

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра управління експлуатаційною роботою

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання індивідуальних завдань

**з дисципліни
«ЗАГАЛЬНИЙ КУРС ТРАНСПОРТУ»**

Харків – 2022

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри управління експлуатаційною роботою 16 травня 2022 р., протокол №12.

Методичні вказівки відповідають програмі дисципліни «Загальний курс транспорту».

Методичні вказівки призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня I курсу спеціальностей 275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті), 263 Цивільна безпека.

Укладач

доц. Л. І. Рибальченко

Рецензент

доц. Т. Ю. Калашнікова

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Призначення, особливості, сфера застосування тягових розрахунків.....	5
2 Визначення маси та довжини складу вантажного поїзда, довжини приймально-відправних колій.....	7
2.1 Визначення розрахункової маси складу вантажного поїзда.....	7
2.2 Визначення розрахункової довжини складу вантажного поїзда.....	11
2.3 Визначення стандартної довжини приймально-відправних колій.....	12
3 Вихідні дані, необхідні для виконання розрахунків	14
Список літератури.....	17

ВСТУП

Дисципліна «Загальний курс транспорту» призначена для ознайомлення здобувачів вищої освіти з основними принципами та діяльністю різних видів транспорту, у тому числі і залізничного. В процесі вивчення вищевказаної дисципліни здобувачі вивчають комплекс технічних пристроїв, структуру, підрозділи, технічні засоби, основи роботи, призначення залізничного транспорту.

Транспорт виконує необхідні та важливі функції у існуванні багатьох країн. У транспортній системі нашої країни залізниці займають одне з провідних місць. Робота залізниць має бути злагодженою, спланованою, структурованою.

До роботи залізниць пред'являються багато вимог, такі як якісне та своєчасне, а також повне виконання перевезень вантажів та пасажирів залежно від запитів відправників вантажу, вантажоодержувачів, народного господарства та населення. Для виконання вищевказаних вимог необхідним є дотримання важливих принципів: чітке управління та організація праці у всіх ланках, їх чітка взаємодія, впровадження новітніх технологій; економічне використання технічних засобів; високопродуктивне використання технічних засобів; якість обслуговування вантажовласників, вантажоодержувачів, пасажирів; зв'язок та взаємодія з роботою інших видів транспорту.

Використовуючи дані методичні вказівки для вирішення окремих задач, що стосуються залізничного транспорту, здобувачі вищої освіти отримують деякі практичні навички, які стануть у нагоді для роботи у сфері транспорту. До таких задач також відносяться і розрахунок маси та довжини складу поїзда, і розрахунок корисної довжини колій.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ, ОСОБЛИВОСТІ, СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ ТЯГОВИХ РОЗРАХУНКІВ

Для функціонування залізниць, одними з важливих розрахунків є тягові розрахунки, які призначені для визначення різноманітних завдань, які стосуються будівництва, експлуатації, проєктування залізниць. Також їх призначенням є визначення залежності від відстані швидкості поїздів та часу їх ходу по дільницях та перегонах. Також до таких завдань відносяться: можливість рушення поїзда на різноманітних підйомах та спусках; спосіб розстановки світлофорів за умови існування системи автоблокування на дільниці; визначення часу ходу різних категорій поїздів по перегону для побудови графіку руху; проєктування систем інтервального регулювання руху; розрахунок норм ваги поїздів; проєктування систем автоведення поїздів.

При виконання тягових розрахунків визначаються різні загальні техніко-економічні показники транспорту, а також комплексно встановлюються: вид тяги; витрати на час; витрати на енергоресурси при виконанні маневрової та поїзної роботи; маса маневрового складу або маса поїзда; необхідний парк локомотивів; оптимальна потужність та необхідна потужність парку локомотивів.

При виконанні тягових розрахунків необхідно враховувати пункти економії ресурсів, які є задіяними при виконанні маневрової роботи та при русі поїздів:

- раціональне використання рухомого складу за рахунок зниження його холостого або порожнього пробігу; внаслідок чого тривалість перевезення вантажу буде зменшена, та кількість використаного парку локомотивів та вагонів також буде меншою;
- зменшення витрат енергії сили тяги локомотива за умови зменшення опору руху за рахунок підвищення статичного навантаження вантажних вагонів при перевезенні в них вантажу;
- зниження опору руху за рахунок модернізації та посилення конструкції колії, що також призведе до комплексного зниження експлуатаційних витрат;
- підвищення ефективності використання рухомого складу за рахунок підбору типу рухомого складу, а саме вибору

локомотивів з оптимальною потужністю, уникаючи завищення потужності та вибору вагонів за критерієм мінімальності маси їх тари;

- зменшення втрат кінетичної енергії поїзда, яка була накопичена за рахунок зменшення крутості підйомів та збільшення радіусу кривих ділянок колії, а також зменшення опору руху в результаті пом'якшення плану та профілю колії та уникнення крутих спусків, при русі на яких є необхідним регульовальне гальмування;

- досконале формування маршрутних поїздів, у складі яких знаходяться вагони різних типів.

Для досягнення найменшого опору треба вагони одного типу зосереджувати в окремі групи, а також розташовувати групи вагонів у складі одного поїзда у послідовності зниження опору повітряного середовища, починаючи з голови поїзда, а саме: перша група складається з критих вагонів, друга – з напіввагонів, третя – з цистерн, четверта – з платформ. У всіх вагонах двері та люки мають бути закритими.

Деякі заходи, які можуть бути направлені на зменшення опору:

- уникнення у негальмових режимах торкання гальмівних колодок коліс за рахунок постійного справного стану гальмівної системи рухомого складу;

- встановлення різноманітних пристроїв, які призначені для зниження сил бічного вітру, зменшення засипання колії снігом, а також насадження лісосмуг з тим же призначенням;

- уникнення застигання мастила букс, особливо в зимових умовах, за рахунок скорочення простоїв поїздів;

- використання змащувальних матеріалів для гребнів коліс локомотивів для зниження зносу рейок, коліс, зменшення опору особливо у кривих ділянках колії;

- зміна мастила для буксових підшипників залежно від сезону відповідним сортом для експлуатаційного рухомого складу;

- постійне утримання колії, рухомого складу у належному технічному стані.

Дотримання всіх перерахованих пунктів може призвести до скорочення трудовитрат при організації перевезень та утримання колії, а також рухомого складу.

Для універсальності розрахунків часто основні формули, прийняті в розрахунках, є єдиними для всіх видів тяги, адже при тепловозній та при електричній тязі сили, що діють на потяг, є основними та не залежать від виду струму (постійного або змінного). У якості цих сил розглядається сила тяги локомотива, як позитивна, та сила опору руху, яка є негативною.

Але слід чітко дотримуватися умов, де є єдині положення для тягових розрахунків, а де розрахунок ведеться обов'язково окремо для різних видів тяги [1, 6].

2 ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ТА ДОВЖИНИ СКЛАДУ ВАНТАЖНОГО ПОЇЗДА, ДОВЖИНИ ПРИЙМАЛЬНО – ВІДПРАВНИХ КОЛІЙ

2.1 Визначення розрахункової маси складу вантажного поїзда

Показники роботи залізниць поділяються за різновидом на якісні та кількісні. Одним з найважливіших якісних показників є вага складу вантажного поїзда. Його важливість обумовлюється тим, що виведення з ладу локомотива в русі, яке цілком можливе при перевищенні вагової норми поїзду, може призвести до порушення графіку руху поїздів. Отже, повне використання потужності локомотива з уникненням зниження надійності його роботи в процесі експлуатації стає можливим при правильному розрахунку ваги складу вантажного поїзда. А також правильний розрахунок цього показника призводить до підвищення економічності перевезень та зниження їх собівартості [5].

При визначенні розрахункової ваги складу поїзду дотримуються умови рівномірного руху з розрахунковою швидкістю, з розрахункового підйому та з повним використанням потужності локомотива, згідно з обраною серією.

Основні фізичні параметри, що використовуються при розрахунках, приймають з визначеною точністю та у визначених одиницях виміру:

- силу тяги вимірюють у ньютонах (Н), приймаючи заокруглення до 500 Н;

- швидкість поїзда зазначають з одним знаком після коми та вимірюють у км/год;

- час ходу поїзда зазначають з одним знаком після коми та вимірюють у хвилинах;

- крутість ухилу профілю колії – визначають у проміле (це 1/10 відсотка, або одна тисячна частка, позначається як ‰, використовується для позначення кількості тисячних часток у одному цілому) з одним знаком після коми;

- вага складу вантажного поїзда – розраховується у кН, приймаючи результат у заокругленні до 500 кН;

- питомі сили розраховують у Н/кН, залишаючи два знаки після коми.

На шляху прямування поїзда профіль колії може змінюватися, що призводить до різних умов руху, які мають бути враховані при розрахунку маси складу поїзда. До цього відноситься можливість подолання керівного ухилу (найбільшого затяжного підйому при одиночній тязі та розрахунковій мінімальній швидкості руху). Це пов'язано з тим, що при русі на підйом запас кінетичної енергії розігнаного поїзда поступово зменшується до нуля, адже цей підйом має велику довжину і далі рух здійснюється лише за рахунок тягового зусилля локомотива. Від коефіцієнта зчеплення колеса та рейки, типу включення електродвигуна та обмеження магнітного поля (для електровозів), позиції контролера (для тепловозів) залежить сила тяги локомотива від швидкості. Також другим важливим аспектом є спроможність локомотива самотужки зрушити з місця і рухатися зі усіма вагонами далі, після його зупинки на найбільшому підйомі, яка могла статися з різних причин (показання прохідного світлофору, аварійна ситуація і т. ін.) [2, 8].

Розрахункова сила тяги F_p має дорівнювати або трохи перевищувати силу повного опору руху локомотива W' та вагонів W'' для виконання умови рівномірного руху поїзда на керівному підйомі.

Отже, умова граничної рівноваги

$$F_p = W'' + W' \quad (2.1)$$

або

$$F_p = m_k \cdot g \cdot \left(\cos \alpha_p \cdot w_o'' + \sin \alpha_p \right) + m_l \cdot g \left(\cos \alpha_p \cdot w_o' + \sin \alpha_p \right), \quad (2.2)$$

де m_k – маса-брутто складу вагонів поїзда за умовою ведення його з рівномірною швидкістю на керівному підйомі, кг;

w_o'', w_o' – відповідно коефіцієнт основного опору вагонів та локомотива при розрахунковій швидкості руху;

m_l – власна маса локомотива, кг;

α_p – кут нахилу колії до горизонту на керівному підйомі;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Враховуючи, що при малих значеннях кута α $\cos \alpha$ декілька менше 1, $\sin \alpha$ декілька менше $tg \alpha$, $tg \alpha_p = i_p$, та розв'язуючи рівняння (2.2) відносно m_k отримаємо

$$m_k = \frac{F_p - m_l \cdot g (w_o' + i_p)}{g (w_o'' + i_p)}. \quad (2.3)$$

Розрахуємо силу за умови граничної рівноваги при зрушенні поїзда з місця на максимальному підйомі у бік підйому

$$F_{zp} = W_{zp}'' + W_{zp}' \quad (2.4)$$

або

$$F_{zp} = m_{zp} \cdot g \cdot \left(\cos \alpha_{zp} \cdot w_o'' + \sin \alpha_{zp} \right) + m_l \cdot g \left(\cos \alpha_{zp} \cdot w_o' + \sin \alpha_{zp} \right), \quad (2.5)$$

де F_{zp} – розрахункова сила тяги локомотива, яку він розвиває при зрушенні з місця, Н;

α_{zp} – кут нахилу колії до горизонту на максимальному підйомі дільниці;

w_0'', w_0' – відповідно коефіцієнт основного опору вагонів та локомотива при зрушенні з місця [3, 7].

Приймаючи до уваги вищенаведені припущення, а також враховуючи, що при зрушенні з місця $w_{зр}'' = w_{зр}' = w_{зр}$, з (2.5) отримаємо

$$m_{зр} = \frac{F_{зр}}{g(w_{зр} + i_{зр})} - m_{л}. \quad (2.6)$$

Після виконання розрахунків за формулами (2.3) та (2.6) обирають масу складу, яка має менше значення, та призводять її до кратної величини 50 т у бік зменшення. Отже, маса складу поїзда m_c буде прийнята як розрахункова норма маси складу поїзда.

Якщо швидкість руху в кінці підйому, який перевіряється, вийшла рівною або трохи більше розрахункової швидкості обраної серії локомотива, то маса складу розрахована правильно.

Але існують випадки, коли вихідну швидкість зі швидкісних підйомів дозволено знижувати (залежно від виду локомотива та виду тяги) на деяких коліях, що знаходяться в експлуатації, але довжина відрізка колії не має перевищувати 500 м, на якому здійснюється рух зі швидкістю меншою, ніж розрахункова. У разі дотримання встановлених норм щодо нагрівання тягових електричних машин та за наявності резервів пропускної спроможності, є можливим відступ від цієї величини за дозволом керівництва підприємства.

Після отриманих розрахунків маси складу її необхідно перевірити за декількома пунктами:

- можливість перегріву тягових електродвигунів;
- можливість зрушення з місця;
- відповідність довжини поїзда довжині приймально-відправних колій (не перевищення).

Кількість вагонів у складі поїзда (маса складу поїзда) на різноманітних виробництвах, у тому числі металургійних, має задовольняти технології виробництва, наприклад, масі вантажу, який має подаватися тільки одночасно, кількості вагонів для завантаження рідкими вантажами и т. д. У разі перевезення

небезпечних вантажів треба враховувати необхідність використання та постановки вагонів прикриття. Всі ці аспекти необхідно враховувати при виконанні тягових розрахунків.

2.2 Визначення розрахункової довжини складу вантажного поїзда

Як було вже згадано вище, при виконанні тягових розрахунків необхідною є перевірка відповідності розрахованої довжини поїзда довжині приймально-відправних колій. Це пов'язано з тим, що треба переконатися, що станції на шляху прямування поїзда та станції формування та призначення зможуть прийняти його без порушення правил, маючи достатню корисну довжину приймально-відправних колій, на яких має розміщуватися поїзд, з розрахованою масою та довжиною.

Тому далі є логічним виконання розрахунку довжини поїзда. Довжина поїзда визначається за формулою

$$l_n = \frac{m_c}{m_{cp}} \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot l_i + l_l, \quad (2.7)$$

де m_{cp} – середня маса брутто вагона, т;

n – кількість різновидів вагонів, з яких складається поїзд (у даному завданні $n = 2$: чотиривісні та восьмивісні);

γ_i – частина вагонів i -го різновиду у складі поїзда;

l_i – середня довжина вагона i -го різновиду по осям автозчепок (у розрахунках прийняти середню довжину: чотиривісного $l_4 = 15$ м, восьмивісного $l_8 = 20$ м.);

l_l – довжина локомотива по осям автозчепок, м.

Для розрахунку за формулою (3.1) необхідно визначити середню масу брутто вагона

$$m_{cp} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot m_i, \quad (2.8)$$

де m_i – маса брутто вагона i -го різновиду, т [3, 7].

2.3 Визначення стандартної довжини приймально-відправних колій

За правилами та нормами будови станцій та вузлів, а також у техніко-розпорядчому акті кожної станції вказано, що станційні колії мають повну та корисну довжину. Відстань між стиками рамних рейок стрілочних переводів, які обмежують цю колію, називають повною довжиною колії. Якщо колія є тупиковою, то її повна довжина визначається як відстань від упору до стику рамної рейки стрілочного переводу.

Корисною ж вважається довжина колії, яка задовольняє встановленню на ній рухомого складу з умовою просування іншого рухомого складу по сусідніх коліях, та є частиною повної довжини. Корисна довжина відраховується між вихідним світлофором з одного боку та граничним стовпчиком з іншого, або між двома граничними стовпчиками, або полягатиме між вихідними світлофорами, якщо має вихідні світлофори в обидва напрями.

Для тупикової колії корисна довжина розраховується між упором та граничним стовпчиком, а за наявності світлофору біля колії – між упором та світлофором.

Стандартна корисна довжина колій проектується 850 м, 1050 м, 1250, 1550 та 1700 м [2, 4].

Для можливості сприйняття сигналу машиністом та урахування неточності встановлення поїзда, необхідним є встановлення розміру корисної довжини колії трохи більшого ніж довжина поїзда. Довжини локомотивів наведені у таблиці 1.

За такою формулою розраховується необхідна корисна довжина приймально – відправних колій

$$l_k = l_n + l_n , \quad (2.9)$$

де l_n – додаткова довжина колії, що враховує неточність зупинки поїзда перед вихідним світлофором, $l_n = 10$ м.

Таблиця 1

Локомотив	Довжина одиниці, м
2ЕЛ4	35
2ЕЛ5 (ВЛ 100)	35
ВЛ10	32
ВЛ10 ^у	32
ВЛ80	33
2М62	34
2ТЕ116	36
ВЛ8	27,5
ВЛ11	32,5
ВЛ60 ^к	21
ВЛ80К	33
ВЛ82	33
ДЕ1	32
ДС3	32
ТГК2	9,0
ТГМ23	9,0
ТГМ4	12,6
ТГМ6	14,0
ТГМ40	11,3
ТЭ10Л – 1 секція	17,0
ТЭМ7	22,0
ЕЛ1	21,3
Е5К	40

Після визначення довжини приймально-відправних колій обирають значення стандартної довжини колій, яке має бути найближчим до отриманого у розрахунках, але більшим за нього.

Визначивши довжину приймально-відправних колій, необхідно вибрати найближче більше значення стандартної довжини колій. Значення стандартних довжин колій вказані на початку даного розділу.

Корисну довжину приймально-відправних колій для вантажного руху слід встановлювати з урахуванням уніфікованої корисної довжини колій на прилеглих напрямках; її мінімальне значення приймати рівним 850 м і 1050 м, а для частини

станційних колій при техніко-економічному обґрунтуванні – 1700 м і 2100 м.

Для організації постійного обертання з'єднаних поїздів на роздільних пунктах, де ці поїзди з'єднують і роз'єднують, або вони зупиняються для схрещення, обгону чи технічного обслуговування вагонів, корисна довжина частини станційних колій приймається рівною довжині з'єднаних поїздів, які обертаються на лініях, що примикають до станції. Залежно від місцевих умов допускається для об'єднання і роз'єднання з'єднаних поїздів проектувати паралельно головним коліям додаткові вхідні і вихідні колії необхідної довжини.

Корисна довжина приймально-відправних колій на під'їзних коліях, а також колій для поїздів або груп вагонів, що передаються на вантажні станції (райони) і промислові підприємства маневровим порядком, встановлюється проектом і має відповідати вимогам маршрутизації. У випадках подовження приймально-відправних колій на окремих дільницях і напрямках залізничних ліній станції, роз'їзди й обгінні пункти, на яких колії підлягають подовженню в першу чергу, а також кількість колій, що подовжуються, на кожному роздільному пункті встановлюються проектом залежно від розміру і характеру руху поїздів на розрахункові терміни [2, 4].

3 ВИХІДНІ ДАНІ, НЕОБХІДНІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

У ході виконання індивідуального завдання необхідно: розрахувати масу бруто складу поїзда, яку локомотив заданої серії буде спроможним провести по даній дільниці; виходячи з отриманої маси, розрахувати довжину поїзда; визначити стандартну корисну довжину приймально-відправних колій. Вихідні дані для розрахунків наведені у таблицях 3 та 4.

Таблиця 3 – Характеристика рухомого складу поїзда та поздовжнього профілю дільниці

Показники	Перша цифра номеру в списку групи									
	1	3	5	7	9	0	2	4	6	8
1 Частка вагонів у складі поїзда, %:										
- чотиривісних	92					97				
- восьмивісних	8					3				
2 Маса вагона брутто, т:										
- чотиривісного	70					75				
- восьмивісного	130					155				
3 Коефіцієнт основного опору вагонів при розрахунковій швидкості, 10^{-3}										
	1,1					1,6				
4 Коефіцієнт основного опору руху поїзда (локомотива і вагонів) при зрушенні з місця, 10^{-3}										
	4,2					4,8				
5 Керівний ухил дільниці, ‰										
	4,0					8,0				
6 Найбільший підйом колії на дільниці, ‰										
	8,0					12,0				

Таблиця 4 – Технічні характеристики локомотивів

Показники	Остання цифра номеру в списку групи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1 Серія локомотива	2М62	2ТЕ116	2М62	2ТЕ116	ВЛ8	ВЛ11	ВЛ60 ^к	ВЛ80 ^к	ВЛ82	ДЕ1
2 Розрахункова маса локомотива, т	240	276	240	276	184	184	138	184	184	188
3 Довжина локомотива, м	34	36	34	36	27,5	32,5	21	33	33	32
4 Розрахункова сила тяги локомотива, кН	400	510	380	500	465	460	368	490	450	436
5 Сила тяги локомотива при зрушенні з місця, кН	714	814	700	780	607	625	497	662	650	670
6 Коефіцієнт основного опору руху локомотива при розрахунковій швидкості, 10 ⁻³	2,22	2,29	2,24	2,4	2,89	3,02	2,9	2,92	2,8	2,8

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Біліченко М. Я., Расцветаєв В. О. Збірник задач з дисципліни «Основи теорії транспорту»: навч. посіб. Дніпропетровськ: НГУ, 2007. 151 с.

2 Даниленко Е. І., Орловський А. М., Татуревич А. П. Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України. Київ: Транспорт України, 1999. 248 с.

3 Данько М. І., Гребцов О. І., Головка Т. В. Методичні вказівки та завдання з дисципліни «Загальний курс залізниць»: контрольна робота для студ. I курсу спеціальності 7.100403 ОПУТ заочної форми навчання. Харків: УкрДАЗТ, 2006. 26 с.

4 ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 122 с.

5 Рибальченко Л. І. Методичні вказівки і завдання з дисципліни «Загальний курс транспорту» для студ. освітнього рівня «бакалавр» всіх форм навчання. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 20 с.

6 Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України: офіц. текст. Київ: Мін-во транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, головне управління перевезень, 2005. 458 с.

7 Головка Т. В., Прохорченко Г. О., Рибальченко Л. І. Методичні вказівки та пояснювальна записка до контрольної роботи з дисципліни «Загальний курс транспорту». Харків: ТОВ Панов А.М., 2017. 10 с.

8 Правила технічної експлуатації Залізниць України. Київ: Транспорт України, 2002. 133 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання індивідуальних завдань

з дисципліни
«ЗАГАЛЬНИЙ КУРС ТРАНСПОРТУ»

Відповідальний за випуск Рибальченко Л. І.

Підписано до друку 2022 р.
Умовн. друк. арк. 0,75. Тираж . Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.