



МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ

Кафедра «Вагони»

ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКИ ВАГОНІВ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для студентів щодо виконання практичних робіт спеціальності 7.100501 «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту» (Вагони) усіх форм навчання

Київ · 2009

УДК 629/45.46 (075)

Шатаєв В.М., Бережняк Г.П.

Проектування та розрахунки вагонів: Методичні рекомендації щодо виконання практичних робіт з дисципліни «Вагони (конструювання та розрахунки)» для студентів спеціальності 7.100501 «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту» (Виробництво, експлуатація та ремонт вагонів) усіх форм навчання / Укладачі: В.М. Шатаєв, Г.П. Бережняк. - К.: ДЕТУТ, 2009. - 51 с.

У методичних рекомендаціях розглянуті основні функціональні частини вагонів та їх призначення, розглянуті особливості розрахунків з вписування вагонів в габарит. Наведені особливості будови, роботи та розрахунки елементів конструкції візків.

Методичні рекомендації призначені для студентів спеціальності 7.100501 «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту (Виробництво, експлуатація та ремонт вагонів)» усіх форм навчання.

Методичні рекомендації щодо виконання практичних робіт розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Вагони» (Протокол №4 від 17.11.2008 року) та на засіданні методичної комісії факультету «Інфраструктура та рухомий склад залізниць» (Протокол №4 від 25.11.2008 року).

Укладачі: *Шатаєв В.М.*, канд. істор. наук, професор

Бережняк Г.П., асистент

Рецензенти: *Ищенко В.М.*, доцент кафедри «Вагони»

Романюха М.О., провідний інженер Головного управління вагонного господарства «Укрзалізниця»

ЗМІСТ

Вступ.....	4
<i>Практичне заняття №1</i> - Обґрунтування конструктивних особливостей функціональних частин вагонів.....	5
<i>Практичне заняття №2</i> – Вписування вагона в заданий габарит.....	12
<i>Практичне заняття №3</i> – Техніко-економічні параметри вантажних вагонів.....	19
<i>Практичне заняття №4</i> – Роликові підшипники буксових вузлів вагонів.....	24
<i>Практичне заняття №5</i> – Конструкції буксових вузлів пасажирських та вантажних вагонів.....	29
<i>Практичне заняття №6</i> – Умовний метод розрахунку осі колісної пари на міцність.....	36
<i>Практичне заняття №7</i> – Перевірка міцності дворядної пружини ресорного комплексу вантажного вагона.....	42
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	46
ДОДАТКИ	47

ВСТУП

Предметом вивчення дисципліни «Вагони» є набуття студентами теоретичних знань і практичних навиків у розв'язанні завдань з конструкцій вагонів вантажних і пасажирських парків та їх розрахунки.

Останніми роками швидко змінюються конструкції кузовів вагонів, ходових частин, автозцепних та гальмівних пристроїв. Це обумовлено зростанням швидкостей поїздів як пасажирських, так і вантажних.

Проектування вагонів включає розробку проектної, конструкторської, технологічної і інших видів документації. Методи проектування, а також основні вимоги до конструкції вагонів і їх систем вироблялися десятиліттями за участю великої кількості дослідників і винахідників. В результаті утворилася самостійна наука про вагон, яка включає результати теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на підвищення міцності і надійності вагонних конструкцій, динамічних властивостей ходових частин, безпеки руху поїздів, техніко-економічної ефективності нових типів рухомого складу в сучасних і перспективних умовах експлуатації.

Методичні рекомендації щодо виконання практичних робіт призначені студентам денної та заочної форм навчання, що вивчають дисципліну «Вагони». Основна мета методичних вказівок – закріплення та поглиблення знань, отриманих студентами при вивченні розділів курсу «Вагони», а також допомога при виконанні практичних робіт, курсових і дипломних проєктів.

До виконання практичних робіт допускаються студенти, які добре засвоїли теоретичні основи і методику проведення практичної роботи, після співбесіди з керівником роботи.

При виконанні практичних занять вирішуються такі завдання (питання):

- поглиблення та конкретизація лекційного матеріалу з дисципліни “Вагони (конструювання та розрахунки)”;
- активне закріплення навчального матеріалу шляхом виконання конкретних розрахунків і аналізування отриманих результатів;
- придбання навичок проектування елементів ходових частин вагонів і виконання відповідних розрахунків (в тому числі з використанням ЕОМ);
- набуття навичок користування довідковими та нормативними матеріалами, інструкціями, стандартами тощо;
- ознайомлення з конструкціями, характеристиками та технологією виготовлення елементів та вузлів вагонів.

Методичні рекомендації щодо виконання практичних робіт містять теоретичні питання, які треба знати під час виконання практичної роботи, наведені методики розрахунків, приклади їх виконання, а також питання для самоконтролю. Запитання, на які студент має відповісти, стосуються безпосередньо тих розрахунків, до яких вони наведені.

Практичне заняття №1

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЧАСТИН ВАГОНІВ

Мета роботи: вивчити конструктивні особливості функціональних частин вагонів.

План заняття;

1. Ознайомлення з характеристикою вагонного парку та його класифікація.
2. Вивчити основні елементи конструкції вагонів.
3. Вивчити призначення та класифікацією візків.
4. Вивчити класифікацію ударно-тягових приладів.
5. Згідно з індивідуальним завданням охарактеризувати заданий вагон по основних ознаках.

1.1. Характеристика вагонного парку та його класифікація

Залізничний транспорт, будучи основним видом транспорту, має найважливіше значення для нашої країни. Для нормальної діяльності залізничного транспорту необхідні відповідний розвиток і взаємна злагодженість в роботі всіх його ланок галузей. Вагонне господарство з його основою вагонним парком є однією з головних і складних галузей залізничного транспорту.

Вагон це одиниця залізничного рухомого складу, призначена для перевезення пасажирів або вантажів.

Велике значення має раціональність конструкцій вагонів і їх техніко-економічних показників, що визначає зручність перевезень пасажирів, провізну здатність залізниці, можливість широкого впровадження комплексної механізації і автоматизації під час виготовлення і ремонту вагонів, а також їх експлуатації (формування поїздів, виконання вантажних операцій тощо.), розміри капітальних вкладень і собівартість перевезень.

Сучасний парк вагонів відрізняється різноманіттям їх типів і конструкцій. Це обумовлено необхідністю задоволення різним вимогам перевезень: найбільша провізна здатність залізниць, забезпечення комфорту пасажиром, збереження цінних якостей швидкокопсувних вантажів, запобіганню пошкоджень крихких вантажів, захист певних вантажів від атмосферних опадів, універсальність, максимальне використання вантажопідйомності та ін.

Цими ж чинниками визначається складність конструкцій вагонів, оснащених автоматичним гальмом, автоматичним зчепленням, ходовими частинами, що забезпечують рух з високими швидкостями, необхідною плавністю, малим опором тощо. Залежно від призначення вагони оснащені також пристроями теплоізоляції, опалювання, охолодження, вентиляції, електроустаткування та ін.

Забезпечення безпеки руху — найважливіша вимога до конструкції та призначення вагонів

Вагони бувають несамохідні, переміщення яких здійснюється локомотивами, і самохідні, звані автовагонами, які для пересування мають свою енергетичну установку (автомотриси, трансферкары, дизель-поїзди) або отримують енергію від контактної мережі (електропоїзди, вагони метро).

Пасажи́рський вагон має кузов, який є закритим приміщенням зі всіма основними пристроями, необхідними для пасажирів (устаткування для сидіння або лежання, системи опалювання, вентиляції і освітлення, туалетні приміщення, зручні входи і виходи і т. п.).

Парк пасажирських вагонів складається з вагонів для перевезення пасажирів, вагонів-ресторанов, поштових, багажних і спеціального призначення.

Залежно від дальності перевезень пасажирські вагони бувають:

- далекого сполучення для перевезення пасажирів на великі відстані. Ці вагони бувають купейними або некупейними. Вони обладнані жорсткими або м'якими диванами для лежання і тому називаються жорсткими або м'якими вагонами;
- місцевого сполучення для перевезення пасажирів на коротші відстані, переважно в денний час. У цих вагонах є зручні крісла для сидіння;
- приміські для перевезення пасажирів на невеликі відстані в порівняно короткий час (1-2 год.), вони обладнані диванами (жорсткими або м'яко-жорсткими) для сидіння.

Вагони-ресторани для організації харчування пасажирів в дорозі. У вагоні є зал, кухня, комори з холодильними установками для зберігання продуктів та інші відділення.

Поштові для перевезення поштових вантажів. Вагон має комори, зал для поштових операцій і приміщення для обслуговуючого персоналу.

Багажні для перевезення багажу в пасажирських поїздах. У вагонах є комори з навантажувально-розвантажувальними механізмами і приміщення для обслуговуючого персоналу. Є також поштово-багажні вагони, що використовуються як поштові і багажні вагони на ділянках залізниць з невеликими пасажирськими перевезеннями.

Пасажирськими вагонами спеціального призначення є вагони-лабораторії, службові, санітарні, вагони-клуби тощо.

Вантажні вагони залежно від виду вантажів, що перевозяться, розділяються на такі основні типи:

- криті для перевезення зернових і інших сипких вантажів, що потребують захисту від атмосферних опадів, для транспортування тарно-пакувальних і високоцінних вантажів. Вагон має критий кузов, зазвичай обладнаний люками і дверима;
- напіввагони для перевезення навалювальних вантажів (руда, вугілля, флюси, лісоматеріали і т. п.), контейнерів, різних машин

та ін. Вагон має відкритий кузов, найчастіше обладнаний дверима і розвантажувальними люками;

- платформи для перевезення довгих і громіздких вантажів (лісоматеріали, прокат, будівельні матеріали і їх напівфабрикати), контейнерів, автомашин і т. д. Ці вагони мають настил підлоги на рамі і зазвичай відкидні борти;
- вагони-цистерни для перевезення рідких і газоподібних вантажів (нафта, гас, бензин, масла, кислоти, зріджені гази і т. п.). Кузовом вагона служить спеціальний резервуар (кател) зазвичай циліндрової форми, що має люки для наливання і пристрої для зливу вантажу;
- ізотермічні для перевезення швидкокопсувних вантажів (м'ясо, риба, молоко, фрукти і т. п.). У цих вагонах кузов має ізоляцію і устаткування для створення необхідних температурного і воложностного режимів. Сучасні ізотермічні вагони будують у вигляді самостійних рефрижераторних секцій з центральною холодильною установкою або з повним комплектом всього холодильного устаткування в кожному вагоні (автономний рефрижераторний вагон). Раніше були поширені вагони з льодосоляним охолодженням;
- вагони спеціального призначення — для вантажів, що вимагають особливих умов перевезення. До цієї групи відносяться транспортери для перевезення вантажів важковагових і громіздких, вагони для перевезення автомашин, цементу, худоби та інших специфічних вантажів, а також вагони, призначені для технічних потреб залізниць (вагони-майстерні, вагони допоміжних і пожежних поїздів та ін.).

1.2. Основні елементи конструкції вагона

Всі вагони незалежно від призначення і конструкції складаються з елементів (вузлів), загальних для вагонів будь-якого типу. До цих елементів відносяться ходові частини, кузов, ударно-тягові прилади і гальмівне устаткування.

До ходових частин відносяться колісні пари, букси і ресорне підвішування. У сучасних вагонах ходові частини об'єднуються в самостійні вузли, звані візками. Крім перерахованих елементів, візки мають раму, на якій кріпляться деталі ресорного підвішування, гальмівного устаткування і запобіжні скоби, а для передачі навантаження від кузова на візок — надресорні балки з під'ятниками і ковзунами.

Ходові частини (візки) є найбільш відповідальними вузлами, які повинні забезпечувати безпеку руху вагона по рейковому шляху з необхідною плавністю ходу (найменша динамічна дія на вантаж, що перевозиться, і на елементи колії) і найменшим опором руху.

Кузов вагона призначений для розміщення пасажирів або вантажів. Конструкція кузова залежить від типу вагона. У багатьох вагонів підставою кузова є рама, що складається в основному з поздовжніх і поперечних балок, жорстко сполучених між собою. На рамі кузова розміщуються ударно-тягові

прилади і частина гальмівного устаткування. Рама кузова через п'ятники спирається на підп'ятники візків, а у невізкових вагонів на пружні елементи ресорного підвішування. Відстань між центрами пятників називається *базою вагона* (у невізкових вагонів ця відстань вимірюється між осями крайніх колісних пар).

Ударно-тягові прилади служать для зчеплення вагонів між собою і з локомотивом, для сприйняття, передачі і амортизації розтягуючих (тягових) і стискуючих зусиль від локомотива і від одного вагона до іншого. Сучасним ударно-тяговим приладом є автозчепний пристрій, що виконує всі основні функції ударних (буфера) і тягових (зчеплення) приладів.

Гальмо призначене для створення штучного опору руху поїзда або окремого вагона з метою регулювання швидкості руху або зупинки, а також для утримання на місці.

1.3. Призначення і класифікація візків

Застосування візків як ходові частини обумовлене необхідністю створення вагонів збільшеної вантажопідйомності і з великою базою. У великовантажних вагонах за умовами навантажень, що допускаються, від колісної пари на рейки кількість колісних пар не може бути обмежена двома або трьома, а вписування даного вагона в криві ділянки залізничної колії без візків утруднене. Візки ж дозволяють вагонам мати необхідну кількість колісних пар і завдяки наявності короткої бази проходять криві ділянки шляху малого радіуса з невеликим опором руху.

Під час проходженню по залізниці з нерівностями кузовів візкового вагона має менше вертикальне переміщення, ніж невізкового.

Завдяки можливості розміщення у візках декількох послідовно розташованих ступенів (ярусів) ресор у поєднанні з різного роду гасителями коливань і пристроями, що забезпечують стійкість положення кузова, створюються умови для досягнення хорошої плавності ходу вагона.

Конструкція з'єднання візків з кузовом дозволяє без утруднення викотити їх при необхідності. Це полегшує огляд і ремонт ходових частин вагона.

Візок пасажирського вагона зазвичай складається з таких основних частин: колісних пар, букс, рами, об'єднуючої колісної пари, ресорного підвішування (буксового, розташованого між рамою візка і буксами, і центрального, розміщеного між надресорною балкою і рамою візка), відхиляючих (колискових) пристроїв, надресорної балки з опорами кузова (підп'ятником і скользунами), гальмівної передачі. Візки вантажних вагонів зазвичай відрізняються від візків пасажирських вагонів відсутністю колискового пристрою і буксового підвішування.

1.4. Призначення і класифікація ударно-тягових приладів

Ударно-тягові прилади відносяться до основних і відповідальних частин вагона. Вони призначені для з'єднання (зчеплення) вагонів і локомотивів, утримання їх на певній відстані один від одного, передачі і пом'якшення дії повздовжніх (що розтягують і стискають) зусиль, що розвиваються під час руху в поїзді і при маневрах.

Якщо всі ці функції виконує один прилад, то його називають *об'єднаним ударно-тяговим приладом*, а якщо різні прилади, то вони називаються *роздільними тягово-зчіпними і ударними приладами*. Тягово-зчіпні прилади забезпечують зчеплення вагонів і локомотивів, передачу і пом'якшення дії розтягувальних (тягових) зусиль. Ударні прилади (буфера) передають і пом'якшують дію стискуючих зусиль і утримують вагони і локомотиви на певній відстані один від одного.

Прилади, призначені для безпосереднього з'єднання вагонів і локомотивів, називають зчепленням, а сукупність частин, що передають тягові зусилля і пом'якшують дію, — упряжжю. Якщо остання розташована уздовж всього вагона і передає його рамі частину тягового зусилля, рівну опорі даного вагона руху або силі інерції його маси, то таку упряжжю називають скрізною. Якщо упряжні прилади розташовані по кінцях рами вагона і вона сприймає все тягове зусилля, що передається упряжжю, то упряжжю називається нескрізною або розрізною.

За способом з'єднання тягово-зчіпні прилади розподіляють на неавтоматичні, при яких зчеплення вагонів і локомотивів виконується людиною, і автоматичні, такі, що забезпечують зчеплення без участі людини.

Зазвичай автоматичні зчеплення (автозчеплення) є об'єднаними ударно-тяговими приладами. Відомі також тягові автозчеплення.

Переходу до автоматичного зчеплення сприяли його переваги в порівнянні з неавтоматичними тягово-зчіпними приладами:

- достатня міцність зчіпних приладів, відповідна великим подовжнім зусиллям, що розвиваються в поїздах великої маси. Підвищення ж маси поїздів один з найбільш ефективних способів збільшення залізничних перевезень. При неавтоматичному зчепленні міцність зчеплення обмежується її масою, збільшенню якої перешкоджають фізичні можливості людини (зчіплювача);
- ліквідація важкої праці зчіплювачів і істотне полегшення робіт по розчіпленню вагонів; прискорення процесу формування поїздів;
- зменшення тари вагонів візкової конструкції за рахунок полегшення кінцевих і бічних балок рами.

Отже, перехід на автоматичне зчеплення є важливим етапом технічної реконструкції вагонного парку. В результаті введення автозчеплення усунуто одну з головних перешкод використання потужних локомотивів, істотно зросла пропускна і провізна спроможність залізниць СНД.

Завдання

1. Ознайомитись з характеристикою вагонного парку та його класифікацією, а також з основними елементами конструкції вагона та їх призначенням.
2. Згідно з індивідуальним завданням охарактеризувати заданий вагон по основних ознаках класифікації: призначенню, технічній характеристиці і місцю експлуатації. Перелічити основні елементи функціональних частин конструкції вагона.

Приклад виконання завдання

Характеристика чотиривісного критого вагона моделі 11-274

1. Призначення

Він відноситься до вантажних вагонів. Використовується для перевезення зернових і інших сипких вантажів, а також тарно-штучних, тарно-пакувальних і високоцінних вантажів, що потребують захисту від атмосферної дії.

2. Технічна характеристика:

Вагон	Чотиривісний
Вантажопідйомність, т	50
Маса тари вагона, т	35
Об'єм кузова, м ³	120
Статичне осьове навантаження, кН (тс)	208,46 (21,25)
Погонне навантаження, кН/м (тс/м)	56,6 (5,77)
Габарит	1-ВМ

3. Сфера обертання - магістральний.

Функціональні частини конструкції вагона:

1. Кузов.

1.1. Складається з рами, бокових і торцевих стін, даху. В бокових стінах є вентиляційні люки та двері. Дах вагона має завантажувальні люки та трапи для обслуги. На торцевих стінах є драбини для обслуги.

2. Візок.

2.1. Складається з ... (див. заданий вагон і його характеристику)

3. Автозчепний пристрій.

3.1. Складається з ... (див. заданий вагон і його характеристику)

4. Гальма.

4.1. Складаються з ... (див. заданий вагон і його характеристику)

Контрольні питання

1. Що таке вагон?
2. Як поділяють вагони за призначенням.
3. Найважливіша вимога до конструкції та призначення вагонів.
4. Призначення вагона-ресторана.

5. Призначення багажного вагона.
6. Призначення поштово-багажного вагона.
7. Призначення вагона-цистерни.
8. Призначення напіввагона.
9. Призначення поштового вагона.
10. Призначення критого вагона.
11. Призначення вагона-транспортера.

Практичне заняття №2

ВПISУВАННЯ ВАГОНА В ЗАДАНИЙ ГАБАРИТ

Мета роботи: вивчити основні позначення габаритів рухомого складу, область використання та вписування вагона в заданий габарит.

План заняття:

1. Габарити, вивчити основні визначення габаритів.
2. Виконати розрахунок вертикальних розмірів будівельного контуру заданого вагона.
3. Виконати розрахунок горизонтальних розмірів контуру заданого вагона.
4. Дані розрахунків зобразити графічно.

2.1. Вертикальні розміри будівельного контуру вагона

Будівельним контуром вагона називають поперечний (перпендикулярне осі колії) контур, що отримується зменшенням габариту рухомого складу на величини можливих зсувів вагона. З цього контуру назовні не повинна виходити жодна частина знов побудованого рухомого складу в ненавантаженому стані при знаходженні на прямому горизонтальному шляху та при поєднанні його подовжньої вертикальної площини симетрії з віссю колії.

Вертикальні розміри габариту рухомого складу зверху (найбільші відстані від рівня головок рейок до лінії верхнього контуру габариту) - це одночасно і ті максимальні будівельні розміри, які може мати проєктований вагон по висоті в ненавантаженому стані.

Найменші вертикальні розміри будівельного контуру вагона найменше допустиме піднесення нижнього контуру вагона над рівнем верху головок рейок. Їх отримують шляхом збільшення відповідних вертикальних розмірів габариту з низу на величини можливих в експлуатації понижень елементів вагона.

Для визначення останніх враховують зменшення товщини обода колеса, що допускається, знос опорних поверхонь (п'ятники, підп'ятники, опорні ковзуни, елементи підвіски), статичне осідання і статичний прогин під розрахунковим навантаженням ресорного підвішування.

Величини статичних понижень для елементів вантажних та пасажирських вагонів приведені в табл. 2.1 і 2.2.

Наприклад: сумарні пониження рами вагона та укріплених на ній частин, на візку моделі 18-100 з підшипниками кочення складають (згідно з табл. 2.1):

$$h_p = 70 + 0,5P_{cm}\lambda_T, \quad (2.1)$$

де, 70 - сумарне пониження рами вагона і укріплених на ній деталей, внаслідок зносу колісної пари по кругу катання, зносу букси та боковини в місці взаємного спирання, статичного осідання ресор, зносу п'ятника й підп'ятника, мм;

$0,5P_{cm}\lambda_T$ - пониження унаслідок рівномірного статичного прогину від статичної сили тяжіння вантажу, мм;

P_{cm} - статична сила важкості вантажу, МН;

λ_T - гнучкість ресорного підвішування візка.

Статична сила тяжіння вантажу, визначає кількістю вантажу, яка завантажується у вагон та визначається за формулою:

$$P_{cm}=m_z g \quad (2.2)$$

де, m_z - маса вантажу у вагоні, т;

g - прискорення вільного падіння тіл, $g = 9,81$.

Найбільша висота будівельного контуру вагона, яку він може мати в ненавантаженому стані, визначається верхньою лінією габариту рухомого складу.

Найменші вертикальні розміри будівельного контуру вагона, що допускаються, які він може мати в завантаженому стані і за наявності зносу ходових частин, вимірюваних у вертикальному напрямі, визначаються за формулою:

$$H_{ваг.мин}^{спр} = H_{низ}^r + h_p \quad (2.3)$$

де, $H_{низ}^r$ - висота нижньої частини габаритної рамки заданого габариту, мм (рис. 2.1).

2.2. Горизонтальні розміри будівельного контуру вагона

Максимальні горизонтальні розміри будівельного контуру вагона, що допускаються, визначають шляхом зменшення поперечних розмірів заданого габариту з кожного боку на величини обмежень трьох категорій:

E_0 - для направляючих поперечних перетинів вагона;

E_B - для внутрішніх перетинів вагона, тобто розміщених між його направляючими перетинами;

E_H - для зовнішніх перетинів вагона, розміщених зовні його направляючих перетинів, тобто в консольній частині вагона.

Під направляючими поперечними перетинами вагона слід розуміти перетин по п'ятниках кузова.

По суті цими обмеженнями є можливі поперечні зсуви вагона щодо осі колії при вписуванні в криву розрахункового радіусу з урахуванням найбільших допустимих в експлуатації зносу деталей його ходових частин (деталей).

Величини обмежень (мм) визначаються по наступних формулам:

$$E_0 = 0,5(S - d) + q + w + [\kappa_1 - \kappa_3] - \kappa \quad (2.4)$$

$$E_B = 0,5(S-d) + q + w + [\kappa_2(l-n)n + \kappa_1 - \kappa_3] - \kappa + \alpha; \quad (2.5)$$

$$E_H = (0,5(S-d) + q + w) \frac{2n+l}{l} + [\kappa_2(l-n)n + \kappa_1 - \kappa_3] - \kappa + \beta, \quad (2.6)$$

де, S - максимальна ширина колії в кривій розрахункового радіусу;

q - найбільше можливе поперечне переміщення з центрального положення в один бік рами візка щодо колісної пари (внаслідок зазорів при максимальному зносі в буксовому вузлі й вузлі зчленування рами візка з буксою);

w - найбільше можливе поперечне переміщення з центрального положення в один бік кузова щодо рами візка (внаслідок зазорів і пружних коливань у вузлі зчленування кузова і рами візка);

l - відстань між направляючими перетинами (база вагона);

n - відстань від даного поперечного перетину вагона до найближчого направляючого перетину, м; (при визначенні обмежень усередині направляючих перетинів приймаємо $n = 1$, а при визначенні обмежень за межами бази вагона приймаємо $n = L-1$)

κ - величина, на яку допускається в кривих ділянках колії ($R=250$ м) вихід вагонів за контур габаритів 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ та 1-ВМ (в нижній частині), $\kappa = 0$ мм;

κ_1 - величина додаткового поперечного зсуву в кривих ділянках колії розрахункового радіусу R візкового рухомого складу, мм;

κ_2 - коефіцієнт розмірності, залежний від величини розрахункового радіусу кривої ($R=200$ м – для габаритів Т, 1-Т, Т_Ц, Т_{ПР}, ТА 1-ВМ, $R = 250$ м – для габаритів 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ та 1-ВМ (нижній частині), мм/м²;

κ_3 - величина, на яку допускається в кривих ділянках колії ($R=200$ м) вихід вагонів, проєктованих за габаритами Т, 1-Т, Т_Ц, Т_{ПР} та 1-ВМ (в верхній частині), за контуром цих габаритів, мм. Таке можливо лише унаслідок збільшення відстані між осями колії в кривих ділянках;

α, β - додаткові обмеження внутрішніх та зовнішніх перетинів вагона (мм), що мають місце тільки у дуже довгих вагонах, та визначаються з умови вписування в криву радіусом 150 м. У звичайних вагонів масового випуску значення α, β дорівнюють нулю.

Слід пам'ятати, що в формулах (2.4-2.6) величини слід підставляти в мм, n та l – в м, а результати обмеження вийде в мм. При розрахунках приймається: $S = 1535+10 = 1545$ мм (1535 – ширина колії в кривій розрахункового радіусу $R=200$ м на залізницях України та Росії колії 1520 мм, 10 мм – допускається на можливе розширення колії), при проєктуванні по габаритах Т, 1-Т, Т_Ц, Т_{ПР} та 1-ВМ (в верхній частині);

$S = 1465$ мм (для європейських та азіатських залізниць колії 1435 мм), при проєктуванні по габаритам 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ та 1-ВМ (в нижній частині).

Мінімальна відстань між зовнішніми гранями гранично зношених гребенів коліс визначається за формулою:

$$d = b + 2c, \quad (2.7)$$

де, b - мінімальне допустиме ПТЕ залізниць СНД, відстань, що допускається між внутрішніми гранями коліс;

c - мінімальна товщина гребеня колеса, що допускається, на рівні головки рейки.

Згідно [9, 12] приймаємо:

$b = 1437$ мм, $c = 25$ мм – для вантажних вагонів зі швидкістю до 120 км/год;

$b = 1439$ мм, $c = 28$ мм – для пасажирських вагонів зі швидкістю до 140 км/год;

$b = 1439$ мм, $c = 30$ мм – для пасажирських вагонів, які проєктуються зі швидкістю 160 км/год.

При проєктуванні вагонів по габаритах 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ та 1-ВМ (нижній частині) приймаємо $d = 1410$ мм.

Чисельні значення поперечних зсувів ($q+w$) вантажних вагонів зведені у табл.2.3 та пасажирських вагонів у табл. 2.4.

Значення коефіцієнтів κ , κ_1 , κ_2 , та κ_3 зведемо у табл. 2.5.

Якщо у вагонів, що проєктуються значення в дужках формул (2.4-2.6) будуть негативні, це свідчить про недовикористання наявного в кривій розширення габариту наближення будов та в розрахунку не враховуються, тобто приймаються рівними до нуля.

В цьому випадку розрахунок обмежень E_o , E_n та E_b проводиться з умови вписування в габарит на прямій ділянці колії за формулами:

$$E_o^n = E_b^n = 0,5(S^n - d) + q + w \quad (2.8)$$

$$E_n^n = (0,5(S^n - d) + q + w) \frac{2n+l}{l} \quad (2.9)$$

де, S^n - максимальна ширина колії на прямій ділянці шляху ($S = 1526$ мм)

Горизонтальна габаритна рамка будівельного контуру вагона представлена на рис. 2.2.

Максимальна ширина будівельного контуру кузова вагона на деякій висоті над рівнем верху головок рейок визначається за формулою:

$$2B = 2(B_r - E), \quad (2.10)$$

де, B_r - напівширина заданого габариту рухомого складу, мм;

E - обмеження напівширини кузова вагона для одного з даних перетинів - E_o , E_n та E_b , мм.

Приклад розрахунку

Чотирьохвісний вантажний вагон-хоппер для перевезення зерна модель 11-752, заданий габарит 1-ВМ.

Сумарні пониження рами вагона та укріплених на ній частин, на візку моделі 18-100 з підшипниками кочення складають (згідно з табл. 2.1) та визначаються за формулою (2.1)

Статична сила тяжіння вантажу, визначає кількість вантажу, яка завантажується у вагон та визначається по формулі (2.2), де, m_z - маса вантажу у заданому вагоні, $m_z = 70$ т.

Тоді

$$p_{cm} = 70 \cdot 9,81 = 686,7 \text{ кН} \approx 0,686 \text{ МН}$$

$$h_p = 70 + 0,5 \cdot 0,686 \cdot 125 = 112,9 \text{ мм} \approx 113 \text{ мм}$$

Найбільша висота будівельного контуру вагона, яку він може мати в ненавантаженому стані, визначається верхньою лінією габариту рухомого складу.

Найменші вертикальні розміри будівельного контура вагона, що допускаються, які він може мати в завантаженому стані і за наявності зносу ходових частин, вимірюваних у вертикальному напрямі, визначаються за формулою (2.3):

де, $H_{низ}^r$ - висота нижньої частини габаритної рамки габариту 1-ВМ = 350 мм (рис. 2.1, а).

Тоді:

$$H_{ваг.мин}^{стр} = 350 + 113 = 463 \text{ мм}$$

Визначення горизонтальних розмірів будівельного контуру вагона

Максимальні горизонтальні розміри будівельного контуру вагона, що допускаються, визначають шляхом зменшення поперечних розмірів заданого габариту з кожного боку на величини обмежень трьох категорій - Е₀, Е_В, Е_Н.

Величини обмежень (мм) визначаємо за наступними формулами (2.4), (2.5), (2.6):

де відомо, $S=1545$ мм; $q = 3$ мм; $w = 28$ мм; база вагона $l = 10,5$ м (рисунок 2.1); $\kappa_2=2,5$ мм/м; $\kappa_3 = 180$ мм; $b = 1437$ мм; $c = 25$ мм.

Величина додаткового поперечного зсуву в кривих ділянках колії розрахункового радіусу R візкового рухомого складу κ визначається за формулою з (дивись табл. 5 додаток А):

$$\kappa_1 = 0,625 p^2,$$

де, p - база візка, $p = 1,85$ м [1, с.186].

Підставимо значення у формули (2.7):

Тоді:

$$d = 1437 + 2 \cdot 25 = 1487 \text{ мм}$$

$$\kappa_1 = 0,625 \cdot 1,85^2 = 2,14 \text{ мм}$$

Знайдемо величини обмежень, мм

Тоді:

$$E_0 = 0,5(1545-1487)+3+28+[2,14-180]\cdot 0=60+[-177,86]$$

$$E_B = 0,5(1545-1487)+3+28+[2,5(10,5-5,25)\cdot 5,25+2,14-180]\cdot 0=60+[-108,9]$$

$$E_H = (0,5(1545-1487)+3+28)\frac{3+10,5}{10,5}+[2,5(10,5+1,5)\cdot 1,5+2,14-180]\cdot 0+0 = 76,8+[-132,86]$$

Якщо при розрахунках значення в дужках формул (2.4-2.6) будуть негативні це свідчить про недовикористання наявного в кривій розширення габариту наближення будівель та в розрахунку не враховуються, тобто приймаються рівними до нуля.

В цьому випадку розрахунок обмежень E_0 , E_H та E_B проводиться з умови вписування в габарит на прямій ділянці шляху за формулами (2.8 та 2.9):

$$E_0^H = E_B^H = 0,5(1526-1487) + 3 + 28 = 50,5\text{ мм}$$

$$E_H^H = (0,5(1526-1487) + 3 + 28)\frac{3+10,5}{10,5} = 64,6\text{ мм}$$

Таким чином, остаточне обмеження напівширини кузова вагона доставляє: $E_0 = 50,5$ мм; $E_B = 50,5$ мм; $E_H = 64,6$ мм.

Горизонтальна габаритна рамка будівельного контура вагона представлена на рис. 2.2.

Максимальна ширина будівельного контура кузова вагона на деякій висоті над рівнем верху головок рейок визначається за формулою (2.10), якщо знаємо, що $B_T = 1700$ мм,

Тоді максимальна ширина будівельного контура кузова вагона на деякій висоті H над рівнем верху головок рейок дорівнює:

у направляючому і внутрішньому перетині:

$$2B_0 = 2B_B = 2(1700 - 50,5) = 3299\text{ мм};$$

у зовнішньому (консольному) перетині:

$$2B_H = 2(1575 - 64,6) = 3020,7\text{ мм}.$$

Висновок: Згідно з нашими розрахунками вагон вписується в габарит 1-ВМ, оскільки в найбільшому перетині вагон має 3299 мм, а максимальна ширина будівельного контуру кузова вагона 3020,7 мм.

Завдання

1. Згідно з варіантом виконати розрахунки по вписуванню вагона в заданий габарит рухомого складу

2. Побудувати вертикальну та горизонтальну габаритні рамки будівельного контуру вагона.

Контрольні питання

1. Що таке будівельний контур вагона?
2. Дати визначення габариту рухомого складу.
3. Дати визначення габариту наближення будівель.
4. Що таке розбіжність колісної пари?
5. Які типи вагонів будують за габаритом $T_{ц}$?
6. Які типи вагонів будують за габаритом $T_{пр}$?
7. Де можуть обертатися вагони габариту T ?

Практичне заняття №3

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПАРАМЕТРИ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Мета роботи: визначити основні та техніко-економічні параметри вантажних вагонів.

План заняття:

1. Охарактеризувати техніко-економічні параметри вантажних вагонів.
2. Розрахувати техніко-економічні параметри заданого вагона.

3.1. Техніко-економічні параметри вантажних вагонів

Техніко-економічні параметри вантажних вагонів визначаються залежно від структури вантажообігу, умов виробництва, вантажних операцій і збереження вантажу, що перевозиться, характеристики верхньої будови шляху і штучних споруд, габаритних можливостей полігонів експлуатації, виду тяги і відповідно максимально допустимих ваги поїзда і швидкості руху, витрат на освоєння виробництва нового типу вагона і витрат на технічний зміст вагона при експлуатації. Вибір оптимальних параметрів проводиться по мінімуму приведених витрат народного господарства (залізничного транспорту і його клієнтів). Методика вибору техніко-економічних параметрів вантажних вагонів з урахуванням всіх перерахованих вище чинників викладена в [1].

Основними параметрами вантажних вагонів є:

$$V_{\text{зд}} = V/P, \quad (3.1)$$

де, P – вантажопідйомність вагона, т;

V – повний або геометричний об'єм кузова, м³.

Вантажний об'єм кузова

$$V_n = V\varphi \quad (3.2)$$

де, φ – коефіцієнт використання об'єму кузова.

У нафтобензинових цистерн зазвичай $\varphi = 0,98$, а у цистерн для перевезення зріджених газів $\varphi = 0,85$, у напіввагонів при вантаженні їх вище за рівень стін (з шапкою) $\varphi > 1$.

Технічний коефіцієнт тари:

$$K_m = T/P, \quad (3.3)$$

де, T – тара вагона, т.

Погонне навантаження бруто:

$$q_{\text{нб}} = (P+T)/L, \quad (3.4)$$

де, L – довжина вагона по осях зчеплення автотягачів, м.

Погонне навантаження нетто:

$$q_{\text{нн}} = P/L. \quad (3.5)$$

При виборі техніко-економічних параметрів вагонів враховується розрахункова довжина станційних шляхів $l_{\text{см}} = 1000$ м і вага поїзда:

$$Q_{mi} = l_{cm} q_{mi}. \quad (3.6)$$

Кількість вагонів в поїзді на розрахунковій довжині станційних шляхів рівне:

$$N_n = l_{cm}/L. \quad (3.7)$$

Маса тари поїзда на довжині станційних шляхів дорівнює:

$$Q_{nm} = N_n T. \quad (3.8)$$

При зіставленні різних варіантів вантажних вагонів перевагу мають варіанти, що забезпечують максимальну вагу поїзда або мінімальну тару поїзда за умови, що кількість поїздів на ділянці з обмеженими можливостями по пропускній спроможності є мінімальною. При обмежених можливостях ділянки по провізній здатності потрібна реконструкція цієї ділянки із збільшенням довжини станційних шляхів Δl_{cm} , що дозволяє збільшити довжину і вагу поїзда.

$$\Delta l_{cm} = [Q_{nm(max)} - Q_{nm(min)}] / q_{mi(min)}, \quad (3.9)$$

де, індекси (max) і (min) характеризують варіанти, що зіставляються.

При однаковості ваги поїзда з вагонів двох варіантів, що зіставляються, один з них матиме велику довжину і відповідно включати більшу кількість вагонів:

$$\Delta N_n = (l_{cm}/L_{(min)}). \quad (3.10)$$

Тоді маса тари поїзда збільшеної довжини рівна:

$$Q_{nmy} = (N_n + \Delta N_n) T_{(min)}. \quad (3.11)$$

Зіставляючи техніко-економічні параметри вагонів можна вирішувати завдання планування виробництва вагонів, що забезпечують максимальну ефективність при заданому обсязі перевезень Q_{tp} і при обмеженій витраті металу на виготовлення вагонів.

Економія металу на виготовлення вагонів різних варіантів визначається за формулою:

$$\Delta Q_M = (Q_{tp}/Q_{ni(max)})(Q_{nmy} - Q_{nm(max)}). \quad (3.12)$$

Приклад розрахунку показників використання пасажирських вагонів

Таблиця 1 - Вихідні дані

Параметри	Моделі вагонів	
	1	2
Кількість осей	4	8
Тара, т	23,4	49,05
Питомий об'єм кузова, м ³ /т	1,13	1,14
Довжина по осях зчеплення, м	12,62	21,12
Об'єм кузова, м ³	73,1	143
Габарит	02-ВМ	1-Т

Розрахунок загального пробігу вагонів

За формулою (3.1) вантажопідйомність вагона складе:

$$P_1 = 73,1 / 1,13 = 64,7 \text{ т}; \quad P_2 = 143,1 / 1,14 = 125,4 \text{ т.}$$

Погонне навантаження бруто за формулою (3.4):

$$q_{пб1} = (23,4 + 64,7) / 12,62 = 6,98 \text{ т/м}; \quad q_{пб2} = (49,05 + 125,4) / 21,12 = 8,26 \text{ т/м.}$$

Погонне навантаження нетто за формулою (3.5):

$$q_{пн1} = 64,7 / 12,62 = 5,13 \text{ т/м}; \quad q_{пн2} = 125,4 / 21,12 = 5,94 \text{ т/м.}$$

За формулою (3.6) вага поїзда складе:

$$Q_{пн1} = 1000 \times 5,13 = 5130 \text{ т}; \quad Q_{пн2} = 1000 \times 5,94 = 5940 \text{ т.}$$

Число вагонів в поїзді на розрахунковій довжині станційних шляхів за формулою (3.7) буде:

$$N_{п1} = 1000 / 12,62 = 79 \text{ вагонів}; \quad N_{п2} = 1000 / 21,12 = 47 \text{ вагонів.}$$

Маса тари поїзда на довжині станційних шляхів за формулою (3.8) дорівнює:

$$Q_{т1} = 79 \times 23,4 = 1848,6 \text{ т}; \quad Q_{т2} = 47 \times 49,05 = 2305,35 \text{ т.}$$

Збільшення довжини станційних шляхів за формулою (3.9) складе:

$$\Delta l_{ст} = (5130 - 2305,35) / 5,13 = 550,6 \text{ м.}$$

При однаковості ваги поїзда з вагонів двох варіантів, що зіставляються, один з них матиме велику довжину й відповідно включати більшу кількість вагонів, яку знайдемо за формулою (3.10):

$$\Delta N_{\text{п}} = 550,6/12,62 = 43,6.$$

Маса тари поїзда збільшеної довжини за формулою (3.11) дорівнює:
 $Q_{\text{пту}1} = (79 + 43,63) \times 23,4 = 2869,6 \text{ т};$ $Q_{\text{пту}2} = (47 + 43,63) \times 23,4 = 2120,7 \text{ т}.$

Економія металу на виготовлення вагонів різних варіантів визначається за формулою (3.13):

$$\Delta Q_{\text{м}1} = (500000/5940)(2869,6 - 2305,35) = 47495,8 \text{ т};$$

$$\Delta Q_{\text{м}2} = (500000/5940)(2120,7 - 2305,35) = 15542,9 \text{ т}.$$

$$\Delta Q_{\text{пт}} = 2305,35 - 1848,6 = 456,7.$$

Визначені параметри порівнюваних варіантів заносимо до табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Порівняння параметрів вагонів

Параметри	Порівнювані варіанти (моделі вагонів)	
	1	2
$q_{\text{пб}}, \text{ т/м}$	6,98	8,26
$q_{\text{пн}}, \text{ т/м}$	5,13	5,94
$Q_{\text{пн}}, \text{ т}$	5130	5940
$N_{\text{п}}, \text{ ед.}$	79	47
$\Delta l_{\text{ст}}, \text{ м}$	550,6	550,6
$\Delta N_{\text{п}}, \text{ ед.}$	43,63	43,63
$Q_{\text{пт}}, \text{ т}$	1848,6	2305,35
$Q_{\text{пту}}, \text{ т}$	2869,6	2120,7
$\Delta Q_{\text{пт}}, \text{ т}$	456,7	456,7
$\Delta Q_{\text{м}}, \text{ т}$	47495,8	15542,9

Завдання

За індивідуальним завданням провести зіставлення варіантів техніко-економічних параметрів напіввагонів, цистерн і хоперів, відповідно до додатка Б. Визначити параметри порівнюваних варіантів (табл. Б.1) і вибрати варіанти, що забезпечують максимальну вагу поїзда, максимальне число поїздів і економію металу при виробництві на заданий об'єм перевезень рівний 500000 т.

Таблиця 3.2

Параметри	Порівнювані варіанти (моделі вагонів)	
	1	2
$q_{пб}, \text{Т/М}$		
$q_{пн}, \text{Т/М}$		
$Q_{пн}, \text{Т}$		
$N_{п}, \text{ед.}$		
$\Delta l_{ст}, \text{М}$		
$\Delta N_{п}, \text{ед.}$		
$Q_{пт}, \text{Т}$		
$Q_{пту}, \text{Т}$		
$\Delta Q_{пт}, \text{Т}$		
$\Delta Q_{м}, \text{Т}$		

Контрольні питання

1. Що таке питомий об'єм вагона?
2. Що таке площа підлоги?
3. Від чого залежить вантажний об'єм кузова?
4. Що таке технічний коефіцієнт тари?
5. Що таке погонне навантаження брутто?
6. Що таке погонне навантаження нетто?
7. Що таке осьове навантаження?

Практичне заняття № 4

РОЛИКОВІ ПІДШИПНИКИ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ

Мета роботи: вивчити основні типи роликів підшипників, їх застосування, позначення, таврування та вид посадки на осі.

План заняття:

1. Дати характеристики основних типів підшипників.
2. Вивчити основні принципи кріплення на шийці осі від зрушення в осьовому напрямі.
3. Охарактеризувати позначення, таврування та посадку роликів підшипників.
4. Види та характеристики підшипників звести в таблицю.

4.1. Основні типи підшипників

На мережі залізниць експлуатуються десятки тисяч вагонів, обладнаних буксами з роликівими підшипниками. Підшипники, розташовані в буксах, сприймають радіальні та осьові (бічні) навантаження, передають їх до шийок осі, що обертаються, та обмежують переміщення колісної пари під час руху вагона. Радіальне навантаження, спрямоване перпендикулярно осі обертання підшипників до шийки осі, виникає від тари вагона та вантажу, що знаходиться в ньому, а також від вертикальних динамічних дій, що виникають внаслідок нерівності колії, наявності нерівномірного прокату та повзунів по кругу кочення коліс, стиків на рейках й інше. Осьове навантаження викликається відцентровою силою, силою вітру та іншими горизонтальними зусиллями, що діють уздовж осі обертання підшипників.

Підшипники кочення залежно від форми тіл кочення розподіляються на шарикопідшипники з тілами кочення у формі кульок та роликів-підшипники з тілами кочення у формі роликів. Роликів-підшипники у свою чергу залежно від форми роликів бувають з циліндровими, сферичними, голчатими та конічними роликами. У вагонних буксах застосовують підшипники з циліндровими роликами (у колісних парах типу РУ1-950 та РУ1Ш-950) й конічними роликами (у буксових вузлах касетного типу).

У вагонних буксах застосовуються підшипники:

- циліндрові на гарячій посадці з габаритними розмірами 130x250x80мм (42726 і 232726);
- дворядні конічні підшипники касетного типу на пресовій посадці з габаритними розмірами 150x250x175мм для колісних пар вагонів нового покоління, 140x250x150мм для посиленних колісних пар типу РУ1Ш-950, 130x250x150мм для стандартних колісних пар типу РУ1Ш-950.

У кожній буксі встановлюють по два циліндрових або один дворядний конічний підшипник.

Циліндровий роликівий підшипник складається з внутрішнього та зовнішнього кілець. Між ними знаходяться ролики, що утримуються в сепараторі на однаковій відстані один від одного.

Раніше сепаратори виготовлялися з латуні, в даний час латунні сепаратори замінюють на поліамідні.

Внутрішнє кільце підшипника встановлюють на шийку осі колісної пари з натягом, а зовнішнє – в корпус букси вільно. Вільне переміщення роликів забезпечується радіальними та осьовими зазорами, а також осьовим розміром букси на шийці осі.

У циліндрових підшипниках з короткими циліндровими роликами відношення довжини ролика l_p до його діаметру d_p рівне або менше двох. Радіальне навантаження в циліндровому підшипнику сприймається роликом майже по всій довжині. Поліамідний сепаратор циліндрового підшипника має рамну конструкцію з гніздами для роликів.

4.2. Кріплення підшипників на шийці осі від зрушення в осьовому напрямі

Два підшипники, встановлені на шийці осі на гарячій посадці, для запобігання їх зрушення в осьовому напрямі мають бути закріплені.

Застосовуються два способи кріплення підшипників на шийці осі: торцевою гайкою й шайбою.

Торцеве кріплення гайкою, вживане на осях типу РУ1, полягає в тому, що на різьбову частину шийки осі навертається корончата гайка. При гарячій посадці гайка безпосередньо упирається в упорне кільце підшипника.

Шестигранна гайка має на зовнішній стороні 11 пазів для установки в них хвостовика стопорної планки. Остання розміщується в пазу торця осі та зміцнюється двома болтами.

При кріпленні підшипників шайбою торець осі виготовляється плоским. Кріпильна шайба за допомогою трьох або чотирьох болтів кріпиться до торця шийки осі.

В даний час перевага віддається торцевому кріпленню при допомозі шайби. Торцеве кріплення гайкою, як показав тривалий досвід експлуатації, надійніше, але воно дорожче у виготовленні та при недоброякісному виготовленні різьблення гайки або різьбової частини шийки осі, а також при порушенні технології затягування гайки в експлуатації відбувається ослаблення торцевого кріплення.

В даний час випускають колісні пари з кріпленням підшипників шайбою з чотирма болтами М20, як стопорний елемент застосовується пластинчаста шайба з пелюстками, що відгинаються.

Як буксове мастило використовується «буксол» (раніше використовувалося мастило ЛЗ-ЦНИИ).

Торцеве кріплення підшипників касетного типу здійснюється за допомогою шайби з трьома болтами М24. Конічні підшипники заповнені консистентним мастилом.

4.3. Позначення та таврування підшипників

Умовні позначення підшипників призначаються для маркіровки при виготовленні, позначення в кресленнях та специфікаціях, обліку й звітності і так далі. За умовними позначеннями стандартних підшипників можна судити про величину діаметра отвору внутрішнього кільця, серію, тип, конструктивні особливості та точність виготовлення.

Значення цифр в умовному позначенні визначаються займаними ними місцями (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Значення цифр в позначенні підшипника

<u>Місця цифр в умовному позначенні</u> (справа наліво)	<u>Значення цифр</u>
1 і 2	Діаметр отвору внутрішнього кільця (діаметр шийки осі)
3 і 7	Серія
4	Тип
5 і 6	Конструктивні особливості

Вагонні роликові підшипники, крім умовних позначень (маркіровки), мають клейма.

4.4. Посадка роликових підшипників

Для кріплення внутрішніх кілець підшипників на шийках осей колісних пар застосовується гаряча й пресова посадки.

Посадка забезпечується за рахунок натягу (різниці діаметрів шийки й внутрішнього кільця).

Довговічність підшипників визначається діаметром роликів: чим більше їх діаметр, тим довговічність більша.

4.5. Радіальні та осеві зазори в роликових підшипниках

Радіальний зазор в підшипнику q_n – зазор між кільцями та роликами – забезпечує свободу переміщення кілець щодо один одного в радіальному напрямі й обертання між ними роликів. Наявність зазору дозволяє проводити складання підшипника без яких-небудь зусиль. Чим менше зазор, тим більше роликів бере участь в несенні радіального навантаження. У свою чергу кількість навантажених роликів визначає напругу в кільцях та роликах, а отже, й довговічність підшипника.

Від величини радіального зазору в підшипнику залежить тертя, а отже, й його температура. Підвищення температури букси призводить до зменшення довговічності мастила.

Розрізняють три види радіальних зазорів: початковий, посадочний та робочий.

Початковий зазор q_n – це зазор у вільному стані підшипника до посадки його на шийку осі. Посадочний зазор q_n – зазор після посадки підшипника на шийку осі. Робочий радіальний зазор q_p – це зазор в робочому стані підшипника, тобто під робочим навантаженням й в сталому температурному режимі.

Осьовим зазором S називається величина, на яку можуть взаємно зміщуватися зовнішні кільця підшипника уздовж осі колісної пари. Він вимірюється перед монтажем тільки у підшипників з циліндровими роликами, що сприймають осьові навантаження. У циліндровому підшипнику осьовим зазором буде зазор між торцями роликів та бортами зовнішнього кільця (рис.4.1).

Повна ліквідація осьового зазору через температурне подовження роликів приводить до їх заклинювання між бортами кілець.

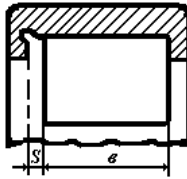


Рис. 4.1. Осьовий зазор між торцями роликів та бортами зовнішнього кільця

Мінімально допустимий початковий осьовий зазор в новому роликовому підшипнику повинен визначатися з умови недопущення заклинювання роликів між бортами зовнішнього кільця в процесі роботи буксового вузла вагонів на важких режимах.

Завдання

За натурними зразками, кресленнями та плакатами й макетами, ознайомитися з типами роликів, роликових підшипників буксових вузлів, які використовують у вагонах. Зобразити типи підшипників. На зразках вказати одиниці всіх деталей та їх розшифровку. Заповнити табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні розміри роликових підшипників

Тип підшипника	Спосіб посадки	Позначення підшипника	Розміри підшипників, мм			Розміри роликів, мм		Число роликів, шт	Маса підшипник а, кг
			D	B	d^*	d_p	l_p		

Примітка *Внутрішній діаметр підшипника при гарячій посадці.

Контрольні запитання

1. Основні типи підшипників, які використовують у вагонних буксах.
2. Варіанти установки підшипників в буксі.
3. Форми роликів.
4. Способи кріплення підшипників на шийці осі.
5. Призначення маркіровки підшипників.
6. Вкажіть значення цифр в маркіровці підшипника.
7. Маркіровка підшипників.
8. Посадки роликів підшипників на шийку осі.
9. Що таке «натяг»?
10. До чого призводить недостатній натяг?
11. Радіальний зазор, його призначення.
12. Види радіальних зазорів.

Практичне заняття №5

КОНСТРУКЦІЇ БУКСОВИХ ВУЗЛІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ТА ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Мета роботи: вивчити типи буксових вузлів вантажних та пасажирських вагонів, їх класифікацію та особливості.

План заняття:

1. Охарактеризувати типи буксових вузлів вагонів.
2. Вивчити конструкції вагонних буксових вузлів.
3. Виконати розрахунок підшипників кочення на довговічність.

5.1. Короткі відомості з теорії

З 1960 року букси вантажних та пасажирських вагонів почали обладнувати циліндровими роликовими підшипниками (42726 - задній й 232726 - передній), розміром 130x250x80мм на гарячій посадці.

При гарячій посадці підшипника на вісь його внутрішнє кільце, що має що менший діаметр отвору, ніж діаметр шийки осі, нагрівають до температури 100-120⁰С, внаслідок чого кільце розширюється та вільно надягає на шийку. Охолоджуючись, воно стискається, щільно охоплює шийку та міцно утримується на ній.

Типова букса з двома циліндровими роликовими підшипниками може мати два види торцевого кріплення внутрішніх кілець від повздовжнього зрушення – торцевому корончастою гайкою або тарілчастою шайбою. Букса з торцевим кріпленням гайкою (рис. 5.1 а, б) має корпус 1 з приливами 15, в якому розміщені передній 2 та задній 3 підшипники з короткими циліндровими роликами. З боку колеса корпус закритий лабіринтовим ущільненням 4 (знімний лабіринт) й 5 (лабіринтове кільце), а попереду – кріпильною кришкою 8, укріпленою болтами 16 до корпусу та оглядовий 10 кришками з болтами 6 й шайбами 9. Кріпильна кришка із сталі міцно утримує зовнішні кільця роликових підшипників 2 і 3 в буксі, не дозволяючи їм провертатися і переміщуватися уздовж осі при обертанні колісної пари. Внутрішні кільця підшипників закріплені на шийці осі з торця корончастою гайкою 11, стопорною планкою 13 та болтами 12. Між корпусом букси 1 й кріпильною кришкою 8 встановлено кільце ущільнювача 7, що забезпечує герметизацію буксового вузла. Внутрішня порожнина букси заповнена мастилом «буксол», що забезпечує надійну роботу підшипників в складних умовах їх вантаження.

Інший варіант торцевого кріплення внутрішніх кілець підшипників відрізняється таким особливостями (рис. 5.1, в): до торця шийки осі трьома або чотирма (варіанти) болтами 21 закріплюється тарілчаста шайба 17, яка своїми виступаючими краями натискає на приставне кільце 18 та міцно закріплює внутрішні кільця підшипників 19 й 20 на шийці осі 14, утримуючи їх від повздовжнього зрушення при дії осьових навантажень. Таке кріплення має підвищену надійність в експлуатації.

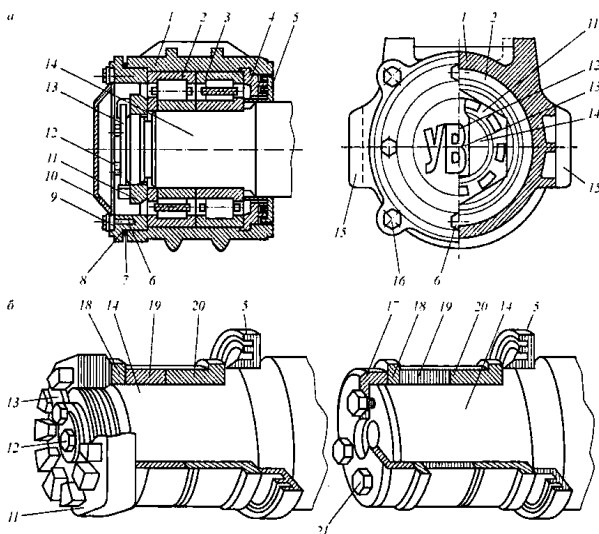


Рис. 5.1. Букса вантажного вагона з двома циліндровими роликowymi підшипниками:

а – конструкція; *б* – торцеве кріплення внутрішнього кільця корончастою гайкою; *в* – торцеве кріплення внутрішнього кільця тарілчастою шайбою

Пресова (як й гаряча) посадка забезпечує закріплення кільця підшипника на шийці осі за рахунок натягу (різниці діаметрів шийки осі й внутрішнього кільця підшипника).

ВНИИЖТом спільно з ВПЗ-16 та ГПЗ-15 розроблений буксовий вузол касетного типу (рис. 5.2). Такий буксовий вузол складається з одного заправленого на підшипниковому заводі мастилом дворядного підшипника з конічними роликами з вбудованими ущільненнями, сідла-навантажувача (або корпусу букси) та кріпильної шайби.

Монтаж та демонтаж буксових вузлів касетного типу проводиться на автоматичній установці (за 1 хвилину) пресовим (холодним) способом.

Адаптер виконує роль верхньої частини звичайного корпусу букси, тобто перерозподіляє навантаження від бічної рами візка на підшипники і має приливи для обмеження повздовжніх, поперечних і кутових зсувів колісної пари щодо рами візка.

Адаптер встановлюється на касетний підшипниковий вузол (рис. 5.3).

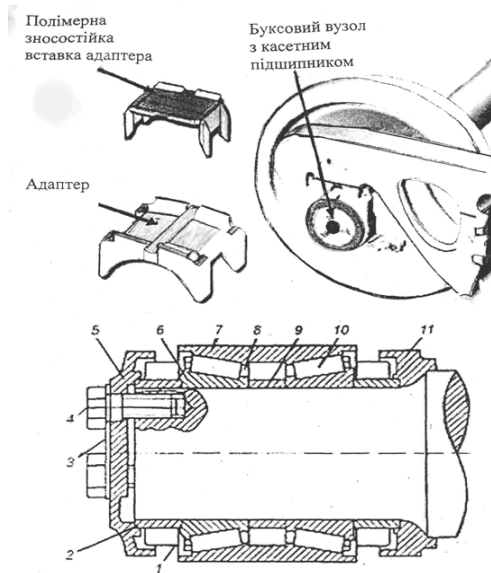


Рис. 5.2. Буксовий вузол касетного типу:

1 – кожух ущільнювача з пружинними сальниками; 2 – упорне кільце; 3 – стопорна шайба; 4 – кріпильні болти; 5 – передня кріпильна кришка; 6 – внутрішнє кільце; 7 – зовнішнє кільце; 8 – сепаратор; 9 – середнє дистанційне кільце; 10 – комплект конічних роликів; 11 – задня кріпильна кришка

Касетний підшипниковий вузол є готовою до встановлення конструкцією, відрегульованою на заводі-виготівнику, заправлену мастилом і забезпечену внутрішніми ущільненнями. Він має менші розміри і масу (55 кг), ніж типовий буксовий вузол (105 кг), а також вимагає меншу кількість мастила на заправку вузла.

Підшипниковий вузол складається з двоярдного підшипника з конічними роликами, що містить два ряди внутрішніх кілець 6, двох комплектів конічних роликів 10, двох сепараторів 8 і єдиного зовнішнього кільця 7, що виконує роль корпусу букси. Положення підшипника на шийці осі фіксується передньою 5 і задньою 11 кріпильними кришками, а також трьома упорними кільцями (переднім 2, середнім дистанційним 9 і заднім).

Задня 11 кріпильна кришка за рахунок натягу має тугу (пресову) посадку на шийці осі, а передня кришка 5 кріпиться до торця осі трьома болтами 4, які фіксуються від мимовільного відгортання стопорною шайбою 3. Герметизація підшипника від проникнення пилу і вологи забезпечується кожухами ущільнювачів 1 (переднім і заднім) з пружинними сальниками (манжетами).

Зверніть увагу

Буксові вузли є надзвичайно відповідальними елементами ходових частин вагонів. Кожна, часом незначна, їх несправність може призвести до відмови в роботі і загрожує безпеці руху поїздів.

Основною ознакою можливої несправності буксового вузла вагона є, як правило, підвищений нагрів корпусу букси. Проте, зустрічаються такі несправності роликів підшипників, які на первинній стадії не викликають нагріву букс, але являють серйозну загрозу для безпеки руху поїздів. Тому при зустрічі поїздів в пунктах технічного обслуговування необхідно виявляти можливі несправності буксових вузлів як по температурних режимах, так і по зовнішніх ознаках.

Причинами підвищеного нагріву букс можуть бути: а) зайва кількість мастила, що призводить до нерівномірного нагріву верхньої частини корпусу букси і витікання мастила з лабіринтової частини букси; б) заїдання в лабіринті унаслідок відсутності зазору між лабіринтовою частиною корпусу букси і лабіринтовим кільцем, що призводить до підвищеного нагріву задньої частини корпусу букси; у) ненормальна робота роликів підшипників через: розрив внутрішнього кільця, малого осьового і радіального зазорів в підшипниках, зламу або зносу сепаратора, втрати мастилом своїх властивостей, неправильного складання підшипників і інших деталей, потрапляння сторонніх тіл (пісок, металеві включення і т. п.), неправильної зборки візка (перекіс рами і ін.).

При ремонті вагонів мають дотримуватися певні правила.

Зварювальні роботи на вагонах і візках, обладнаних колісними парами з буксами на роликів підшипниках, повинні виконуватися так, щоб підшипники не були включені в зварювальний ланцюг. При цьому забороняється використовувати рейки як зворотний дріт. Підведення струму має здійснюватися по двопровідній системі з приєднанням зворотного дроту від джерела живлення дуги і безпосередньо поблизу місця зварювання так, щоб зварювальний ланцюг не замикався через букси, автозчеплення, редуктори і інші роз'ємні з'єднання. У всіх випадках зварювальні машини і трансформатори повинні бути ретельно ізолювані від ремонтних шляхів.

Категорично забороняється проводити обмивання колісних пар з буксовими вузлами, візків з колісними парами і вагонів на колісних парах, буксові вузли яких надалі не підлягають демонтажу.

5.2. Розрахунок підшипника кочення на довговічність

Буксові вузли в експлуатації передають всі основні статичні і динамічні навантаження від рами візка вагона колісним парам, що обертаються. Вони повинні забезпечувати при цьому високу надійність в складних умовах експлуатації, витримувати нормовану довговічність роботи. Довговічністю роликів підшипників є термін служби, вимірюваний кілометрами пробігу або числом обертів, в перебігу якого не повинні з'являтися ознаки втоми металу не менш ніж у 90% підшипників даної їх групи за однакових умов експлуатації.

Довговічність в мільйонах кілометрів пробігу вагона для типового буксового вузла з двома циліндровими роликowymi підшипниками визначається за формулою:

$$L_n = \left(\frac{C}{1,85 \cdot P_E} \right)^{3,33} \cdot \pi \cdot D_k \cdot 10^{-3}, \quad (5.1)$$

де, C - динамічна радіальна вантажопідйомність підшипника;

P_E - еквівалентна сила, що діє на один підшипник, H ;

D_k - діаметр по колу кочення середньозношеного колеса, $D_k = 0,9\text{м}$.

Еквівалентна сила, що доводиться на роликівий підшипник визначається за формулою:

$$P_E = P_{II} \cdot K_D, \quad (5.2)$$

де, P_{II} - статична сила, прикладена до одного підшипника, H ;

K_D - коефіцієнт враховує динамічну дію навантаження при русі вагона, $K_D = 1,3$.

Статична сила, що доводиться на один підшипник в експлуатації визначається за формулою:

$$P_{II} = \frac{10^3}{2i} \left(\frac{P_{cm} + T}{m_0} - P_{к.л} \right), \quad (5.3)$$

де, i - число підшипників в буксі, що сприймають радіальні навантаження $i = 2$

Динамічна радіальна вантажопідйомність радіального підшипника визначається за формулою:

$$C = 70 \cdot Z^{0,7} \cdot l_p \cdot d_p, \quad (5.4)$$

де, Z - число роликів в підшипнику, $Z = 14$;

l_p - довжина ролика підшипника, $l_p = 58$ мм;

d_p - діаметр ролика $d_p = 36$ мм.

Приклад розрахунку

Для визначення статистичної сили, яка доводиться на один підшипник в експлуатації, знайдемо за формулою (5.3).

Тоді:

$$P_{II} = \frac{100}{2 \cdot 2} \left(\frac{301,17 + 310,98}{4} - 11,77 \right) = 35316,9\text{Н}$$

Для визначення еквівалентної сили, яка доводиться на роликівий підшипник знайдемо за формулою (5.2).

Тоді:

$$P_{\text{г}} = 35316,9 \cdot 1,3 = 45912,0 \text{ Н}$$

Визначити динамічну радіальну вантажопідйомність підшипника за формулою (5.4).

Тоді:

$$C = 70 \cdot 14^{0,7} \cdot 58 \cdot 36 = 927082,02 \text{ Н}$$

Довговічність в мільйонах кілометрів пробігу вагона для типового буксового вузла з двома циліндровими роликowymi підшипниками визначається за формулою (5.1).

Тоді:

$$L_n = \left(\frac{927082,02}{1,85 \cdot 45912,0} \right)^{3,33} \cdot 3,14 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 8,087 \text{ млн.км.}$$

Розрахункова довговічність роликowych підшипників, визначена за формулою (5.1) з урахуванням фактичних даних, повинна бути не менше 1,5 млн.км для вантажних вагонів.

Завдання

За індивідуальним завданням провести розрахунки роликowych підшипників вагона Вашого варіанта на довговічність

Контрольні запитання

1. Монтаж букси на пресовій посадці.
2. Демонтаж букси на пресовій посадці.
3. Якими підшипниками обладнані буксові вузли вантажні та пасажирські вагоні?
4. Яка конструкція підшипників створила можливість застосування гарячої посадки на шийку осі?
5. У чому суть конструкції підшипників напівзакритого типу, і яка їх можливість сприймати осьові навантаження?
6. Переваги й недоліки гарячої посадки підшипників на шийку осі?
7. Чинники, що роблять вплив на довговічність циліндрових роликowych підшипників.
8. На що впливає радіальний зазор підшипника, та яким він повинен бути у нових підшипників?
9. Величина оптимального осьового зазору циліндрових роликowych підшипників.
10. За рахунок чого вирішено завдання задовільного сприйняття осьового навантаження циліндровими роликowymi підшипниками?

11. За рахунок чого досягнуте поліпшення розподілу навантаження між роликами по колу підшипника в буксових вузлах вантажних та пасажирських вагонів?
12. Яка величина натягу встановлена для посадки внутрішніх кілець на шийку осі?
13. До якої температури нагріваються внутрішні кільця при посадці їх на шийку осі?

Практична робота №6

УМОВНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ ОСІ КОЛІСНОЇ ПАРИ НА МІЦНІСТЬ

Мета роботи: вивчити типи осей, навчитись визначати міцність осі умовним методом.

План заняття:

1. Ознайомлення з призначенням осі.
2. Визначення сил, які діють на вісь колісної пари.
3. Виконати розрахунок на міцність осі колісної пари умовним методом.

Колісні пари належать до ходових частин вагона. Вони призначені для напрямку руху вагона по коліях та сприймають навантаження від вагона на колію під час обертання. Працюючи в складних умовах завантаження, колісні пари повинні забезпечувати високу надійність в експлуатації, оскільки від них багато в чому залежить надійність вагона й в цілому безпека руху поїздів. Тому до колісних пар пред'являють особливі вимоги стандартом, ПТЕ та інструкцією по догляду, ремонту та формуванню вагонних колісних пар, а також нормативними документами по проектуванню, виготовленню, експлуатації та зберіганню. Конструкція та технічний стан колісних пар впливають на плавність ходу, величину сил, які виникають при взаємодії вагона на колію й опору руху.

Основним елементом колісної пари є вісь, яка обертаючись сприймає всі статичні та динамічні навантаження, які передаються на шийки через підшипники. Внаслідок чого кожна точка поперечного перетину осі, яка обертається, випробовує стискуючи або розтягуючи напруги при навантаженні згинальним моментом.

В експлуатації вісь працює при нестационарному режимі навантаження при обертанні колісної пари. Тому вона випробовує знакозмінні напруження з амплітудами змінної величини. Такий нестационарний режим потребує використання мір по підвищенню межі витривалості осевої сталі. Для цього після механічної обробки всю поверхню осі накочують роликми на токарно-нокочувальних верстатах. Після накочування шийки осей та підматочинні частини шліфують.

При умовному методі розрахунку вісь розглядається в статичному стані, на неї діє система сил (дивись рис. 6.1) вертикальна, яка дорівнює $1,25P_0$, горизонтальна $H = 0,5 P_0$, де P_0 - статичне навантаження на вісь від ваги бруто вагону; 1,25 та 0,5 - коефіцієнти, що враховують динамічну дію сил відповідно у вертикальному та горизонтальному напрямках:

$$P_0 = \frac{P_{cm} + T - m_0 P_{к.н.}}{m_0}; \quad (6.1)$$

де, P_{cm} – статична сила тяжіння вантажу;

T – статична сила тяжіння конструкції вагону від тари;
 Статична сила тяжіння вантажу визначається за формулою:

$$P_{cm} = m_o g; \quad (6.2)$$

де, m_o – маса вантажу у вагоні, т.

Власна сила тяжіння конструкції вагона від тари дорівнює:

$$T = m_T g; \quad (6.3)$$

де, m_T – маса тари вагону, т.

У розрахунковій схемі (рис. 6.1) сили прикладені в центрі тяжіння вагону, що знаходиться на відстані від осьової лінії колісної пари $h = 1,45$ м.

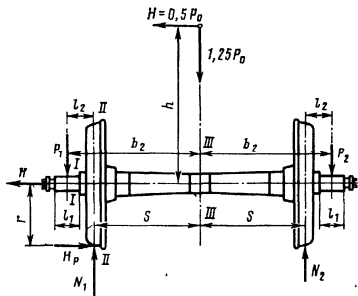


Рис. 6.1 Схема дії сил при розрахунку осі колісної пари умовним методом

Вертикальна $1,25 P_0$ та горизонтальна $H = 0,5 P_0$ сили, що викликають завантаження:

лівої шийки осі силою

$$P_1 = \left(1,25 + \frac{h}{2b_2} \right) \frac{P_0}{2}; \quad (6.4)$$

правої шийки осі силою

$$P_2 = \left(1,25 - \frac{h}{2b_2} \right) \frac{P_0}{2}, \quad (6.5)$$

де, $2b_2$ – відстань між серединами шийок осі, [див. табл. Б 1], м.

Сили P_1 і P_2 прикладені до середин шийок осі. Вертикальні опорні реакції для лівого та правого коліс, обчислені без урахування ваги колісної пари відповідно рівні:

$$N_1 = \left(1,25 + \frac{h+r}{2s}\right) \frac{P_0}{2}; \quad (6.7)$$

$$N_2 = \left(1,25 - \frac{h+r}{2s}\right) \frac{P_0}{2}. \quad (6.8)$$

де, $2s$ – відстань між кругами кочення колісної пари, м.

Згинальні моменти, обчислюють в трьох найбільш напружених перетинах осі: M_1 – біля внутрішньої галтелі шийки (на відстані довжини перехідної ділянки від початку галтелі); M_2 – в площині круга кочення; M_3 – в середньому перетині осі. Вони визначаються за формулами:

$$M_1 = P_1 \frac{\ell_1}{2}; \quad (6.9)$$

$$M_2 = P_1 \ell_2 + Hr; \quad (6.10)$$

$$M_3 = P_1 b_2 + Hr - N_1 S, \quad (6.11)$$

де, l_1 – довжина шийки осі, м;

l_2 – відстань від середини шийки до площини круга кочення, м.

З рівняння міцності на вигин, де $i = 1,2,3$, визначаємо найменші діаметри, що допускаються:

$$\text{шийки} \quad d_1 = \sqrt[3]{\frac{32M_1}{\pi[\sigma_1]}}; \quad (6.12)$$

$$\text{підматочинної частини} \quad d_2 = \sqrt[3]{\frac{32M_2}{\pi[\sigma_2]}}; \quad (6.13)$$

$$\text{середини осі} \quad d_3 = \sqrt[3]{\frac{32M_3}{\pi[\sigma_3]}}; \quad (6.14)$$

де, $[\sigma_1]$, $[\sigma_2]$, $[\sigma_3]$ – напруга, що допускається, відповідно для шийки, підматочинної та середньої частини. Порівняльні дані звести до табл. 6.1, та зробити висновок.

Таблиця 6.1 - Порівняння набутих розрахункових значень діаметрів зі стандартними діаметрами осей заданого типу.

Значення	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм
Стандартні			
Розрахункові			

Завдання:

Розрахувати задану вісь на міцність умовним методом. Варіант завдання обрати з табл. 6.2.

Таблиця 6.2. – **Варіанти завдання**

Параметри	Згідно завдання на практичні або контрольні роботи
Тип та модель вагона	
Вантажопідйомність, т	
Маса тари, т	
Тип осі: РУ1 РУШ	- парна остання цифра шифру - непарна остання цифра шифру

Приклад розрахунку

Вихідні дані:

Параметри	Значення
Тип та модель вагона	Критий, модель
Вантажопідйомність, т	70
Маса тари, т	23
Тип осі	РУ

Тоді:

$$P_{cm} = 70 * 9,81 = 686,7кН$$

Власну силу тяжіння конструкції вагона від тари знайдемо за формулою (6.3);

Тоді:

$$T = 23 * 9,81 = 225,63кН$$

Отже підставимо значення та отримаємо:

$$P_0 = \frac{686,7 + 225,63 - 4 * 11,77}{4} = 216,31кН$$

Тоді:

для лівої шийки осі силою за формулою (6.4)

$$P_1 = \left(1,25 + \frac{1,45}{2,036}\right) * \frac{216,31}{2} = 212,22кН$$

для правої шийки осі силою за формулою (6.5)

$$P_2 = \left(1,25 - \frac{1,45}{2,036}\right) * \frac{216,31}{2} = 58,17кН$$

Сили P_1 і P_2 прикладені до середин шийок осі. Вертикальні опорні реакції для лівого та правого коліс, обчислені без урахування ваги колісної пари відповідно рівні, приймаємо $2s = 1,58$ м отже за формулами (6.7) та (6.8), (згідно табл. Б.1) приймаємо;

Тоді

$$N_1 = \left(1,25 + \frac{1,45 + 0,475}{1,58}\right) * \frac{216,31}{2} = 266,9кН$$

$$N_2 = \left(1,25 - \frac{1,45 + 0,475}{1,58} \right) * \frac{216,31}{2} = 3,42 \text{ кН}$$

Згинальні моменти, обчислюють в трьох найбільш напружених перетинах осі: M_1 – по внутрішній галтелі шийки; M_2 – в площині круга кочення; M_3 – в середині осі.

Вони визначаються за формулами (6.9), (6.10) та (6.11)

де, l_1 – довжина шийки осі, $l_1 = 0,248$ м (приймаємо згідно табл. Б.1);

l_2 – відстань від середини шийки до площини круга кочення, $l_2 = 0,228$ м.

Тоді:
$$M_1 = \left(1,25 + \frac{1,45}{2,036} \right) * 216,31 * \frac{0,248}{4} = 17,5 \text{ кНм}$$

$$M_2 = 212,22 * 0,228 + 0,5 * 212,22 * 0,475 = 98,79 \text{ кНм}$$

$$M_3 = 212,22 * 1,018 + 0,5 * 212,22 * 0,475 - 266,9 * 0,79 = 55,6 \text{ кНм}$$

З рівняння міцності на вигин, де $i = 1,2,3$ визначаємо найменші діаметри, що допускаються за формулами (6.12), (6.13), (6.14):

Напруга, що допускається, для розрахункових перетинів дорівнює: $[\sigma_1] = 120$ МПа, $[\sigma_2] = 165$ МПа, $[\sigma_3] = 155$ МПа (табл. Б.2).

Тоді:

для шийки
$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{32 * 17,5}{3,14 * 120 * 10^3}} = 0,114 \text{ м}$$

для підматочинної частини
$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{32 * 98,79}{3,14 * 165 * 10^3}} = 0,182 \text{ м}$$

для середини осі
$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{32 * 55,6}{3,14 * 155 * 10^3}} = 0,154 \text{ м}$$

Порівняємо набутих розрахункових значень діаметрів із стандартними діаметрами осі РУ з табл. Б.1.

Значення	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм
Стандартні	135	194	165
Розрахункові	114	182	154

Оскільки стандартні діаметри осі у відповідних розрахункових перетинах опинилися більше, ніж розрахункові, то можна сказати про те, що міцність осі забезпечена.

Контроль запитання

1. Призначення шийки осі?
2. Призначення підматочинної частини осі?
3. Призначення передпідматочинної частини осі?
4. Призначення середньої частини осі?
5. Яке призначення галтелі?
6. Вказати номінальний діаметр коліс колісної пари.
7. Яка відстань між центрами прикладання навантаження на шийки осі?

Практичне заняття №7

ПЕРЕВІРКА МІЦНОСТІ ДВОРЯДНОЇ ПРУЖИНИ РЕСОРНОГО КОМПЛЕКТУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

Мета роботи; виконати перевірку на міцність дворядної пружини ресорного комплекту вантажного вагона.

План заняття:

1. Визначити основні розміри пружин в комплекті ресорного підвішування.
2. Виконати розрахунок дворядної пружини на міцність.

У ресорному, комплекті візків моделі 18-100 використовуються стандартні дворядні пружини з характеристиками: зовнішньою – $D_3 = 0,17$ м, $d_3 = 0,03$ м, число робочих витків $n_{PH} = 4$; внутрішньою - $D_B = 0,111$ м, $d_B = 0,021$ м, число робочих витків $n_{PH} = 6,45$.

Статична сила вагона бруто (що діє на пружний елемент) визначається за формулою:

$$P_{п.Е} = \frac{P_{см} + T - P_{нч}}{n_E}, \quad (7.1)$$

де, $P_{нч}$ - сила тяжіння необресорених частин, $P_{нч} = 71,22$ кН
 n_E - число однойменних, паралельно навантажених частин вагона, $n_E = 28$.

На рис. 7.1 показана розрахункова схема навантаження дворядної пружини.

Розрахункове навантаження, що діє на дворядну пружину, з урахуванням максимальних динамічних сил визначається за формулою:

$$P_p = P_{п.Е} (1 + K_{об}) \quad (6.2)$$

Вертикальну жорсткість циліндрової пружини визначаємо по її фактичних розмірах за формулою:

$$C_B = \frac{G \cdot d^4 \psi}{8D^3 \cdot n_p} \quad (6.3)$$

де, G - модуль зрушення, $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа
 d - діаметр прутка, м;
 D - середній діаметр пружини, м;
 n_p - число робочих витків;

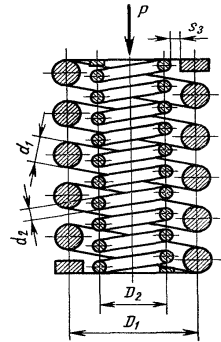


Рис. 7.1
**Розрахункова
 схема навантаження
 дворядної пружини**

ψ - коефіцієнт, залежний від індексу пружини. Індекс пружини визначається за формулою:

$$m = \frac{D}{d}, \quad (7.4)$$

При $m > 5$ коефіцієнт $\psi = 1$.

Загальна жорсткість дворядної пружини визначається за формулою:

$$C = C_{B.3} + C_{B.B}, \quad (7.5)$$

Визначимо розрахункові навантаження, що діють на кожну пружину за формулами:

для зовнішньої:

$$P_3 = P_P \frac{C_{B.3}}{C}, \quad (7.6)$$

для внутрішньої:

$$P_B = P_P \frac{C_{B.B}}{C}, \quad (7.7)$$

Визначимо поправочний коефіцієнт, що враховує кривизну витих пружин за формулою:

$$\xi = 1 + \frac{1,25}{m} + \frac{0,875}{m^2}. \quad (7.8)$$

Напряга в матеріалі пружини визначається за формулою:

$$\tau = \frac{16 \cdot P \cdot R}{\pi \cdot d^3} \cdot \xi \quad (7.9)$$

де P - розрахункове навантаження, що діє на пружину

R - середній радіус пружини.

Приклад розрахунку показників використання пасажирських вагонів

У ресорному, комплекті візків моделі 18-100 використовуються стандартні дворядні пружини з характеристиками: зовнішньою – $D_3 = 0,17$ м, $d_3 = 0,03$ м, число робочих витків $n_{PH} = 4$; внутрішньою - $D_B = 0,111$ м, $d_B = 0,021$ м, число робочих витків $n_{PH} = 6,45$.

Статична сила вагона бруто, (що діє на пружний елемент) визначається за формулою (7.1).

Тоді:

$$P_{п.е} = \frac{301,17 + 310,98 - 71,22}{28} = 19,319 \text{кН}$$

Розрахункове навантаження, що діє на дворядну пружину, з урахуванням максимальних динамічних сил визначається за формулою (7.2):

$$P_p = 19,319 \cdot (1 + 0,4294) = 27,615 \text{кН}$$

Вертикальну жорсткість циліндрової пружини визначаємо за її фактичними розмірами за формулою (7.3).

Індекс пружини визначається за формулою (7.4).

Тоді:

Вертикальна жорсткість пружини дорівнює:

зовнішня:

$$m = \frac{0,17}{0,03} = 5,67,$$

$$C_{в.з} = \frac{0,8 \cdot 10^5 \cdot 0,03^4}{8 \cdot 0,17^3 \cdot 4 \cdot 1} = 0,412 \frac{\text{МН}}{\text{м}}$$

внутрішня:

$$m = \frac{0,111}{0,021} = 5,28,$$

$$C_{в.в} = \frac{0,8 \cdot 10^5 \cdot 0,021^4}{8 \cdot 0,111^3 \cdot 6,45 \cdot 1} = 0,22 \frac{\text{МН}}{\text{м}};$$

Загальна жорсткість дворядної пружини визначається за формулою (7.5).

Тоді:

$$C = 0,412 + 0,22 = 0,632 \frac{\text{МН}}{\text{м}}.$$

Для визначення розрахункових навантажень, що діють на кожен пружину знайдемо за формулами (7.6) та (7.7).

Тоді:

$$P_3 = 27,615 \cdot \frac{0,412}{0,632} = 18,002 \text{кН} = 0,018002 \text{МН}$$

$$P_B = 27,615 \cdot \frac{0,22}{0,632} = 9,613 \text{кН} = 0,009613 \text{МН}$$

Визначимо поправочний коефіцієнт, що враховує кривизну витих пружин за формулою (7.8).

Тоді:

Поправочний коефіцієнт для пружини:

зовнішньої:

$$\xi_3 = 1 + \frac{1,25}{5,67} + \frac{0,875}{5,67^2} = 1,25$$

внутрішньої:

$$\xi_B = 1 + \frac{1,25}{5,28} + \frac{0,875}{5,28^2} = 1,27$$

Напруга в матеріалі пружини визначається за формулою (7.9).

Тоді напруги в матеріалах пружин рівні:

для зовнішньої:

$$\tau_3 = \frac{16 \cdot 0,018002 \cdot 0,085}{3,14 \cdot 0,03^3} \cdot 1,25 = 360,97 \text{МПа}$$

внутрішньої:

$$\tau_B = \frac{16 \cdot 0,009613 \cdot 0,0555}{3,14 \cdot 0,021^3} \cdot 1,27 = 372,81 \text{МПа}$$

Таким чином, за даних умов експлуатації міцність пружин ресорного підвішування забезпечена, оскільки розрахункова напруга зовнішньої і внутрішньої пружин не перевищує напруги, що допускається, для сталей 60С2, 55С2А, 55С2, з яких виготовляються пружини, $[\tau] = 750 \text{МПа}$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Амелина А.А.* Устройство и ремонт вагонных бунк с роликовыми подшипниками. – М.: Транспорт, 1977. – 288 с.
2. *Вагоны: конструкция, теория и расчет* / Под ред. Л.А. Шадура. – М.: Транспорт, 1980.
3. *Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм: Альбом-справочник 002И-97 ПКБ ЦВ.*- М.: ПКБ ЦВ, 1998.- 283 с.
4. *Инструкция по применению габаритов подвижного состава ГОСТ9238-83.*- М.: Транспорт, 1988.-133 с.
5. *Інструкція з експлуатації та ремонту вагонних бунк з роликовими підшипниками ЦВ – ЦЛ-0058.* – К., 2004. – 158 с.
6. *Конструирование и расчет вагонов: Учебник для ВТУЗов ж.д. транспорта/ Под. ред. В.В. Лукина.* – М.: УМК МПС России, 2000. – 731с.
7. *Медведєв В.П.* Вибір оптимальних параметрів цистерн із застосуванням ЦВМ: Нав. посібник.- М.: МІТ, 1977, С. 112.
8. *Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных).*- М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.- 319 с.
9. *Розрахунки вписування проектованого вагона в габарит за допомогою ЕОМ: Методичні вказівки.*- Харків, ХарДАЗТ, 1994.
10. *Цистерны (Устройство, эксплуатация, ремонт):* Справочное пособие/ В.К. Губенко, А.П. Никодимов, Г.К. Жилин и др. – М.: Транспорт, 1990.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Величини паралельних статистичних понижень вантажних вагонів, мм

Найменування пониження	Чотириохвісні вагони на візках типу ЦНИИ-ХЗ з підшипниками кочення	Восьмивісні вагони на візках ЦНИИ-ХЗ
Пониження по елементах в послідовності:		
• знос колісної пари по кругу кочення	53	53
• знос букси та боковини в місті взаємного опирання	2	2
• статистичної осадки ресор	10	10
• знос п'ятника й підп'ятника	5	10
• рівномірного статистичного прогину від розрахункового навантаження	$0,5Pr\lambda_T$	$0,25Pr\lambda_T$
Сумарні пониження:		
• букси	53	53
• рами візка	55	55
• надресорної балки	$65+0,5Pr\lambda_T$	$65+0,25Pr\lambda_T$
• рами вагона й укріплених на неї деталей	$70+0,5Pr\lambda_T$	$75+0,25Pr\lambda_T$

Таблиця А.2 – Величини паралельних статистичних понижень пасажирських, поштових, багажних вагонів, мм

Найменування пониження	Вагони на візках	
	КВЗ-ЦНИИ типу I та II	ТСК - I
Пониження по елементах в послідовності:		
• знос колісної пари по кругу кочення	45	30
• знос в шарнірах люльочного підвішування	10	-
• статистичної осадки над буксових ресор	5	5
• знос ковзунів	7	7
• статистичної осадки центрального ресорного підвішування	10	47
• рівномірного прогину надбуксових ресор від розрахункового навантаження	$0,5Pr\lambda_6$	$0,5Pr\lambda_6$
• рівномірного прогину центрального підвішування від розрахункового навантаження	$0,5Pr\lambda_{II}$	$0,5Pr\lambda_{II}$
Сумарні пониження:		
• букси	45	30
• рами візка	$50+0,5Pr\lambda_6$	$35+0,25Pr\lambda_6$
• надресорної балки	$70+0,5Pr\lambda_T$	$82+0,25Pr\lambda_{II}$
• рами вагона й укріплених на її деталей	$77+0,5Pr\lambda_T$	$89+0,5Pr\lambda_T$

Таблиця А.3 – Величини горизонтальних поперечних зсувів (q+w) вантажних вагонів

Найменування зміщень	Чотирьохвісні вагони на візках 18-100	Восьмивісні вагони на візках 18-101
Букси відносно осі колісної пари	1	1
Рами візків відносно букси	2	2
Фрикційного клину відносно бічної рами	20	20
Надресорної балки відносно середньої бокової	-	-
П'ятника по підп'ятнику	4	8
Рами візка й укріплених на ній частин (деталей)	3	3
Надресорної балки й укріплених на ній частин (деталей)	27	27
Рами вагона й укріплених на ній частин (деталей)	31	35

Таблиця А.4 – Величини горизонтальних паралельних поперечних зміщень (q+w) пасажирських вагонів

Найменування зміщень	Візки КВЗ – ЦНИИ - М	Візки ТВЗ	Візки КВЗ – И2
Букси відносно осі колісної пари	1	1	1
Рами візків відносно букси	7	7	10
Надресорної балки відносно рами візка	43	38	40
Запобіжного стержня, піддона, серги відносно рами візка	22	-	20
П'ятника по підп'ятнику та ковзуну по ковзуну	3	6	3
Рами візка й укріплених на ній частин (деталей)	8	8	11
Запобіжного стержня, серги та піддона	30	-	31
Надресорної балки й укріплених на ній частин (деталей)	51	46	51
Рами вагона й укріплених на ній частин (деталей)	54	49	54

Таблиця А.5 – Значення коефіцієнтів k , k_1, k_2 та k_3 , які входять в формули (2.4-2.6), слід приймати згідно з таблицею

Тип габариту	Контур габариту	Означення коефіцієнтів, мм			
		k	k_1	k_2	k_3
1	2	3	4	5	6
Т, Т _ц , Т _{пр} , І-Т	верхнє і нижнє	0	$0,625\rho^2$	2,5	180
	І-ВМ				
0-ВМ	верхнє	25	$0,5\rho^2$	2	0
	нижнє				
02-ВМ	верхнє	25			
	нижнє				
03-ВМ	верхнє	25			
	нижнє				

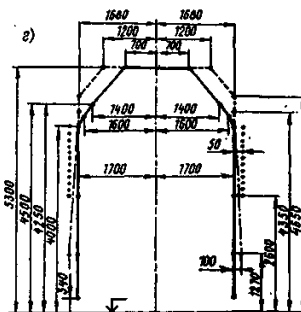
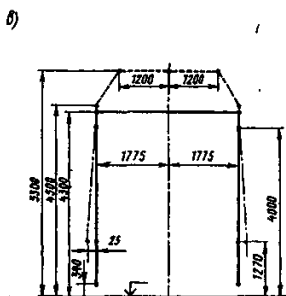
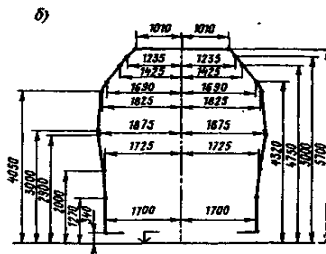
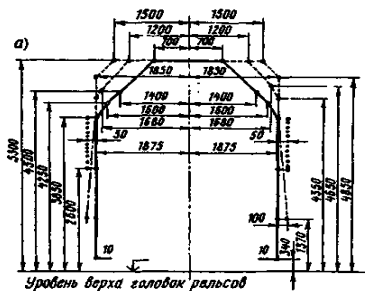


Рис. А1. Габариты рухомого складу (верхні контури)

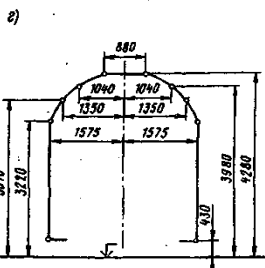
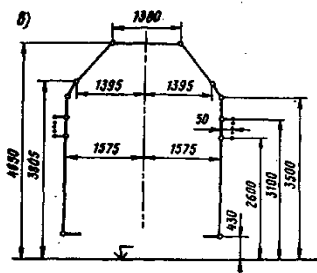
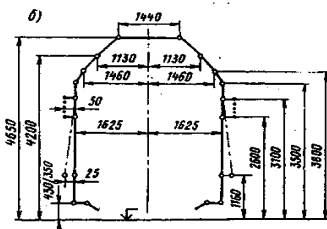
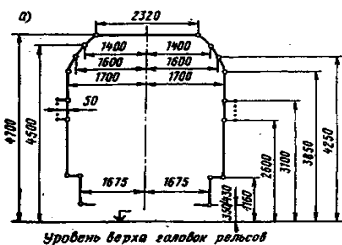


Рис. А2. Габариты рухомого складу (верхні контури)

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1. - Стандартні типи осей вагонів широкої колії

Тип осі	Діаметр, мм				Довжина шийки, мм	Загальна довжина осі, мм	Відстань між центрами прикладання навантаження на шийки, мм	Найбільше статистичне навантаження від колісної пари вагонів на колію, кн. (тс)	
	шийка	Предіамоточинна частина	Підмоточинна частина	середина				вантажні	пасажирські
РУ1	130	165	194	165	176	2294	2036	230(23,5)	176,5(18)
РУ1Ш	130	165	194	165	190	2216	2036	230(23,5)	176,5(18)
РУ	135	165	194	165	248	2390	2036	230(23,5)	176,5(18)

Таблиця Б.2. - Допустимі напруження в розрахункових перетинах осі $[\sigma]$, МПа, при умовному методі розрахунку

Тип вагона	В шийці (перетині 1-1)	В підступічній частині (перетині 2-2)	В середній частині (перетині 3-3)
пасажирський	100	140	130
вантажний	120	165	155

Навчально-методичне видання

Шатаєв Віктор Миколайович

Бережняк Ганна Петрівна

**ПРОЕКТУВАННЯ
ТА РОЗРАХУНКИ ВАГОНІВ**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

щодо виконання практичних робіт

з дисципліни “Вагони (конструювання та розрахунки)” для студентів спеціальності 7.100501 “Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту” всіх форм навчання

Відповідальний за випуск *В.М. Шатаєв*

Редактор *Н. Щербак*

Підписано до друку 01.04.09 Формат 60x84/16, папір офсетний,
спосіб друку – ризографія. Зам. № 434-08. Тираж 100 прим.

Надруковано у Редакційно-видавничому центрі
Державного економіко-технологічного університету транспорту
Свідоцтво про реєстрацію від 27.12.2007 р. Серія ДК № 3079
03049, м. Київ-049, вул. Миколи Лукашевича, 19

