



**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ**

**Кафедра „Тяговий рухомий склад залізничного транспорту”**

**ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ ЗАЛІЗНИЦЬ**

**Методичні вказівки  
до виконання контрольної роботи  
для студентів 3 курсу спеціальності 7.100.403 „Організація перевезень та  
управління на транспорті”,  
спеціалізація „Організація перевезень і управління на транспорті”,  
„Організація митного контролю на транспорті”,  
„Організація міжнародних перевезень на транспорті”**

**Київ · 2009**

УДК 629.01

**Дубравін Ю.Ф.**– "Транспортні засоби залізниць". Методичні вказівки до виконання контрольної роботи для студентів 3 курсу спеціальності 7.100.403 „Організація перевезень та управління на транспорті”, спеціалізація „Організація перевезень і управління на транспорті”, „Організація митного контролю на транспорті”, „Організація міжнародних перевезень на транспорті”.– К.:ДЕТУТ, 2009.– 34 с.

Призначені для організації виконання та забезпечення методичної допомоги студентам при виконанні контрольної роботи з дисципліни "Транспортні засоби залізниць".

Методичні вказівки розглянуто та затверджено до друку на засіданні кафедри „Тяговий рухомий склад залізничного транспорту” (протокол № 8 від 23. 03. 2008 р.) та на засіданні методичної комісії факультету ІРСЗТ ДЕТУТ (протокол №10 від 26. 10. 2006 р.).

Призначені для студентів університету безвідривної форми навчання та відповідає робочій програмі курсу "Транспортні засоби залізниць".

**Укладач: Ю.Ф. Дубравін**, канд. техн. наук, доц.

**Рецензенти:**

**Є.Д. Попович**, начальник бюро промислової електроніки ВАТ „Київський ЕВРЗ”

**В.М. Шатаєв**, доц., канд. техн. наук

## ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ..	4
2. ЛОКОМОТИВИ.....	6
3. ЗАДАЧА № 1.....	10
Розрахунок швидкісних характеристик електровоза постійного струму при реостатному регулюванні	
4. ЗАДАЧА № 2.....	15
Побудова тягової характеристики електровоза	
5. ЗАДАЧА № 3.....	26
Визначення основних параметрів тепловозного дизеля, повного ККД та потужності тепловоза	
6. ВАГОНИ ТА АВТОМАТИЧНІ ГАЛЬМА.....	29
7. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	33

## 1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

В контрольній роботі студент повинен письмово відповісти на чотири питання стосовно локомотивів, чотири питання стосовно вагонів та розв'язати три задачі. При виконанні контрольної роботи необхідно дотримуватись наступних положень:

1. Роботу потрібно виконувати на стандартних аркушах формату А4 з обов'язковим залишенням полів. На титульному аркуші контрольної роботи слід вказати: назву учбового закладу, кафедри, тему роботи, назву дисципліни, прізвище рецензента, прізвище, курс та учбовий шифр студента.
2. Роботу потрібно виконувати з дотриманням вимог ЕСКД.
3. Матеріал у контрольній роботі слід викладати з дотриманням прийнятої в технічній літературі термінології.
4. Контрольні питання, на які дається відповідь, та вихідні дані для рішення задачі потрібно обов'язково навести в роботі. Відповіді на питання мають бути стислими, але детальними та оснащені необхідними ілюстраціями.
5. Рішення задач потрібно супроводжувати поясненнями. Розрахункові формули наводять спочатку в загальному вигляді із застосуванням прийнятих буквенних пояснень, після чого слід підставити у формулу числові значення величин та проставити результат. Необхідно вказувати одиниці вимірювання іменованих величин.
6. При виборі розрахункових формул, довідникових матеріалів потрібно посилатися на джерела; використану літературу (автор, назва книги, рік видання) слід навести в кінці роботи.
7. Розрахунки виконувати з точністю до 1%.
8. Сторінки контрольної роботи, ілюстрації, таблиці та графіки потрібно пронумерувати. Таблиці повинні мати найменування, ілюстрації та графіки – підписи.
9. При виконанні розрахунків, побудові графіків та редагуванні тексту пояснювальної записки необхідно максимально використовувати можливості ПОМ.

Всі виправлення та доповнення виконують на окремих аркушах і вшивають у відповідні місця роботи. Витирати або корегувати зауваження рецензента, а також проводити виправлення в тексті, стосовно якого зроблені зауваження, забороняється. Виконавши будь-яке виправлення в задачі та отримавши новий числовий результат слід, якщо це потрібно, внести відповідні поправки в подальших розділах роботи.

Контрольна робота, в якій не виконані наведені вище положення, а також робота, виконана студентом не за своїм варіантом, не зараховується.

Перед виконанням контрольної роботи студенту необхідно вивчити рекомендовану літературу.

Питання в контрольній роботі №1 стосуються пристроїв та принципів роботи електровозів, тепловозів, газотурбовозів, вантажних і пасажирських вагонів, а також найважливіших вузлів та агрегатів рухомого складу. Ці питання можуть бути використані для самоперевірки при вивченні дисципліни та при підготовці до екзамену.

## 2. ЛОКОМОТИВИ

Необхідно відповісти на чотири питання, номери яких вибираються з таблиці 1 у відповідності з останньою та передостанньою цифрами учбового шифру студента.

### Питання

1. Наведіть схему електропостачання електрифікованої ділянки залізниці на постійному струмі та вкажіть призначення основних агрегатів.
2. Наведіть схему електропостачання електрифікованої ділянки залізниці на змінному струмі та вкажіть призначення основних агрегатів.
3. Перерахуйте та опишіть основні вузли електровоза постійного струму, вкажіть їх призначення. Наведіть схему розміщення основного устаткування на електровозі.
4. Наведіть принципову (силову) електричну схему електровоза постійного струму та дайте необхідні пояснення до неї.
5. Перерахуйте та опишіть основні вузли електровоза змінного струму, вкажіть їх призначення. Наведіть схему розміщення основного устаткування на електровозі.
6. Наведіть принципову (силову) електричну схему електровоза змінного струму з напівпровідниковими випрямлячами та дайте необхідні пояснення до неї.
7. Які допоміжні машини встановлені на електровозі? Дайте їх коротку характеристику, вкажіть призначення.
8. Які графічні залежності називають електромеханічними та електротяговими характеристиками тягових електродвигунів? Наведіть ці характеристики.
9. Що називають часовою та тривалою потужністю тягового електродвигуна?
10. Опишіть будову тягового електродвигуна електровоза. Вкажіть призначення його частин.
11. Розкажіть про способи регулювання режимів роботи тягових електродвигунів електровозів постійного струму (змінюючи напругу на затискачах електродвигуна, змінюючи магнітний потік головних полюсів).
12. Як здійснюється реверсування локомотива (електровоза, тепловоза)? Наведіть схему реверсора та поясніть принцип його дії.
13. Що називають реостатним гальмуванням? Наведіть принципову схему реостатного гальмування та поясніть її.
14. Що називають рекуперативним гальмуванням? Наведіть принципову схему рекуперативного гальмування та поясніть її.

Таблиця 1. *Номери питань розділу „Локомотиви”*

Перед- остання цифра шифру	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5	1	2	3	4	5	6	6	5	4
	13	7	8	19	11	12	13	14	15	16
	42	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	52	56	51	52;	53	54	55	56	56	55
1	3	2	1	1	2	3	4	5	6	6
	17	18	8	7	8	19	20	21	22	23
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	54	53	52	51	52	50	50	51	52	53
2	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	24	11	12	9	7	8	7	20	12	13
	30	44	35	46	47	48	49	50	50	49
	54	55	56	56	55	54	53	52	51	51
3	6	6	1	2	3	4	5	1	2	3
	14	24	8	7	23	22	21	7	8	20
	48	28	47	46	45	44	43	42	41	40
	52	53	54	57	56	55	54	53	52	51
4	4	5	64	1	2	3	4	5	6	6
	20	21	22	9	10	16	17	15	18	19
	39	38	37	36	29	35	34	33	32	31
	50	42	43	50	51	52	53	54	55	56
5	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5
	19	18	17	9	10	9	10	18	19	20
	30	29	28	27	30	26	29	28	27	26
	50	49	39	49	48	47	46	56	55	54
6	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
	21	10	9	22	23	24	11	7	8	12
	25	29	25	26	27	30	28	29	30	21
	53	52	51	50	39	40	41	47	46	45
7	4	5	6	6	5	4	3	2	1	1
	13	14	15	16	17	18	19	9	10	7
	32	33	34	35	36	37	38	39	30	40
	44	43	42	40	41	42	42	50	43	44
8	2	3	4	5	6	6	1	2	3	4
	8	20	21	22	23	24	10	9	24	23
	41	42	43	44	45	29	30	46	28	47
	56	55	54	53	52	51	50	51	44	50
9	5	6	6	1	2	3	4	5	6	1
	22	21	20	10	7	19	18	17	16	8
	48	49	50	29	25	26	27	28	29	30
	56	56	55	44	45	46	47	47	46	45

15. Чим відрізняється рекуперативне гальмування локомотива від реостатного гальмування?
16. Перерахуйте переваги електричного гальмування.
17. Приведіть схему та поясніть принцип дії електропневматичного контактора. Для чого існує пристрій дугогасіння?
18. Приведіть схему та поясніть принцип дії електромагнітного контактора. Для чого існує пристрій дугогасіння?
19. Вкажіть призначення контролера машиніста електровоза (або тепловоза) та поясніть, як він працює.
20. Які основні агрегати встановлюють на тягових підстанціях при електрифікації ділянки на постійному струмі? Вкажіть призначення цих агрегатів.
21. Які основні агрегати встановлюють на тягових підстанціях при електрифікації ділянки на змінному струмі? Вкажіть призначення цих агрегатів.
22. Які контактні підвіски застосовуються на електричних залізницях? Дайте їх порівняльну характеристику.
23. Які методи підвищення тягових електродвигунів застосовуються на електровозах та тепловозах? У чому їх переваги та недоліки?
24. Опишіть будову візка електровоза; як передається тягове зусилля з колісних пар на автзчепи електровоза?
25. Для чого необхідна спеціальна передача між дизелем та рухомими колесами?
26. Наведіть схему розташування устаткування на магістральному тепловозі та вкажіть призначення основних агрегатів.
27. Наведіть схему розташування устаткування на маневровому тепловозі та вкажіть призначення основних агрегатів.
28. Вкажіть фази перетворення енергії на тепловозі при передачі потужності від дизеля до рушійних колісних пар.
29. Наведіть схему та індикаторну діаграму чотиритактного тепловозного двигуна та коротко поясніть принцип його дії.
30. Наведіть схему та індикаторну діаграму двотактного тепловозного двигуна та коротко поясніть принцип його дії.
31. Наведіть схему паливного насосу тепловозного дизеля та коротко опишіть його роботу.
32. Наведіть схему паливної форсунки тепловозного дизеля та коротко опишіть її роботу.
33. Для чого призначений регулятор частоти обертання та потужності дизеля (об'єднаний регулятор)? Як він керує роботою дизеля?
34. Що являє собою наддув дизеля? Для чого застосовують наддув у тепловозних дизелях?
35. Які системи наддуву застосовують у тепловозних дизелях? Навіщо при наддуві охолоджують повітря перед подачею його до циліндрів дизеля?



36. Наведіть схему паливної системи тепловоза та поясніть її.
37. Наведіть схему масляної системи тепловоза та поясніть її.
38. Наведіть схему водяної системи тепловоза та поясніть її.
39. Наведіть принципову схему електричної передачі тепловоза та коротко опишіть її.
40. Наведіть схему тепловоза з гідравлічною передачею та вкажіть призначення основних агрегатів.
41. Що являє собою та для чого призначені гідромуфта та гідротрансформатор на тепловозі з гідравлічною передачею?
42. Яке призначення головного (тягового) генератора тепловоза? З яких основних частин він складається? Вкажіть їх призначення.
43. Для чого призначені тягові електродвигуни (ТЕД) тепловоза? З яких основних частин складається ТЕД? Вкажіть їх призначення.
44. Які електричні апарати встановлюють на тепловозах? Вкажіть їх призначення.
45. Наведіть принципову електричну схему сучасного тепловоза з передачею постійного струму та дайте необхідні пояснення до неї.
46. Наведіть принципову електричну схему тепловоза з передачею змінно-постійного струму та дайте необхідні пояснення до неї.
47. Наведіть принципову схему тепловозної електричної передачі змінного струму та дайте необхідні пояснення до неї.
48. Проведіть порівняння електричної та гідравлічної передач тепловоза, вкажіть їх переваги та недоліки.
49. Вкажіть призначення, опишіть устрій та поясніть принцип дії акумуляторної батареї тепловоза.
50. Опишіть устрій візка тепловоза; як передається тягове зусилля з колісних пар на автзчепи тепловоза?
51. Наведіть принципову схему одновальної газотурбінної установки газотурбовоза та дайте необхідні пояснення до неї.
52. Наведіть принципову схему газотурбінної установки з регенерацією тепла та дайте необхідні пояснення до неї.
53. Наведіть принципову схему двовальної локомотивної газотурбінної установки та дайте стислі пояснення до неї.
54. Наведіть принципову схему тривальної локомотивної газотурбінної установки та дайте стислі пояснення до неї.
55. Вкажіть, що мають спільного електровоз, тепловоз і газотурбовоз та чим вони відрізняються один від одного.
56. Наведіть схему розташування обладнання на газотурбовозі та вкажіть призначення основних агрегатів.

### 3. ЗАДАЧА № 1

#### Розрахунок швидкісних характеристик електровоза постійного струму при реостатному регулюванні

Принципова електрична схема електровоза постійного струму наведена на рис. 1. Схема включає чотири тягових двигуни (ТЕД) з обмотками збудження, які залежно від стану контакторів П1, П2 та М можуть вмикатись послідовно чи паралельно. Пускові реостати *a*, *б*, *в* у колі ТЕД 1,2 перемикаються контактами контакторів 2, 4, 6, 8, а в колі ТЕД 3,4 – контактами контакторів 1, 3, 5, 7. Швидкодіючий вимикач ШВ являється апаратом захисту електричного кола. Лінійний контактор ЛК забезпечує замикання електричного кола. За допомогою контакторів ш1, ш2, ш3, ш4 здійснюється перемикання резисторів ослаблення магнітного поля ТЕД.

Необхідні для виконання задачі дані згідно з учбовим шифром студента наведені в табл. 2–4.

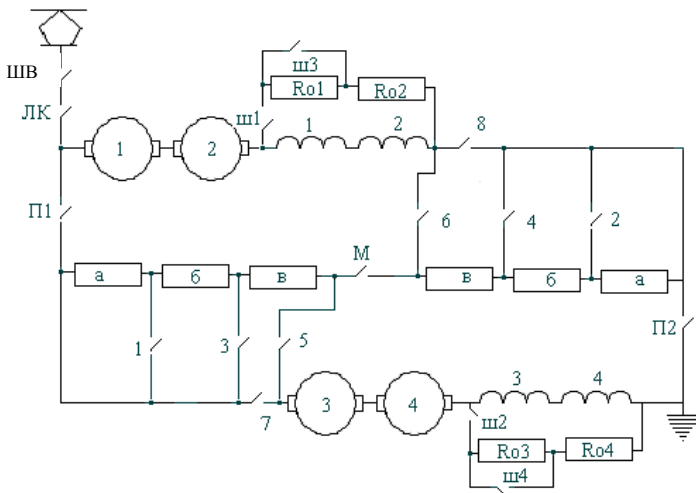


Рис. 1. Принципова електрична схема електровоза постійного струму

Таблиця 2. Вихідні дані

Назва	Остання цифра учбового шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номінальна потужність ТЕД $P_{дн}$ , кВт	670	687	704	722	740	758	777	796	816	836

Сумарний опір обмоток ТЕД $r_{\Sigma}$ , Ом	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Таблиця 3. Вихідні дані

Назва	Передостання цифра учбового шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напруга в контактній мережі $U_k$ , кВ	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,6	3,8

Таблиця 4. Таблиця замикання контактів контакторів електровоза постійного струму

Позиція	Контактори																Регульовані параметри	
	Л К	М	П1	П2	1	2	3	4	5	6	7	8	ш1	ш2	ш3	ш4	$U'_c$ , В	$R_{\Sigma}$ , Ом
1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-		
2	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-		
3	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-		
4	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-		
5	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-		
6	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-		
7	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-		
8	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-		
9	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-		
10	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-		
11	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-		

Загальні дані для всіх варіантів:  
номінальна напруга двигуна  $U_{дн}=1500$  В;  
коефіцієнт корисної дії двигуна  $\eta_{я}=0,94$ ;  
число двигунів  $m=4$ .

### Методичні вказівки до задачі № 1

Швидкість руху електровоза визначається формулою

$$V = \frac{U - I(r_D + R_{II})}{C_V \Phi}, \quad (1)$$

де  $U$  – напруга живлення, В;

$I$  – струм обмотки якоря електродвигуна, А;

$r_D$  – сумарний опір обмоток тягового електродвигуна (ТЕД), Ом ;

$R_{II}$  – опір пускового реостата, Ом;

$C_V \Phi$  – питома електрорушійна сила (ЕРС), В/км/г.

Залежність між струмом збудження (при повному збудженні струм збудження і струм якоря однакові) і питомою ЕРС виражається формулою

$$C_V \Phi = 35,5(1 - e^{-\frac{I_3}{260}}), \quad (2)$$

де  $I_3$  – значення струму збудження, для якого розраховується питома ЕРС, А.

Сила тяги ТЕД (в кН) визначається за формулою

$$F_{кД} = 3,6 \cdot C_V \Phi \cdot I \cdot \eta_F \cdot 10^{-3}. \quad (3)$$

Сила тяги електровозу, кН

$$F_K = m \cdot F_{кД}, \quad (4)$$

де  $m$  – число послідовно з'єднаних ТЕД.

Регулювання швидкості руху здійснюється так:

- 1) регулюванням напруги живлення  $U$  ;
- 2) регулюванням пускового реостата  $R_{II}$  ;
- 3) зміною струму збудження ТЕД.

В задачі розглянуто перші два способи регулювання швидкості руху. Спрощена принципова схема електровоза наведена на рис. 1. В ній напруга живлення може змінюватись унаслідок перемикання схем з'єднання ТЕД. Схема дає можливість вмикати ТЕД послідовно та послідовно-паралельно.

При цьому напруга живлення, що приходить на один ТЕД, визначається за формулою:

$$U'_C = \frac{U_k}{m}. \quad (5)$$

Повний опір реостата (в Ом) розрахувати за формулою

$$R_{TP} = \frac{U_C}{I_H} - 4r_D, \quad (6)$$

де  $I_H$  – номінальний струм ТЕД, А.

В схемі здійснюється також ступінчасте регулювання напруги при кожному із з'єднань ТЕД унаслідок перемикання секцій реостата за допомогою силових контакторів.

Опори секцій реостата приймати рівними, Ом:

$R_a = 0,18 R_{TP}$ ;  $R_b = 0,17 R_{TP}$ ;  $R_v = 0,15 R_{TP}$ .

Порядок замикання силових контакторів схеми наведено в таблиці замикання контакторів (табл. 4).

Розрахунковий опір силового кола, Ом (на один ТЕД), визначити із умови

$$R'_n + r_D = \frac{R_n}{m} + r_D, \quad (7)$$

де  $R_n$  – опір реостата на n-й позиції з табл. 4.

Розрахунок швидкості руху виконати за формулою характеристики швидкості, км/год:

$$v_{ni} = \frac{U'_c - I_i(R'_n + r_D)}{C_V \Phi_i}, \quad (8)$$

де n – порядковий номер позиції.

#### Порядок виконання роботи:

1. В роботі необхідно розрахувати номінальний струм ТЕД, А

$$I_H = \frac{P_{дн} \cdot 10^3}{U_{дн} \cdot \eta_{я}}. \quad (9)$$

2. Задатися трьома значеннями струму якоря в межах від 150 А до  $I_H$  і трьома значеннями в межах від  $I_H$  до  $1,75 I_H$ . Для прийнятих семи значень струму визначити питому електрорушійну силу за формулою (2). Результати розрахунку навести у вигляді табл. 5.

3. Навести таблицю 2 замикання контакторів із значеннями напруги живлення на один ТЕД, та опору реостата  $R_n$  на n-й позиції.

4. Розрахувати силу тяги ТЕД для означених струмів за формулою (3) та силу тяги електровоза.

5. Виконати розрахунки напруги живлення, опору на один ТЕД та швидкості руху електровоза. Результати навести у вигляді таблиці, складеної за формулою табл. 5.

6. Побудувати графіки електротягової характеристики та характеристики швидкості з 1 до 11 позиції.

Таблиця 5. Розрахунок швидкісних характеристик електровоза постійного струму при реостатному регулюванні

Номери точок		1	2	3	4	5	6
Струм двигуна $I$ , А							
Питома електрорушійна сила $C_v \Phi$ , В/км.ч							
Сила тяги електровоза $F_K$ , кН							
Позиція	Напруга живлення ТЕД $U'_c$ , В	Опір кола на один ТЕД, $R'_n + r_d$ , Ом		Швидкість руху, км/год			
	1						
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

## 4. ЗАДАЧА № 2

### Побудова тягової характеристики електровоза

1. За заданими електромеханічними характеристиками тягового електродвигуна побудувати тягову характеристику електровоза.

2. Визначити дотичну потужність електровоза на розрахунковому режимі.

Вихідні дані для розв'язку задачі беруть з табл. 6, 7 згідно з учбовим шифром студента.

Таблиця 6. Вихідні дані

Найменування	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Електромеханічні характеристики	Рис.2	Рис.2	Рис.3	Рис.4	Рис.3	Рис.5	Рис.6	Рис.6	Рис.7	Рис.7
Навантаження від колісної пари на рейки, кН.	230	235	240	250	260	240	250	250	260	270
Конструкційна швидкість $V_{\text{констр.}}$ , км/год	100	100	110	110	100	110	110	100	120	120
Система електровозу	Електровози постійного струму					Електровози змінного струму				

Таблиця 7. Вихідні дані

Найменування	Передостання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість рухомих колісних пар на електровозі (тягових електродвигунів)	8	6	12	8	16	12	12	8	16	12

### Методичні вказівки до виконання задачі № 2

1. Найважливішою характеристикою локомотива є тягова характеристика, яка являє собою графічну залежність дотичної сили тяги локомотива (на ободі його коліс)  $F_K$  від швидкості руху  $V$ .

Тягову характеристику локомотива  $F_K = f(V)$  можна розрахувати та побудувати виходячи з електротягових характеристик тягового електродвигуна, віднесених до ободу рухомих коліс, основними серед яких є залежність швидкості руху локомотива від струму електродвигуна  $V = f(I_D)$  (швидкісна характеристика) та залежність сили тяги, що реалізується однією рухомою колісною парою, від струму електродвигуна  $F_{Kd} = f(I_D)$  (електротягова характеристика). Електротягові характеристики, віднесені до ободу рухомих коліс, для тягових двигунів, вказаних у завданні, наведені на рис. 2–7.

Електротягові характеристики тягового двигуна, прийняті у відповідності з завданням (див. табл. 6), необхідно накреслити та помістити в контрольну роботу.

Для побудови залежності  $F_K = f(V)$  необхідно задатися декількома (5–6) значеннями струму електродвигуна (наприклад, 200А, 300А і т.д) та за



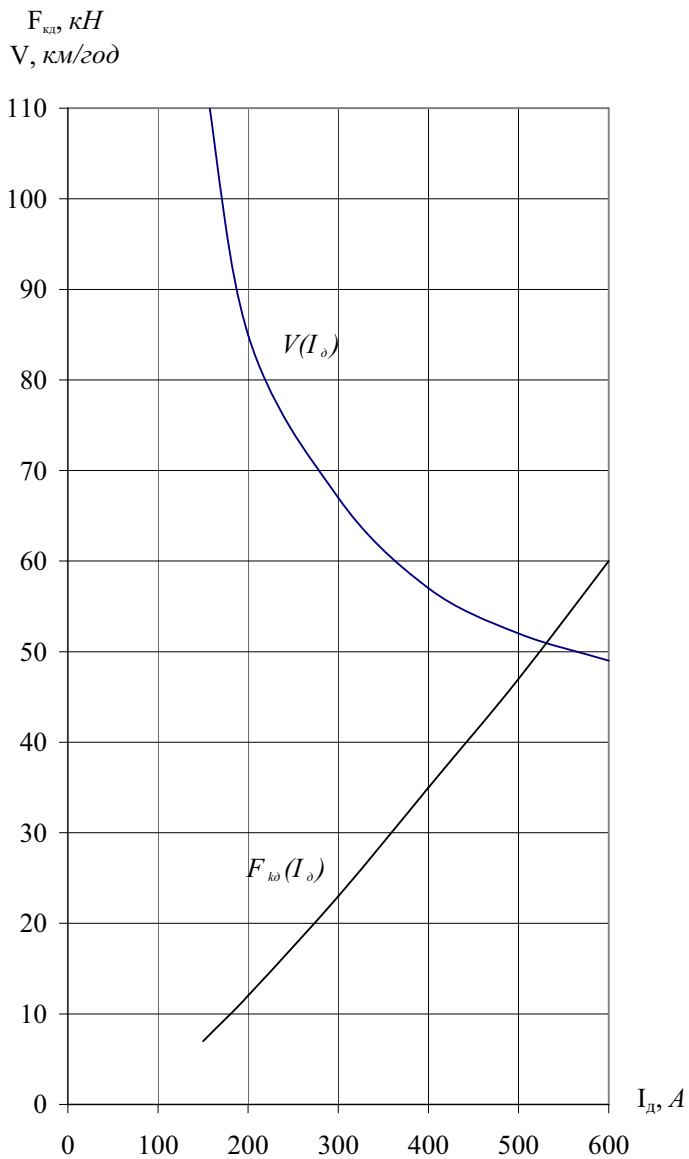


Рис. 2. Електромеханічні характеристики електродвигуна

$F_{кд}, кН$   
 $V, км/год$

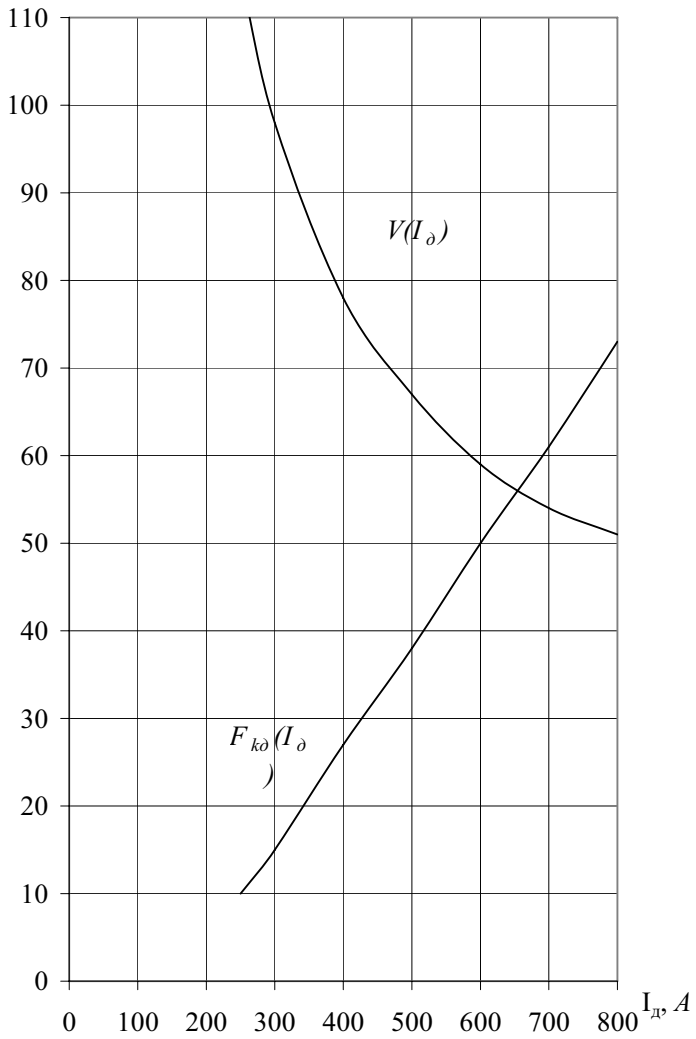


Рис. 3. Електромеханічні характеристики електродвигуна

$F_{кд}, кН$   
 $V, км/год$

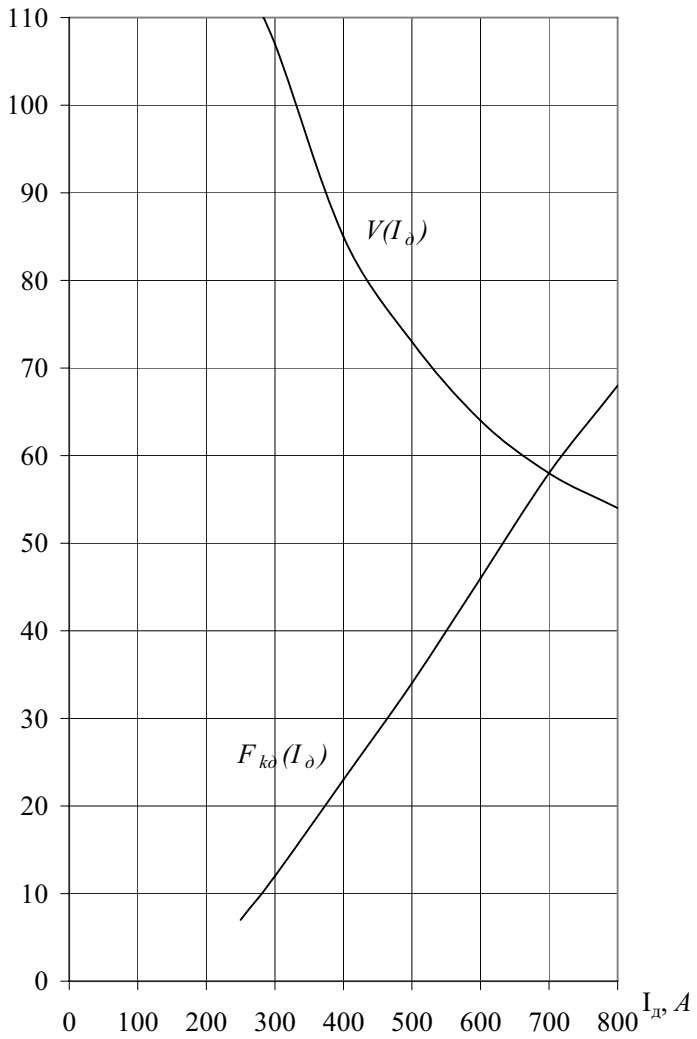


Рис. 4. Електромеханічні характеристики електродвигуна

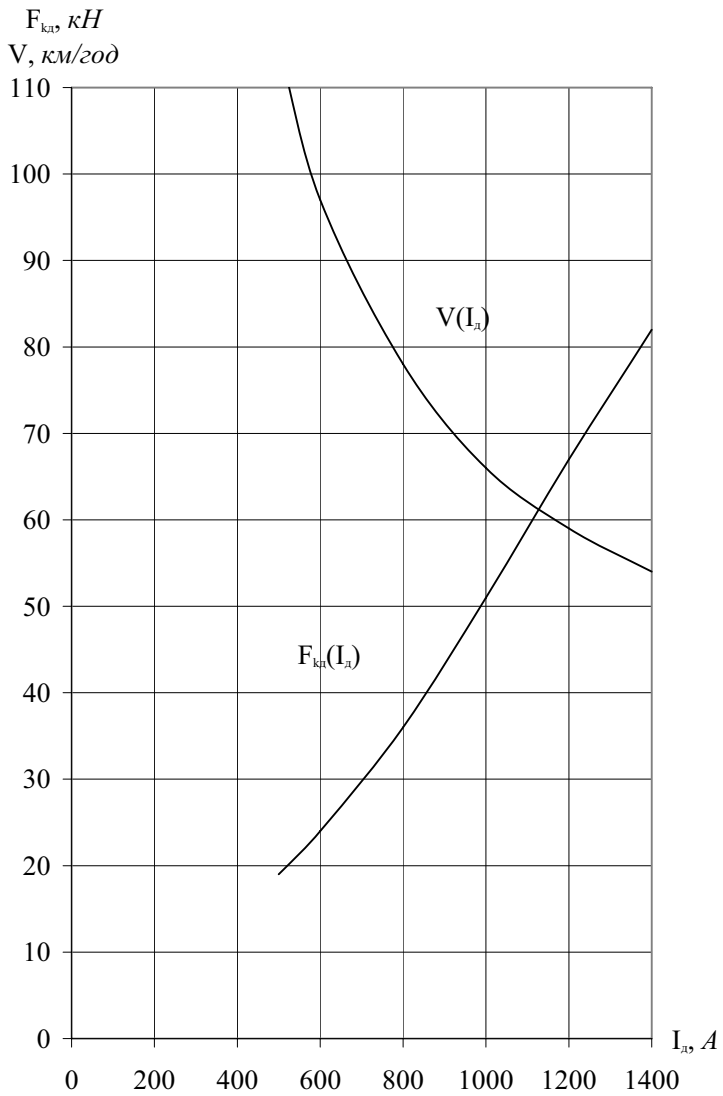


Рис. 5. Електромеханічні характеристики електродвигуна

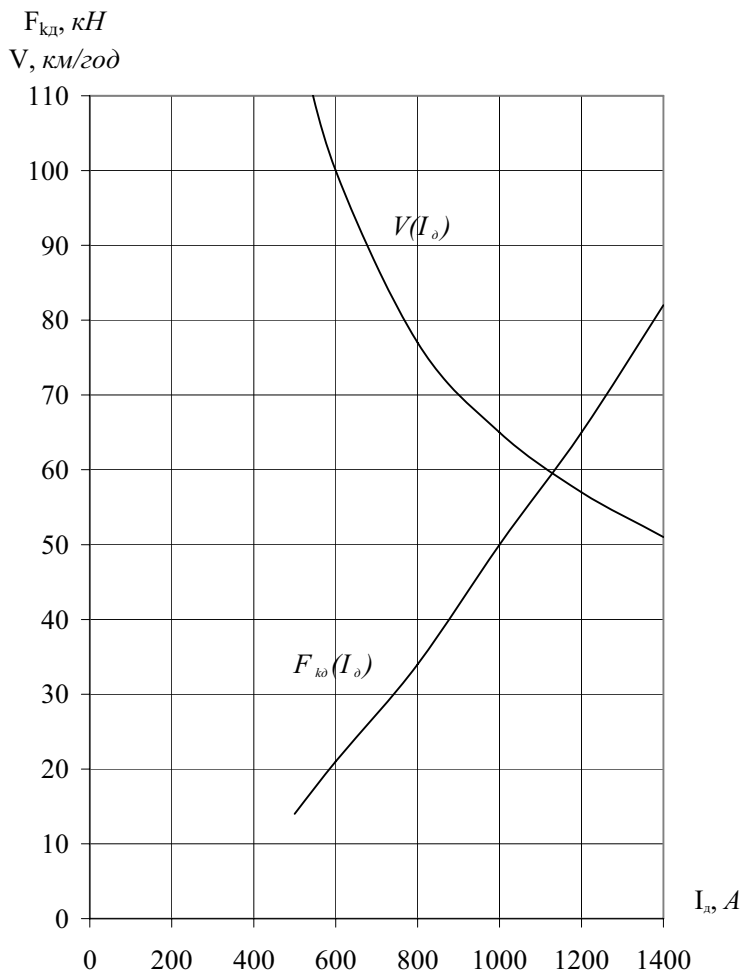


Рис. 6. Електро механічні характеристики електродвигуна

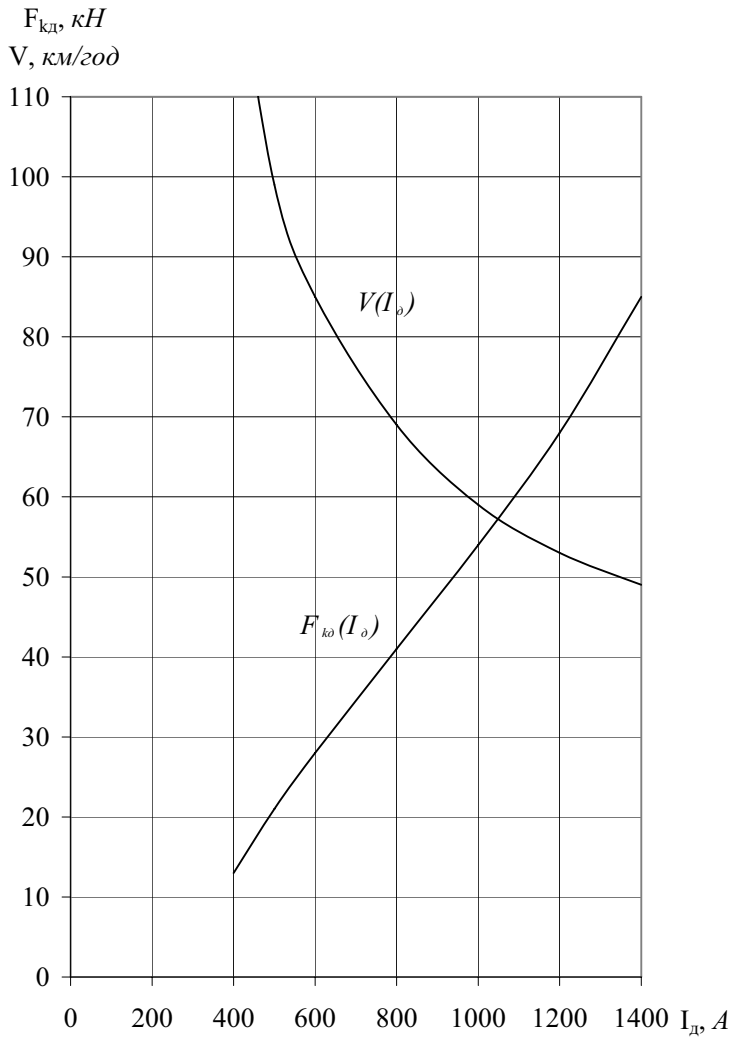


Рис. 7. Електромеханічні характеристики електродвигуна

електротягових характеристиках визначити відповідні значення сили тяги  $F_{\text{кд}}$  та швидкості руху  $V$ .

Повна дотична сила тяги електровоза визначається за формулою

$$F_K = m \cdot F_{\text{кд}}, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість тягових двигунів на локомотиві

Отримані дані зручно звести в таблицю, складену за такою формою:

Струм $I_{\text{д}}$ , А	Швидкість $V$ , км/год	Сила тяги ел. двигуна $F_{\text{кд}}$ , кН	Дотична сила тяги електровоза $F_{\text{к}}$ , кН
1	2	3	4

Дані 2 та 4 стовпчиків таблиці є координатами точок тягової характеристики. Ці точки необхідно нанести на графік з системою координат  $F_K - V$  та з'єднати їх плавною кривою (за допомогою лекала). Це і буде тягова характеристика електровоза  $F_K = f(V)$ .

На побудовану тягову характеристику слід нанести обмеження сили тяги по зчепленню коліс локомотива з рейками та по конструкційній (найбільш допустимій) швидкості. Для цього потрібно розрахувати та побудувати залежність найбільшої дотичної сили тяги, яку може реалізувати електровоз за відсутності буксування коліс, від швидкості руху  $F_{3ч} = f(V)$ :

$$F_{3ч} = P_{3ч} \cdot \psi_K, \quad (2)$$

де  $F_{3ч}$  – найбільша сила тяги локомотива, допустима за умовами зчеплення коліс з рейками, кН;

$P_{3ч}$  – зчїпна вага електровоза (навантаження, що передається від рухомих коліс на рейки), кН, яка визначається за формулою:

$$P_{3ч} = \Pi m, \quad (3)$$

де  $\Pi$  – навантаження від рухомої колісної пари на рейки, кН (задане);

$m$  – кількість рухомих колісних пар електровоза (рівне кількості тягових двигунів);

$\psi_K$  – розрахунковий коефіцієнт зчеплення.

Правилами тягових розрахунків для поїзної роботи встановлені такі емпіричні формули для визначення  $\psi_K$ :

1) електровози постійного струму:

$$\psi_K = 0,28 + \frac{3}{50+20V} - 0,0007 \cdot V; \quad (4)$$

2) електровози змінного струму:

$$\psi_K = 0,28 + \frac{4}{50+6V} - 0,0006 \cdot V, \quad (5)$$

де  $V$  – швидкість руху електровоза, км/год.

Величина  $F_{зч}$  розраховується для декількох значень швидкості (0; 10; 20; 30; 40; 50 і т.д. км/год).

Результати розрахунку залежності  $F_{зч} = f(V)$  зручно звести до таблиці, складеної за такою формою:

Швидкість V, км/год	Коефіцієнт зчеплення $\psi_K$	Сила тяги по зчепленню $F_{зч}$ , кН
1	2	3

За даними стовпців 1 та 3 наносимо точки на графік з тяговою характеристикою та з'єднуємо їх плавною кривою. Це і буде графік залежності  $F_{зч} = f(V)$  – обмеження за умовами зчеплення рухомих коліс локомотива з рейками.

Обмеження по конструкційній швидкості наноситься на тягову характеристику у вигляді вертикальної лінії, що проходить через значення  $V_{констр}$ .

Приклад тягової характеристики з нанесеними обмеженнями, побудованої за вказаним методом, показано на рис. 8.

Побудова виконується на міліметровому папері. Для побудови рекомендуються масштаби:

швидкість V: 1 км/год – 1 мм;

сила тяги  $F_K$ : 40 кН – 1 см або 50 кН – 1 см.

В точці перетину кривої  $F_{зч} = f(V)$  та тягової характеристики  $F_K = f(V)$  повністю використовується як зчіпна вага локомотива, так і потужність його тягових електродвигунів.

Режим роботи електровоза, що відповідає цій точці ( $F_{кр}$  та  $V_p$ ), можна прийняти за розрахунковий при визначенні маси складу.

2. Дотичну потужність електровоза ( на ободі рухомих коліс ) при розрахункових тягових параметрах ( $F_{кр}$  та  $V_p$ ) можна розрахувати за формулою

$$N^e_K = F_{кр} \cdot V_p / 3,6 \text{ кВт.} \quad (6)$$



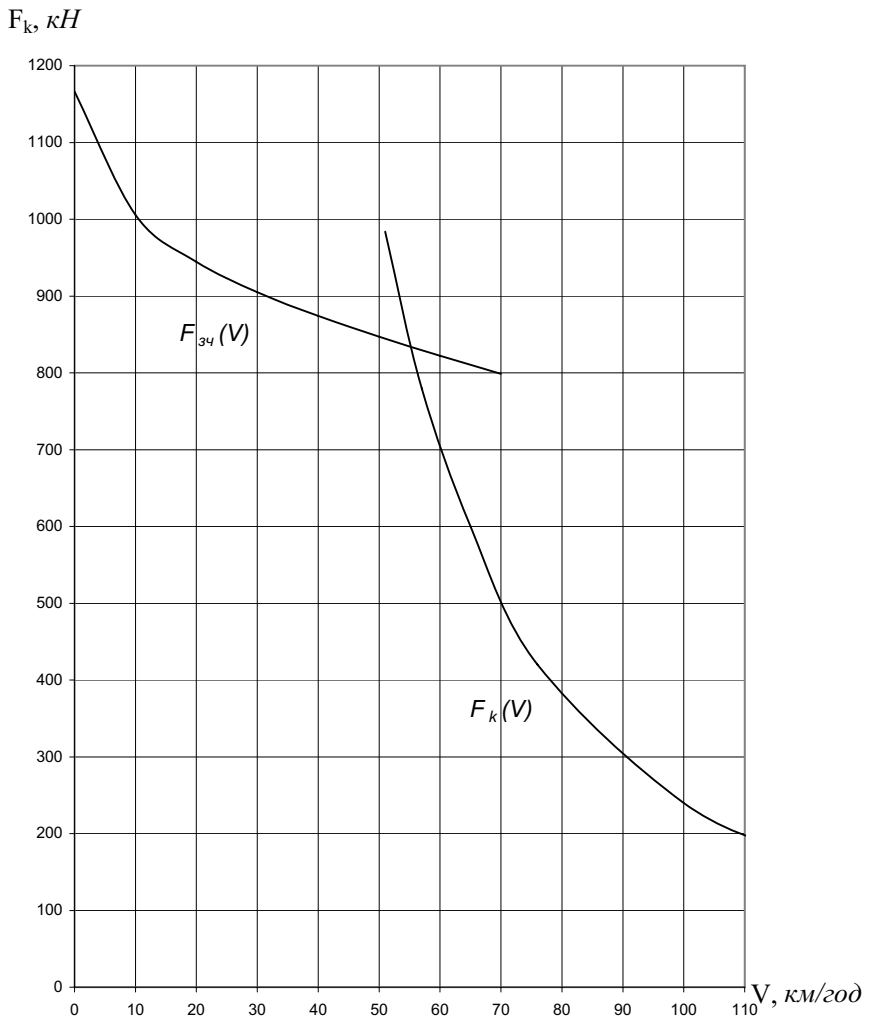


Рис. 8. Тягова характеристика

## 5. ЗАДАЧА № 3

### Визначення основних параметрів тепловозного дизеля, повного ККД та потужності тепловоза

Тепловозний дизель з тактністю  $\tau$  та кількістю циліндрів  $i$  розвиває ефективну потужність  $N_e$  при частоті обертання колінчастого валу  $n$ . Діаметр циліндра  $D$ ; хід поршня  $S$ ; питомі ефективні витрати палива  $b_e$ . Механічний ККД дизеля  $\eta_m$ , ККД передачі тепловоза з розрахунку витрат енергії на допоміжне обладнання  $\eta_{пер}$ .

Таблиця 8. Вихідні дані

Вихідні дані	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N_e$ , кВт	4500	2200	3000	3000	1500	2200	1500	1000	1000	2200
$\tau$	4	4	4	4	4	2	2	4	4	4
$i$	20	16	16	16	12	16	12	8	6	16
$D$ , м	0,260	0,260	0,250	0,260	0,240	0,230	0,230	0,260	0,318	0,250
$S$ , м	0,260	0,260	0,270	0,260	0,270	0,300	0,300	0,260	0,330	0,270
$b_e$ , кг/кВт·год	0,217	0,211	0,204	0,205	0,208	0,224	0,227	0,212	0,228	0,205
$\eta_m$	0,88	0,89	0,91	0,89	0,90	0,85	0,85	0,89	0,88	0,90
$\eta_{пер}$	0,82	0,82	0,82	0,81	0,82	0,83	0,81	0,80	0,81	0,83

Найнижча теплота згорання дизельного пального  $Q_H^P = 42500$  кДж/кг

Визначити:

- 1) середнє ефективне  $p_e$  та середнє індикаторне  $p_i$  тиску, МПа;
- 2) середню швидкість поршня  $c_m$ , м/с;
- 3) годинну витрату палива дизелем  $B$ , кг/год;
- 4) кількість палива, що подається в циліндр за кожний цикл  $q$ , г/цикл;
- 5) ефективний  $\eta_e$  та індикаторний  $\eta_i$  ККД двигуна;
- 6) питомі індикаторні витрати палива  $b_i$ , кг/(кВт·год);
- 7) повний ККД тепловоза  $\eta_T$ ;
- 8) дотичну потужність тепловозу  $N_k^m$ , кВт.

Числові значення величин вибираються згідно з шифром студента з табл. 8, частоти обертання колінчастого вала дизеля  $n$ ,  $c^{-1}$ (об/с) – з табл. 9.

Таблиця 9. Значення частоти обертання колінчатого вала дизеля,  $c^{-1}$ 

Перед- остання цифра шифру	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17,5	16,0	16,5	17,0	16,0	12,0	13,0	15,0	12,0	16,0
1	18,0	16,5	17,0	16,5	16,5	12,5	13,5	15,5	12,5	16,5
2	18,5	17,0	17,5	18,0	17,0	13,0	12,5	16,0	13,0	17,0
3	19,0	17,5	18,0	17,5	17,5	13,5	12,0	16,5	12,0	16,0
4	17,5	16,0	16,5	17,0	16,0	12,0	12,5	16,5	12,5	16,5
5	18,0	16,5	17,7	16,5	16,5	12,5	12,0	16,0	13,0	17,0
6	18,5	17,0	17,5	18,0	17,0	13,0	13,0	15,5	12,0	16,5
7	19,0	17,5	18,0	17,5	17,5	13,5	13,5	15,0	12,5	17,0
8	18,0	16,5	16,5	17,0	17,0	12,5	13,0	16,0	13,0	16,0
9	18,5	17,0	17,0	16,5	16,5	13,0	12,5	16,5	12,5	16,5

### Методичні вказівки до задачі № 3

Середній ефективний тиск та середня швидкість поршня є найважливішими параметрами двигуна внутрішнього згорання, які визначають потужність, що знімається з одиниці робочого об'єму циліндрів. Середній ефективний тиск  $p_e$  характеризує корисну потужність двигуна, віднесена до фланця колінчатого вала, а середній індикаторний тиск  $p_i$  відповідає питомій потужності, яка реалізується в циліндрі двигуна (тобто не враховує механічних втрат на тертя та потужності, витраченої на привід допоміжних механізмів). У сучасних чотирьохтактних тепловозних дизелях з наддувом середній ефективний тиск становить 1,0–1,85 МПа, в двохтактних – 0,8–1,1 МПа.

Середня швидкість поршня характеризує конструкцію двигуна з точки зору теплової та динамічної напруги, а також інтенсивності зносу деталей. У сучасних тепловозних дизелях середня швидкість поршня 7–10 м/с (при великих значеннях цієї швидкості різко зростає інтенсивність зносу деталей, що труться, та знижується надійність і строк служби двигунів).

Питомі індикаторні та ефективні витрати палива, як й індикаторний та ефективний коефіцієнти корисної дії, характеризують ступінь досконалості перетворення хімічної енергії палива в механічну в тепловому двигуні

(відповідно, в циліндрі та на фланці колінчастого вала). В цьому відношенні дизель – найбільш досконала теплова машина: він має найвищий ККД з усіх існуючих теплових двигунів. Ефективний ККД сучасних теплових дизелів становить 0,39–0,42 (тобто 39–42 %)

1. Середній ефективний тиск (в МПа) можна знайти за формулою

$$p_e = \frac{N_e \cdot \tau}{2 \cdot 10^3 \cdot V_h \cdot i \cdot n}, \quad (1)$$

де  $N_e, i, n, \tau$  – задані (див. табл. 8 та 9);

$V_h$  – робочий об'єм одного циліндра, м<sup>3</sup>:

$$V_h = \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) \cdot S. \quad (2)$$

Середній індикаторний тиск (в МПа) визначають за формулою:

$$p_i = p_e / \eta_m, \quad (3)$$

де  $p_m$  – середній ефективний тиск, МПа;

$\eta_m$  – механічний ККД дизеля.

2. Середня швидкість поршня, м/с:

$$c_m = 2 \cdot S \cdot n, \quad (4)$$

3. Годинні витрати палива дизелем, кг/год:

$$B = b_e \cdot N_e, \quad (5)$$

4. Кількість палива (в г), що подається в циліндр за кожний цикл:

$$g = \frac{1000 \cdot B \cdot \tau}{2 \cdot 3600 \cdot n \cdot i} \text{ г/цикл.} \quad (6)$$

5. Ефективний коефіцієнт корисної дії дизеля:

$$\eta_e = \frac{3600}{Q_H^p \cdot b_e}, \quad (7)$$

де  $Q_H^p$  – найнижча теплота згорання дизельного палива, кДж/кг;

$b_e$  – питомі ефективні витрати палива дизелем, кг/(кВт·год).

Індикаторний ККД підраховують за формулою:

$$\eta_i = \eta_e / \eta_m. \quad (8)$$

6. Питомі індикаторні витрати палива, кг/(кВт·год):

$$b_i = \frac{3600}{Q_H^p \cdot \eta_i} \quad (9)$$

або

$$b_i = b_e \cdot \eta_m. \quad (10)$$

7. Повний ККД тепловоза:

$$Y_\tau = \eta_e \cdot \eta_{\text{пер}} \quad (11)$$

8. Дотична потужність тепловоза (на ободі рушійних коліс):

$$N_K^T = N_e \cdot \eta_{\text{пер}}, \text{ кВт.} \quad (12)$$

## 6. ВАГОНИ ТА АВТОМАТИЧНІ ГАЛЬМА

Необхідно відповісти на 4 питання, номери яких вибирають з табл. 10 у відповідності з останньою та передостанньою цифрами шифру студента.

### Питання

1. Наведіть класифікацію вагонів вантажного та пасажирського парків.
2. Перерахуйте основні частини вантажного критого чотирьохосьвого вагона та вкажіть їх призначення. Наведіть ескіз вагона.
3. Наведіть ескіз та назвіть основні частини вантажного суцільнометалевого шестиосьвого напіввагона; вкажіть їх призначення.
4. Наведіть ескіз, назвіть основні частини чотирьохосьвого напіввагона; вкажіть їх призначення.
5. Наведіть ескіз, назвіть основні частини восьмиосьвого суцільнометалевого напіввагона та вкажіть їх призначення.
6. Перерахуйте основні частини чотирьохосьвої платформи та вкажіть їх призначення; наведіть ескіз платформи.
7. Перерахуйте основні частини чотирьохосьвої цистерни та вкажіть їх призначення; наведіть ескіз такої цистерни та вкажіть її особливості.
8. Перерахуйте основні частини восьмиосьвої цистерни та вкажіть їх призначення; наведіть ескіз такої цистерни та вкажіть її особливості.
9. Перерахуйте основні частини пасажирського суцільнометалевого вагона та вкажіть їх призначення, наведіть основні параметри та технічні характеристики такого вагона.
10. Перерахуйте основні частини ізотермічного вагона та вкажіть їх призначення, наведіть основні параметри та технічні характеристики такого вагона.
11. Опишіть будову рефрижераторної секції з машинним охолодженням та електричним опаленням. Наведіть потрібну схему.
12. Опишіть будову автономного рефрижераторного вагона. Наведіть ескіз цього вагона та вкажіть призначення розміщеного в ньому обладнання.
13. Перерахуйте основні параметри та техніко-економічні характеристики вантажних вагонів, дайте потрібні пояснення.
14. Перерахуйте основні параметри та техніко-економічні характеристики пасажирських вагонів, дайте потрібні пояснення.
15. Які переваги вантажних вагонів великої вантажопідйомності (120 т та більше)?
16. Наведіть ескіз колісної пари, вкажіть основні розміри та її частини.
17. Розгляньте сили, що діють на вагон, та вкажіть місця їх прикладання; наведіть потрібні схеми.
18. Наведіть ескіз та опишіть будову вагонної букси з підшипниками кочення; вкажіть переваги цих букс перед буксами з підшипниками ковзання.
19. Наведіть ескіз та опишіть будову вагонної букси з підшипниками ковзання; які недоліки такої букси?

20. Які мастила застосовують для вагонних букс з підшипниками ковзання? Наведіть схему змащення буксового підшипника та дайте потрібні пояснення.
21. Вкажіть призначення ресорного підвішування вагонів; наведіть схеми одинарного та подвійного ресорного підвішування, дайте потрібні пояснення; порівняйте ці способи підвішування.
22. Як характеризуються пружні властивості ресорного підвішування вагонів? Що називають прогином, гнучкістю, жорсткістю ресорного підвішування?
23. Який принцип дії пневматичного підвішування рухомого складу? Наведіть схему такого підвішування та дайте потрібні пояснення.
24. Для чого потрібні гасителі коливань? Гасителі яких типів застосовують у вагонах? Наведіть принципову схему гідравлічного гасителя коливань та поясніть принцип його дії.
25. Перерахуйте основні види коливань вагонів, наведіть відповідні пояснюючі схеми.
26. Опишіть принцип дії двовісного візка вантажного вагона. Як передається навантаження від кузова вагона на колісні пари? Наведіть потрібні схеми.
27. Наведіть ескіз та опишіть принцип дії чотиривісного візка восьмивісного вантажного вагона.
28. Наведіть ескіз та стисло опишіть принцип дії візка сучасного пасажирського вагона.
29. Наведіть класифікацію візків вантажних та пасажирських вагонів; вкажіть, чим відрізняються візки вантажних вагонів від візків пасажирських вагонів.
30. Вкажіть призначення та дайте класифікацію вагонних рам. Яку конструкцію називають суцільнонесучою?
31. Вкажіть призначення ударно-тягових пристроїв вагонів. Опишіть устрій та принцип дії автоматичного зчеплення.
32. Опишіть принцип дії систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та електрооснащення пасажирських вагонів.
33. Вкажіть призначення та дайте класифікацію автоматичних гальм рухомого складу.
34. Наведіть схему прямодіючого неавтоматичного гальма локомотива, вкажіть призначення основних вузлів та поясніть принцип дії цієї гальмівної системи.
35. Наведіть схему непрямодіючого автоматичного гальма, вкажіть призначення основних вузлів та поясніть принцип дії цієї гальмівної системи.
36. Наведіть схему прямодіючого автоматичного гальма локомотива, вкажіть призначення основних вузлів та поясніть принцип дії цієї гальмівної системи.
37. Наведіть схему електропневматичного гальма, вкажіть призначення основних приладів та поясніть принцип дії цієї гальмівної системи.

38. Вкажіть призначення та принцип дії крана машиніста. Як машиніст за його допомогою керує гальмами поїзда?
39. Поясніть принцип дії повітророзподільника гальмівної системи.
40. Наведіть схему гальмівного устаткування вантажного вагона, вкажіть призначення основних приладів, поясніть принцип дії гальма.
41. Наведіть схему важільної передачі гальма вантажного вагона, поясніть принцип її дії.
42. Вкажіть призначення, наведіть схему та поясніть принцип дії автоматичного регулятора важільної передачі.
43. Вкажіть призначення, приведіть схему та поясніть принцип дії автоматичного регулятора гальмування (авторежим).
44. Вкажіть переваги композиційних гальмівних колодок над чавунними.
45. Вкажіть призначення, наведіть схему та поясніть принцип дії протиюзного пристрою високошвидкісних потягів.
46. Наведіть схему та поясніть роботу дискового гальма. Вкажіть переваги такого гальма.
47. Приведіть схему, поясніть устрій та принцип дії гальмівного компресора. Вкажіть призначення регулятора тиску.
48. Вкажіть причини заклинювання колісних пар та заходи його попередження.
49. Що являє собою повне випробування поїзних автогальм? Як, ким та в яких випадках його виконують?
50. Що являє собою скорочене випробування поїзних автогальм? Як, ким та в яких випадках його виконують?
51. Який порядок слідування рухомого складу при утворенні повзунів (вибоїн) на поверхні кочення колісних пар?

Таблиця 10. *Номери питань розділу „Вагони”*

Передостання цифра шифру	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	48	49	33	34	35	36	37	38	39	40
1	11	4	5	6	1	2	3	4	5	6
	21	23	24	25	12	13	14	15	16	17
	31	30	34	35	22	23	24	25	26	27
	41	43	44	45	46	47	33	34	35	36
2	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
	18	19	20	21	22	23	13	14	15	16
	28	29	30	31	32	25	23	24	25	26
	37	38	39	40	41	42	48	44	45	49
3	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4
	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23
	27	28	29	30	30	25	29	28	28	26
	47	35	36	49	38	39	45	44	43	48
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	11
	22	21	17	18	19	20	21	22	22	23
	25	24	23	24	25	26	27	28	29	28
	43	44	45	46	47	38	37	36	35	34
5	10	9	8	7	6	5	6	5	4	3
	22	21	20	19	17	16	14	13	12	11
	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20
	48	32	49	40	41	48	43	44	45	46
6	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	18	15	14	13	22	21	20	19	18	17
	21	22	23	24	25	26	27	28	27	26
	47	40	48	42	43	44	45	46	47	42
7	10	11	12	11	10	11	12	11	10	9
	16	15	14	13	14	15	16	17	18	19
	29	30	29	27	26	25	24	23	22	21
	41	48	51	50	37	36	35	45	50	51
8	8	7	6	5	4	1	2	1	2	4
	20	21	22	21	20	19	18	17	14	16
	22	23	24	25	26	27	28	29	28	29
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
9	5	6	7	8	9	10	11	12	3	4
	15	13	13	14	15	20	16	17	18	19
	28	27	26	25	24	23	22	21	20	25
	42	43	49	45	46	47	40	51	42	50



### Список рекомендованой литературы

1. *Подвижной состав и тяга поездов* / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н.А. Фуфрянского и канд. техн. наук, доц. В.В. Деева. – М.: Транспорт, 1979.
2. *Осипов С.И. и др.* Подвижной состав и основы тяги поездов. – М.: Транспорт, 1983.
3. *Калинин В.К. и др.* Электроподвижной состав железных дорог. – М.: Транспорт, 1972.
4. *Кузьмич В.Д. и др.* Тепловозы. – М.: Транспорт, 1982.
5. *Скиба И.Ф.* Вагоны. – М.: Транспорт, 1980.
6. *Шадур Л.А. и др.* Вагоны. – М.: Транспорт, 1980.
7. *Крылов В.И., Крылов В.В.* Автоматические тормоза подвижного состава. – М.: Транспорт, 1983.
8. *Бартош Е.Т.* Газовая турбина на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1972.
9. *Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР.* – М.: Транспорт, 1989.

*Навчально-методичне видання*

**Дубравін Юрій Федорович**

**ТЯГОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА ПЕРЕТВОРЮВАЧІ**

**Методичні вказівки до виконання контрольної роботи**

для студентів спеціальності 7.100.403 „Організація перевезень та управління на транспорті” безвідривної форми навчання

Відповідальний за випуск *Ю. Ф. Дубравін*

Редактор *Ж. В. Загоруйко*

---

Підписано до друку 24.03.09  
Формат – 60x84/16. Папір – офсетний.  
Спосіб друку – ризографія  
Замовлення № 270-06. 50 прим.

---

Надруковано у Редакційно–видавничому центрі ДЕГУТ  
Свідоцтво про реєстрацію від 27.12.2007 р. Серія ДК № 3079  
03049, Київ-49, вул. М. Лукашевича, 19



