Розрахункова швидкість, км/год	24,0
Розрахункова сила тяги, кН	427,0
Сила тяги при рушанні з місця, кН	531,0
Формула основного питомого опору у режимі тяги для ланкової колії, Н/кН	$w'_0 = 1,86 + 0,01 \cdot v + 0,00029 \cdot v^2$
Формула основного питомого опору у режимі тяги для безстикової колії, Н/кН	$w'_0 = 1,86 + 0,008 \cdot v + 0,00024 \cdot v^2$
Формула основного питомого опору у режимі холостого ходу для ланкової колії, Н/кН	$w'_x = 2,35 + 0,011 \cdot v + 0,00034 \cdot v^2$
Формула основного питомого опору у режимі холостого ходу для безстикової колії, Н/кН	$w'_x = 2,35 + 0,009 \cdot v + 0,00034 \cdot v^2$
Формула розрахункового коефіцієнта зчеплення	$\psi_k = 0,1157 + \frac{4,9}{27,5 + v}$
Коефіцієнт зменшення зчеплення у кривих малого радіусу	$K_{кр} = \frac{3,5 \cdot R}{400 + 3 \cdot R}$

Таблиця 4.2 – Залежність сили тяги тепловоза ТЕЗ3А від швидкості

V, км/год	Значення F_k , кН за позиціями контролера машиніста							
	1-П	2-П	3-П	4-П	5-П	6-П	7-П	8-П
0,0	43,3	151,8	253,6	330,0	399,8	457,3	501,6	533,7
8,0	43,3	151,8	253,6	330,0	399,8	457,3	501,6	533,7
10,0	43,3	122,2	253,6	330,0	399,8	457,3	501,6	533,7
12,0	43,3	110,3	228,9	301,5	399,8	457,3	501,6	533,7
14,0	43,3	98,4	204,1	273,0	362,0	457,3	501,6	533,7
16,0	39,1	86,4	179,4	244,4	324,2	415,7	501,6	533,7
18,0	34,8	74,5	154,6	215,9	286,3	374,1	455,3	533,7
20,0	30,6	62,6	129,9	187,4	248,5	332,5	408,9	480,2
23,0	27,5	56,8	117,7	169,4	225,6	300,7	370,3	426,8
30,0	20,4	43,3	89,1	127,3	172,1	226,6	280,1	331,0
40,0	15,3	32,1	67,7	96,8	129,9	173,1	213,9	251,1
50,0	12,7	25,5	53,5	77,9	103,4	137,5	169,6	200,1
60,0	10,2	21,9	44,8	65,2	86,6	114,6	141,6	168,1
70,0	9,2	19,4	38,2	55,0	73,8	99,3	122,2	144,1
80,0	7,6	16,8	33,1	48,4	65,2	86,6	106,9	126,3
90,0	6,6	14,3	30,6	43,3	57,5	77,9	95,7	112,0
100,0	5,9	12,7	27,0	38,2	50,9	68,7	85,6	100,8
110,0	5,1	11,7	24,4	34,6	47,4	62,6	77,9	91,7
120,0	4,9	10,2	21,9	32,1	42,3	57,5	70,3	83,0

Визначимо величину максимальної сили тяги по зчепленню для цього тепловоза для усього діапазону швидкостей.

Результати розрахунку зведено у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку обмеження по зчепленню тепловоза ТЕ33А

Параметр	Значення для швидкості, км/год						
	0	10	20	30	40	50	
ψ_k	0,1513	0,2660	0,2407	0,2101	0,1946	0,1811	
$F_{k \text{ макс}}$	204,9	360,2	325,9	284,5	263,5	245,2	
Параметр	Значення для швидкості, км/год						
	60	70	80	90	100	110	120
ψ_k	0,1701	0,1622	0,1568	0,2929	0,1368	0,2939	0,2939
$F_{k \text{ макс}}$	230,3	219,6	212,3	396,6	185,2	397,9	397,9

Згідно з даними табл. 4.2 та табл. 4.3 побудуємо тягову характеристику тепловоза ТЕ33А з обмеженням по зчепленню (див. рисунок 4.2).

З рис. 4.2 роблю наступні висновки: у діапазоні швидкостей 0...40 км/год повна потужність дизеля не може бути реалізована у зв'язку з обмеженням по зчепленню. Це збігається з даними, отриманими у Казахстані та Україні під час експлуатації тепловозів даного типу.

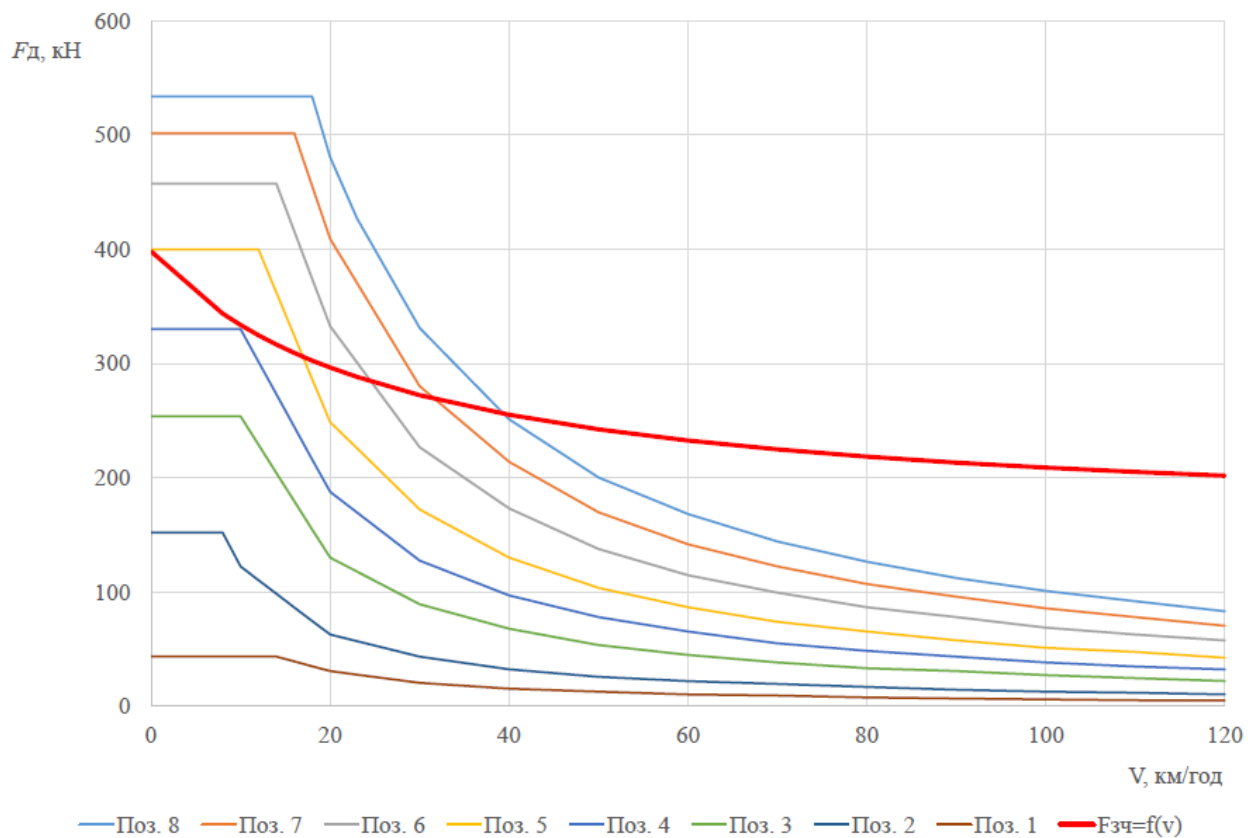


Рисунок 4.2 – Тягова характеристика тепловоза ТЕ33А

Зчеплення колеса з рейкою є обмежуючим фактором для реалізації повної потужності дизеля у діапазоні низьких швидкостей і система регулювання потужності дизель-генераторної установки тепловоза ТЕ33А має бути перелаштована для забезпечення виконання умови по зчепленню у діапазоні низьких швидкостей.

4.3 Шляхи підвищення сили тяги по зчепленню

Дослідження процесу зчеплення, проведені вітчизняними та закордонними вченими, дозволяють зробити наступні висновки щодо реалізації величин коефіцієнтів зчеплення:

1. Величина фізичного коефіцієнта зчеплення залежить від ступеня відносного проковзування (або відносної швидкості проковзування $v_{ковз}/v$) колеса по рейці в точці контакту.

Ця залежність, в загальному вигляді показана на рисунку 4.3, може бути розділена на три характерні ділянки. У першій зоні *a* при малих значеннях швидкості пружного відносного проковзування $v_{ковз}/v$ (приблизно до 0,5-0,8%) величина коефіцієнта зчеплення зростає пропорційно величині пружних деформацій. У зоні *б* (в діапазоні швидкостей відносного проковзування від 0,5-0,8 до 1,5-2%) ця пропорційність порушується, хоча величина коефіцієнта зчеплення все ж залишається високою: вона ще росте до максимуму при значенні $(v_{ковз}/v)_{кр}$ близько 1-1,2%, потім починає знижуватися. При подальшому зростанні відносного проковзування величина коефіцієнта зчеплення знижується (зона *в* на рис.4.3). Це може призводити до значної втрати зчеплення – аж до інтенсивного ковзання - буксування.

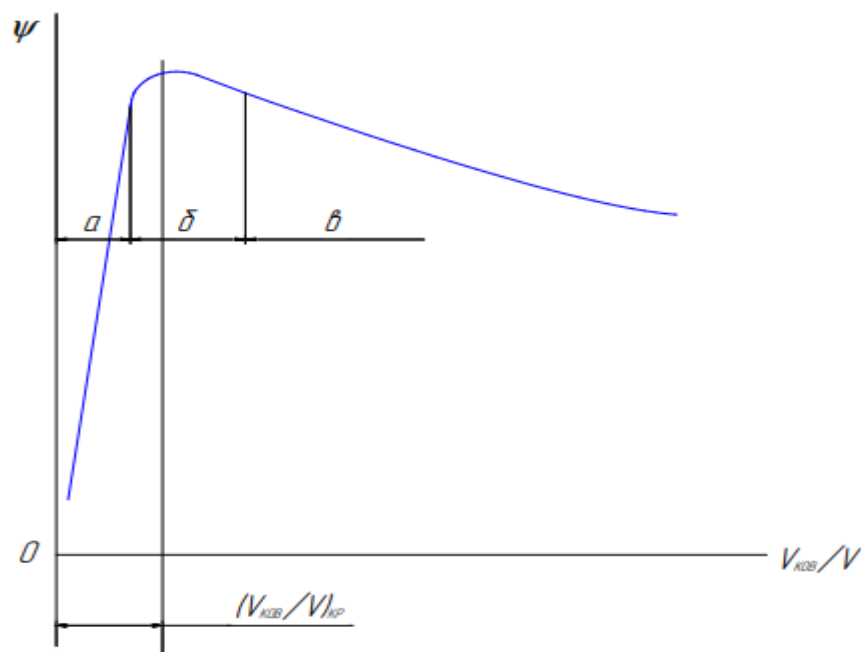


Рисунок 4.3 – Залежність коефіцієнту тертя від ступеня відносного проковзування

Роблю висновок, що для підвищення тягових властивостей локомотивів при їх проектуванні необхідно знаходити способи контролю за швидкістю відносного проковзування коліс, щоб підтримувати його величину в певних межах на оптимальному рівні-поблизу кордонів зон *a* і *б* на рис. 4.3.

Такі контролюючі системи слідкування не лише захистять тепловоз від

						Арк.
						44
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	0041.190547.01.ВКР.ПЗ	

можливості буксування, а й дозволяють гарантувати надійну реалізацію розрахункових величин його сили тяги.

2. Така сама тенденція зниження коефіцієнта зчеплення спостерігається при збільшенні швидкості поступального руху, коли тривалість часу взаємного молекулярного контакту частинок колеса і рейки скорочується.

3. Величина коефіцієнта зчеплення залежить від стану поверхонь колеса і рейки, наявності оксидів на цих поверхнях і «третьої фази» між ними.

Наприклад, відомо, що після сильних дощів, які добре очищають поверхні рейок, зчеплення коліс з рейками поліпшується. Навпаки, при незначних опадах (невеликий дощ або сніг, роса, іній) частинки пилу і рослинних залишків, що знаходяться на поверхні рейок, зволожуються, утворюючи плівку, тонкий шар бруду, що погіршує зчеплення коліс з рейками. У той же час відомо, що подача сухого кварцового піску в зону контакту коліс і рейок істотно збільшує величину коефіцієнта зчеплення ψ .

Тому всі сучасні вітчизняні локомотиви мають так звані пісочні системи з бункерами для зберігання запасу сухого піску і форсунками для подачі його в зону контакту коліс з рейками. Локомотивні депо при будь-якому виді тяги в складі свого екіпірувального господарства мають пристрої для зберігання і сушіння кварцового піску і подачі його на локомотиви.

4. Взаємодія колеса і рейки і, відповідно, значення коефіцієнта зчеплення залежать від ступеня зносу (зміни геометричної форми) контактних поверхонь.

5. Стійкість зчеплення коліс і рейок залежить і від конструкції екіпажу локомотива і типу його тягового приводу. При груповому приводі, коли можливість буксування окремих колісних пар виключається, величина коефіцієнта зчеплення локомотива більш стабільна.

Максимальні за величиною значення коефіцієнта зчеплення в конкретних умовах можуть бути отримані при сухих рейках і при подачі піску.

На основі проведеного аналізу можу стверджувати, що у тепловозі ТЕ33А, який має максимально допустиме значення натиснення на вісь, що обмежує подальше збільшення ваги локомотива та сучасну систему електронного

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						45
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

регулювання сили тяги, можливості збільшення коефіцієнту тертя вичерпані.

Уникнення негативних явищ, які виникають при русі цього локомотива при реалізації значних тягових зусиль у діапазоні низьких швидкостей можливо лише за рахунок удосконалення системи регулювання передачі у напрямку обмеження потужності для забезпечення виконання основного закону локомотивної тяги.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		46

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

- проведено аналіз загальних основ управління експлуатаційною роботою та розглянуто основні заходи щодо покращення пропускнуої здатності залізничних ліній;
- розглянуто способи обслуговування поїздів локомотивами, показано їх особливості експлуатації при кожному із способів;
- наведено основні конструктивні частини тепловоза ТЕ33А компанії General Electric та їх технічні характеристики, а саме дизельний двигун GEVO12, тяговий генератор 5GMG205 та тяговий електродвигун 5GEB30;
- проведено оцінку тягових властивостей тепловоза ТЕ33А, де спостерігається, що при реалізації значних тягових зусиль у низькому діапазоні швидкостей відбувається буксування колісних пар;
- враховуючи, що тепловоз ТЕ33А має граничне навантаження на вісь (225 кН) і сучасний асинхронний тип приводу колісних пар, резерв технічних рішень по виправленню даної ситуації за рахунок збільшення ваги локомотива чи реалізованого значення коефіцієнту зчеплення вичерпано;
- єдиним шляхом виправлення ситуації, яка склалася, є зміна принципу регулювання електричної передачі даного тепловоза, а саме регулювання потужності за обмеженням по зчепленню, а не за обмеженням по струму.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		47

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сайт центру транспортних стратегій [Електронний документ]. Режим доступу:

https://cfts.org.ua/articles/kazakhskiy_amerikanets_kak_lokomotiv_general_electrics_pokazal_sebya_na_prikarpate_1116/858432

2. Боднар, Є. Б. Основні вимоги та принципи створення бортових систем діагностування локомотивів / Є. Б. Боднар // Наука та прогрес транспорту. — 2014. — № 1 (49). — С. 68–74. — Бібліогр. в кінці ст. - doi: 10.15802/stp2014/22664.

3. Majzik, I. Formal methods in the evaluation of a safe driver-machine interface / I Majzik, A. Bondavalli, Š Klapka, T. Madsen, D. Iovino // [Электронный документ] Режим доступа:

https://www.researchgate.net/publication/254956160_FORMAL_METHODS_IN_THE_EVALUATION_OF_A_SAFE_DRIVER_MACHINE_INTERFACE

4. Ceccarelli, A. A Resilient SIL 2 Driver Machine Interface for Train Control Systems / A. Ceccarelli, I. Majzik D. Iovino, F. Caneschi, G. Pinter, A. Bondavalli // [Электронный документ] Режим доступа:

<http://ieeexplore.ieee.org/document/4573078/figures>

5. Steinicke, W. Future European-wide harmonised train driver's cabEUCAB – an essential result of the Integrated Project Modular Train/ W. H. Steinicke, T. Meissner, M. Schober, L. Gelbert // [Электронный документ] Режим доступа:

https://www.researchgate.net/publication/266492150_Future_European-wide_harmonised_train_driver%27s_cab_EUCAB_-_an_essential_result_of_the_Integrated_Project_Modular_Train

6. Zhuo, C. Research and Development on Locomotive HMI Display Interface / C. Zhuo, Z. Xiang // 2013 Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications [Электронный документ] Режим доступа:

<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6843480/?part=1>

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		48

7. Капіца, М.І. Оцінка енергетичного стану силової установки тепловозів промислового залізничного транспорту: [препринт] // Вісник Східноукр. нац. ун-т. ім. В. Даля – 2013. № 18 (207). Ч. 2 – С. 16–20.

8. Локомотивное хозяйство. / Под ред. С.Я. Айзинбуда - М.: Транспорт, 1986 - 264с.

9. Сайт Wikiwand. [Електронний документ] Режим доступу: https://www.wikiwand.com/ru/General_Electric#/%D0%94%D0%B5%D1%8F%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C

10. Сайт видання «Економічна правда» [Електронний документ] Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/news/2019/04/19/647183/>

11. Сайт uk.xn----7sbiewaowdbfdjyt.pp.ua [Електронний документ] Режим доступу: <https://uk.xn----7sbiewaowdbfdjyt.pp.ua/1648606/1/te33a>

12. Сайт Вікіпедія [Електронний документ] Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Desktop_Management_Interface

13. Сайт ВЦРТІ. [Електронний документ] Режим доступу: <https://vcrti.com.ua/haluzi/zaliznychnyi-transport/chto-my-znaem-o-problemakh-lokomotivov-general-electric-v-kazakhstane>

14. Сайт «Пассажирский транспорт» [Електронний документ] Режим доступу: <https://traffic.od.ua/news/railua/1210222>

15. Сайт АТ «Укрзалізниця» [Електронний документ] Режим доступу: https://www.uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/445320

16. Тепловоз ТЭ33А производства АО «Локомотив құрастыру зауыты». Устройство, назначение узлов и агрегатов. Учебник для проф. образования / Б.Б. Альжанов, Б.Г. Бакыт. – А.: Транспорт, 2012. – 247 с.

					0041.190547.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						49
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		