

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Львівський
Кафедра: Рухомий склад залізниць і колія
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень
Освітня програма: Вагони та вагонне господарство
Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри «Рухомий склад
залізниць і колія»

 Олена БАЛЬ

Дата 18.04.2022

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

(ступінь вищої освіти)

студенту Іваночко Михайлу Васильовичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Ескізний проект пасажирського вагона зі збільшеною базою та пасажировмістимістю

Керівник роботи: Мілянчик Андрій Романович, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "26" листопада 2021р. № 38 ст.

2. Строк подання студентом роботи: 10.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічні характеристики та параметри пасажирських вагонів, конструктивні розміри вагона та їх внутрішнього інтереру, технічні характеристики обладнання та параметрів які нормуються відповідно до нормативно-технічної документації

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Аналіз конструкції пасажирських вагонів, які експлуатуються на АТ «Укрзалізниця» та перспективи розвитку

4.2 Основна частина: Розрахунок габаритності та проведення вписуваності в криві ділянки колії нових вагонів зі збільшеною базою на магістральних залізницях України. Розрахунок основних техніко-економічних показників нових вагонів зі збільшеною базою та пасажировмістимістю в Україні. Перевірка на міцність основних елементів ходових частин, ударно-тягових пристроїв заданих вагонів. Приблизна перевірка на міцність основних елементів вагонів на дію експлуатаційних навантажень.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Загальна будова пасажирських вагонів зі збільшеною базою. Порівняння основних параметрів та показників вагонів з стандартною та збільшеною базою. Основні види планування вагонів зі збільшеною базою та розміщенням основного обладнання

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Lviv Institute

(faculty)

Railway Rolling Stock and Tracks

(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis

Bachelor

(higher education degree)

on the topic: Preliminary design of a passenger car with increased base and passenger capacity

according to educational curriculum Wagons and wagon economy

in the Speciality: 273 "Railway transport"

(speciality and its code)

Done by the student

БГ 19117 / Mykhailo_IVANOCHKO /

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/Andriy MILANYCH /

(position, name, surname)

Normative controller :

/ Ivan KRAVETS /

(position, name, surname)

Dnipro – 2022

ЗМІСТ

ПЕРІЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП.....	8
1 КОНСТРУКЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ БАЗОЮ.....	9
2 РОЗРАХУНОК ТА ПЕРЕВІРКА ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ БАЗОЮ МОДЕЛІ 61-779Б	20
2.1 РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО -ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАГОНА	20
2.2 ПЕРЕВІРКА ВПИСУВАННЯ ВАГОНА В ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ ГАБАРИТ	21
2.3 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВІСІ КОЛІСНОЇ ПАРИ.....	29
2.4 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК РЕСОРНОГО ПІДВІШУВАННЯ.....	32
2.5 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ВІЗКА.....	38
2.6 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОРПУСА АВТОЗЧПКИ СА-3 НА МІЦНІСТЬ.....	40
3. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ БАЗОЮ	49
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	54

041.190521.01.ВКР.ПЗ									
	Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Ескізний проект пасажирського вагона зі збільшеною базою та пасажировмістимістю	Літера	Аркуш	Аркушів
	Розробив		Михайло ІВАНОЧКО		17.06				
	Консульт		Андрій МІЛЯНИЧ		20.06				
	Керівник		Андрій МІЛЯНИЧ		20.06				
	Н. контр.		Іван КРАВЕЦЬ		17.06				
	Зав.каф.		Олена БАЛЬ		20.06.12				
							ЛІ УДУНТ		

(ЗАВДАННЯ НА РОБОТУ (ОКРЕМИЙ ДОКУМЕНТ, ОДИН ЛИСТ З
ДВОХ СТОРІН ЗГІДНО ШАБЛОНУ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

53 с., 18 рис., 5 табл., 0 додатки, 13 джерел.

Об'єктом дослідження є конструкція вагонів виробництва КВБЗ серії 61-779.

Предметом дослідження є нормативні документи УЗ та технологічні процеси ремонту та обслуговування підприємств та рухомого складу.

Метою роботи є розробка напрямків та перевірка відповідності окремих частин вагона нормативним значенням та показникам міцності рухомого складу.

Методи дослідження. В роботі використано аналітичні та , чисельні розрахункові методи, виконано попередні (приблизні) розрахунки окремих частин вагона.

Результати даної бакалаврської роботи можуть стати основою для подальших досліджень для пасажирських вагонів з параметрами нової конструкції, яких все більше стає в експлуатації і які мають право на життя, як один із основних транспортних засобів в майбутньому.

Ключові слова: КУЗОВ, ВІЗОК, НАВАНТАЖЕННЯ, ВАГОН, ГАБАРИТ.

**ПЕРІЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

УЗ	Українські залізниці
КВБЗ	Крюківський вагонобудівний завод
ТУ	Технічні умови
ДСТУ	Державний стандарт
ГОСТ	Государственный стандарт
СА-3	Автозчіпка типу 3
СВ	Мягкий вагон (СВ- вагон)

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Сучасний парк пасажирських вагонів складається з суцільнометалевих вагонів, призначених для перевезення пасажирів (86%) і допоміжного призначення (14%). Вагони локомотивної тяги, призначені для перевезення пасажирів, використовуювані в дальньому та міжобласному сполученні, складають більше 70% пасажирського парку.

До сучасного пасажирському вагону пред'являються достатньо високі вимоги щодо забезпечення в ньому комфортних умов для проїзду. Рівень комфорту оцінюється в порівнянні з комплексом досягнутих технічних рішень, при яких найкращим чином забезпечується виконання вимог з технічної естетики, теплоізоляції огорожень кузова, обладнанню систем неповного і повного кондиціонування повітря (систем вентиляції, опалення, охолодження та підігріву вентиляційного повітря), систем холодного та гарячого водопостачання, висвітленню пасажирських, побутових і службових приміщень, по допустимому рівню шуму у вагоні, а також величиною показника плавності ходу.

Об'єктом дослідження є конструкція вагонів виробництва КВБЗ серії 61-779.

Предметом дослідження є нормативні документи УЗ та технологічні процеси ремонту та обслуговування підприємств та рухомого складу.

Метою роботи є розробка напрямків та перевірка відповідності окремих частин вагона нормативним значенням та показникам міцності рухомого складу.

В роботі використано аналітичні методи дослідження, ймовірні-розрахункові методи, виконано попередній розрахунок деяких деталей вагона на міцність. Проведено вписування вагону в габарит, що дало мінімальні розміри рухомого складу, які є меншими за номінальні, рижє вагон потрібно будувати по розширеному габариту з урахуванням даних зауважень.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		8

1 КОНСТРУКЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ БАЗОЮ

Даний тип вагонів має цілу серію і випускається КВБЗ. Вагони серії 61-779 мають збільшену базу з 17,0 м до 19,0 м. Аналогічно вагони серії 61- 788 теж мають базу 19,0 м. Технічні характеристики вагонів взято з офіційного сайту заводу [2].



Рисунок 1 - Загальний вигляд вагонів серії 61-799Э



Рисунок 2 - Загальний вигляд вагонів серії 61-799Б

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		9

В цю серію входять наступні моделі, які приведені в таблиці 1 згідно [1].

Таблиця 1 – Модельний ряд вагонів серії 61-779

Модель	Тип	Кількість місць	
		для пасажирів	для інвалідів
61-779	Купейний вагон	40	—
61-779И		34	1
61-779А	Спальний купейний вагон	20	—
61-779Б	Купейний вагон з місцями для сидіння	45	—
61-779В	Купейний вагон з місцями для сидіння і купе бригадира	42	—
61-779Г	Купейний вагон з місцями для сидіння та багажним відділенням	42	—
61-779Д	Вагон відкритого типу з місцями для сидіння	68	—
61-779ДИ		60	1
61-779Е	Вагон відкритого типу з місцями для сидіння та баром	30	—

Продовження таблиці 1

Модель	Тип	Кількість місць	
		Для пасажирів	для інвалідів
61-779Е1	Вагон-ресторан	44	—
61-779Э, 61-779ЭГ	Купейний вагон	40	—
61-779ЭИ, 61-779ЭГИ		34	1
61-779ЭА, 61-779ЭГА	Спальний купейний вагон	20	—
61-779П	Плацкартний вагон	58	—
61-779Р	Вагон-ресторан	40	—
61-779Т	Купейний вагон-трансформер	40 спальних або 60 сидячих	—

Також сучасною серією є вагони моделі 61-778. Вагони даної серії мають теж базу 19 м, але під них вже підкочуються візки безлюлькової конструкції, що має перспективи, тому що дана модель візків дозволяє експлуатувати на швидкостями 200 км/год. Яскравим прикладом є вагон типу модель 61-778А.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		11



Рисунок 3 – Загальний вигляд вагона моделі 61-788

Наступним представником є вагон моделі 61-7034 (рис. 4) для курсування коліями 1520 і 1435 мм. Даний вагон може експлуатуватися як на електрифікованих, так і на не електрифікованих ділянках залізниці. Вагон за бажанням замовника може бути обладнаний поїзною автоматизованою інформаційно-діагностичною системою ПАІДС «Вид». Для полегшення підймання при ремонті та обслуговуванні з 2012 року в конструкцію всіх пасажирських вагонів ПАТ "КВБЗ" внесені зміни, які дозволяють здійснювати їх підйом в депо без проведення додаткових робіт та виділенням окремих місць під домкрати з базою 19 м, так і при використанні стаціонарних домкратів з базою 17 м.

І останнім з серійного виробництва на даний момент є вагони серії вагонів постійного формування локомотивної тяги (рис. 5). Даний тип вагонів забезпечує пасажирські перевезення по мережі залізниць зі швидкістю 160 км/год. Кузови таких вагонів виготовлені з нержавіючої сталі. Конструкція вагонів поїзду в повному обсязі відповідає вимогам санітарних правил, норм по ергономіці, мікроклімату, освітленню, шуму і вібрацій, а також вимогам безпеки на всі оздоблювальні та облицювальні матеріали.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		12



Рисунок 4 – Загальний вигляд вагона 61-4074

Рисунок 5 – Загальний вигляд вагона з нержавіючої сталі постійного формування

Для перевірки відповідностей розглянемо найбільш випускаєму серію 61-779 і модель візьмемо Б.

Вагон пасажирський купейний з місцями для сидіння модель 61-779Б купейний з місцями для сидіння локомотивної тяги призначений для перевезення пасажирів залізницями України, країн СНД і Балтії з колією 1520 мм зі швидкістю руху до 160 км / год. Даний тип вагона може експлуатуватися, як на електрифікованих, так і на не електрифікованих ділянках залізниці. Вагон може бути обладнаний поїзною автоматизованою інформаційно-діагностичною системою ПАІДС«Вид», як всі інші вагони виробництва КВБЗ. Як писалось раніше дані типи вагонів можна підіймати на домкратах з базою 19 м, так і при використанні стаціонарних домкратів з базою 17 м.

Загальне планування вагону представлено на рис 6.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		13

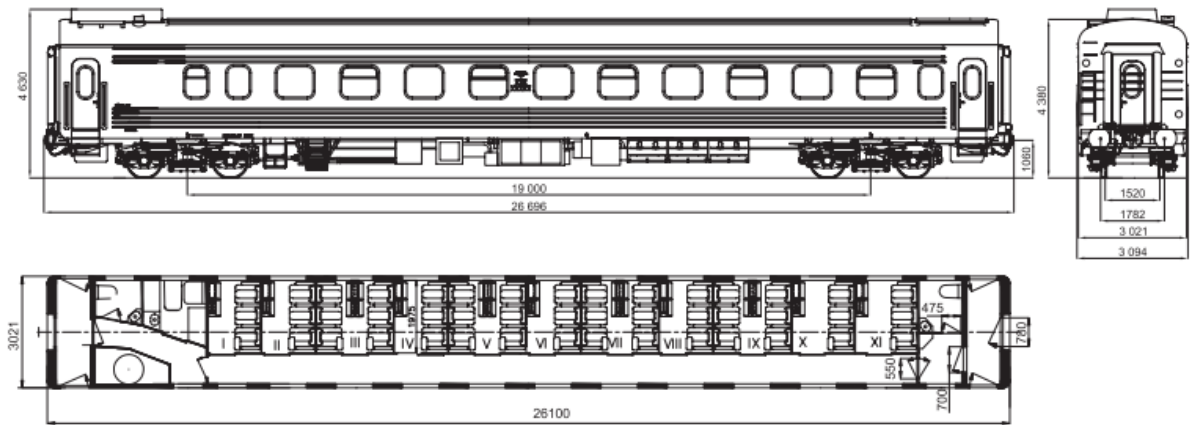


Рисунок 6 – Планування вагона моделі 61-779Б

В вагоні кожне купе та приміщення має всередині наступне обладнання , устаткування та предмети інтер'єру

Так, шестимісне купе вагонів модифікацій 61-779Б має всередині:

- шість крісел для сидіння 1 класу з елементами кріплення;
- дві верхні подвійні багажні полиці;
- відкидний (розкладний) столик;
- шість одно ріжкових гачків для одягу;
- таблички із позначенням номера місця;
- міжнародний знак, який забороняє паління;
- два дзеркала;
- два телевізійних монітора.
- один стельовий світильник,
- шість індивідуальних світильників,
- пульт пасажира із встановленими на ньому вимикачами загального освітлення,
- кнопкою виклику провідника,
- розетка для бритв 220 В та ін.,
- датчик протипожежної сигналізації
- пристрій озвучування із вмонтованим ступінчастим регулятором гучності,
- світлозахисні роletні штори.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		14

В тримісному купе зменшена кількість полиць, дзеркал та телевізорів.

В службовому купе є наступне обладнання:

- посудомийка з чашею із нержавіючої сталі,
- шафа розподільча ШР САУКД із вмонтованою системою пожежної сигналізації,
- відкидний столик,
- шафа для чистої білизни,
- шафа для посуду,
- ніша для встановлення засобів зв'язку,
- пристрій озвучування із вмонтованим ступінчастим регулятором гучності,
- сидінням для провідника,
- відділенням для зберігання запасних частин та інвентарю, яке знаходиться під сидінням провідника,
- два гачками для одягу,
- аптечка з набором медикаментів для надання першої допомоги,
- холодильник,
- мікрохвильова піч,
- монітор відеоконтрольного пристрою.

В туалеті знаходиться:

унітаз,

умивальна чаша з водорозбірним краном,

посудина для рідкого мила,

- шафа умивальника, яка закриває систему трубопроводів
- полиця для туалетних речей із тримачем склянки,
- тримача рушників,
- ящик для паперу з державкою для рулонного паперу,
- щітка для очистки унітазів із чашею (повинна розміщуватися в шафі),
- два гачки для одягу,
- один поручень,
- пристрій озвучування із вмонтованим ступінчастим регулятором гучності,

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		15

який встановлюється на стелі,

- дзеркала,
- контейнер для збирання сміття, який закривається,
- духова установка, яка розміщена у відсіку туалету котлової частини вагона.

Між службовим купе та пасажирським салоном, а також у пасажирському відділенні між третім та четвертим, сьомим та восьмим купе, включаючи піддаховий простір над боковим коридором, встановлені спеціальні вогнезахисті перегородки у відповідності з нормами пожежної безпеки для пасажирських вагонів №ЦУО-0021.

В якості автозчепного обладнання та ударних пристроїв встановлено: автозчеп-серійний типу СА-3 з нижнім обмежувачами переміщень та пристроєм, що запобігає саморозчепленню; поглинальний апарат типу Р-5П; буферні комплекти важкого типу з заневоленими пружинами.

Вагони обладнано: перехідними площадками з резиновими суфле балонного типу, а сама перехідна площадка обладнана світильником, кнопкою виклику провідника та поручнями.

В якості ходових частин використовуються візки –ТВЗ тип – 2 – візки з рамою візка КВЗ-ЦНИИ-М підсиленої конструкції з колісними парами РУ-1-950 по ГОСТ 4835-80 з вісями типу РУ-1, РУ-1Ш-950 по ГОСТ 4835-80 з вісями типу РУ-1Ш. Всі колісні пари піддаються динамічному балансуванню, при цьому значення допустимого дисбалансу в площині кожного колеса відносно осі, яка проходить через центри кругів кочення коліс, повинно бути не більше 6 Нм (0,6кгм) згідно з вимогами ТУ 24.05.816-82.

В якості гальмівного обладнання у нас встановлено колодкове гальмо з електропневматичним та автоматичним пневматичним, а також ручним гальмом, що забезпечує утримання вагона на спуску до 30 %. У вагоні розташовано чотири типові стоп-крани № 163, які встановлені у кожному тамбурі вагона, між другим і третім та сьомим і восьмим купе.

Система кондиціонування повітря, вентиляції та опалення типу ЛТ-УКВ.ПВ кондиціонер якої встановлено в підкришному просторі вагона. В автоматичному

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

режимі установка кондиціонування забезпечує підтримання плюсової температури повітря в пасажирських та службових купе вагона 24 °С при зовнішній температурі 40°С та нижче за умови повного заповнення кондиціонера.

Для забезпечення автоматичного режиму роботи установки та режиму індикації при ручному управлінні встановлені та задіяні чотири термодатчики, які керують роботою установки. Під вагоном розміщена високовольтна магістраль до 4000 В, акумуляторна батарея ємністю 350 А/год, та високовольтний ящик.

Для підігріву повітря є електричний калорифер підключено до мережі постійного струму напругою 110 В, він має пристрій, що запобігає його перегріванню, а також водяний калорифер теплопродуктивністю 25 кВт підключено до контуру водяного обігріву.

До системи опалення входять наступні елементи та вузли: водогрійний котел з високовольтними нагрівачами потужністю 48 кВт комбінований електровугільний, розширювальна двокамерна посудина, водяний калорифер для підігріву повітря у системі вентиляції повітря; циркуляційний електричний насос, ручний насос, трубопроводи, запобіжний клапан, ТЕНи допоміжного низьковольтного опалення в купе, елементи автоматики та контрольно-вимірювальні прилади.

Також на вагоні є ціла система освітлення вагона. Керування роботою системи освітлення забезпечується, як у ручному, так і в автоматичному режимах. В автоматичному режимі управління здійснюється через автоматику вагона

Даний вагон є сучасним і автоматизованим, що показує наявність системи автоматизованого управління контролю та діагностики. Дана система працює на базі ШР САУКД, розробки "Хартрон-Експрес", що забезпечує керування, контроль та діагностику наступних систем електрообладнання вагона: системи енергозабезпечення; системи кондиціонування повітря; системи опалення; системи освітлення; системи водопостачання та сантехнічного обладнання; системи контролю нагріву букс, як в ручному, так і в автоматичному режимах ШР САУКД, енергозабезпечення (генератора, акумуляторної батареї, низьковольтної та високовольтної магістралей); контролю температурних параметрів

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		17

довколишнього середовища (температури повітря у середині та зовні вагона); керування установкою кондиціонування повітря; керування роботою електрообладнання; захист електрообладнання вагона при аварійних ситуаціях; оптичну та звукову сигналізацію при появі несправностей в електрообладнанні вагона.

Вагон обладнано засобами радіофікації та зв'язку. Телефонний внутрішньо поїзний зв'язок виконується через наскрізну радіотрансляційну мережу вагона . Також на вагоні встановлена система пожежної сигналізації та апаратура пожежегасіння. Окрім цього вагон забезпечений двома порошковими вогнегасниками типу ВСП , для гасіння пожежі а також трьома протигазами типу УП-1.

Таблиця 2 - Технічні характеристики вагона

Довжина вагону по осях автозчеплень, мм	26 696
Ширина вагону, мм	3 021
База вагону, мм	19 000
Габарит по ГОСТ: -кузову -візка	1-ВМ 02-ВМ
Маса тари вагону, не більше, т	60,6
Кількість місць для пасажирів, шт	45

Продовження таблиці 2

Кількість купе для пасажирів, шт	11
Кількість службових купе, шт	1
Кількість вікон аварійних виходів, шт	4
Конструкційна швидкість, км / год	160
Термін служби, років	30

Дальше в наступному пункті проведемо деякі перевірочні розрахунки для даного вагона.

2 РОЗРАХУНОК ТА ПЕРЕВІРКА ПАРАМЕТРІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ БАЗОЮ МОДЕЛІ 61-779Б

2.1 Розрахунок техніко -економічних показників вагона

Основними техніко-економічними характеристиками пасажирського вагону є: коефіцієнт тари вагону пасажирський, коефіцієнт населеності вагона, маса брутто пасажирського вагона, осьове навантаження та погонне навантаження.

Коефіцієнт тари пасажирський визначається за формулою:

$$T_{nac} = \frac{T}{n_{nac}} T/nac \quad (1)$$

$$T_{nac} = \frac{54}{67} = 0.8 T/nac$$

Коефіцієнт населеності вагона визначається за формулою:

$$K_{2Lk} = \frac{n}{2Lk} nac/m \quad (2)$$

$$K_{2Lk} = \frac{67}{26,1} = 2,567 nac/m$$

Маса брутто вагону визначається за формулою:

$$P_{\bar{op}} = T + E_k + m_{nac} \cdot n_{nac}, \quad m \quad (3)$$

$$P_{\bar{op}} = 54 + 2 + 0,1 \cdot 67 = 62,7 \quad m$$

Осьове навантаження визначається за формулою:

$$P_o = \frac{P_{\bar{op}}}{n} \cdot q \leq [P_o] \quad (4)$$

$$P_o = \frac{62,7}{4} \cdot 9,81 = 153,7кН \leq 228,0 кН$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		20

Погонне навантаження визначається за формулою:

$$q = \frac{P_{\text{обр}}}{L_{3ч}} \cdot q \leq [q], \text{ кН} \quad (5)$$

$$q = \frac{62,7}{26,696} \cdot 9,81 = 23,05 \text{ кН/м} \leq 102,5 \text{ кН}$$

Всі отримані значення не перевищують допустимі (нормовані) значення.

2.2 Перевірка вписування вагона в горизонтальний габарит

Визначення горизонтальних поперечних розмірів за рахунок зменшення при виносах в кривих ділянках колії верхнього будівельного обрису вагона проводять відповідно до [7].

Максимальна ширина верхнього будівельного, що допускається, обрису кузова вагона на деякій H висоті над рівнем верха головки рейки визначається за формулами (6—8):

- для зовнішнього (кінцевого) перетину кузова

$$2B1 = 2(B_0 - E_3), \quad (6)$$

- для внутрішнього (середина бази вагона) перетину кузова

$$2B2 = 2(B_0 - E_в), \quad (7)$$

- для основного (шворневого, направляючого) перетину кузова

$$2B3 = 2(B_0 - E_о), \quad (8)$$

де $B1, B2, B3$ - значення максимальної півширини будівельного обрису кузова вагона на розглянутій висоті H , мм, або іншими словами висоти горизонтального перерізу;

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

B_0 - півширина розглянутого габариту вагона за ДСТУ Б В.2.3-29:2011 на тій же висоті H , мм;

E_0 , E_B , E_3 - основне, внутрішнє і зовнішнє обмеження півширини вагона для відповідних перетинів кузова, мм.

Розрахунок обмеження півширини кузова вагона проводимо наступним чином по формулам (9 -11).

Загальні формули для розрахунку обмежень E_0 , E_B , E_3 (без обліку додаткового обмеження верхнього і зовнішнього перетинів вагона, що мають місце тільки в довгих вагонах габаритів 1-ВМ, 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ і обумовлених з умови вписування в криву радіуса $R = 150$ м) мають наступний вид і взято з [7]:

- обмеження півширини вагона у основних (направляючих, шворневих) перетинах визначається за формулою:

$$E_0 = 0,5(S - d_r) + q + w + [k_1 - k_3] - k, \quad (9)$$

- обмеження між направляючими перетинами (внутрішнє) визначається за формулою:

$$E_B = 0,5(S - d_r) + q + w + [k_2 \cdot (2l - n) \cdot n + k_1 - k_3] - k + \alpha, \quad (10)$$

- обмеження між направляючими й кінцевими перетинами (зовнішнє) визначається за формулою:

$$E_3 = [0,5(S - d_r) + q + w] \cdot \frac{2l+2n}{2l} + [k_2 \cdot (2l + n) \cdot n - k_1 - k_3] - k + \beta, \quad (11)$$

де S - максимальна ширина колії у кривій розрахункового радіусу, мм;

d_r - мінімальна відстань між зовнішніми гранями гранично зношених ободів коліс, мм;

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

q - найбільш можливе поперечне переміщення рами візка відносно колісної пари у направляючому перетині, мм;

w - найбільш можливе поперечне переміщення кузова відносно рами візка у направляючому перетині, мм;

$2l$ - відстань між направляючими перетинами (база вагона), м;

n - відстань від поперечного перетину вагона, який розглядається до його найближчого направляючого перетину, м;

k - коефіцієнт, величина допуску виходу рухомого складу, який проектується за габаритами 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ й нижньої частини 1-ВМ за окреслення цих габаритів у кривій радіусу $R = 250$ м, мм;

k_1 - коефіцієнт, величина додаткового поперечного зміщення у кривій розрахункового радіусу ($R = 200$ м - для габаритів Т, 1-Т та верхньої частини 1-ВМ та $R = 250$ м для габаритів 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ та нижньої частини 1-ВМ) візкового рухомого складу, мм;

k_2 - коефіцієнт, який має залежність від розрахункового радіусу кривої та рівний ($R = 200$ м - для габаритів Т, Тц, Тпр, 1-Т та верхньої частини габариту 1-ВМ; $R = 250$ м - для габаритів 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ та нижньої частини габариту 1-ВМ), мм/м;

k_3 - коефіцієнт, величина, на яку допускається вихід рухомого складу, який проектується за габаритами Т, 1-Т, Тц, Тпр та 1-ВМ (у верхній частині), за окреслення цих габаритів у кривих ділянках шляху $R = 200$ м, мм;

α і β - додаткові обмеження внутрішніх та зовнішніх перетинів рухомого складу, мм, які мають місце у дуже довгого рухомого складу і визначаються з умови вписування в криву радіусом $R = 150$ м. У звичайного рухомого складу масового будівництва значення α , β дорівнюють нулю.

Числові значення α і β приймають:

для рухомого складу, який проектується за габаритами Т, 1-Т та верхньої частини габариту 1 –ВМ

$$\alpha = 0, \quad \text{якщо } 2l \cdot n - n^2 + 0,25p^2 \leq 72\text{мм};$$

$$\alpha = 0,833 \cdot (2l \cdot n - n^2 + 0,25p^2 - 72), \quad \text{якщо } 2l \cdot n - n^2 + 0,25p^2 > 72\text{мм};$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						23
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$\beta = 0$, якщо $2l \cdot n + n^2 - 0,25p^2 \leq 72\text{мм}$;

$\beta = 0,833 \cdot (2l \cdot n + n^2 - 0,25p^2 - 72)$, якщо $2l \cdot n + n^2 - 0,25p^2 > 72\text{ мм}$;

для габаритів відповідно 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ й нижньої частини 1-ВМ значення будуть рівними :

$\alpha = 0$, якщо $2l \cdot n - n^2 + 0,25p^2 \leq 100\text{мм}$;

$\alpha = 1,833(2l \cdot n - n^2 + 0,25p^2 - 100)$, якщо $2l \cdot n - n^2 + 0,25p^2 > 100\text{мм}$;

$\beta = 0$, якщо $2l \cdot n + n^2 - 0,25p^2 \leq 120\text{мм}$;

$\beta = 1,833(2l \cdot n + n^2 - 0,25p^2 - 120)$, якщо $2l \cdot n + n^2 - 0,25p^2 > 120\text{мм}$,

де p - база візка, м.

Чисельне значення коефіцієнтів k, k_1, k_2, k_3 наведені у таблиці 1.

Таблиця 4 - Числові значення коефіцієнтів

Коефіцієнт	Типи габаритів рухомого складу						
	Т й 1-Т	1-ВМ		0-ВМ		02-ВМ й 03-ВМ	
	Для верхньої та нижньої зони	Для верхньої зони	Для нижньої зони	Для верхньої зони	Для нижньої зони	Для верхньої зони	Для нижньої зони
k	0	0	25	75	25	75	25
k_1	$0,625p^2$	$0,625p^2$	$0,5p^2$	$0,5p^2$	$0,5p^2$	$0,5p^2$	$0,5p^2$
k_2	2,5	2,5	2	2	2	2	2
k_3	180	180	0	0	0	0	0

Відповідно до [7], якщо у формулах (9-11) в квадратних дужках отриманий результат має від'ємні значення, то розрахунок проводять як для прямих ділянок колії. Розрахунки в цьому випадку проводять наступним чином:

а) для габаритів Т, 1-Т та верхньої частини габариту 1 – ВМ розрахунок виконується з умов вписування у габарит на прямій за формулами:

$$E_o^n = E_B^n = 0,5 \cdot (S^n - d_r) + q + w, \quad (12)$$

$$E_3^n = (0,5 \cdot (S^n - d_r) + q + w) \frac{2n + 2l}{2l} \quad (13)$$

Де E_0 , E , E - обмеження півширини відповідних перетинів рухомого складу на прямій ділянці шляху, мм;

S п - максимальна ширина колії на прямій ділянці, мм, решта значень такі самі, що в формулах (4.4),(4.5), (4.6);

б) для габаритів 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ та нижньої частини рухомого складу габариту 1-ВМ розрахунок у кривих ведеться тільки за формулами 11-13, незважаючи на знак у квадратних дужках, але якщо отриманий результат має знак мінус - він не ураховується та ширина рухомого складу приймається рівною габариту.

Величину максимального бокового зміщення $0,5 \cdot (S - d_r)$ при проектуванні вагонів по габаритам Т, 1 -Т та верхньої частини 0-ВМ відповідно до [7] та з умов проходження по колії шириною 1524 (1520) мм приймають рівною 28,5 мм у кривій та 20,5 мм у прямій.

При проектуванні по габаритам 01-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ та нижньої частини габариту 0-ВМ з умов проходження по колії шириною 1435 мм $0,5 \cdot (S - d_r)$ приймають рівною 27,5 мм в кривій.

Маючи таку методику та підставивши вихідні значення вагону, що проходить перевірку на «габаритність» побудова горизонтальної габаритної рамки на висоті 2800 мм.

Вихідні дані:

$2B$ – ширина вагона;

p – база візка КВЗ-ЦНИИ-М, $p = 2400$ мм;

$2l$ – база вагону, $2l = 19000$ мм;

$2L$ – довжина вагона; $2L = 26100$ мм

$2LR$ = довжина по осям зчеплення автозчіпок; $2LR = 26696$ мм

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						25
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$E_{оп}$ = обмеження півширини вагона у основних (направляючих, основних) перетинах;

$E_{вп}$ = обмеження між направляючими перетинами (внутрішнє);

$E_{зп}$ = обмеження між направляючими й кінцевими перетинами (зовнішнє).

Визначення розмірів будівельного обрису вагона.

Значення ($S-dr$) приймаємо 28,5 мм та 20,5 мм у прямій. Коефіцієнт α та β дорівнює нулю.

Випишуємо з таблиці 4 коефіцієнти k з таблиці для верхньої та нижньої зони:

Для даного типу габариту 02-ВМ: $k = 75$; $k_1 = 0,5r^2$; $k_2 = 2$; $k_3 = 0$.

Обчислюємо довжину від шворня до середини рами вагона:

$$n_{внутр} = \frac{2l}{2}; \quad (14)$$

$$n_{внутр} = \frac{19}{2} = 9,5 \text{ (м)}.$$

Обчислюємо довжину від шворня до кінця рами вагона:

$$n_{зовн} = \frac{2L - 2l}{2}; \quad (15)$$

$$n_{зовн} = \frac{26,1 - 19}{2} = 3,55 \text{ (м)}.$$

Розрахунки обмеження для верхньої зони з врахуванням коефіцієнтів:

а) для кузова вагону ріний:

$$E_o = 0,5 \cdot (S - dr) + q + w + [k_1 - k_2] - k \quad (16)$$

$$E_o = 28,5 + 54 + [0,5 \cdot 2,4^2 - 0] - 75 = 10,38 \text{ мм}$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26

$$E_g = 0,5 \cdot (S - dr) + q + w + [k_2 \cdot (2l - n) \cdot n + k_1 - k_3] - k + \alpha \quad (17)$$

$$E_g = 28,5 + 54 + [2 \cdot (19 - 9,5) \cdot 9,5 + (0,5 \cdot 2,4^2) - 0] - 75 + 0 = 190,88 \text{ мм}$$

де $(S - dr)$ – приймаємо 28,5 мм та 20,5 мм у прямій. Коефіцієнти α та β дорівнюють нулю.

$q + w$ – величина горизонтальних переміщень наведено у таблиці 5.

Таблиця 5 - Величини можливих переміщень елементів вагонів, мм

Види можливих переміщень	Частини вагону	Вантажний вагон
		4-ох вісний
Пониження	Букси	53
	Рама візка	55
	кузова	110
Горизонтальні поперечні переміщення	Букси	1
	Рама візка	3
	кузова	31

$$E_g^n = E_o^n = 28,5 + 54 = 82,5 \text{ мм}$$

Знаходимо обмеження між направляючими й кінцевими перетинами:

$$E_s^n = [0,5(S - dr) + q + w] \cdot \frac{2n + 2l}{2l}; \quad (18)$$

де n – відстань від поперечного перетину вагона, який розглядається до його найближчого направляючого перетину, м:

$$E_s^{3,55} = 82,5 \cdot \frac{2 \cdot 3,55 + 19}{19} = 113,33 \text{ мм};$$

$$E_s^3 = 82,5 \cdot \frac{2 \cdot 3 + 19}{19} = 108,55 \text{ мм};$$

$$E_3^2 = 82,5 \cdot \frac{2 \cdot 2 + 19}{19} = 99,87 \text{ мм};$$

$$E_3^1 = 82,5 \cdot \frac{2 \cdot 1 + 19}{19} = 91,84 \text{ мм};$$

$$E_3^0 = 82,5 \cdot \frac{2 \cdot 0 + 19}{19} = 82,5 \text{ мм}.$$

По отриманим значенням будемо горизонтальні габаритні рамки та визначаємо мінімальну ширину вагона для заданої висоти.

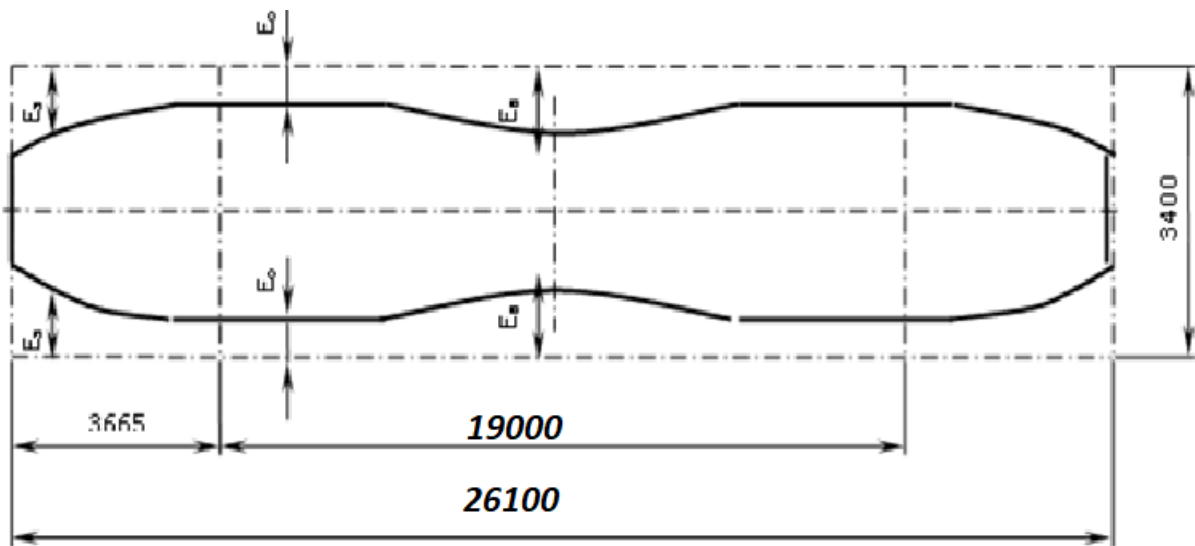


Рисунок 7 – Горизонтальна габаритна рамка для висоти 2800 мм

По отриманим значенням із врахуванням габариту 02-ВМ отримуємо , що ширина вагона повинна складати $3150 - 190,88 \cdot 2 = 2768,24$ мм.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		28

2.3 Перевірочний розрахунок вісі колісної пари

Даний розрахунок є приблизний та перевірочний. Розрахункова схема при цьому відповідно до методики розрахунку [] показана на рис.

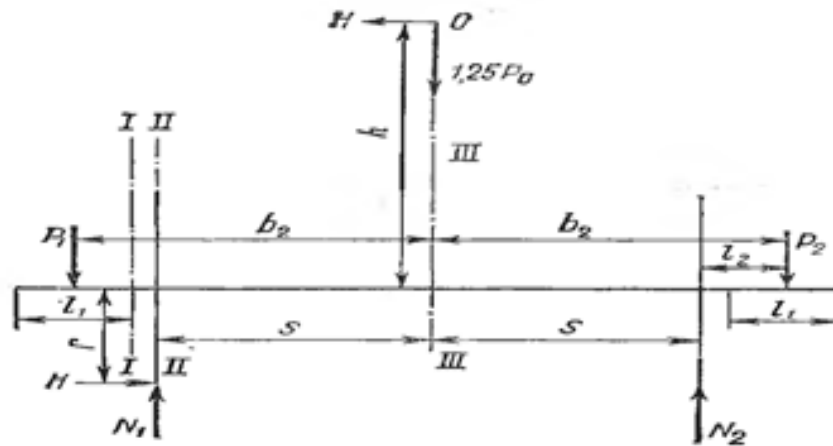


Рисунок 8 – Розрахункова схема при приблизному розрахунку вісі колісної пари

Знаючи осьове навантаження з врахування коефіцієнта перенавантаження 1,25 та бокової сили- 0,5 знайдемо розрахункове бокове навантаження згідно виразу:

$$H = 0,5 \cdot P_0, \text{ (кН)}. \quad (19)$$

$$H = 0,5 \cdot P_0 = 0,5 \cdot 76,88 = 38,44 \text{ (кН)}.$$

Визначаємо навантаження, яке діє на шийку рейки:

$$P_1 = \frac{1,25 \cdot P_0}{2} + \frac{H \cdot h}{2b_2}; \quad (20)$$

де h – відстань від центру маси до вісі колісної пари, $h = 1,83 \text{ м}$.

$$P_1 = \frac{1,25 \cdot 76,88}{2} + \frac{38,44 \cdot 1,83}{2,036} = 48,05 + 34,55 = 82,6 \text{ (кН)}.$$

Вертикальна реакція лівої рейки від дії сил рівна :

						Арк.
						29
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	041.190521.01.ВКР.ПЗ	

$$N_1 = \frac{1,25 \cdot P_0}{2} + \frac{H(h+r)}{2S}; \quad (21)$$

$$N_1 = \frac{1,25 \cdot 76.88}{2} + \frac{38.44 \cdot (1,45 + 0,475)}{1,58} = 48.05 + 46.83 = 94.88 \text{ (кН)}.$$

По аналогії для правої рейки:

$$N_2 = \frac{1,25 \cdot P_0}{2} - \frac{H(h+r)}{2S}; \quad (22)$$

$$N_2 = \frac{1,25 \cdot 76.88}{2} - \frac{38.44 \cdot (1,45 + 0,475)}{1,58} = 48.05 - 46.83 = 1.22 \text{ (кН)}.$$

Дальше по відомим розрахунковим перрізам знаходжу згинальні моменти.

В I перерізі згинальний момент буде рівний:

$$M_1 = P_1 \left(\frac{l_1}{2} + \Delta l \right); \quad (23)$$

де Δl – знос шийки від 0 до 1 мм, $l_1 = 0,176 \text{ м}$.

$$M_1 = 82.6 \cdot \left(\frac{0,176}{2} + 0,0005 \right) = 7.31 \text{ (кН} \cdot \text{м)}.$$

Знаходжу відстань на якій будемо проводити перевірку другого перерізу на відстані , яка визначається:

$$l_2 = \frac{2b_2 - 2S}{2}; \quad (24)$$

$$l_2 = \frac{2,036 - 1,58}{2} = 0,228 \text{ м}$$

В II перерізі згинальний момент буде рівний:

$$M_2 = P_1 \cdot l_2 + H \cdot r; \quad (25)$$

$$M_2 = 82.6 \cdot 0,228 + 38.44 \cdot 0,475 = 18.83 + 18.26 = 37.09 \text{ (кН} \cdot \text{м)}.$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

В III перерізі згинальний момент по середині вісі буде рівний:

$$M_3 = P_1 \cdot b_2 + H \cdot r - N_1 \cdot S; \quad (24)$$

$$M_3 = 82.6 \cdot 1,018 + 38.44 \cdot 0,475 - 94.88 \cdot 0,79 = 84.08 + 18.259 - 74.955 = 27.384 \text{ (кН} \cdot \text{м)}.$$

Визначаємо діаметри в перерізах:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_1}{\pi [\sigma_1]}}; \quad (25)$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 7.31 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 120 \cdot 10^6}} = 0.085 \text{ м.}$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_2}{\pi [\sigma_2]}}; \quad (26)$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 37.09 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 140 \cdot 10^6}} = 0.139 \text{ м.}$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_3}{\pi [\sigma_3]}}; \quad (27)$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 27.384 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 130 \cdot 10^6}} = 0.129 \text{ м.}$$

Д

ля пас вагонів $[\sigma_1] = 130 \text{ МПа}$, $[\sigma_2] = 194 \text{ МПа}$, $[\sigma_3] = 165 \text{ МПа}$

Висновок: Фактичний діаметр у розрахункових перерізах не перевищує допустимих, тому вибираємо вісь колісної пари РУ-1.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						31
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

2.4 Перевірочний розрахунок ресорного підвішування

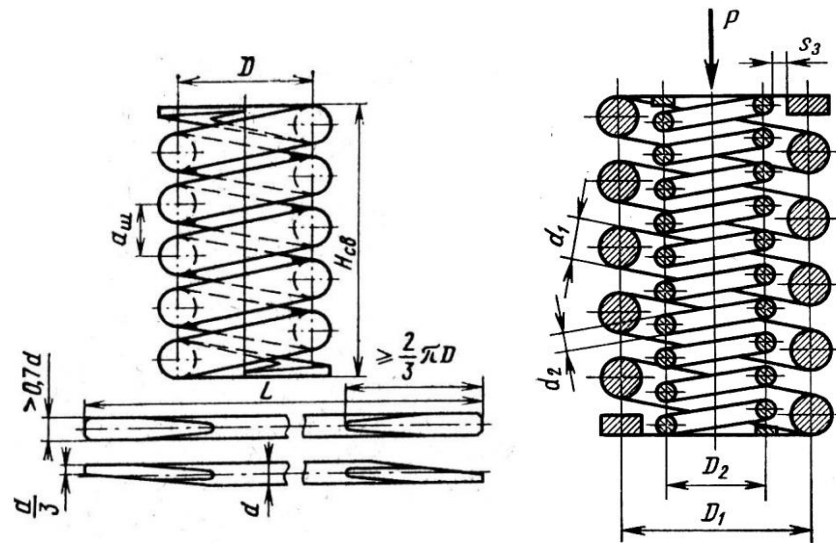


Рисунок 9 - Розрахункова схема ресорного підвішування візка.

Ресорне підвішування візка має дві ступені по дві або трирядні пружини. Комплекти пружин, що розміщені в ресорних отворах букс та піддонів.

Придатність до експлуатації пружин ресорного підвішування візка визначається шляхом розрахунку допустимого напруження. Міцність пружини буде забезпечуватися, якщо знайдені напруження перебільшують допустимі, т.д. зберігається умова $\mathfrak{Z} \leq [\mathfrak{Z}]$, где $[\mathfrak{Z}]$ - допустиме дотичне напруження, рівні для ресорно-пружинної сталі 750 МПа.

Вихідні дані для візка КВЗ – ЦНИИ – М:

$m_{кп}$ – маса колісної пари, ($m_{кп}=1,2$ т); $m_{бр}$ – маса букси, ($m_{бр}=0,117$ т);

$m_{т}$ – маса візка, ($m_{т}=7,2$ т); $m_{нб}$ – маса надресорної балки, ($m_{нб}=0,5$ т);

T – тара вагона, 54 т; P - вантажопідємність, $P = 8,7$ т;

G - модуль зсуву, ($G= 0,08 \cdot 10^5$ МПа); $K_{зп}$ – коефіцієнт запасу прогину, ($K_{зп}=1,6$);

Центральний ресорний комплект

$H_{н}$ – висота зовнішньої пружини в вільному стані, ($H_{н}=0,496$ м);

$H_{ср}$ – висота середньої пружини в вільному стані, ($H_{ср}=0,496$ м);

$H_{вн}$ – висота внутрішньої пружини в вільному стані, ($H_{вн}=0,496$ м);

									Арк.
									32
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	041.190521.01.ВКР.ПЗ				

D_n – діаметр зовнішньої пружини, ($D_n=0,290$ м) ;

d_k – діаметр прутка середньої пружини, ($d_k=0,04$ м) ;

D_{cp} – діаметр середньої пружини, ($D_{cp}=0,210$ м) ;

d_{cp} – діаметр прутка середньої пружини, ($d_{cp}=0,03$ м) ;

$D_{вн}$ – діаметр внутрішньої пружини, ($D_{вн}=0,140$ м) ;

$d_{вн}$ – діаметр прутка внутрішньої пружини, ($d_{вн}=0,02$ м) ;

$h_{p.вн}$ – число робочих витків внутрішньої пружини, ($h_{p.вн}=11,4$) ;

$h_{p.ср}$ – число робочих витків наруженої пружини, ($h_{p.ср}=7,25$) ;

$h_{p.н}$ – число робочих зовнішніх пружин, ($h_{p.н}=5,2$) ;

$n_{кп}$ – кількість трьохрядних пружин в центральному ресорному комплекті, 8 шт.;

$m_{пруж}$ – маса одної трьохрядної пружини, ($m_{пруж}=0,102$ т).

Розрахунок проводжу на дію вертикального навантаження.

Статичного вантажу на одну трьохрядну пружину визначається за формулою:

$$P_{ст} = \frac{T+P-2m_T + 2m_{нб} + 8m_{пруж} \cdot g}{n_{кп}} \quad (28)$$

$$P_{ст} = \frac{54+(4+67 \cdot 0,1)-2 \cdot 7,2+2 \cdot 0,5+8 \cdot 0,102}{8} \cdot 9,8 = 63,842 \text{ кН}$$

Жорсткість пружини визначається за формулою:

внутрішня пружина:

$$C_{вн} = \frac{G \cdot d_{вн}^4}{8D_{вн}^3 \cdot h_{p.вн}} \quad (29)$$

$$C_{вн} = \frac{0,08 \cdot 10^6 \cdot (0,02)^4}{8 \cdot (0,14)^3 \cdot 11,4} = 0,0512 \text{ МН/м}$$

- середня пружина :

$$C_{ср} = \frac{G \cdot d_{ср}^4}{8D_{ср}^3 \cdot h_{p.ср}} \quad (30)$$

$$C_{ср} = \frac{0,08 \cdot 10^6 \cdot 0,03^4}{8 \cdot (0,21)^3 \cdot 7,25} = 0,121 \text{ МН/м}$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						33
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

- зовнішньої пружини :

$$C_n = \frac{G \cdot d_n^4}{8D_n^3 \cdot h_{p,n}} \quad (31)$$

$$C_n = \frac{0,08 \cdot 10^6 \cdot 0,04^4}{8 \cdot 0,29^3 \cdot 5,2} = 0,2 \quad \text{МН/м}$$

Сумарна жорсткість пружини :

$$C = C_{вн} + C_n + C_{сп} = 0,2 + 0,12 + 0,0512 = 0,371 \quad \text{МН/м}^2 \quad (32)$$

Жорсткість комплекта пружини визначається за формулою :

$$C_k = h_{пр} \cdot C \quad (33)$$

де $h_{пр}$ - кількість трьох рядних пружин в комплекті.

$$C_k = 2 \cdot 0,371 = 0,742 \quad \text{МН/м}$$

Навантаження на кожну пружину визначається за формулою :

$$P_{ст}^n = \frac{P_{ст} \cdot C_n}{C} \quad (34)$$

$$P_{ст}^n = \frac{63,842 \cdot 0,2}{0,371} = 34,416 \quad \text{кН}$$

- середньої :

$$P_{ст}^{сп} = \frac{P_{ст} \cdot C_{сп}}{C} \quad (35)$$

$$P_{ст}^{сп} = \frac{63,842 \cdot 0,12}{0,371} = 20,649 \quad \text{кН}$$

- внутрішньої :

$$P_{ст}^{вн} = \frac{P_{ст} \cdot C_{вн}}{C} \quad (36)$$

$$P_{ст}^{вн} = \frac{63,843 \cdot 0,0512}{0,371} = 8,810 \quad \text{кН}$$

Навантаження на кожну пружину з врахуванням коефіцієнта запасу прогину :

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						34
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$P_{\text{пр}}^{\text{H}} = P_{\text{ст}}^{\text{H}} \cdot K_{\text{зп}} \quad (37)$$

$$P_{\text{пр}}^{\text{H}} = 34,416 \cdot 1,6 = 55,0656 \text{ кН}$$

$$P_{\text{пр}}^{\text{сп}} = P_{\text{ст}}^{\text{сп}} \cdot K_{\text{зп}} \quad (38)$$

$$P_{\text{пр}}^{\text{сп}} = 20,649 \cdot 1,6 = 33,0384 \text{ кН}$$

$$P_{\text{пр}}^{\text{вн}} = P_{\text{ст}}^{\text{вн}} \cdot K_{\text{зп}} \quad (39)$$

$$P_{\text{пр}}^{\text{вн}} = 8,810 \cdot 1,6 = 14,096 \text{ кН}$$

Індекси пружини розраховується за формулою :

- зовнішньої:

$$m_{\text{н}} = \frac{D_{\text{н}}}{d_{\text{н}}} \quad (40)$$

$$m_{\text{н}} = \frac{290}{40} = 7,25$$

середньої :

$$m_{\text{сп}} = \frac{D_{\text{сп}}}{d_{\text{сп}}} \quad (41)$$

$$m_{\text{сп}} = \frac{210}{30} = 7$$

- внутрішньої :

$$m_{\text{вн}} = \frac{D_{\text{вн}}}{d_{\text{вн}}} \quad (42)$$

$$m_{\text{вн}} = \frac{140}{20} = 7$$

Напруження, виникаюче в витках пружини :

- напруженої :

$$\eta_{\text{н}} = 1 + \frac{1,25}{m_{\text{н}}} + \frac{0,875}{m_{\text{н}}^2} \quad (43)$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		35

$$\eta_H = 1 + \frac{1,25}{7,25} + \frac{0,875}{7,25^2} = 1,19$$

$$\tau_{\max}^H = \frac{8 \cdot P_{\text{ст}}^H \cdot D_H}{\pi \cdot d_H^3} \cdot \eta_H \quad (44)$$

$$\tau_{\max}^H = \frac{8 \cdot 34,416 \cdot 0,29}{3,14 \cdot 0,04^3} \cdot 1,19 = 467,72 \text{ МПа}$$

-середньої:

$$\eta_{\text{cp}} = 1 + \frac{1,25}{m_{\text{cp}}} + \frac{0,875}{m_{\text{cp}}^2} \quad (45)$$

$$\eta_{\text{cp}} = 1 + \frac{1,25}{7} + \frac{0,875}{7^2} = 1,19$$

$$\tau_{\max}^{\text{cp}} = \frac{8 \cdot P_{\text{ст}}^{\text{cp}} \cdot D_{\text{cp}}}{\pi \cdot d_{\text{cp}}^3} \cdot \eta_{\text{cp}} \quad (46)$$

$$\tau_{\max}^{\text{cp}} = \frac{8 \cdot 20,649 \cdot 0,21}{3,14 \cdot 0,03^3} \cdot 1,19 = 486,924 \text{ МПа}$$

-внутрішньої:

$$\eta_{\text{cp}} = \eta_{\text{вн}} = 1,19$$

$$\tau_{\max}^{\text{вн}} = \frac{8 \cdot P_{\text{ст}}^{\text{вн}} \cdot D_{\text{вн}}}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^3} \cdot \eta_{\text{вн}} \quad (47)$$

$$\tau_{\max}^{\text{вн}} = \frac{8 \cdot 8,810 \cdot 0,140}{3,14 \cdot 0,02^3} \cdot 1,19 = 467,435 \text{ МПа}$$

Прогин пружин знаходиться по формулі :

-напруженої

$$f_H = \frac{P_{\text{ст}}^H}{C_H} \quad (48)$$

$$f_H = \frac{34,416}{0,2} = 172,08 \text{ мм}$$

-середньої:

$$f_{\text{cp}} = \frac{P_{\text{ст}}^{\text{cp}}}{C_{\text{cp}}} \quad (49)$$

$$f_{\text{cp}} = \frac{20,649}{0,12} = 172,075 \text{ мм}$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						36
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

-внутрішньої:

$$f_{\text{вн}} = \frac{P_{\text{ст}}^{\text{вн}}}{C_{\text{вн}}} \quad (50)$$

$$f_{\text{вн}} = \frac{8,810}{0,0512} = 172,07 \text{ мм}$$

Гнучкість зовнішньої пружини :

$$\lambda_n = \frac{1}{C_n} \quad (51)$$

$$\lambda_n = \frac{1}{0,2} = 5$$

Гнучкість середньої пружини:

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{1}{C_{\text{ср}}} \quad (52)$$

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{1}{0,12} = 8,33$$

Гнучкість внутрішньої пружини:

$$\lambda_{\text{вн}} = \frac{1}{C_{\text{вн}}} \quad (53)$$

$$\lambda_{\text{вн}} = \frac{1}{0,0512} = 19,53$$

По аналогії проводиться розрахунок і буксового підвішування.

Надбуксовий ресорний комплект має інші вихідні дані:

Нвн – висота внутрішньої пружини в вільному стані , (Нвн=0,171,5 м) ;

Нн – висота зовнішньої пружини в вільному стані, (Нн=0,330 м) ;

Дн - діаметр зовнішньої пружини, (Дн=0,196 м) ;

Двн – діаметр внутрішньої пружини, (Двн=0,124м) ;

двн – діаметр прутка внутрішньої пружини, (двн=0,016 м) ;

дн - діаметр прутка зовнішньої пружини, (дн=0,036 м) ;

нр.н – число робочих витків зовнішньої пружин, (нр.н=4,86) ;

нр.вн – число робочих витків внутрішніх пружин, (нр.вн=3,9) ;

нк.б – кількість пружин в надбуксовому ресорному комплекті, шт. ;

мпруж – маса одної двурядної пружини, (мпруж=0,028 т).

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						37
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Трохи по іншому визначається статичне навантаження на одну двохрядну пружину визначається за формулою:

$$P_{ст\ б} = \frac{T+P-4m_{кп} - 8m_{б}}{h_k} \cdot g \quad (54)$$

$$P_{ст\ б} = \frac{56+(20 \cdot 0,1+3)-4 \cdot 1,2-8 \cdot 0,117}{16} \cdot 9,8 = 36,336 \text{ кН}$$

Висновок : по знайденим результатам розрахунку міцності витих пружин, розраховали напруження: напруженої 433,34 МПа, середньої 446,295 МПа и внутрішньої 428,438 МПа, що не перебільшує допустимого 750 МПа.

2.5 Перевірочний розрахунок елементів візка

Знаходжу вагу бруто вагона:

$$P_{бр} = (T + E_k + m_{нас} \cdot n_{нас}) \cdot g \quad (55)$$

$$P_{бр} = (56 + 2,2 + 0,1 \cdot 38) \cdot 9,81 = 608,22 \text{ кН}$$

Знаходжу вертикальну силу прикладену до одного із ковзунів, яка викликана дією відцентрової і вітрової сил.

$$H = \frac{H_{відц} \cdot h_{з.м.} + H_{вітр} \cdot h_{ц.м}}{2 \cdot 2(e - e_1)} \quad (56)$$

де $(e - e_1) = 0,759 \text{ м}$ - відстань від прикладання сили до підп'ятника;

$h_{вітр} = 1,6 \text{ м}$ - висота дії рівнодійної сили до площини опори підп'ятника.

$h_{ц} = 1,185 \text{ м}$ - висота центру ваги від рівня рейок;

Відцентрова сила визначається приблизно з наступного співвідношення:

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						38
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$H_{відц} = \eta_{ц} \cdot P_{бр} \quad (57)$$

$$H_{відц} = 0,1 \cdot 608,22 = 60,822 \text{ кН}$$

Сила тиску вітру визначається як добуток бокової площі поверхні вагона на висоту вагона з виключенням частин, котрі не мають вздовж ніякої бокової площі:

$$H_{вітр} = F \cdot \omega \quad (58)$$

$$H_{вітр} = (96,76 \cdot 500) \cdot 10^3 = 48,38 \text{ кН}$$

де $F = 23,6 \cdot 4,1 = 96,76 \text{ м}^2$ – бокова площа вагона;

$\omega = 500 \text{ Па}$ - нормальний (розрахунковий) тиск вітру приймають помірний пояс (Україна).

$$H = \frac{60,822 \cdot 1,185 + 48,38 \cdot 1,6}{2 \cdot 2 \cdot 0,759} = 98,47 \text{ кН}$$

Знаходжу загальний згинальні моменти:

$$M = \frac{H}{8} \cdot (58 + 46) + \frac{H}{8} \cdot 46 \quad (59)$$

$$M = \frac{49,23}{8} \cdot (58 + 46) + \frac{49,23}{8} \cdot 46 = 923,062 \text{ кН}$$

Знаходжу згинальний момент 1:

$$M_1 = \frac{H}{2} \cdot 45 \quad (60)$$

$$M_1 = \frac{49,23}{2} \cdot 45 = 1107,675 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Знаходжу згинальний момент 2:

$$M_2 = M_1 + M \quad (61)$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						39
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$M_2 = 49,23 + 923,062 = 1944,584 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Знаходжу згинальний момент 3:

$$M_3 = M_2 + M \tag{62}$$

$$M_3 = 1944,584 + 923,062 = 2867,646 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

По отриманих розрахунках будує епюру .

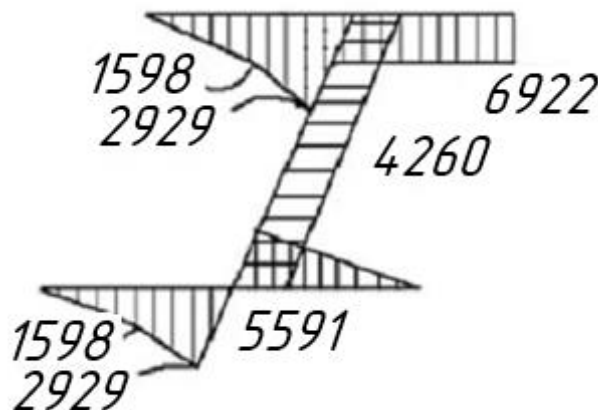


Рисунок 10 – Епюра сумарних моментів (розрахункова)

2.6 Перевірочний розрахунок корпусу автозчипки СА-3 на міцність

Розрахунок корпусу автозчепу на міцність при дії розтягуючої сили $T_p = 2,5 \text{ МН}$ в перерізах III і V. Для визначення напруження в великого і малого зубів розглядають сили дії автозчепу на тягових поверхнях контуру зчепу. При цьому сили рахують зосередженні і приставлені в центрі ваги, які взаємодіють.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		40

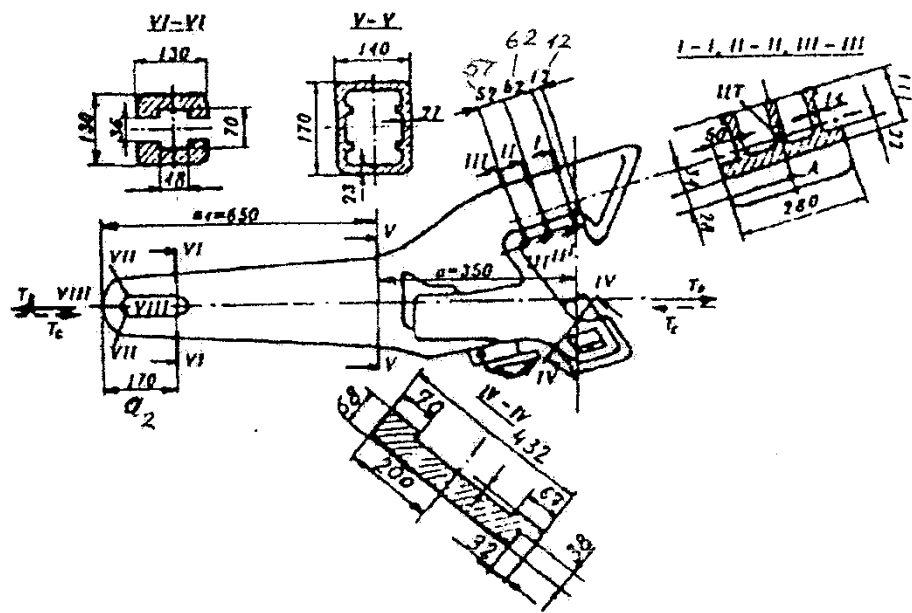


Рисунок 11 - Схема дії сил у контурі зачеплення автозчепу при розтяганні

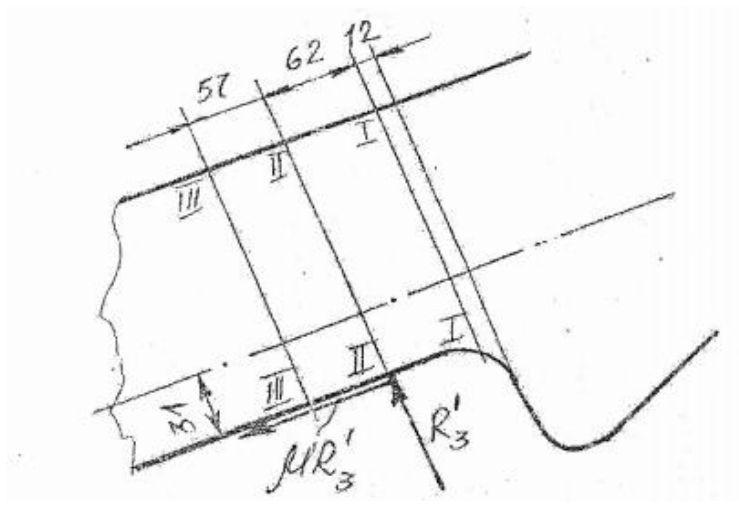


Рисунок 12 - Схема для визначення згинального моменту M_c від дії сили R_3
 Напруження в перерізі III великого зуба при дії сили T_p

У випадку розтягування силою T_p навантаження R_1, R_2 та R_3 визначають за умови рівноваги. З урахуванням сил тертя при коефіцієнті тертя μ умова рівноваги приймає вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma P_X = R_1 \cdot (\sin \alpha_1 + \mu \cdot \cos \alpha_1) + R_2 \cdot (\cos \alpha_2 + \mu \cdot \sin \alpha_2) + R_3 \cdot (\cos \alpha_3 + \mu \cdot \sin \alpha_3) = T_p; \\ \Sigma P_Y = R_1 \cdot (\mu \cdot \sin \alpha_1 - \cos \alpha_1) + R_2 \cdot (\sin \alpha_2 - \mu \cdot \cos \alpha_2) + R_3 \cdot (\sin \alpha_3 - \mu \cdot \cos \alpha_3) = 0, \\ \Sigma M_0 = R_2 \cdot [(\cos \alpha_2 + \mu \cdot \sin \alpha_2) \cdot y_2 - (\sin \alpha_2 - \mu \cdot \cos \alpha_2) \cdot x_2] - \\ - R_3 \cdot [(\cos \alpha_3 + \mu \cdot \sin \alpha_3) \cdot y_3 - (\sin \alpha_3 - \mu \cdot \cos \alpha_3) \cdot x_3] = 0 \end{array} \right. \quad (63)$$

Для стандартного контура зчеплення:

$$\alpha_1 = 15^\circ; \alpha_2 = \alpha_3 = 30^\circ; \alpha_4 = 18; \mu = 0,4; x_2 = x_3 = 25 \text{ мм}; y_2 = y_3 = 119 \text{ мм};$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_1 \cdot (\sin 15 + 0,4 \cdot \cos 15) + R_2 \cdot (\cos 30 + 0,4 \cdot \sin 30) + R_3 \cdot (\cos 30 + 0,4 \cdot \sin 30) = 2,5 \\ R_1 \cdot (0,4 \cdot \sin 15 - \cos 15) + R_2 \cdot (\sin 30 - 0,4 \cdot \cos 30) + R_3 \cdot (\sin 30 - 0,4 \cdot \cos 30) = 0 \\ R_2 \cdot (\cos 30 + 0,4 \cdot \sin 30) \cdot 119 - (\sin 30 - 0,4 \cdot \cos 30) \cdot 25 - \\ - R_3 \cdot [(\cos 30 + 0,4 \cdot \sin 30) \cdot 119 - (\sin 30 - 0,4 \cdot \cos 30) \cdot 25] = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,645 \cdot R_1 + 1,066 \cdot R_2 + 1,066 \cdot R_3 = 2,5 \\ -0,862 \cdot R_1 + 0,154 \cdot R_2 + 0,154 \cdot R_3 = 0 \\ R_2 \cdot [1,067 \cdot 119 - 0,154 \cdot 25] - R_3 \cdot [1,067 \cdot 119 - 0,154 \cdot 25] = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,645 \cdot R_1 + 1,066 \cdot R_2 + 1,066 \cdot R_3 = 2,5 \\ -0,862 \cdot R_1 + 0,154 \cdot R_2 + 0,154 \cdot R_3 = 0 \\ R_2 = R_3 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,645 \cdot R_1 + 2,132 \cdot R_2 = 2,5 \\ -0,862 \cdot R_1 + 0,308 \cdot R_2 = 0 \end{array} \right.$$

Розраховуючи дану систему, отримаємо:

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	041.190521.01.ВКР.ПЗ	42

$$R_1 = \frac{0,308}{0,862} \cdot R_2 = 0,357 \cdot R_2$$

$$0,645 \cdot 0,357 \cdot R_2 + 2,132 \cdot R_2 = 2500,$$

$$0,23 \cdot R_2 + 2,132 \cdot R_2 = 2500,$$

$$R_2 = \frac{2,5}{2,362} = 1,06 \text{ кН},$$

$$R_1 = 0,357 \cdot 1,06 = 0,378 \text{ кН},$$

$$\begin{cases} R_2 = R_3 = 1,06 \text{ кН} = 1060 \text{ НН}, \\ R_1 = 0,378 \text{ кН} = 378 \text{ НН}. \end{cases}$$

Згинальний момент в перерізі III-III складає :

$$M_p = R_3 \cdot 5,9 - R_3 \cdot \mu \cdot 1,2 = R_3 \cdot (5,9 - 0,4 \cdot 1,2) = 1060 \cdot (5,9 - 0,4 \cdot 1,2) = 5745 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Визначаємо напруження в перерізі III-III:

$$\sigma = \pm \frac{M_p}{W} + \frac{R_3 \cdot [\cos(\alpha_3 - \alpha_4) + \mu \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_4)]}{F} \quad (64)$$

де W, F- момент опору і площа поперечного перерізу відповідно:

$$W_{III} = 410,53 \text{ см}^3; F_{III} = 98,98 \text{ см}^2$$

Для визначення згинального моменту потрібно звернутися до схеми.

$$\sigma = \pm \frac{5745}{410,53} + \frac{1060 \cdot [\cos(30^\circ - 18^\circ) + 0,4 \cdot \sin(30^\circ - 18^\circ)]}{98,98} = \pm 14 + 11,4 =$$

$$\begin{cases} -2,6 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = -26 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}; \\ 25,4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 254 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2}; \end{cases}$$

Для сталі марки 20Г1ФЛ мінімальна границя текучості $\sigma_T = 400 \text{ МПа}$, міцність корпусу автозчепи в перерізі III-III достатня.

Напруження в перерізі V-V:

Напруження стану хвостовика корпусу автозчепи оцінюється при дії повздовжньої сили розтягу при ексцентриситеті цих сил $e = 50 \text{ мм}$.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		43

Напруження в перерізі V визначається за формулою:

$$\sigma_p = \pm \sigma_M \pm \sigma_N \leq [\sigma_T] \quad (65)$$

$$\sigma_M = \frac{T_p \cdot l_V}{W_V}, \quad (66)$$

де $W_V = 461,43 \text{ см}^3$

$$e_V = \frac{c \cdot a_1}{a + a_1}$$

$$c = \frac{e}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм},$$

де a_1, a_2 – відстань до розрахункового перерізу V

$$a_1 = 650 \text{ мм}, a_2 = 170 \text{ мм}$$

a – відстань між перерізами V і точкою O

$$a = 350 \text{ мм}$$

$[\sigma_T]$ – допустимі напруження

$$e_V = \frac{25 \times 650}{350 + 650} = 16,25 \text{ мм}$$

$$\sigma_M = \frac{2,5 \cdot 1,625}{461,43} = 0,009 \cdot 10^4 \text{ МПа} = 90 \text{ МПа}$$

$$\sigma_N = \frac{T_p}{F_V}, \quad (67)$$

$$\sigma_N = \frac{2,5}{131,36} = 0,019 \cdot 10^4 = 192 \text{ МПа}$$

$$\sigma_p = \pm 70 \pm 152 = \pm 222 \text{ МПа}$$

$$\sigma_p = -90 + 192 = 102 \text{ МПа}$$

$$\sigma_p = 90 - 192 = -102 \text{ МПа}$$

Висновок: в результаті розрахунку ми бачимо, що отримані напруження не перебільшують допустимі значення для сталі марки 20Г1ФЛ з мінімальною границею текучості $\sigma_T = 400 \text{ МПа}$.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		44

Розрахунок корпусу автозчепу на міцність при дії розтягуючої сили $T_c = 2,0 \text{ МН}$ в перерізах III і V. Для визначення напруження в великого і малого зубів розглядають сили дії автозчепу на тягових поверхнях контуру зчепу. При цьому сили рахують зосередженні і приставлені в центрі ваги, які взаємодіють.

В випадку стиснення силою T_c навантаження R_1 , R_2 і R_3 визначається з урахуванням сил тертя по умові рівенства (рис. 13):

$$\left\{ \begin{aligned} \sum P_X &= -R'_1 \cdot (\cos \alpha'_1 + \mu \cdot \sin \alpha'_1) - R''_2 \cdot (\cos \alpha''_2 + \mu \cdot \sin \alpha''_2) - R''_3 \cdot \\ &(\sin \alpha''_3 + \mu \cdot \cos \alpha''_3) = -T_c; \sum P_Y = R'_1 \cdot (\mu \cdot \cos \alpha'_1 - \sin \alpha'_1) + R'_2 \cdot (\mu \cdot \\ &\cos \alpha'_2 - \sin \alpha'_2) + R'_3 \cdot (\cos \alpha'_3 - \mu \cdot \sin \alpha'_3) = 0; \quad \sum M_0 = R'_1 \cdot [(\cos \alpha'_1 + \mu \cdot \\ &\sin \alpha'_1) \cdot y'_1 + (\sin \alpha'_1 - \mu \cdot \cos \alpha'_1) \cdot x'_1] - \\ &-R'_2 \cdot [(\cos \alpha'_2 + \mu \cdot \sin \alpha'_2) \cdot y'_2 + (\sin \alpha'_2 - \mu \cdot \cos \alpha'_2) \cdot x'_2] + \\ &+R'_3 \cdot [(\sin \alpha'_3 + \mu \cdot \cos \alpha'_3) \cdot y'_3 - (\cos \alpha'_3 - \mu \cdot \sin \alpha'_3) \cdot x'_3] = 0. \end{aligned} \right. \quad (68)$$

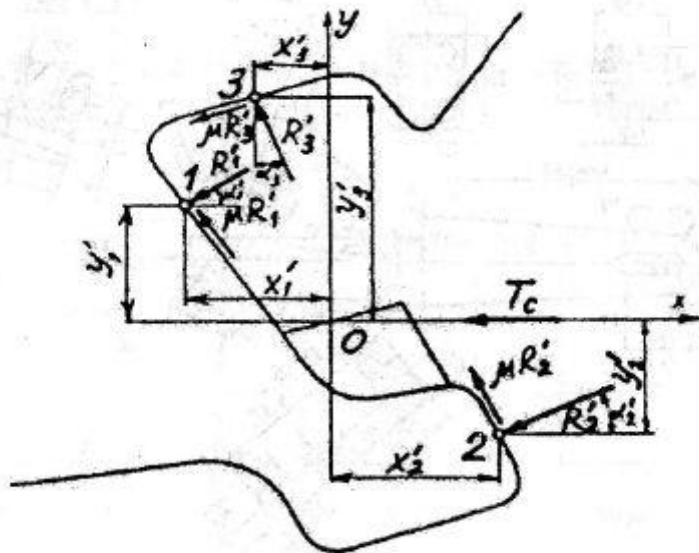


Рисунок 13 – Схема дії сил у контурі зачеплення автозчепу при стисненні

Напруження перерізі III-III великого зуба при дії сили T_c :

Для стандартного контура зчеплення:

$$\alpha'_1 = \alpha'_2 = 28^\circ; \alpha'_3 = 18^\circ;$$

$$x'_1 = 77 \text{ мм}; x'_2 = 63 \text{ мм}; x'_3 = 41 \text{ мм};$$

$$y'_1 = 68 \text{ мм}; y'_2 = 63 \text{ мм}; y'_3 = 126 \text{ мм}.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -R'_1 \cdot 1,07 - R'_2 \cdot 1,07 - R'_3 \cdot 0,69 = -2; \\ -0,116 \cdot R'_1 - 0,116 \cdot R'_2 + R'_3 \cdot 0,827 = 0; \\ R'_1 \cdot [1,07 \cdot 68 + 0,116 \cdot 77] - R'_2 \cdot [1,07 \cdot 63 + 0,116 \cdot 63] + R'_3 \cdot [0,69 \cdot 126 - 0,827 \cdot 41] = 0; \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -1,07 \cdot (R'_1 + R'_2) - R'_3 \cdot 0,69 = -2; \\ -0,116 \cdot (R'_1 + R'_2) + R'_3 \cdot 0,827 = 0; \\ R'_1 \cdot 81,692 - R'_2 \cdot 74,718 + R'_3 \cdot 53,053 = 0; \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R'_1 + R'_2 = (R'_3 \cdot 0,69 - 2) / (-1,07); \\ R'_1 + R'_2 = (-R'_3 \cdot 0,827) / (-0,116); \\ R'_1 \cdot 81,692 - R'_2 \cdot 74,718 + R'_3 \cdot 53,053 = 0; \end{array} \right.$$

Рішаючи дану систему, отримаємо:

$$(R'_3 \cdot 0,69 - 2) / (-1,07) = (-R'_3 \cdot 0,827) / (-0,116);$$

$$R'_3 = 0,3 \text{ МН}$$

$$R'_1 + R'_2 = 2,14$$

$$R'_1 = 2,14 - R'_2$$

$$(2,14 - R'_2) \cdot 81,692 - R'_2 \cdot 74,718 + R'_3 \cdot 53,053 = 0$$

$$174,82 - 81,692 \cdot R'_2 - R'_2 \cdot 74,718 + 15,92 = 0$$

$$R'_2 = 1,22 \text{ МН}$$

$$R'_1 = 2,14 - 1,22 = 0,92 \text{ МН}$$

Згинаючий момент в перерізі III-III складає:

$$M_c = R'_3 \cdot 5,7 - R'_3 \cdot \mu \cdot 3,1 = R'_3 \cdot (5,7 - 0,4 \cdot 3,1) = 300 \cdot (5,7 - 0,4 \cdot 3,1) = 1338 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Визначимо напругу в перерізі III-III:

$$\sigma = \pm \frac{M_c}{W} - \frac{R'_3 \cdot \mu}{F}$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		46

де W , F - момент опору і площа поперечного перетину відповідно:

$$W_{III} = 410,53 \text{ см}^3; F_{III} = 98,98 \text{ см}^2$$

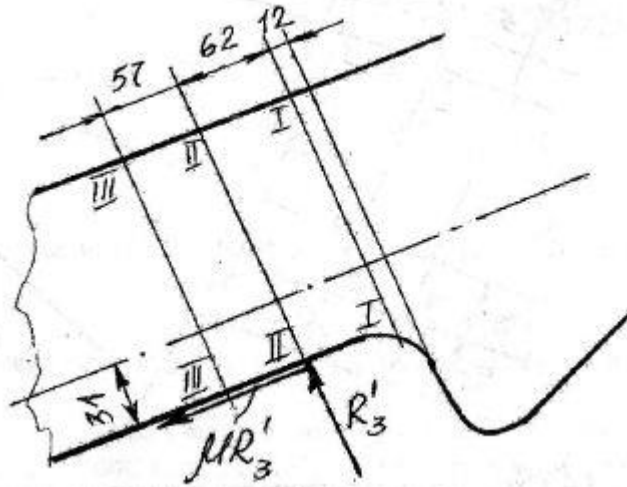


Рисунок 14 – Схема для визначення згинаючого моменту в перетині III-III

$$\sigma = \pm \frac{1338}{410,53} - \frac{300 \cdot 0,4}{98,98}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 2,047 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 20,47 \text{ МПа} \\ -4,47 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = -44,7 \text{ МПа} \end{array} \right.$$

Висновок: Для сталі марки 20Г1ФЛ мінімальна границя текучості $\sigma_T = 400 \text{ МПа}$, тобто міцність корпусу автозчепу в перетині III-III достатня.

Напруга в перерізі V-V хвостовика корпусу автозчепу при дії сили T_c :

Навантажений стан хвостовика корпусу автозчепу оцінюється при дії повздовжньої сили стиснення при ексцентриситеті цих сил $e=50 \text{ мм}$.

Напруга в перерізі V визначається по формулі:

$$\delta_c = \pm \delta_m - \delta_N \leq [\delta_T], \quad (69)$$

$$\delta_m = \frac{T_c \cdot e_V}{W}; \quad (70)$$

де $W_V = 461,43 \text{ см}^3$.

$$e_V = \frac{c \cdot a_1}{a + a_1}, \quad (71)$$

						Арк.
					041.190521.01.ВКР.ПЗ	47
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$c = \frac{e}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм.}$$

де a_1 – відстань до розрахункового перерізу V, $a_1 = 650 \text{ мм}$;

a – відстань між перерізом V і точкою O,

$[\sigma_T]$ – допустима напруга.

$$e_V = \frac{25 \cdot 650}{350 + 650} = 16,25 \text{ мм,}$$

$$\sigma_M = \pm \frac{2 \cdot 1,625}{461,43} = \pm 0,007 \cdot 10^4 \text{ МПа} = \pm 70 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_N = \frac{T_c}{F_V}, \quad (72)$$

де $F_V = 131,36 \text{ см}^2$.

$$\sigma_N = -\frac{2}{131,36} = -0,0152 \cdot 10^4 = -152 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_c = +70 - 152 = -82 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_c = -70 - 152 = -222 \text{ МПа.}$$

Висновок: в результаті розрахунку отримані напруги не перевищують допустимі значення для сталі марки 20Г1ФЛ з мінімальною границею текучості

$$\sigma_T = 400 \text{ МПа}$$

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		48

3. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ ЗІ ЗБІЛЬШЕНОЮ БАЗОЮ

Сучасні тенденції розвитку пасажирської залізничної техніки характеризуються, перш за все, підвищенням швидкостей руху транспортних засобів та посиленням вимог до їхньої надійності та пасажиромістимості. При цьому до пасажирських вагонів пред'являються всі зростаючі вимоги щодо підвищення комфорту перевезення пасажирів, що робить їх конкурентноздатними на ринку перевезень.

Збільшення кількості вагонів потягне за собою збільшення витрат матеріалів на виготовлення вагонів, їх технічне обслуговування, тощо.

Запровадження нового типу вагонів – двоповерхового не є новою ідеєю. Так двоповерхові вагони курсують в країнах Європи, Азії, США, Китаю. Над розробкою та покупкою задумались Індійські залізниці.

З урахуванням досягнутого рівня наукових знань з динаміки вагонів, сучасного стану та перспектив розвитку пасажирського залізничного транспорту, дуже є реальним на даний час можливість без використання складних та дорогих «активних» систем підвішування покращити ходові якості вітчизняних вагонів за рахунок зміни параметрів конструкції та параметрів ходових частин на базі вже існуючих вагонів. Так в Україні можна дослідити конструкцію вже експлуатуємих поїздів компанії Шкода. Дані поїзди вже успішно експлуатуються на залізницях України. Загальний вигляд вагону компанії Шкода представлений на рис. 15. Даний поїзд є двох режимний (працює на 25кВ змінного струму та 3кВ постійного). Такі конструкції дуже є затребуваними , особливо в західному регіоні , коли поїзди переїздлять через тунелі , гори, ліси і виникає питання створення рухомого складу не тільки для перевезення часто пасажирів але й туристів. Перші розробки ще були в бувшому СРСР. Так званий двоповерховий вагон з оглядовими вікнами (рис.16).

Збоку європейські сусіди (Німеччина, Австрія , Швейцарія, Франція та Італія) мають вже розроблені такі вагони. . Від них також не відстає і Російська

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		49

Федерація, котра починаючи з 2010 вже розробила і має цілий модельний ряд двоповерхових вагонів.



Рисунок 15 – Загальний вигляд двоповерхового вагону фірми Шкода



Рисунок 16 – Загальний вигляд вагону з оглядовими вікнами виробництва СРСР

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		50



Рисунок 17 – Загальний вигляд двоповерхового вагону виробництва Російської Федерації

У зв'язку з появою на залізничних коліях нового типу пасажирських вагонів – двоповерхових, виникає потреба у забезпеченні високих ходових якостей цих вагонів на високих швидкостях руху. Розробка системи забезпечення якості ходу на високих швидкостях є актуальним завданням, так як збільшення швидкості призведе до його більшого обороту, а отже і швидшої окупності.

Другий варіант випуску вагонів є так звані туристичні поїзди або вагони типу «Східний -Експрес» (рис.18). Ці поїзди та вагони є добрими, але вартість проїзду в таких вагонах має бути досить високою, через малу пасажиромістимість.



Рисунок 18 – Туристичні двоповерхові поїзди

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		51

Тому на даний момент проаналізувавши тенденції розвитку вагонобудування це можна досягти за рахунок :

- збільшення швидкостей руху;
- збільшення пасажиромістимості;
- полегшення конструкції;
- виготовлення вагонів із екструдованого алюмінію;
- виготовлення вагонів із нержавіючої сталі.

Маючи такі вагони можна зробити наступне:

- підвищення ціни на проїзд;
- підвищення комфортності;
- пряме сполучення між містами до центру міст, що дасть створювати цілі пасажирсько - вантажні транспортні хаби із залученням міського транспорту.

Яскравим прикладом є Гамбург, Гонг Конг, Лондон, де в єдине ціле збираються всі види транспорту.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		52

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

При виконанні роботи я провів аналіз стану окремих елементів пасажирських вагонів зі збільшеною базою та проаналізував конструкцію та тенденції розвитку пасажирського вагонобудування. Із проведених розрахунків видно всі конструкції вагонів із збільшеною базою витримують задані навантаження. Але слід звернути увагу на розміри габариту, які виявили величину ширини кузова 2768,24 мм.

В першому розділі я проаналізував конструкційні особливості вагонів виробництва КВБЗ і побачив, що на даний момент є велике різноманіття моделей (специфікацій), які практично закривають всі питання пасажирського перевізного процесу.

При виконанні розрахунків було виявлено, що всі показники та елементи, які розраховувались відповідають нормативним документам і витримують задані збільшені навантаження. Тому з точки зору вагонного господарства доцільно запровадити двоповерхові вагони, які широко застосовуються як в країнах заходу та к і в Російській Федерації.

Отже результати розрахунків показують, що типовий вагон який досліджувався та розраховувались окремі елементи витримує навантаження, але перспективним є пасажирські вагони збільшеної пасажировмістимоті - двоповерхові вагони, які на даний момент вже експлуатуються на залізницях України компанії Шкода.

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		53

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D0%BD_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%96_61-779
2. <https://www.kvsz.com/index.php/ua/produktsiya/pasazhirske-vagonobuduvannya>
3. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ВНИИВ-ВНИИЖТ. – 1983.
4. Розрахунок на міцність рамних конструкцій залізничного рухомого складу : Метод. вказівки до курс. й дипл. проект. Для студ. 4-5 курсів спец. "Рухомий склад та спец. техніка залізн. трансп. / О. М. Савчук, В. Г. Анофрієв, В. В. Соборницька, Л. П. Безовська. - Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2002. - 26 с
5. Вагоны. Общий курс : Учебник для вузов / В.В. Лукин, П.С. Анисимов, Ю.П. Федосеев. - М. : Маршрут, 2004. - 424 с.
6. Вагоны под. редакцией Л.А. Шадура – М.: Транспорт, 1980г.- с.439
7. Расчет вагонов на прочность, Вершинський С.В., под. ред.. Л.А. Шадура М.: - Машиностроение, 1971, 432с.
8. Вагони магістральні та промислового транспорту : Метод. вказівки до лаб. занять "Автозчепи рухомого складу залізниць" : Для студ. II, III курсу / М. О. Пастернак, Л. П. Безовська. - Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2002. - 36 с. –
9. Вагони магістрального та промислового транспорту. Колісні пари вагонів : методичні вказівки до практичних занять; для студентів II-III курсів денної та безвідривної форм навчання за ОПП "Вагони та вагонне господарство" за спеціальністю "Залізничний транспорт" / Л. П. Безовська, А. В. Лагуза, А. Л. Пуларія, О. А. Шикунів. - Дніпро : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2019. - 45 с

					041.190521.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		54