

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ТРАНСПОРТУ

Кафедра «Тяговий рухомий склад залізниць»

**Ю.В. Черняк, М.О. Усватов, А.В. Гаюр, М.О. Ревчук**

***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ***

**до виконання курсової роботи**

з дисципліни: «Локомотиви (магістрального та промислового транспорту)»  
студентами напрямку 6.070105 «Рухомий склад залізниць», спеціальності  
7.07010501 «Локомотиви та локомотивне господарство» денної та заочної  
форми навчання.

**Ю. В. Черняк, М. О. Усватов, М.О. Ревчук, А. В. Гаюр**

**Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни: «Локомотиви (магістрального та промислового транспорту)» студентами напряму 6.070105 «Рухомий склад залізниць», спеціальності 7.07010501 «Локомотиви та локомотивне господарство» денної та заочної форми навчання. – К.: ДЕГУТ, 2015. – 23 с.**

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни: «Локомотиви (магістрального та промислового транспорту)» спрямовані на полегшення виконання студентами курсової роботи та на виконання практичних завдань. Містять видачу завдання на курсову роботу з індивідуальними вихідними даними для кожного студента.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 7.07010501 «Локомотиви та локомотивне господарство» за напрямом підготовки 6.070105 «Рухомий склад залізниць» денної та заочної форми навчання та відповідають робочій програмі курсу «Локомотиви (магістрального та промислового транспорту)».

Розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» (протокол № від р.) та на засіданні методичної комісії університету (протокол № від р.).

**Укладачі:** *Ю. В. Черняк, доцент, кандидат технічних наук;*  
*М. О. Усватов, ст.викладач кафедри ТРСЗ;*  
*А. В. Гаюр, викладач.*  
*М.О. Ревчук, завідуючий лабораторією;*

**Рецензенти:** Черних Ю.М., доцент, к.т.н.;  
Безверхий В.А., викладач ККТІ

## **Зміст**

Загальні вказівки і вимоги до виконання курсової роботи.

Вступ.

Варіанти вихідних даних для завдань в розділах контрольної роботи.

**Розділ 1.** Побудова тягової характеристики локомотива.

**Розділ 2.** Аналіз і порівняння характеристик локомотивів.

**Розділ 3.** Визначення ККД тепловоза.

**Розділ 4.** Визначення ККД електричної тяги.

**Розділ 5.** Технічні характеристики електровоза.

**Розділ 6.** Технічні характеристики тепловоза.

**Розділ 7.** Контрольні питання.

Список літератури.

Додаток (графічна частина роботи).

## **Загальні вказівки і вимоги до виконання курсової роботи**

Курсова робота призначена для самостійної підготовки студентів з дисципліни відповідно до навчальної програми, закріплення знань при вивченні загальних питань конструкції і роботи вітчизняних локомотивів, отримання навиків виконання графічних робіт.

Для виконання і успішного захисту курсової роботи необхідно самостійно вивчити відповідний матеріал, чітко розібратися в теоретичних основах та порядку проведення розрахунків, виконати аналіз отриманих результатів. Список рекомендованої літератури наведений наприкінці вказівок. У тексті пояснювальної записки (ПЗ) необхідно обов'язково робити посилання на джерела, звідки взято довідкові матеріали або формули.

Курсова робота складається з пояснювальної записки та додатків (графічної частини), оформлених з урахуванням вимог ЕСКД до текстових і графічних документів. Пояснювальна записка повинна бути зшита зі стандартних аркушів білого паперу формату А4 (210x297) з обкладинкою установленої форми з креслярського паперу. Текст повинен бути написаний акуратно, розбірливим почерком, без скорочень слів, пастою чорного кольору. Аркуші повинні мати відповідні рамки, штампи і позначення. При виконанні КР на ЕОМ використовувати шрифт Times New Roman, розміром 14, через І інтервал, поля – по 20мм. Вихідні дані (сторінки 5,6,7 методичних вказівок) обов'язково повинні бути внесені в пояснювальну записку курсової роботи. Всі назви та номери розділів і підрозділів в листі "Зміст" повинні точно відповідати назвам і номерам в тексті ПЗ. Нумерацію повинні мати всі сторінки ПЗ та літературні джерела (наскрізну). Кожен розділ повинен починатися з нового аркуша, а підрозділи – в продовження попереднього.

У вступі повинні бути зазначені загальні завдання ж.д. транспорту, локомотивного господарства і сформульована мета роботи.

Розрахунки необхідно супроводжувати поясненнями. Напроти кожної вихідної формули праворуч вказати її номер (в дужках), а нижче формули – розшифровку її складових з розмірностями. Після підстановки у формули числових значень результат обов'язково привести із зазначенням розмірності отриманої величини. При наступних посиланнях на вихідну формулу досить вказати її номер. Матеріал слід викладати відповідно до прийнятої в технічній літературі термінологією.

Таблиці та рисунки повинні бути приведені відразу після першої згадки про них у тексті із зазначенням їх номерів (при невеликих розмірах – всередині тексту, в інших випадках – на наступній сторінці). Графіки виконуються на міліметровому папері, додатки – на креслярській папері. Графіки повинні виконуватися чітко, гостро відточеним олівцем, із зазначенням позначень і їх розмірностей на кінцях осей і з проміжною сіткою величин. Назви малюнків наводяться у верхній частині аркуша, а його номер і пояснення – у нижній частині (посередині аркуша). Назви таблиць наводяться зверху аркуша. номери таблиць вказуються в правій їх частині, а

при перенесенні на іншу сторінку пишеться: Продовження таблиці № .... .

У додатку до розділів "Технічна характеристика тепловоза" і "Технічна характеристика електровоза" на окремих аркушах (формат А4) виконуються спрощені схеми локомотивів (вид збоку і зверху ) із зазначенням основних розмірів і розміщенням обладнання. Специфікації до них наводяться у відповідних розділах. У штампі кожного креслення вказати назву креслення і роботи.

Після перевірки роботи викладачем студент повинен акуратно виправити всі помилки і зробити необхідні доповнення. Для цього можна використовувати зворотну (чисту) сторону попереднього листа. При великій кількості виправлень на одній сторінці її потрібно переписати (переробити) і замінити (або підклеїти). Прибирати зауваження викладача забороняється. У штампі сторінки "Зміст" (висотою 40 мм) робота підписується із зазначенням дати.

Виконання перерахованих вище вимог до оформлення роботи є обов'язковою умовою її подання до захисту. Крім того, до захисту не допускаються роботи, виконані не за своїм варіантом (завданням).

## Вступ

Залізничний транспорт в єдиній транспортній системі України має найважливіше державне, народногосподарське, оборонне значення. Для забезпечення ведучої ролі залізничного транспорту необхідно вирішувати питання збільшення його надійності роботи і підвищення швидкостей доставки вантажів і пасажирів.

Локомотивне господарство залізниць забезпечує перевізну роботу тяговими засобами і підтримання цих засобів згідно технічних вимог. До споруд та пристроїв локомотивного господарства відносять локомотивні депо, спеціалізовані майстерні для ремонту окремих вузлів локомотивів, пункти технічного обслуговування, екіпіровки та зміни бригад, бази запасу локомотивів.

Сучасні вимоги, пропоновані до тягового рухомого складу по підвищенню економічності і збільшенню швидкостей руху вимагають застосування при конструюванні рухомого складу останніх досягнень науки і техніки. Зростають вимоги до забезпечення високого рівня надійності рухомого складу, безпеки руху поїздів та зменшенню шкідливого впливу рухомого складу на навколишнє середовище. У зв'язку з цим створюються нові типи могутніх електровозів і тепловозів, у силових передачах і керуючих пристроях яких використовуються електронні системи автоматики, а в конструкції – високоміцні матеріали й інші досягнення науки і техніки. Зростання об'ємів перевозок пасажирів та вантажів залізницями України потребує використання локомотивів і моторвагонних поїздів з більш високими показниками потужності та техніко-економічними характеристиками.

Метою даної курсової роботи є здобуття студентами навиків з розрахунку тягових характеристик локомотивів, аналізу технічних характеристик тепловозів і електровозів та розрахунку коефіцієнту корисної дії електричної та локомотивної тяги.

**Варіанти вихідних даних для завдань в розділах контрольної роботи:**

*Розділ 1. Побудова тягової характеристики локомотива.*

Вибір свого варіанту електротягових характеристик виконується за таблицею 1.1. *Варіант вибирається за порядковим номером прізвища студента в журналі групи.*

Таблиця 1.1

№ варіанту по списку групи	Серія локомотива	Кількість секцій	Зчіпна маса локомотива, т	Розрахункова швидкість км/ч	Кількість рухомих колісних пар	Характеристики ТЕД локомотива			
						Тип ТЕД	Потужність годинного режиму, кВт	Потужність тривалого режиму, кВт	Максимальна потужність, кВт
1	ВЛ8	2	184	43.3	8	НБ-406	525	470	
2	ТЭМ2	1	121	11.0	6	ЭД-118А			305
3	ВЛ10	2	184	46.7	8	ТЛ-2К1	670	575	
4	М62	1	117	20.0	6	ЭД-107			305
5	ВЛ11	2	184	46.7	8	ТЛ-2К1	670	575	
6	2ТЭ10М	2	276	23.4	12	ЭД-118А			305
7	ВЛ23	1	138	43.3	6	НБ-406	525	470	
8	ТЭП10	1	129	23.4	6	ЭД-107			305
9	ВЛ60 <sup>к</sup>	1	138	43.5	6	НБ-412К	775	675	
10	ТЭП70	1	130	48.3	6	ЭД-121			404
11	ВЛ60 <sup>р</sup>	1	138	43,5	6	НБ-412К	775	675	
12	2ТЭ116	2	274	24.2	12	ЭД-118А			305
13	ВЛ80 <sup>к</sup>	2	184	44.2	8	НБ-418К	790	740	
14	2ТЭП60	2	256	47.0	12	ЭД-108			305
15	ВЛ82 <sup>м</sup>	2	190	50.5	8	НБ-407Б	755	720	
16	2М62	2	240	20.0	12	ЭД-107А			305
17	ЧС2	1	120	80.5	6	АЛ4846еГ	700	618	
18	2ТЭ10В	2	276	23.4	12	ЭД-118А			305
19	ВЛ60 <sup>к</sup> <sup>п</sup>	1	138	43.5	6	НБ-412К	790	740	
20	ТЭ3	2	254	20.5	12	ЭДТ-200Б			206
21	ЧС3	1	84	65.5	4	АЛ4846еГ	700	618	
22	2ТЭ10Л	2	258	23.4	12	ЭД-107А			305
23	ЧС4	1	126	84.0	6	АЛ4442нР	850	820	
24	ТЭ7	1	127	35.0	6	ЭДТ-200Б			206
25	ЧС4 <sup>1</sup>	1	126	84.0	6	АЛ4442нГ	850	820	
26	ТЭП60	1	128	47.0	6	ЭД-108			305
27	2ТЭ121	2	294	26.9	12	ЭД-126			406
28	ТЭМ2У	1	123	11.1	6	ЭД-118А			305
29	ЧС2 <sup>1</sup>	1	128	76.7	6	АЛ4846дГ	770	680	
30	ТЭ10М	1	138	23.4	6	ЭД-118А			305

Розділ 3. Визначення коефіцієнта корисної дії тепловоза.

В незалежності від серій локомотивів розглянутих у попередніх розділах, в цьому розділі **серія тепловоза для визначення ККД вибирається з таблиці 3.1 (варіант по останній цифрі шифру).**

Таблиця 3.1

Остання цифра шифру									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТЭП70	ТЭМ1	ТЭМ2	2ТЭ3	М62	ТЭП10	ТЭП60	ТЭ7	2ТЭ116	2ТЭ10М

Розділ 4. Визначення коефіцієнта корисної дії електричної тяги.

Вихідні дані для вирішення поставленого завдання вибираються студентом

з

таблиці 4.1, **відповідно до останньої цифри номера залікової книжки.**

Таблиця 4.1

Найменування ККД	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Електростанції	0,38	0,35	0,34	0,36	0,40	0,39	0,33	0,37	0,42	0,41
Підвищувального трансформатора	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98
Лінії електропередачі	0,95	0,96	0,95	0,96	0,95	0,97	0,96	0,9	0,97	0,95
Тягової підстанції	0,9	0,91	0,94	0,92	0,93	0,92	0,91	0,9	0,92	0,91
Контактної мережі	0,91	0,94	0,93	0,93	0,92	0,93	0,91	0,92	0,94	0,92
Електровоза	0,89	0,88	0,85	0,86	0,89	0,86	0,88	0,89	0,89	0,86

Розділ 5. Технічна характеристика електровоза.

В розділі необхідно привести основні технічні характеристики, характерні особливості конструкції електровоза згідно з варіантом по таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Передост. цифра шифру	Остання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ЧС2	ВЛ8	ВЛ10	ВЛ11	ВЛ23	ВЛ60	ВЛ80 <sup>К</sup>	ВЛ23	ВЛ11	ВЛ12
1	ВЛ8	ЧС2 <sup>Т</sup>	ВЛ10 <sup>У</sup>	ВЛ12	ВЛ26	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ80 <sup>Р</sup>	ВЛ10 <sup>У</sup>	ЧС2 <sup>Т</sup>	ВЛ8
2	ВЛ10	ВЛ10 <sup>У</sup>	ЧС3	ВЛ15	ВЛ85	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ80 <sup>Т</sup>	ВЛ60 <sup>Р</sup>	ВЛ10 <sup>У</sup>	ВЛ10
3	ВЛ11	ВЛ12	ВЛ15	ЧС4	ВЛ60	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ80 <sup>С</sup>	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ23	ВЛ11
4	ВЛ23	ВЛ26	ВЛ85	ВЛ23	ЧС4 <sup>Т</sup>	ВЛ23	ВЛ82	ЧС4 <sup>Т</sup>	ВЛ60	ВЛ23
5	ВЛ60	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ60 <sup>Р</sup>	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ60	ЧС7	ВЛ82 <sup>М</sup>	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ60 <sup>Р</sup>	ВЛ60 <sup>К</sup>
6	ВЛ80 <sup>К</sup>	ВЛ80 <sup>Р</sup>	ВЛ80 <sup>Т</sup>	ВЛ80 <sup>С</sup>	ВЛ82	ВЛ82 <sup>М</sup>	ЧС8	ВЛ80 <sup>К</sup>	ВЛ8	ВЛ80 <sup>Т</sup>
7	ВЛ23	ВЛ10 <sup>У</sup>	ВЛ60	ВЛ60 <sup>К</sup>	ЧС4 <sup>Т</sup>	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ80 <sup>К</sup>	ЧС200	ВЛ10 <sup>У</sup>	ВЛ23
8	ВЛ11	ЧС2 <sup>Т</sup>	ВЛ10 <sup>У</sup>	ВЛ23	ВЛ60	ВЛ60 <sup>Р</sup>	ВЛ80 <sup>Р</sup>	ВЛ10 <sup>У</sup>	ЧС2	ВЛ11
9	ВЛ10	ВЛ8	ВЛ10	ВЛ11	ВЛ23	ВЛ60 <sup>К</sup>	ВЛ80 <sup>Т</sup>	ВЛ23	ВЛ11	ЧС2 <sup>Т</sup>



Розділ 6. Технічна характеристика тепловоза.

В цьому розділі необхідно привести основні технічні характеристики, характерні особливості конструкцій і систем, перелік основного обладнання та накреслити його розташування на одній із серій тепловоза. **Серія тепловоза вибирається за табл. 6.1.**

Остання цифра шифру	Передостання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	ТЭП10	ТЭП60	ТЭП70	ТГМ7	ТГ106	2ТГ102	ТГМ7А	ТЭП70	2ТЭП60	ТЭП10
1	ТЭП10Л	ТЭП10Л	ТГМ8	ТУ7	ТЭМ5	ТГМ6	ТГК2	ТГМ8К	ТЭП10Л	2ТЭ10Л
2	2ТЭ10Л	ТГМ8К	2ТЭ10Л	ТЭМ2	ТЭМ2У	ТЭМ2М	ТЭМ1	3ТЭ10В	ТГМ8	3ТЭ10В
3	3ТЭ10В	ТЭ125	ЧМЭ3	3ТЭ10В	ТЭ129	ТЭ109	2ТЭ10В	ТЭ136	ТЭ125	3ТЭ10В
4	2ТЭ10В	ТЭ129	2ТЭ3	2ТЭ116	2ТЭ103	2ТЭ10Л	2ТЭ3	2ТЭ116	ТЭ129	2ТЭ10В
5	2ТЭ10М	ТЭ109	М62	2М62	3ТЭ10М	2ТЭ10М	2М62	М62	ТЭ109	2ТЭ10М
6	3ТЭ10М	2ТЭ116	2ТЭ121	2ТЭ10М	ТЭ114	3ТЭ10М	4ТЭ130	2ТЭ116	ТЭ125	3ТЭ10М
7	4ТЭ10С	ТГМ6	4ТЭ10С	ТГМ23	ТГМ23А	ТГМ23Б	ТГМ23В	4ТЭ10С	ТГМ4	4ТЭ10С
8	2ТЭ116У	2ТЭП60	ТГМ4	ТГМ4А	ТГМ4А	ТГМ4Б	ТГМ6	ТГМ6А	2ТЭ10У	2ТЭ10У
9	2ТЭ10У <sup>Т</sup>	2ТЭП60	ТЭП70	ТЭ7	ТГМ3А	ТГМ7А	ТГМ7	ТЭП70	ТЭП60	2ТЭ10У <sup>Т</sup>

Таблица 6.1

Розділ 7. Відповіді на запитання.

Питання вибираються студентом за номером своєї залікової книжки (шифру) у послідовності, зазначеної в таблиці № 7.1. Правильність вибору контролюється викладачем.

Таблица 7.1

Остання цифра шифру	Передостання цифра шифру									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5,13,	1,7	8,26	19,27	11,28	5,29	13,30	14,31	15,32	4,16
1	3,17	2,18	1,8	1,7	2,8	3,19	4,20	2,21	6,22	4,23
2	5,30	4,11	3,12	2,9	1,7	1,8	2,7	3,20	4,12	5,13
3	6,14	24,28	1,8	2,7	3,23	4,22	5,22	1,7	2,8	3,20
4	4,20	5,21	6,22	1,9	10,29	3,16	4,17	5,15	6,32	19,31
5	5,30	18,29	17,28	9,27	10,30	9,26	10,29	18,28	19,2	5,26
6	6,21	10,29	9,25	22,26	23,27	5,24	6,28	7,29	8,30	1,7

МЕ	7	4,13,	5,14	6,15	6,16	5,17	4,18	3,19	2,9	10,30	1,7
ТОД	8	2,8	3,20	4,21	5,22	6,23	24,29	20,30	2,9	24,28	4,23,
ИКА	9	5,22	6,21	6,20	10,29	7,25	19,26	18,27	17,28	16,29	8,30
ВИК											

## ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

### Розділ 1. Побудова тягової характеристики локомотива

*Тягова характеристика* локомотива являє собою графічну залежність його дотичної сили тяги на ободі коліс  $F_k$  від швидкості руху  $V$ , тобто  $F_k = f(V)$ . Її можна побудувати по робочим характеристикам тягових електродвигунів (ТЕД), які встановлені на локомотиві даної серії. Основні властивості ТЕД виражаються робочими характеристиками, які діляться на електромеханічні характеристики віднесені до валу ТЕД і електротягові характеристики на ободі рушійних коліс.

*Електромеханічні характеристики* – це залежності частоти обертання вала ТЕД ( $n$ ,  $xv^{-1}$ ), обертального моменту ( $M$ ,  $Hm$ ), коефіцієнта корисної дії (ККД) на валу ТЕД ( $\eta$ ) від струму в обмотці якоря ( $I_a$ ,  $A$ ) при постійній напрузі ( $U$ ,  $V$ ) на його затискачах.

*Електротягові характеристики* – це залежності дотичної сили тяги одного ТЕД ( $F_{kd}$   $кгс$ ,  $H$ ), швидкості руху локомотива ( $V$ ,  $км/год$ ) і ККД, віднесеного до ободу коліс ( $\eta_k$ ) від струму в обмотці якоря  $I_a$ . Залежність  $V = f(I_a)$  називається також швидкісною характеристикою. Електротягові характеристики на ободі колеса перераховуються з електромеханічних з урахуванням передавального відношення тягового редуктора силової передачі локомотива, діаметра рушійного колеса і к.к.д. передачі.

Вихідні дані для виконання завдання розділу 1 беруться з таблиці 1.1.

Корисна потужність всього локомотива  $N_k$  на ободі коліс дорівнює добутку потужності від одного ТЕД ( $P_d = F_{kd} * V$ ) на загальну кількість рушійних колісних пар локомотива. Тому для тепловозів з електропередачею і електрорухомого складу (електровози та електропоїзди) маючі тягову характеристику локомотива можна визначити  $N_k = \Sigma P_d$ , тобто загальну корисну потужність локомотива для різних режимів його роботи. Найбільш повне використання потужності (на заданому режимі роботи) у всьому діапазоні зміни швидкості руху визначає гіперболічний, або близький до нього, характер залежності  $F_k = f(V)$ .

Повна дотична сила тяги локомотива визначається за формулою:

$$F_k = F_{kd} * m \quad (1.1)$$

де  $m$  – кількість ТЕД на всіх секціях локомотива.

З метою спрощення побудови тягової характеристики для всіх локомотивів

приймається номінальний режим роботи при максимальній потужності силової установки і ТЕД. З цією ж метою з усіх характеристик ТЕД [літ-ра 1,2,3] вибираються і наводяться в роботі у вигляді графіків на міліметровому папері залежності  $F_{кд} = f(I_{я})$ ,  $V = f(I_{я})$ , причому  $I_{я} = I_{д}$  (струм якоря двигуна):

- для тепловозів по всіх кривим збудження (ПЗ, ОЗ1, ОЗ2), незалежно від схеми з'єднання тягових двигунів;

- для електровозів всіх серій при паралельному (П) з'єднанні ТЕД по одній з кривих обмеження збудження – по ОЗ3 для електровозів постійного струму і по ОЗ2 для електровозів змінного струму (для електровозів типу ЧС по ОЗ4). Приклади електротягових характеристик наведені на малюнках 1.1 і 1.2.

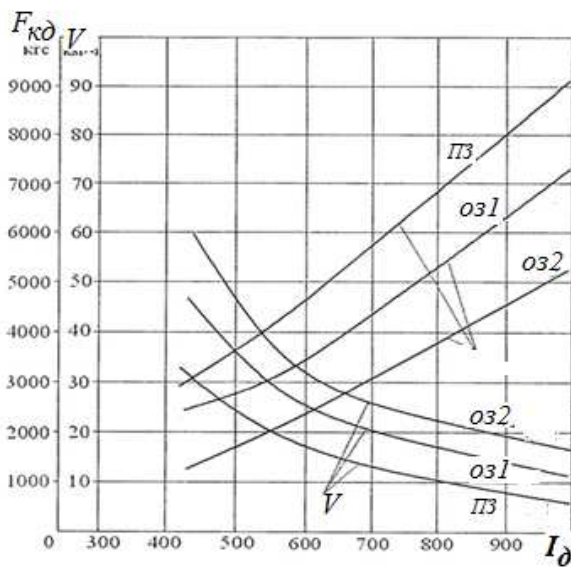


Рис. 1.1 (для тепловозів)

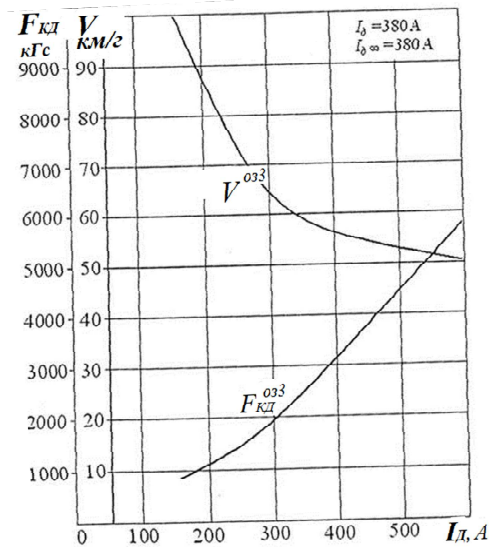


Рис. 1.2 (для електровозів)

З урахуванням цих же умов будується і тягова характеристика локомотива. Для її побудови необхідно задати кілька (п'ять – шість) значень струму електродвигуна (крайні значення струму брати по крайніх точках кривих). Потім при вибраних значеннях  $I_{д}$  по електротяговим характеристикам  $F_{кд} = f(I_{д})$ ,  $V = f(I_{д})$  визначити їх значення. Отримані дані зручно звести в таблицю 1.2, складену за такою формою.

Таблица 1.2

Струм $I_{д}, A$	Швидкість $V$ $км/г$			Сила тяги ТЭД $F_{кд}, кгс; Н$			Дотикова сила тяги лок-ва $F_{к}, кгс; Н$		
	ПЗ	ОЗ1	ОЗ2	ПЗ	ОЗ1	ОЗ2	ПЗ	ОЗ1	ОЗ2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Для тепловозів стовпці  $V$ ,  $F_{кд}$  і  $F_{к}$  розбиваються додатково на значення для ПЗ, ОЗІ, ОЗ2, для електровозів постійного струму на значення ПЗ та ОЗЗ, для електровозів змінного струму на ПЗ та ОЗ2 (для ЧС на ОЗ4). Дані стовпців швидкості  $V$  та дотикової сили тяги локомотива з таблиці 1.2 є координатами точок тягової характеристики. Завдавши ці точки на аркуші з міліметрового паперу з системою координат  $F_{к} - V$  і з'єднавши їх плавною кривою, отримуємо тягові характеристики локомотива  $F_{к} = f(V)$ . Приклади її оформлення представлені на рис. 1,3 і 1,4. Кінець і початок кожної кривої для тепловоза (для ПЗ, ОЗ1, ОЗ2) необхідно обмежити при порівнянні з реальною тяговою характеристикою / 2.1 / і вказати кінець і початок кожного переходу.

На побудовану тягову характеристику необхідно нанести обмеження сили тяги по зчепленню коліс локомотива з рейками і по конструкційній швидкості. Обмеження за конструкційною швидкістю наноситься на тягову характеристику у вигляді вертикальної лінії, що проходить через значення  $V$  констр. ( $V_{к}$ ). Для накладення на тягову характеристику обмеження за умовами зчеплення рушійних коліс локомотива з рейками розраховують і будують залежність найбільшої дотичної сили тяги, яка може бути реалізована локомотивом с відсутністю буксування коліс, від швидкості руху  $F_{сц} = f(V)$ .

$$F_{сц} = 1000 P_{сц} * \Psi_{к} \quad (1.2)$$

де:  $F_{сц}$  – найбільша сила тяги локомотива, що допускається за умовами зчеплення коліс з рейками, кгс (Н);

$P_{сц}$  – зчіпна вага локомотива (див. табл. 1.1 вихідних даних), тобто вага, яка передається від рушійних коліс на рейки, кгс (Н). Перерахунок маси локомотива в тонах з табл. 1.1 в вагу локомотива в Ньютонах треба виконати за формулою  $P_{сц} = m * g / 1000$  (Н), де  $m$  – маса локомотива в (т),  $g$  – прискорення вільного падіння 9,81 м/сек<sup>2</sup>.

$\Psi_{к}$  – розрахунковий коефіцієнт зчеплення.

Правилами тягових розрахунків для поїзної роботи встановлені наступні емпіричні формули для визначення розрахункового коефіцієнта зчеплення (де  $V$  – швидкість руху, км / год):

для тепловозів серії ТЕ10 (усіх індексів) :

$$\Psi_{к} = 0,118 + 4 / ( 22 + V) \quad (1.3)$$

для тепловозів всіх інших серій:

$$\Psi_{к} = 0,118 + 5 / (27,5 + V) \quad (1.4)$$

для електровозів ВЛ8 , ВЛ23 , ВЛ22м :

$$\Psi_{к} = 0,25 + 8 / ( 100 + 20 \cdot V ) \quad (1.5)$$

для електровозів постійного струму ВЛ10 , ВЛ11 , ВЛ82 , ВЛ82м:

$$\Psi_k = 0,25 + 3 / ( 50 + 20 \cdot V ) - 0,0007 \cdot V \quad (1.6)$$

для електровозів змінного струму:

$$\Psi_k = 0,25 + 4 / ( 50 + 6 \cdot V ) - 0,0006 \cdot V \quad (1.7)$$

Величина  $F_{сц}$  обчислюється для декількох значень швидкості ( 0, 10, 20,30, 40,50 тощо км / год ). Результати розрахунку залежності  $F_{сц} = f(V)$  зручно звести в таблицю 1.3, складену за такою формою:

Таблиця 1.3

<i>Швидкість V, км/ч.</i>	<i>Коефіцієнт зчеплення, <math>\Psi_k</math></i>	<i>Сила тяги по зчепленню <math>F_{сц}</math> кгс</i>
1	2	3
...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...

За даними стовпців 1 і 3, наносимо точки на графік тягової характеристики і з'єднуємо їх плавною кривою. Ця крива буде визначати графічну залежність  $F_{сц} = f(V)$  – обмеження за умовами зчеплення рушійних коліс локомотива з рейками.

Приклад тягової характеристики з нанесеними обмеженнями побудованими зазначеним способом, представлений на рисунках 1.3, 1.4.

Для побудови тягової характеристики рекомендовані масштаби :  
швидкість  $V$ : 1 км / год – 1 мм;  
сила тяги локомотива  $F_k$ : 50 кН – 10 мм (залежно від загальної потужності локомотива).

Крім зазначених вище обмежень, на тягову характеристику необхідно нанести з рекомендованої літератури: швидкість розрахунку –  $V_p$  і швидкість виходу на автоматичну криву  $V_a$  (точка перетину тягової характеристики та обмеження по зчепленню). На графічне зображення тягової характеристики потрібно також нанести криву дотичної потужності локомотива  $N_k = f(V)$ , рисунки 1.3, 1.4. Її необхідно побудувати по декількох точках шляхом розрахунку за формулою:

$$N_k = F_k \cdot V / 3.67, \text{ кВт} \quad (1.8)$$

де:  $F_k$  – дотична сила тяги локомотива (кН);  $V$  – швидкість руху локомотива (км/год) задається по тяговій характеристиці від 0 до  $V_k$  через 10-20 км/год з обов'язковою підстановкою у формулу (1.8) значень  $V_a$  і  $V_p$ .

Для побудови графіку дотичної потужності необхідні дані треба звести для електровоза в таблицю 1.4, для тепловоза в таблицю 1.5.

Таблиця 1.4

<b>V, км\год</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>					$V_a$		$V_p$					$V_k$
$F_k$ , кгс															
$N_k$ , кВт															

Таблиця 1.5

<b>V, км/год</b>	<b>F<sub>k</sub>, кН</b>			<b>N<sub>k</sub>, кВт</b>		
	<b>ПП</b>	<b>ОП1</b>	<b>ОП2</b>	<b>ПП</b>	<b>ОП1</b>	<b>ОП2</b>
0						
5						
10						
15						
<b>V<sub>a</sub></b>						
<b>V<sub>p</sub></b>						
30						
...						
...						
<b>V<sub>констр</sub></b>						

З таблиць 1.4 і 1.5 по значенням дотичної потужності необхідно на тягові характеристики нанести криву залежності потужності електровоза або тепловоза від швидкості руху –  $N_k = f(V)$  (рис. 1.3, 1.4). Криву залежності потужності тепловоза треба виконати для повного збудження тягового двигуна і ослабленого збудження ОЗ1 і ОЗ2.

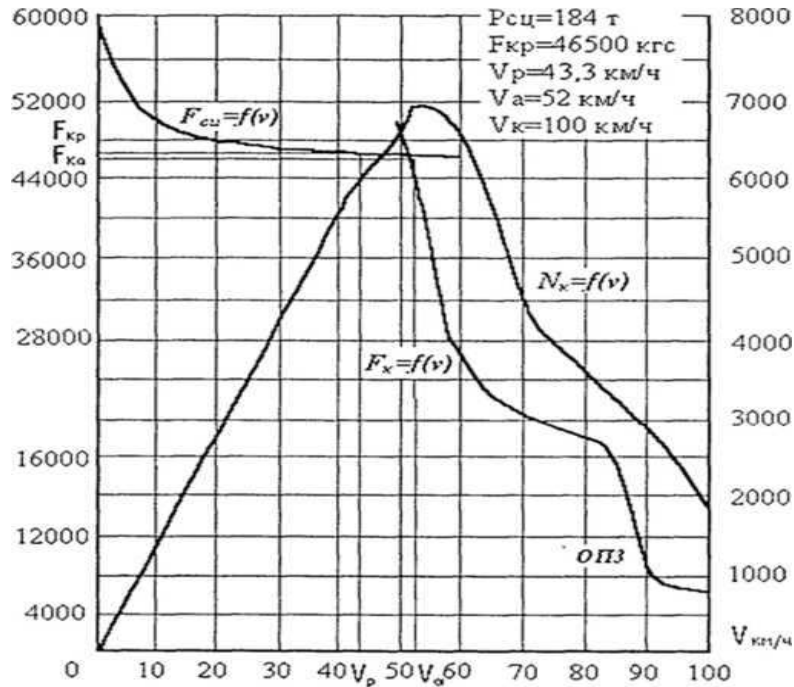


Рис. 1.3 Характеристики сили тяги, сили зчеплення і потужності електровоза.

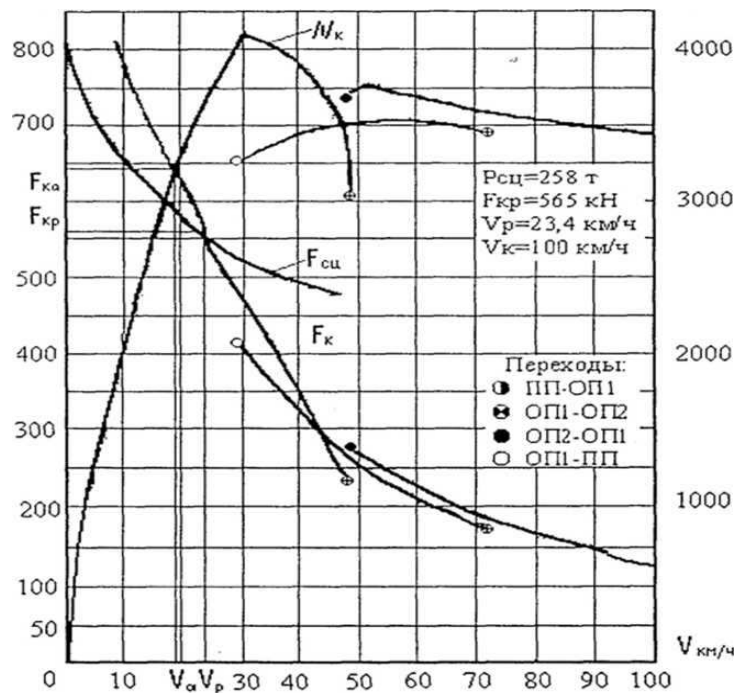


Рис. 1.4 Характеристики сили тяги, сили зчеплення і потужності тепловоза.

На графіках  $V_a$ ,  $V_k$  – відповідно швидкість виходу на автоматичну криву, розрахункова і конструкційна швидкості.

На тяговій характеристиці тепловоза треба показати точки переходів з повного збудження на ослаблені збудження ОЗ1 і ОЗ2 як показано на рисунку 1.4.

## Розділ 2. Аналіз та порівняння характеристик локомотивів.

Заданий за табл. 1.1 локомотив необхідно порівняти по тяговим і потужносним характеристикам з обраним (порівнюваним) локомотивом. Порівнюваний локомотив студент повинен вибрати самостійно, причому не обов'язково з локомотивів, зазначених у таблиці 1.1, а також можна вибрати за джерелами зі списку літератури, рекомендованої для виконання роботи в кінці вказівок).

Критерії вибору порівнюваного локомотива:

- Він повинен виконувати той же вид роботи, що й заданий локомотив (вантажний, маневровий або пасажирський);
- Потужності локомотивів ( заданого і порівнюваного ) повинні бути приблизно однаковими (за номінальною потужністю тривалого режиму);
- Кількість секцій, їх осьові формули, розрахункові швидкості і навантаження від осі на рейки повинні бути приблизно однаковими.

Порівнювати можна електровоз з електровозом (в т.ч. різних родів струму), тепловоз з тепловозом, тепловоз з електровозом.

Після вибору порівнюваного локомотива та опису відповідності його зазначеним вище критеріям необхідно взяти з ПТР [2.1] його тягову характеристику і нанести на неї залежність дотичної потужності  $N_k = f(V)$  побудовану за результатами розрахунку по формулі (1.8) (аналогічно побудові у розділі 1.

Тягова характеристика порівнюваного локомотива (якщо це тепловоз) з усіма обмеженнями та точками переходів по збудженню (ПЗ, ОЗ1, ОЗ2) наводиться для режиму номінальної потужності по типу з'єднання ТЕД зазначеному в пояснювальній записці і на самому графіку [2.1]. Для порівнюваного електровоза з усіх ліній тягової характеристики вибирається одна з тих же умов, які наведені у розділі 1 (для номінального режиму роботи при паралельному з'єднанні ТЕД по ОЗ3 для постійного струму, ОЗ2 змінного струму і по ОЗ4 для електровозів типу ЧС). Зазвичай ці лінії виділені на наведених у ПТР характеристиках товстою лінією. Крім того, для порівнюваного локомотива окремо визначаються величини  $F_{кр}$ ,  $V_p$ ,  $V_k$ ,  $P_{си}$ . Для порівняння основних характеристик локомотивів вибирається параметри, які найбільш повно характеризують їх ефективність, в даному випадку по тяговим якостям. Для спрощення розрахунків в даній роботі маса складу не розраховується, а приймається умовно в залежності від виду виконуваної роботи однаковим для заданого і порівнюваного локомотивів – 3600 т для вантажних, 2100 т для маневрових і 1200 т для пасажирських. Порівняння



тягових властивостей локомотивів проводиться для питомої розрахункової дотичній потужності (на розрахунковому підйомі).

$$N''_{кр} = N_{кр}/Q, \text{ кВт/т} \quad (2.1)$$

де:  $N_{кр}$  – дотична розрахункова потужність, розрахована за формулою (1.9), кВт;  
 $Q$  - маса складу, т.

Обидва значення  $N''_{кр}$  (для заданого і порівнюваного локомотивів) необхідно розрахувати по формулі (2.1) при заданому значенні  $Q$ . Потім для цих локомотивів розраховуються значення величин виконаної роботи, кВт год.

$$A = N_{кр} * t, \quad (2.2)$$

і питомої роботи кВт год/т

$$A'' = N''_{кр} * t$$

де:  $t$  – час роботи (однаковий для обох локомотивів)

$$t = S/V_p \quad (2.3)$$

де:  $S$ , км – відстань, на яку переміщується поїзд (приймається 1 км);

$V_p$ , км/год – швидкість на розрахунковому підйомі.

Тоді питома робота кожного локомотива визначиться по формулі:

$$A'' = N''_{кр} * S/V_p, \text{ кВт}\cdot\text{год/т}. \quad (2.4)$$

За результатами порівняння цих розрахунків необхідно зробити висновок (з записом в кінці розділу) про тягових властивостях заданого і порівнюваного локомотивів.

### Розділ 3. Визначення коефіцієнта корисної дії тепловоза.

Незалежно від серії локомотивів, розглянутих в попередніх розділах, в цьому розділі серія тепловоза для визначення ККД вибирається з таблиці 3.1 вихідних даних.

Коефіцієнт корисної дії тепловоза є одним з його основних техніко-економічних показників і визначається за формулою:

$$\eta_m = (3600 \cdot N_{кр}) / (G_{год} \cdot Q_p^H), \quad (3.1)$$

де 3600 кДж/кВт.год – тепловий еквівалент роботи;

$N_{кр}$  – дотична потужність тепловоза, кВт (підставляється її розрахункове значення, одержане за формулою (1,8)  $N_{кр} = F_{кр} V_p / 3,6$ , кВт; величини  $F_{кр}$  і  $V_p$  для тепловоза, що розглядається, береться з ПТР);

$Q_p^H$  – найнижча робоча теплотворна спроможність одного кілограма дизельного палива (42500 кДж / кг);

$G_{год}$  – годинна витрата палива тепловозом, кг / год.

Підставляється значення  $G_{год}$  для розрахункової швидкості за графіками витрати палива в режимі тяги при максимальній потужності силової установки  $G = f(V)$ , наведеній в ПТР. Необхідно врахувати, що отримані з ПТР значення  $G$ , кг/хв., перед підстановкою у формулу (3,1) необхідно перевести в кг / год:

$$G_r = 60 \cdot G, \quad [2, \text{с.19}, (3.2)]$$

Якщо дані графіка наведені для однієї секції, їх необхідно помножити на кількість секцій.

Після підстановки всіх зазначених вище величин записується отримане значення ККД тепловоза для номінального режиму роботи при русі його по розрахунковому підйому. Одержане за формулою (3.1) значення ККД треба округлити з точністю до двох знаків після коми та перевести у проценти.

#### Розділ 4. Визначення коефіцієнта корисної дії електровоза.

Исходные данные для решения поставленной задачи выбираются студентом из таблиці 4.1, в соответствии с **цифрами номера залікової книжки (шифром)**.

Під коефіцієнтом корисної дії електричної тяги розуміють ККД всієї системи, включаючи ККД установок для вироблення, передачі, перетворення і споживання енергії. В кожній з ланок цієї системи існують втрати енергії, що враховуються при визначенні ККД всієї системи.

Треба уявляти що коефіцієнт корисної дії у електровозів постійного струму 88-89%, а у електровозів змінного струму нижче – 84-86%, через додаткових втрат у трансформаторі та випрямлячі.

Коефіцієнт корисної дії електричної тяги визначається добутком ККД ланок, що складають систему:

$$\eta_{em} = \eta_{ec}\eta_{nm}\eta_{lep}\eta_{mn}\eta_{km}\eta_{el}, \quad (4.1)$$

де  $\eta_{em}$  – ККД електричної тяги;

$\eta_{ec}$  – ККД електростанції;

$\eta_{nm}$  – ККД підвищувального трансформатора;

$\eta_{lep}$  – ККД лінії електропередачі;

$\eta_{mn}$  – ККД тягової підстанції;

$\eta_{km}$  – ККД контактної мережі;

$\eta_{el}$  – ККД електровоза.

Одержане за формулою (4.1) значення ККД треба округлити з точністю до двох знаків після коми та виразити у процентах.

## Розділ 5. Технічна характеристика електровоза.

В цьому розділі треба привести основні технічні характеристики, особливості конструкції та систем, перелік основного обладнання і його розміщення на одній секції електровоза взятого з табл. 5.1 вихідних даних.

Перелік основних технічних характеристик (із зазначенням розмірностей):

- Серія електровоза, рід застосовуваного струму;
- Період побудови (рік початку і кінця випуску);
- Рід служби (вид виконуваної роботи);
- Осьова характеристика, діаметр колеса;
- Вага локомотива (або зчіпна маса);
- Навантаження від осі колісної пари на рейки;
- Потужності різних режимів (тривалого, годинного);
- Сила тяги різних режимів (тривалого, годинного), дотична на розрахунковому підйомі;
- Швидкості (конструкційна, на розрахунковому підйомі, на тривалому та годинному режимах);
- Наявність або відсутність електричного гальмування (за наявності його вигляд: реостатне, рекуперативне);
- Тип тягових електродвигунів і їх число;
- Тип підвішування електродвигунів;
- Висота від головки рейки до опущеного струмоприймача;
- Ширина кузова;
- Довжина всього електровоза по осях автозчепок;
- Довжина однієї секції (якщо електровоз багатосекційний).

Обсяг опису характерних особливостей конструкції і систем – близько одної сторінки. Наприкінці необхідно зробити посилання на специфікацію основного обладнання (оформлену за вимогами ЕСКД) і креслення електровоза. На кресленні в одному з рекомендованих ГОСТом масштабів відповідно до вимог ЕСКД необхідно накреслити одну секцію електровоза (вид зверху і збоку), другорядні деталі можна креслити спрощено. На обох проєкціях зробити виноски і вказівки основного обладнання та основних частин локомотива (рама, кузов, візки і т.д.) і позначити їх цифрами, відповідними цифрам позицій у специфікації обладнання. В останній, крім найменування і позначень (при їх наявності), необхідно вказати кількість обладнання (для однієї секції). При наявності приміток вносити їх у відповідну графу специфікації. На штампі креслення вказати умовне позначення курсової роботи, назву («Розташування основного обладнання на секції електровоза серії ...») та інші загальноприйняті позначення. На кресленні повинні бути габаритні розміри секції, база електровоза (відстань між осями візків однієї секції) і база візків (відстань між крайніми осями візка) в мм.

Відомості за обраним електровозом необхідно взяти за літературними джерелами наведеними у кінці вказівок.

## Розділ 6. Технічна характеристика тепловоза.

Аналогічно вимогам попереднього розділу, тут необхідно привести основні технічні характеристики, характерні особливості конструкції, перелік та призначення основного обладнання та креслення його розташування на одній з секцій тепловоза. Кратко пояснити устрій та принцип роботи силової передачі тепловоза, вимоги до силової передачі, принцип регулювання швидкості руху. У тепловозів промислового транспорту пояснити принцип роботи гідромеханічної передачі. Серія тепловоза вибирається за табл. 6.1. вихідних даних.

Перелік основних технічних характеристик (із зазначенням розмірностей):

- серія тепловоза, завод -виробник;
- рід служби (вид виконуваної роботи);
- період будівлі (рік початку і кінця випуску);
- осьова характеристика, діаметр колеса;
- вага локомотива (в одному з станів – порожньому або службовому);
- запаси палива, масла, води, піску;
- навантаження від осі колісної пари на рейки;
- потужність номінального режиму (у дизелів, дотична тривалого режиму);
- сила тяги розрахункового режиму;
- швидкість (конструкційна, на розрахунковому підйомі);
- характеристика дизеля (при електричній передачі – дизель-генератора), заводське позначення і по ГОСТу;
- тип передачі потужності (при електричній передачі – рід струму і типи тягових генератора і електродвигунів, тип їх підвішування. При гідропередачі – її тип і позначення);
- габаритні розміри (висота, ширина, довжина по осях автозчеплень), мм.

Якщо тепловоз багатосекційний, наводиться креслення розташування обладнання по одній секції. Вимоги до креслення і специфікації такі ж, як у попередньому розділі 5 (по електровозу). Обсяг опису характерних особливостей конструкції і систем до 3–4 сторінок.

## Розділ 7. Контрольні запитання.

Контрольні запитання для кожного варіанту надані в таблиці 7.1 вихідних даних по номеру в заліковій книжці студента. Письмова відповідь на кожне питання має розкрити сутність в обсязі від 1,0 до 1,5 сторінок тексту з додатком (у разі потреби) ескізів, графіків, схем або таблиць. Останні повинні мати номер і посилання на них у тексті.

1. Історія розвитку тягового рухомого складу.
2. Охарактеризувати сили, що діють на поїзд.
3. Стан поїзда залежно від діючих на нього сил.
4. Передача потужності тепловоза (функціональна схема).
5. Визначення сили тяги локомотива.
6. Електротягові характеристики ТЕД.
7. Тягова характеристика локомотива та її обмеження.
8. Побудова тягової характеристики локомотива по електротяговій характеристиці ТЕД (методика) .
9. Класифікація локомотивів за видами тяги і призначенням в роботі.
10. Тягова характеристика локомотива. Розрахункова сила тяги і розрахункова швидкість.
11. Розрахунок дотичній потужності ( $N_k$ ) локомотива по тяговій характеристиці.
12. Обмеження тягової характеристики локомотива по зчепленню (поняття, розрахунок).
13. Передача ваги локомотива на ж. д. полотно (схема) .
14. Конструкція колісної пари локомотива і вимоги до її експлуатації.
15. Типи підвішування тягових двигунів.
16. Осьові формули локомотивів.
17. Розрахунок підвищення зовнішньої рейки в кривих.
18. Основні вузли конструкції локомотива з гідромеханічною передачею.
19. Буксовий вузол колісної пари рухомого складу.
20. Візки локомотивів, зв'язок рами кузова з візками (класифікація).
21. Габарит рухомого складу.
22. Габарит наближення споруд.
23. Описати принцип дії двох та чотирьох тактного дизеля.
24. Поглинаючий апарат автозчепного пристрою (конструкція, робота).
25. Поняття про швидкостях руху (дільнична, технічна).
26. Основні вузли автозчепного обладнання та їх взаємодія.
27. Робота гальмівної системи локомотива.
28. Гальмівна система вагона (конструкція, робота).
29. Вимоги до силової передачі локомотива.
30. Типи зв'язку вала ТЕД з колісною парою при опорно-рамному підвішуванні.
31. Види посвідчення колісних пар локомотива.
32. Автозчепне обладнання (призначення, конструкція, робота).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Тяговые электрические машины и трансформаторы. Под ред. Д.Д.Захарченко. – М.; Транспорт, 1979. – 303с.
2. Подвижной состав и тяга поездов. Под ред. В.В.Деева, Н.Л.Фуфрянского, – М.Транспорт, 1979,– 368с.
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы /ВНИИЖТ –М.: Транспорт, 1985,–287 с.
4. Тяговые расчеты. Справочник /Под ред. П.Т, Гребенюка. М: Транспорт, 1987.- 272 с.
5. Вилькевич В.И. Справочник по электрооборудованию тепловозов.- М.: Транспорт, 1967,–342 с.
6. Рудая К.И. Электрическое оборудование тепловозов.– М.: Транспорт, 1973.- 280 с.
7. Жилин Г.А. Пассажирский тепловоз ТЭП60.–М.: Транспорт, 1971.– 376
8. Рудая К.И. Электрическое оборудование тепловозов. Устройство и ремонт.– М.: Транспорт, 1981.– 287 с.
9. Развитие локомотивной тяги /Под ред. М.А.Фуфрянского, –М.:Транспорт, 1908,– 344 с.
10. Кузьмич В.Д. Тепловозы.– М.: Транспорт, 1982.–317 с.
11. Синенко П.П., Заславский Ё.Т. Тепловоз ТЭЗ.– М.:Транспорт,1966
12. Тепловоз ТЭМ2. Руководство по эксплуатации и обслуживанию ЛЮ .– 215 БМЗ – М.: Транспорт, 1980.– 151 с.
13. Тепловоз 2М62. Экипажная часть, электрическое и вспомогательное оборудование. – М.: Транспорт, 1987.– 184с.
14. Тепловозы типа ТЭ10. Временная инструкция. Луганск, 1965–253 с.
15. Тепловоз 2ТЭ10Л /Руководство по эксплуатации и обслуживанию/ - Луганск, 1969.- 245 с.
16. Тепловоз 2ТЭ10В. Руководство по эксплуатации и обслуживанию /ВЗОР - ХЗТМ-ЦТМПС, 1975.- 295 с.
17. Тепловозы типа ТЭ10М. Руководство по эксплуатации и обслуживанию.- М.: Транспорт, 1985,-421 с.
18. Тепловоз 2ТЭ116 /С.П. Филонов, - М.: Транспорт, 1985.- 328 с.
19. Пассажирский тепловоз ТЭП70 /В.Г.Быков. -М.: Транспорт,1976.-232 с.
20. Передачи мощности тепловозов /Под ред. Лукова И.М. – М.транспорт, 1987.-279 с.
21. Подвижной состав и тяга поездов /Под ред. В.В.Деева.– М.: Транспорт, 1979.-368 с.
22. Дробинский В.А. Как устроен и работает тепловоз. – М.Транспорт, 1980.- 367 с.
23. Сидоров И.И. Как устроен и работает электровоз.– М. Транспорт, 1988-223 с.

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**та завдання до виконання курсової роботи з дисципліни: «Локомотиви (магістрального та промислового транспорту)» студентами напряму 6.070105 «Рухомий склад залізниць», спеціальності 7.07010501 «Локомотиви та локомотивне господарство» денної та заочної форми навчання.**

**Укладачі: Черняк Ю.В.,  
Усватов М.О.,  
Гаюр А.В.,  
Ревчук М.О.**

Відповідальний за випуск – Гаюр А.В.

Редактор – Щербак Н.В.

Макет і верстка В.О.Андрієнка

---

Підписано до друку 02.06.2011. Формат 60x84/16. Папір – офсетний. Друк – на ризографі. Зам. № 65-2/11. Тираж 50 прим.

---

Надруковано у Редакційно-видавничому центрі

Державного економіко-технологічного університету транспорту.

Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 3079 від 27.12.07 р.

03049, м. Київ-49, вул. М.Лукашевича, 19