

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра колії та колійного господарства

**Секція проектування, технологій та організації будівництва
й реконструкції залізниць**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання індивідуальних завдань,
практичних занять, розділу курсового та дипломного
проектування з дисципліни**

«ПРОЕКТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ»

Харків – 2013

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри колії та колійного господарства 7 жовтня 2013 р., протокол №1.

Рекомендовано для студентів напрямку підготовки 7.07010801 «Залізничні споруди та колійне господарство» всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти С.М. Камчатна,
О.О. Матвієнко,
асист. А.О. Шевченко

Рецензент

доц. В.Г. Мануйленко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуальних завдань,
практичних занять, розділу курсового та дипломного проектування з
дисципліни

«ПРОЕКТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЦЬ»

Відповідальний за випуск Шевченко А.О.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 15.11.13 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,0. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

Будівельний факультет

Кафедра «Колія та колійне господарство»

Секція «Проектування, технології та організації будівництва
й реконструкції залізниць»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуальних завдань, практичних занять,
розділу курсового та дипломного проектування з дисципліни
«Проектування реконструкції залізниць»

для студентів напрямку 7.07010801
«Залізничні споруди та колійне господарство»

Харків – 2013

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Колія та колійне господарство» 7 жовтня 2013 р., протокол №1.

Рекомендовано для студентів напрямку підготовки 7.07010801 «Залізничні споруди та колійне господарство» всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти С.М. Камчатна,
О.О. Матвієнко,
асист. А.О. Шевченко

Рецензент

доц. В.Г. Мануйленко

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Вихідні дані.....	5
1.1 Дані для розрахунку та поздовжній профіль залізниці.....	5
1.2 Зміст роботи.....	5
1.3 Перелік документів, які необхідно подати до захисту.....	9
2 Розрахунок маси поїзда.....	11
3 Розрахунок пропускної спроможності.....	14
4 Розрахунок провізної спроможності.....	19
5 Креслення графіка оволодіння перевезеннями.....	21
6 Складання схем етапного посилення потужності існуючої лінії та їх аналіз.....	23
7 Призначення можливих технічних станів з метою збільшення провізної спроможності.....	24
Питання до самоконтролю та підготовка до захисту роботи.....	26
Список літератури.....	27
Додаток А.....	28
Додаток Б.....	29
Додаток В.....	30
Додаток Г.....	31

ВСТУП

Зростання потреб господарства країни й населення в перевезеннях вимагає безперервного збільшення потужності залізниць, що експлуатуються, безперебійність роботи яких можлива при наявності певних резервів пропускної й провізної спроможності залізниць.

Для визначення потужності існуючих споруджень і обладнань залізниці й обґрунтування необхідності етапного збільшення її пропускної й провізної спроможності при різних способах технічного оснащення й способах організації руху поїздів на поточний період і на перспективу проводиться аналіз оволодіння перевезеннями.

Аналіз оволодіння перевезеннями виконується на основі даних економічного й технічного обстеження існуючої лінії й містить у собі розрахунки пропускної й провізної спроможності залізниці при різних технічних станах та побудови графіка оволодіння перевезеннями і вибір логічно можливих шляхів етапного збільшення потужності існуючої залізниці.

Вихідною інформацією є прогнозовані обсяги вантажних перевезень на розрахункові роки експлуатації, а також дані про технічний стан існуючої лінії, які подані в завданні на проектування.

1 Вихідні дані

У реальних умовах аналіз оволодіння перевезеннями проводиться для лінії довжиною не менш довжини тягових плеч або ділянки обслуговування локомотивами (250-400 км). У курсовому або дипломному проекті з метою зменшення обсягу роботи передбачається виконання розрахунків пропускної спроможності для перегону, що має максимальний час руху.

1.1 Дані для розрахунку та поздовжній профіль залізниці

Вихідні дані щодо технічного стану існуючої ділянки залізниці наведено у таблиці 1.1, а розрахунковий поздовжній профіль у таблиці 1.2.

1.2 Зміст роботи

Для заданих вихідних даних необхідно виконати розрахунки пропускної та провізної спроможності існуючої ділянки залізниці, накреслити графік оволодіння перевезеннями і вибрати логічні схеми збільшення пропускної спроможності залізниці. При включенні в схему того чи іншого технічного стану необхідно мати на увазі, що період роботи лінії у цьому стані має бути не менше 3–4 років.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані щодо технічного стану ділянки залізниці

Варіант	Тип локомотива	СЦБ	Номер профілю	Вагони	β	Конструкція колії	Γ_2	αt	$n_{нас}$				$n_{зб}$			
									2	5	10	15	2	5	10	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	2ТЭ3	НАБ	22	4	0,85	ланк.	4,0	1,1	1	2	3	4	1	1	2	3
2	ВЛ80	АБ	3	6	0,89	безст.	4,2	1,2	1	2	3	4	1	2	2	3
3	2ТЭ116	НАБ	7	8	0,91	ланк.	4,4	1,3	1	3	3	4	1	2	3	4
4	ВЛ23	АБ	13	4	0,80	безст.	4,6	1,4	2	2	3	4	2	2	3	4
5	2ТЭ116	НАБ	24	6	0,79	ланк.	4,8	1,5	2	3	3	4	2	3	3	4
6	ВЛ10	АБ	30	8	0,92	безст.	5,0	1,6	2	3	3	4	2	3	4	4
7	ВЛ82	НАБ	1	4	0,85	ланк.	5,2	1,7	1	2	2	4	1	1	1	2
8	3ТЭ10	АБ	25	6	0,78	безст.	5,4	1,8	1	3	3	4	1	1	2	3
9	ВЛ85	НАБ	17	8	0,83	ланк.	5,6	1,9	1	2	2	4	1	2	3	4
10	2ТЭ10	АБ	2	4	0,82	безст.	5,8	2,0	2	3	3	4	2	2	3	3
11	ВЛ60	НАБ	23	6	0,81	ланк.	6,0	2,1	2	2	3	4	2	2	2	3
12	ВЛ80 ^к	АБ	18	8	0,94	безст.	6,2	2,2	2	3	3	3	2	2	3	4
13	ВЛ80 ^р	НАБ	6	4	0,95	ланк.	6,4	2,3	1	2	3	3	2	3	3	4
14	ВЛ11	АБ	16	6	0,92	безст.	6,6	2,4	1	3	3	3	2	3	4	4
15	3ВЛ11	НАБ	21	8	0,91	ланк.	6,8	2,5	2	2	2	3	1	1	2	3
16	3М62	АБ	10	4	0,90	безст.	7,0	2,6	2	2	3	4	1	2	2	3
17	ВЛ10 ^у	НАБ	26	6	0,93	ланк.	7,2	2,7	1	3	3	4	1	2	3	4
18	2М62	АБ	14	8	0,87	безст.	7,4	2,8	2	3	4	4	2	2	3	4
19	2ТЭ3	НАБ	4	4	0,88	ланк.	7,6	2,9	1	2	3	4	2	3	3	4
20	ВЛ80	АБ	27	6	0,89	безст.	7,8	3,0	1	2	2	3	2	3	4	4
21	2ТЭ116	НАБ	12	8	0,90	ланк.	8,0	2,8	1	3	3	3	1	1	1	2
22	ВЛ23	АБ	29	4	0,79	безст.	8,2	2,6	2	3	3	3	1	1	2	3
23	2ТЭ116	НАБ	8	6	0,85	ланк.	8,4	2,4	2	2	3	3	1	2	3	4

24	ВЛ10	АБ	28	8	0,81	безст .	8,6	2,2	2	3	4	4	2	2	3	3
25	ВЛ82	НАБ	11	4	0,80	ланк.	8,8	2,0	1	2	3	4	2	2	2	3
26	ЗТЭ10	АБ	19	6	0,96	безст .	9,0	1,8	1	3	3	4	2	2	3	4
27	ВЛ85	НАБ	5	8	0,97	ланк.	8,9	1,7	1	2	4	4	2	3	3	4
28	2ТЭ10	АБ	15	4	0,90	безст .	7,9	1,6	2	3	4	4	2	3	4	4
29	ВЛ23	НАБ	20	6	0,80	ланк.	6,5	1,5	2	2	3	4	1	2	2	3
30	2ТЭ116	АБ	9	8	0,85	безст .	7,5	1,4	2	3	3	4	1	2	3	4

Таблиця 1.2 – Варіанти поздовжнього профілю

Варіант	Поздовжній профіль									
1	2									
1	0 850	4 1000	0 1500	7 1800	10 2000	4 800	3 700	3 1000	2 1200	1 1000
2	1 800	5 1100	1 1600	5 1700	12 2000	3 900	4 600	2 650	6 900	0 900
3	1 800	5 1200	2 1700	9 1600	8 2200	5 1000	2 500	4 650	7 900	1 800
4	1 850	2 1250	1 1600	5 1700	7 2400	2 1000	3 600	3 700	4 1250	1,5 750
5	1 850	7 1100	2 1500	4 1800	10 2500	5 700	2 700	5 400	4 800	1 700
6	0 900	4 1200	1 1400	8 1500	12 2800	5 900	2 800	4 650	2 950	1 650
7	1 900	5 1100	0 1700	7 2000	11 2300	3 1000	4 700	2 900	6 800	0 600
8	1 900	3 1000	2 1350	8 1900	7 2000	2 1200	5 400	2 800	4 950	1 750
9	1,5 850	4 1200	1 1200	8 1900	7 2500	1 850	4 1000	2 700	3 900	1,5 800
10	1 850	6 1250	1 1400	4 2000	8 2300	3 1200	3 800	3 650	4 600	1 900
11	1 800	5 1200	1 1600	4 1800	12 2800	3 1000	5 400	2 700	4 600	1 900
12	0 850	4 1000	1 1600	9 1600	7 2400	5 700	2 800	4 650	6 800	1 750
13	1 800	5 1100	2 1700	5 1800	10 2500	4 900	3 700	2 800	4 950	1,5 800
14	1 850	2 1250	0 1600	8 2000	9 2300	2 1200	4 1000	3 650	5 700	0 800
15	1 850	7 1100	1 1400	6 2000	8 2500	3 850	2 900	4 700	3 1100	1,5 800
16	0 900	6 1200	1 1700	8 1900	11 2500	4 1200	3 1000	2 800	4 900	1 700
17	1 900	5 1100	2 1350	9 1900	12 2300	4 850	5 400	2 950	3 950	1 650
18	1 900	3 1000	0 1200	4 2000	7 2500	2 1200	6 700	5 650	2 900	1 700
19	1,5 850	4 1200	1 1400	7 1900	9 2000	3 1000	2 800	4 500	3 800	0 750
20	1,5 850	6 1250	1 1200	8 1900	10 2300	5 900	2 700	3 700	7 900	0 850
21	1,5 850	3 1000	0 1700	8 2000	10 2500	2 1000	3 500	4 600	2 1200	1 1000

Продовження таблиці 1.2

1	2									
22	1, 850	4 1100	2 1350	7 2000	12 2800	5 800	3 600	4 650	6 900	0 850
23	1 900	5 1100	2 1400	4 1800	9 2400	6 1000	3 700	2 600	4 850	0 1000
24	0 850	4 1000	0 1500	7 1800	10 2000	4 800	3 700	3 500	2 1200	1 1000
25	0 900	7 1100	1 1600	8 1600	11 2100	5 800	4 650	3 800	2 1100	1,5 800
26	0 950	4 1100	2 1200	6 1850	8 2400	5 700	3 1000	1 800	5 1000	1,5 900
27	1,5 800	0 1100	4 1600	3 1700	10 2700	6 1000	2 850	5 600	3 900	1 700
28	1 850	6 1300	3 1500	9 1900	11 2000	4 1000	5 700	3 700	2 1000	0 850
29	0 800	6 1000	3 1300	5 1850	13 2300	7 800	2 900	4 1000	2 800	1 850
30	1,5 900	5 1400	0 1600	2 1800	8 2100	3 900	4 850	1 1000	3 1000	0 900

Порядок виконання роботи такий:

- 1 Проводиться аналіз існуючого технічного стану залізниці.
- 2 Визначається маса поїзда для заданого типу локомотива і можливих у перспективі.
- 3 Визначається час руху поїзда по перегону на ПЕОМ або методом сталих швидкостей руху, які подані у додатку Г.
- 4 Розраховується пропускна спроможність на розрахункові терміни для різних графіків руху та різних локомотивів.
- 5 Визначається провізна спроможність на розрахункові терміни при різних технічних станах.
- 6 Креслиться графік оволодіння перевезеннями.
- 7 Намічаються можливі логічні схеми та додається їх обґрунтування.

1.3 Перелік документів, які необхідно подати до захисту

У пояснювальній записці коротко викладається текст за розділами проекту з обґрунтуванням прийнятих рішень, наводяться формули з поясненням параметрів і позначень, прийнятих у них, а також усі розрахунки з їх остаточними результатами.

До кожного розділу проекту необхідно дати обґрунтування прийнятих технічних рішень і розрахунків із наведенням формул у загальному вигляді і розшифровкою літерних позначень, які входять до них. За першим знаком рівності після формули про- ставляються цифрові значення, а потім остаточний результат без проміжних обчислень, з обов'язковою вказівкою розмірності, якщо отримана величина не є безрозмірною.

Пояснювальна записка повинна мати титульний аркуш, завдання, зміст, розділи з рисунками (графіками) та таблиці і список літератури.

Графічна частина і пояснювальна записка проекту повинні бути оформлені відповідно до вимог [5, 6].

Графічний матеріал повинен містити:

- 1) таблицю з розрахунками часу руху поїзда при різних типах локомотива і провізної та пропускної спроможності на розрахункові терміни;

2) графік оволодіння перевезеннями і можливі схеми збільшення провізної спроможності.

При захисті роботи необхідно орієнтуватися у питаннях, які розглядалися на лекціях, практичних заняттях.

Результати захисту проекту оцінюються комісією у складі двох-трьох викладачів.

Оцінювання виконаного проекту здійснюється за двома складовими:

- 1) виконання проекту;
- 2) захист проекту.

Підсумкова оцінка за проект визначається як середньозважена двох перелічених складових.

Детальна інформація щодо організації контролю виконання проекту та формування підсумкової оцінки доводиться до відома студентів на першому аудиторному занятті з дисципліни.

2 Розрахунок маси поїзда

Маса поїзда визначається за потужністю локомотива і перевіряється за умовами зрушення з місця та розміщенням в межах приймально-відправних колій.

Максимальна маса поїзда за потужністю локомотива визначається за формулою

$$Q = \frac{F - P(w_0'' + i_e)}{w_0'' + i_e}, \quad (2.1)$$

де Q - маса поїзда;

F - розрахункова сила тяги локомотива;

P - маса локомотива;

w_0 - основний питомий опір руху локомотива при розрахунковій швидкості;

w_0'' - те саме для вагонів;

i_k - керівний ухил.

Основні характеристики локомотивів подано у додатку А.

Основний питомий опір руху локомотива визначається за формулою

$$w_0 = A + B \cdot V + C \cdot V^2, \quad (2.2)$$

де V - розрахункова швидкість руху;

A, B, C - коефіцієнти, які залежать від виду рухомого складу, режиму руху та конструкції колії і приймаються згідно з додатком Б.

Основний питомий опір руху вагонів визначається за формулою

$$w_0'' = 0,7 + \frac{a + b \cdot V + c \cdot V^2}{q_0}, \quad (2.3)$$

де a, b, c - коефіцієнти, які залежать від типу вагонів і конструкції колії і приймаються за додатком В;

q_0 - навантаження на вісь.

Навантаження на вісь визначається за формулою

$$q_0 = \frac{q_m + \beta \cdot q_{gp}}{n}, \quad (2.4)$$

де q_m - тара вагонів;

β - коефіцієнт використання вантажопідйомності вагона;

n - кількість осей;

q_{gp} - вантажопідйомність вагона.

Характеристика вагонів подана в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика вагонів

Число осей вагонів	Маса порожнього вагона, q_T , Т	Вантажопідйомність вагонів, $q_{гр}$, Т	Довжина вагона, l_B , М
1	2	3	4
4	22,0	63,0	14,0
6	32,0	94,0	17,0
8	44,0	125,0	20,0

У таблиці 2.2 подана характеристика існуючого і перспективних локомотивів.

Таблиця 2.2 – Відомість основних характеристик локомотивів

Тип локомотива	Розрахункова маса локомотива P , Т	Конструктивна швидкість $V_{констр}$, км/год	Швидкість розрахункова V_p , км/год	Сила тяги розрахункова F_k , кгс	Довжина l_l , М	Сила тяги при русенні з місця $F_{ктр}$, кгс
1	2	3	4	5	6	7

На основі вихідних даних визначається маса поїзда для заданого і перспективного локомотивів. Після цього визначається маса поїзда за умовами зрушення з місця за формулою

$$Q_{зр} = \frac{F_{зр}}{w_{зр} + i} - P, \quad (2.5)$$

де $F_{зр}$ - сила тяги при зрушенні з місця;

i - ухил зрушення;

$w_{зр}$ - основний питомий опір при зрушенні визначається за формулою

$$w_{зр} = \frac{A}{q_0 + 7}, \quad (2.6)$$

де A - коефіцієнт, що враховує тип підшипників, якими обладнаний поїзд, $A = 142$ - для підшипників ковзання, $A = 28$ - для підшипників кочення.

Маса поїзда за умовами розміщення в межах приймально-відправних колій визначається за формулою

$$Q_{н.в.} = (l_{н.в.} - 50) q_n, \quad (2.7)$$

де $l_{н.в.}$ - довжина приймально-відправних колій;

50 - довжина локомотива і неточність зупинки поїзда;

$q_{н.в.}$ - погонна маса, яка визначається за формулою

$$q_{н.в.} = \frac{q_{бр}}{l_i}, \quad (2.8)$$

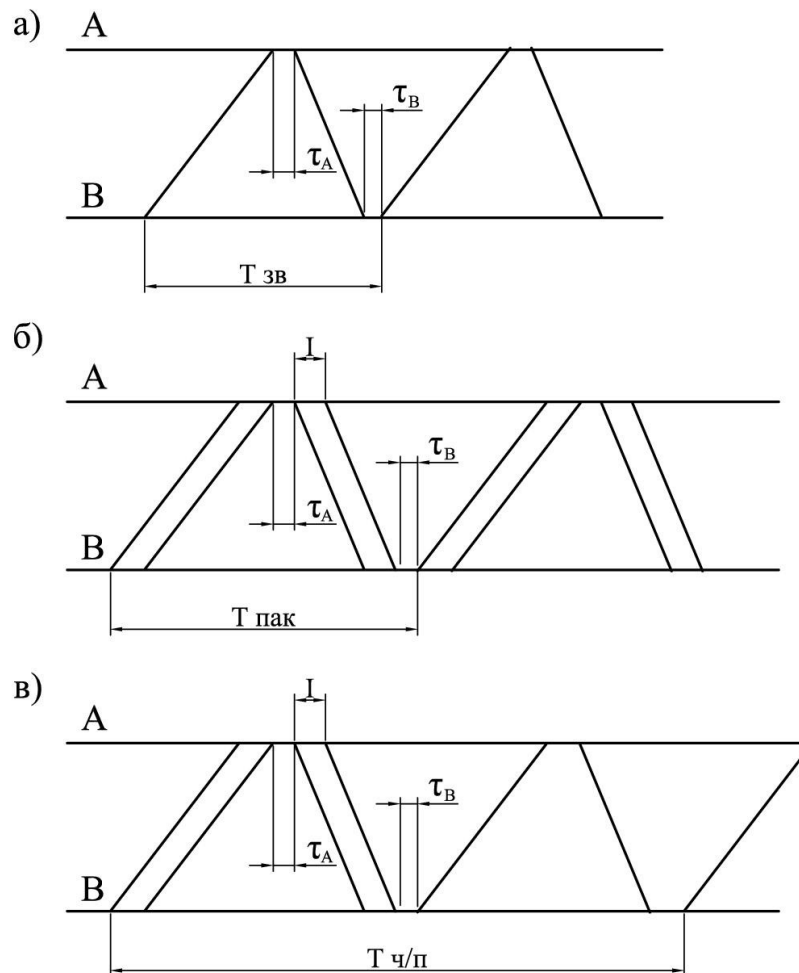
де l_i - довжина вагона.

Із трьох отриманих мас для кожного локомотива для розрахунків вибирається мінімальна.

3 Розрахунок пропускної спроможності

При розрахунку графіка оволодіння перевезенням необхідно виконувати ряд ідентичних розрахунків пропускної та провізної спроможності лімітуючого перегону при різних технічних станах, які передбачають використання більш потужних локомотивів різних видів тяги і типів графіка руху поїздів.

Практикою розрахунків рекомендовано визначати пропускну спроможність при звичайному графіку руху поїздів $T_{зв}$, при частково пакетному графіку руху поїздів $T_{чп}$ та при безупинному $T_{бз}$ (рисунок 3.1).



а) звичайний; б) пакетний; в) частково-пакетний

Рисунок 3.1 – Графіки руху поїздів

При звичайному графіку руху поїздів пропускна спроможність визначається за формулою

$$N_{\max} = \frac{(1440 - T_0) \cdot \varphi k}{T}, \quad (3.1)$$

де T_0 - величина «вікна», необхідна для ремонту та поточного утримання колії;

φ - коефіцієнт, що враховує відмови технічних засобів;

k - число поїздів у пакеті;

T - період графіку руху поїздів.

Згідно з ДБН В.2.3-19-2008, час на утримання і плановий ремонт споруд і пристроїв дорівнює 60 хв для одноколійних колій, а коефіцієнт, що враховує відмови технічних засобів, дорівнює 0,96.

Для дво- та одноколійних з двоколійними вставками коефіцієнт відмови технічних засобів дорівнює 0,93, а час на утримання і плановий ремонт дорівнює 120 хв.

Отже, для визначення пропускної спроможності, в першу чергу, необхідно визначити період графіка руху поїздів.

Період звичайного непакетного графіка руху поїздів визначається за формулою

$$T_{36} = t_m + t_n + \tau_1 + \tau_2$$

або формулою при методі сталих швидкостей

$$T_{36} = \sum_1^n l_i t_i + \tau_1 + \tau_2, \quad (3.2)$$

де l_i - довжина елемента;

t_m, t_n - час руху в напрямку «туди» та «назад», визначається на ПЕОМ;

t_i - час проходження поїздом 1 км елементів поздовжнього профілю згідно з додатком Г;

τ_1, τ_2 - станційні інтервали приймаються згідно таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Орієнтовні значення суми станційних інтервалів при зупинному схрещенні поїздів

Система регулювання поїздів	Система керування стрілками та сигналами	$\tau_1 + \tau_2$, хв
Автоматичне блокування	Електрична централізація	4
	Диспетчерська централізація	3÷4
Напіваавтоматичне блокування	Ручна	8÷9
	Електрична централізація	4÷5

Час руху поїзда визначається на ПЕОМ $T = t_m + t_n$ або у вигляді таблиці 3.2 за методом сталих швидкостей.

Таблиця 3.2 – Розрахунок часу руху при локомотиві _____ 3 керівним ухилом _____

Номер елемента	Наведений ухил елемента		Довжина елемента профілю, l_i , км	Час руху				
	туди i_t	назад i_n		Час руху на 1км колії, хв/км			Час руху по елементу в обидва боки $(i_t + i_n)l_i$	$\Sigma(i_t + i_n)l_i$
				туди i_t	назад i_n	в обидва боки $i_t + i_n$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Після визначення максимальної пропускної спроможності для заданого типу локомотива і перспективних розраховують пропускну спроможність вантажного руху на розрахункові терміни за формулою

$$n_{gp}^s = N_{max} \rho - (\varepsilon_{nac} n_{nac} + \varepsilon_{cб} n_{cб}) + n_{cб}, \quad (3.3)$$

де N_{max} - максимальна провізна спроможність, пар поїздів/добу;
 ρ - резерв заповнення пропускної спроможності, згідно з ДБН В.2.3-19-2008, для одноколійних ліній і ділянок з двоколійними вставками $\rho = 0,85$, для двоколійних – $\rho = 0,90$;

$\varepsilon_{нас}, \varepsilon_{сб}$ - коефіцієнти з'йому збірними та пасажирськими поїздами, таблиця 3.3;

$n_{нас}, n_{сб}$ - задані значення числа пар збірних та пасажирських поїздів на розрахункові терміни.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти з'йому для визначення пропускної спроможності

Характеристика лінії	Пристрої СЦБ	Коефіцієнти з'йому	
		$\varepsilon_{нас}$	$\varepsilon_{сб}$
Одноколійна	Напівавтоматичне блокування	1,1÷1,6	1,7÷2,0
	Автоблокування	1,6÷2,1	1,0÷1,5
Одноколійна з двоколійними вставками	Автоблокування	1,3÷1,6	1,5÷1,5
Двоколійна	Автоблокування	1,7÷2,3	2,2÷3,0

Період пакетного графіка визначається за формулою

$$T_{пак} = T_{зв} + 2I(K - 1), \quad (3.4)$$

де K - кількість поїздів у пакеті;

$T_{зв}$ - період звичайного графіка руху;

I - інтервал попутного слідування, при тепловозній тязі $I = 10 \text{ хв}$, а при електричній $I = 8 \text{ хв}$.

Період парного частково-пакетного графіка визначається формулою:

$$T_{чп} = [K - (K - 1)\alpha]T_{зв} + 2I(K - 1), \quad (3.5)$$

де α - коефіцієнт пакетності,

$$\alpha = \frac{K}{m + K}; \quad (3.6)$$

m - загальна кількість поїздів звичайного графіка.

При організації безупинного схрещення на двоколіїних вставках по середині перегону період графіка визначається за формулою

$$T_{\text{бз}} = \frac{(t_m + t_n)}{2} + \tau_1 + \tau_2. \quad (3.7)$$

Період графіка руху на двоколіїній лінії визначається за формулою

$$T_{\text{д}} = I. \quad (3.8)$$

За вище наведеними формулами розраховується пропускна спроможність на розрахункові терміни при різних локомотивах та різних графіках руху, що заноситься у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Підрахунок можливої пропускної спроможності

Номер ліній технічних станів	Тип локомотива	Рід тяги	СЦД, довжина приймально-відправних колій, м	Тип графіка руху	Період графіка, Т. хв	Максимальна пропускна пар.поїздів/добу	Максимальна пропускна спроможність n_{max} , пар.поїздів/добу	Можлива пропускна спроможність, пар.поїздів/добу			
								2	5	10	15
9	10	11	12								

4 Розрахунок провізної спроможності

Провізну спроможність залізниці визначаємо за формулою

$$\Gamma = \frac{365 \cdot Q \cdot \eta}{\gamma} n_{zp}^e \cdot 10^{-6}, \quad (4.1)$$

де Q - маса поїзда;

γ - коефіцієнт річної нерівномірності перевезень;

η - коефіцієнт переходу від маси бруто до маси нетто, який рівний $\eta=0,7$;

n_{zp}^e - кількість вантажних поїздів.

Як видно із формули (4.1), при постійній довжині приймально-відправних колій, потужності локомотива, структурі перевезень, нормах розміщення роздільних пунктів можлива провізна спроможність є величина постійна.

В умовах експлуатації залізниць за рахунок ущільнення графіка руху поїздів, кращого використання вагонів і нових технологічних процесів відбувається систематичне підвищення можливої провізної спроможності.

Планове зростання провізної спроможності значно випереджає зростання можливої. У зв'язку з цим виникає потреба періодичного підвищення можливої провізної спроможності за рахунок зміни технічних станів залізниці. Зміна технічних станів залізниці можлива за рахунок зміни типу локомотива, виду тяги, довжини приймально-відправних колій, зміни графіка руху поїздів та інших заходів.

При виконанні курсового або дипломного проекту для підвищення можливої провізної спроможності можливі наступні реконструктивні заходи:

а) збільшення приймально-відправних колій у зв'язку із збільшенням маси поїзда (ЗК) при більш потужному локомотиві;

б) будівництво додаткових колій на роздільних пунктах для організації частково-пакетного руху поїздів (ДК);

в) будівництво двоколійних вставок для організації безупинного руху поїздів (ДВ);

г) електрифікація залізниці (ЕЛ).

Зазначені заходи можуть використовуватись індивідуально або в комбінаціях по два чи три. Реконструктивні заходи вибирають із умови забезпечення заданих розмірів перевезень на розрахунковий період при мінімальних затратах. Вибір реконструктивних заходів ведуть у такому порядку: підраховують провізну спроможність одного поїзда за формулою

$$z = \frac{365 \cdot Q \cdot \eta}{\gamma} \cdot 10^{-6}, \quad (4.2)$$

а далі визначають можливу провізну спроможність з розрахованої пропускної спроможності і на графік провізної спроможності наносять лінії планової $\Gamma_n(t)$ і можливої $\Gamma_m(t)$ провізної спроможності залізниці до реконструкції, після цього назначають реконструктивний захід.

Для розрахованої пропускної спроможності у таблиці 3.4 на розрахункові терміни при вибраних технічних станах визначають провізну спроможність і заносять до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Підрахунок провізної спроможності

Номер ліній технічних станів	Тип локомотива	Тип графіка руху	Період графіка руху $T_{хв}$	Максимальна пропускна спроможність N_{max}	Маса поїзда, т	Q_n	Провізна 1-го поїзда спроможність	Можлива провізна спроможність, пар.поїздів/добу			
								2	5	10	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

5 Креслення графіка оволодіння перевезеннями

При кресленні графіка оволодіння перевезеннями по осі абсцис відкладають розрахункові терміни, а по осі ординат – величину планових перевезень і величину можливої провізної спроможності.

За вихідними даними креслиться планова провізна спроможність $\Gamma_n(t)$ у масштабі 1 см = 2 млн т/рік. Можлива провізна спроможність $\Gamma_m(t)$ наноситься на графік за результатами розрахунків наведеними у таблиці 4.1 при різних способах організації руху поїздів і різних типах локомотивів. Приклад графіка оволодіння перевезеннями показано на рисунку 5.1.

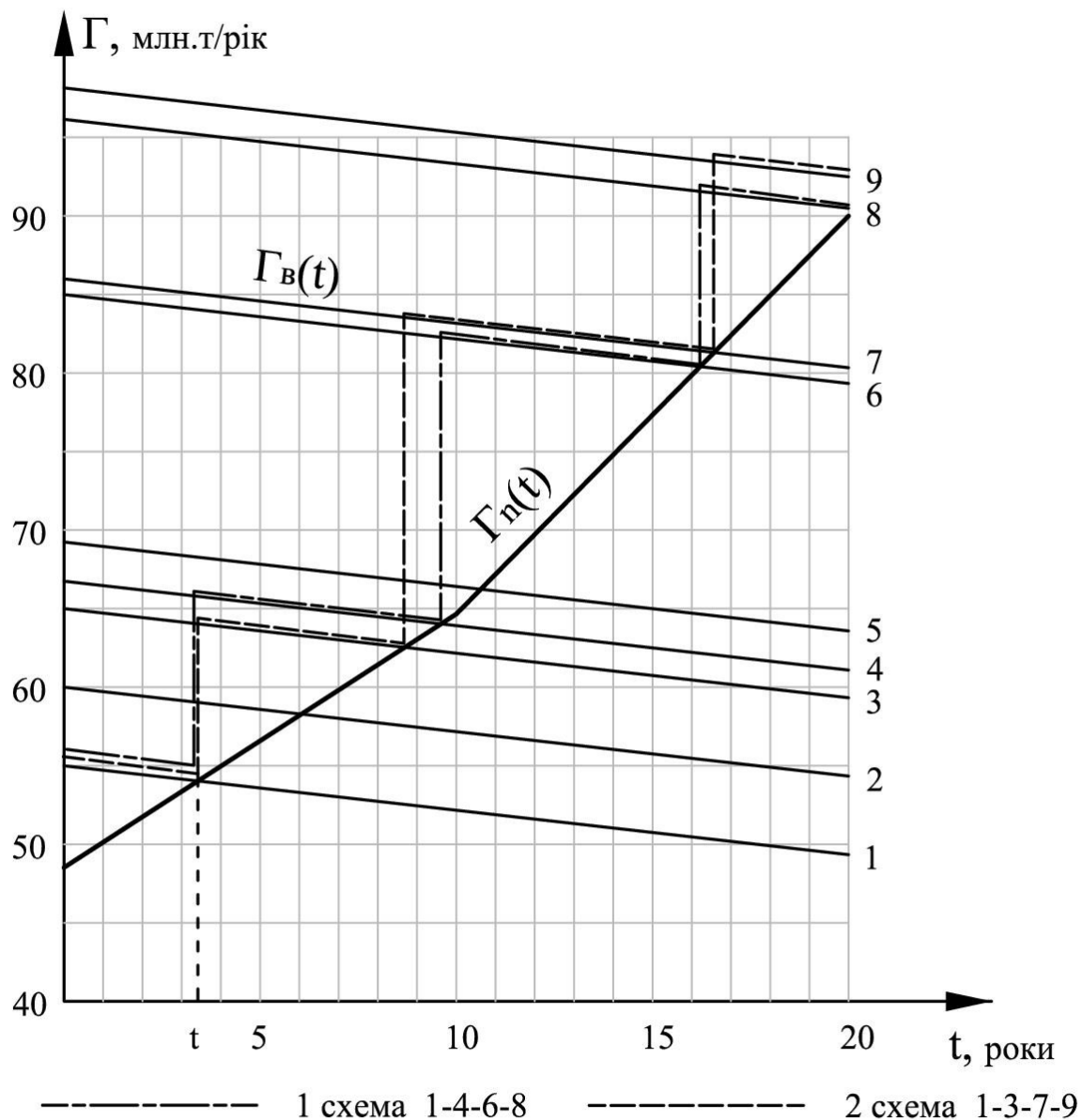
Планова провізна спроможність $\Gamma_n(t)$ зростає в часі, можлива провізна спроможність $\Gamma_m(t)$ навпаки зменшується у часі при даному технічному стані внаслідок збільшення пасажирських перевезень. При суміщенні кривих $\Gamma_n(t)$ і $\Gamma_m(t)$ вони перетинаються. При цьому можливі такі випадки:

- 1) $\Gamma_m(t) > \Gamma_n(t)$ залізниця справляється з перевезеннями;
- 2) $\Gamma_m(t) < \Gamma_n(t)$ залізниця не справляється з перевезеннями.

Момент $\Gamma_m(t) = \Gamma_n(t)$ називається технічним терміном переходу із одного технічного стану в інший. Звичайно технічний термін визначається графічно за графіком оволодіння перевезеннями як абсциса точки перетину графіків $\Gamma_n(t)$ і $\Gamma_m(t)$.

В 1959 р. А.П. Кондратченко ввів поняття економічно раціональний термін переходу із одного технічного стану в інший. Цей термін менше технічного терміну переходу, або в крайньому випадку дорівнює йому.

Момент переходу із одного технічного стану в інший відбувається при інтегральному ефекті $E = \sum_{t_n}^{t_k} (R_t - Z_t) \eta_t$, що має максимальне значення і відповідає економічно-раціональному переходу.



t – технічний термін переходу до іншого стану;

1 – 2ТЭЗ, $l_{н.в.} = 720$ м, звичайний графік;

2 – 2ТЭ10Л, $l_{н.в.} = 850$ м, звичайний графік;

3 – ВЛ8, $l_{н.в.} = 850$ м, звичайний графік;

4 – 2ТЭ10Л, $l_{н.в.} = 850$ м, частково-пакетний графік;

5 – ВЛ8, $l_{н.в.} = 850$ м, частково-пакетний графік;

6 – 2ТЭ10Л, $l_{н.в.} = 850$ м, безупинне схрещення;

7 – ВЛ8, $l_{н.в.} = 850$ м, безупинне схрещення;

8 – 2ТЭ10Л, $l_{н.в.} = 850$ м, друга колія;

9 – ВЛ8, $l_{н.в.} = 850$ м, друга колія

Рисунок 5.1 – Графік оволодіння перевезеннями
6 Складання схем етапного посилення потужності існуючої лінії та їх аналіз

При складанні схем етапного посилення потужності необхідно виходити з найбільш повної реалізації потужності локомотивів, керуючись наступними вимогами:

- 1 Повне використання існуючого технічного стану.
- 2 Не слід передбачати часті переходи з одного стану до іншого, тому що при невеликому терміні в одному стані ускладнене як освоєння нового технічного стану, так і провадження робіт для переходу до більш потужного.
- 3 Тип локомотива не слід змінювати частіше, ніж через 5÷8 років.
- 4 При введенні безупинного схрещення слід прагнути до використання його близько 10 років.
- 5 Введення безупинного графіка руху поїздів раціонально при подальшому будівництві других колій.
- 6 Не слід створювати при значних капітальних вкладеннях занадто великих резервів провізної спроможності.
- 7 Слід уникати «бросових» або надлишкових додаткових робіт: будівництво додаткових колій для введення частково-пакетного графіка за умови наступного будівництва двоколійних вставок і т.п.

На рисунку 5.1 показаний графік оволодіння перевезеннями лінії, що реконструюється, на якому нанесено два варіанти схем етапного оволодіння перевезеннями.

Перша схема 1-4-6-8 передбачає експлуатацію при існуючому технічному стані лінії, до 3-го року (3-й рік – це технічний строк переходу до іншого технічного стану, тому що $\Gamma_m = \Gamma_n$) потім застосований більш потужний локомотив 2ТЭ10Л з доведенням довжини приймально-відправних колій до стандартної величини $l_{н.в.} = 850 \text{ м}$, на 10-му році експлуатації при тому ж локомотиві реалізується безупинне схрещення, а на 16-му році намічається будівництво другої колії.

Друга схема 1-3-7-9 передбачає експлуатацію лінії при тепловозній тязі (локомотив 2ТЭ3) при заданій $l_{н.в.} = 720 \text{ м}$ до 4-го року експлуатації, потім дорога електрифікується при збільшенні довжини до $l_{н.в.} = 850 \text{ м}$ і експлуатується при локомотиві ВЛ8 до 9-го року, на 9-му році лінія переводиться на безупинне схрещення поїздів, на 16-му році намічається будівництво другої колії.

Можлива ще ціла низка технічних станів 1-2-4-6-8, 2-3-7-9, 2-3-5-9 і багато інших при технічних і економічно раціональних термінах переходу.

7 Призначення можливих технічних станів з метою збільшення провізної спроможності

Вибір технічних станів для аналізу оволодіння перевезеннями на залізницях, що експлуатується, багато в чому залежить від первинного стану: постійних пристроїв, технічного оснащення і прийнятих методів експлуатаційної роботи, а також від розмірів та темпів росту перевезень. Залежно від розмірів перевезень, що планується, слід призначити кінцевий технічний стан, потім, орієнтуючись на кінцевий стан, необхідно встановити логічно доцільні проміжні, що дозволяють розосередити капітальні вкладення, забезпечити використання резервів потужності попередніх станів і створити нові резерви. При визначенні технічних станів слід прагнути до більш повного використання як потужності локомотива, так і корисної довжини колій. При досягненні цієї умови подальше збільшення провізної спроможності може бути здійснене за рахунок введення більш досконалих графіків руху поїздів (частково-пакетного, безупинного схрещення) і потужних локомотивів.

Ефективним заходом підвищення пропускної та провізної спроможності лінії є введення електричної тяги. Однак для вирішення цієї задачі необхідно мати на увазі, що електрифікація залізниці вимагає значних капітальних вкладень.

Остаточний вибір схем оволодіння перевезеннями виконується на основі техніко-економічного порівняння за формулою

$$E_{int} = \sum_{t_n}^{t_k} (R_t - Z_t) \eta_t, \quad (7.1)$$

де E_{int} - інтегральний ефект;

t_n - початковий період;

t_k - кінцевий період;

R_t - економічний результат на відповідний термін;

Z_t - витрати на відповідний термін;

η_t - коефіцієнт дисконтування визначається за формулою

$$\eta_t = \frac{1}{1+E} t, \quad (7.2)$$

E - норма дисконту.

За цією ж формулою визначається і економічно-раціональний термін переходу з одного технічного стану до іншого.

Варіанти схем оволодіння перевезеннями мають сталу довжину лінії і тому мають постійну величину R_t , а враховуючи те, що витрати Z_t складаються з капіталовкладень і щорічних експлуатаційних витрат, порівняння схем оволодіння перевезеннями і визначення економічно-раціонального терміну переходу з одного технічного стану до іншого можна виконати за формулою

$$E_{инт} = \sum_{t_n}^{t_k} K_t \eta_t - \sum_{t_n}^{t_k} C_t \eta_t. \quad (7.3)$$

При використанні цієї формули кращим буде варіант з меншою величиною $E_{инт}$.

Питання до самоконтролю та підготовка до захисту роботи

- 1 Який офіційний нормативний документ в даний час застосовується при проектуванні реконструкції залізниць?
- 2 На які категорії поділяються існуючі лінії, що реконструюються?
- 3 Які максимальні радіуси кругових кривих рекомендується застосовувати?
- 4 Чи впливає на збільшення пропускної спроможності будівництво двоколійних вставок?
- 5 Від чого залежить можлива пропускна спроможність лінії?
- 6 Які роки є розрахунковими при складанні графіка оволодіння перевезеннями?
- 7 Що таке можлива провізна спроможність залізниці?
- 8 Вимоги при складанні схем етапного посилення потужності.
- 9 Що таке технічний термін переходу з одного технічного стану до іншого?
- 10 Що таке економічно-раціональний термін переходу?
- 11 Чим обмежується маса поїзда?
- 12 Як визначається час руху «туди» і «назад»?
- 13 Що визначає коефіцієнт дисконтування?
- 14 Від чого залежить коефіцієнт, що враховує відмову технічних засобів?

Список літератури

1 ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. – Введ. 2008-08-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 123 с.

2 Кантор И.И. Изыскание и проектирование железных дорог. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 288 с.

3 Гавриленков А.В., Переселенков Г.С. Изыскание и проектирование железных дорог: Пособие по курсовому и дипломному проектированию: Учеб. пособие для учащихся техникумов. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.

4 Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.

5 Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення і оформлення: Методичний посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській звітності. – Харків: УкрДАЗТ, 2005.

6 Студентська навчальна звітність. Графічні конструкторські документи. Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення. Методичний посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській звітності. – Харків: УкрДАЗТ, 2006.

7 Російсько-український словник залізничних термінів / За ред. Ю.В. Соболева. – М.: Транспорт, 1997. – 504 с.

8 Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог: учебник / Б.А. Волков [и др.]; под ред. Б.А. Волкова; рец. Ю.М. Кудрявцев, А.П. Конюхов, Л.В. Шкурина; Управление кадров и учебных заведений Федерального агентства железнодорожного транспорта. - М.: Маршрут, 2005. – 405 с.

9 Основы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог: учебник / Е.С. Свинцова, Ю.А. Быков [и др.]; под общ. ред.: Ю.А. Быкова, Е.С. Свинцова; рец. В.А. Подвербный, Т.И. Власова. – М.: Учебно-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2009. - 447 с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Технічні характеристики вантажних локомотивів

Тип локомотива	Розрахункова маса локомотива Р, т	Конструктивна швидкість $V_{\text{констр}}$, км/год	Розрахункова швидкість V_p , км/год	Розрахункова сила тяги F_k , кгс	Довжина l_l , м	Сила тяги при русенні з місця $F_{\text{кр}}$, кгс
Електровози						
ВЛ23	138	100	43,3	34900	17	45500
ВЛ8	184	100	43,3	46500	28	60700
ВЛ10	184	100	46,7	46000	33	62600
ВЛ10 ^у	200	100	45,8	50200	33	68000
ВЛ11 (2 секції)	184	100	46,7	46000	33	62600
ВЛ11 (3 секції)	276	100	47,7	69000	50	93900
ВЛ60 ^к , ВЛ60 ^п	138	100	43,5	36800	21	49680
ВЛ80 ^к	184	110	44,2	49000	33	66200
ВЛ80 ^т , ВЛ80 ^с	184	110	43,5	51200	33	66200
ВЛ80 ^р	192	110	43,5	51200	33	69080
ВЛ82	190	110	51,0	47400	33	65300
ВЛ82 ^м	200	110	50,5	49700	33	68020
ВЛ85	288	110	50,2	67000	33	74000
Тепловози						
ТЕМ2	120	100	11,0	21000	17	35400
ТЕ3 (2 секції)	254	100	20,5	40400	34	58200
2М62	240	100	20,0	40000	36	71400
ТЕ10	129	100	23,4	25300	19	38200
2ТЕ10Л	260	100	23,4	50600	34	76500
2ТЕ10В, 2ТЕ10М	276	100	23,4	50600	34	81300
3ТЕ10М	414	100	23,4	75900	51	96000
2ТЕ116	276	100	24,2	50600	36	81300

2ТЭ121	294	100	24,9	64020	21	88200
--------	-----	-----	------	-------	----	-------

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Коефіцієнти для розрахунків основного питомого опору руху локомотивів

Коефіцієнти формули	Режим руху	Ланкова колія			Безстикова колія		
		Електровози і тепловози	Електропоїзди EP1, EP2, EP9	Електропоїзд EP22	Електровози і тепловози	Електропоїзди EP1, EP2, EP9	Електропоїзд EP22
1	2	3	4	5	6	7	8
А	тяга	1,9	1,10	1,10	1,9	1,10	1,10
	хол. хід	2,4	1,24	1,22	2,4	1,24	1,22
В	тяга	0,010	0,012	0,012	0,008	0,010	0,010
	хол. хід	0,011	0,020	0,018	0,009	0,018	0,016
С	тяга	0,00030	0,000267	0,000247	0,00025	0,000227	0,000207
	хол. хід	0,00035	0,000267	0,000247	0,00025	0,000227	0,000207

Додаток В

Таблиця В.1 – Коефіцієнти для розрахунків основного питомого опору руху вагонів

Тип вагонів	Ланкова колія			Безстикова колія		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1	2	3	4	6	7	8
Вантажні						
Чотиривісні на підшипниках ковзання	0,7	8	0,1	0,7	8	0,08
Чотиривісні на роликівих підшипниках	0,7	3	0,1	0,7	3	0,09
Шестивісні на роликівих підшипниках	0,7	8	0,1	0,7	8	0,08
Восьмивісні на роликівих підшипниках	0,7	6	0,03 8	0,7	6	0,02 6
Пасажирські						
суцільнометалеві на роликівих підшипниках	0,7	8	0,18	0,7	8	0,16

Додаток Г

