


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»  
(цифра та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри «Рухомий склад  
залізниць і колія»

 Олена БАЛЬ

Дата 10.09.2022

### ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

\_\_\_\_\_ ступінь вищої освіти,

студенту

Воробіцю Володимиру Ігоровичу  
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Перевірка на міцність типових елементів двоповерхових  
пасажирських вагонів

Сервітник роботи: Терещак Юрій Володимирович, к.т.н., б/з  
(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 нових двоповерхових вагонів.

Конструктивні розміри вагона та його основних елементів з відповідними перерізами,  
технічні характеристики окремих частин вагона та параметрів які нормуються  
відповідно до нормативно – технічної документації

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

4.1 Аналітична частина: Аналіз та перспективи використання двоповерхових вагонів за  
кордоном і перспективи запровадження даного типу в Україні.

4.2 Основна частина: Розрахунок габаритності двоповерхових вагонів закордонного  
виробництва на магістральних залізницях України. Розрахунок основних техніко-  
економічних показників використання двоповерхових вагонів в Україні. Перевірка на  
міцність основних елементів ходових частин, ударно-тягових пристроїв та рами  
двоповерхових вагонів. Приблизна перевірка на міцність основних елементів вагонів  
на дію експлуатаційних навантажень

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Перевірка габаритності двоповерхових вагонів відповідно до існуючих габаритів на АТ  
«Укрзалізниця». Загальний вигляд перспективного двоповерхового вагону для  
залізниць України. Основні види планування двоповерхових вагонів з 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: Checking the strength of typical elements of double - decker passenger cars

according to educational curriculum Wagons and wagon economy

in the Speciality: 273 "Railway transport"

(speciality and its code )

Done by the student

БГ 19117

/ Volodymyr\_VOROBETS

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Yuriy TERESHCHAK

(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	ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДВОПОВЕРХОВИХ ВАГОНІВ. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЇХ В УКРАЇНІ.....	9
2	РОЗРАХУНОК ТА ПЕРЕВІРКА ПАРАМЕТРІВ ДВОПОВЕРХОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ НОРМАТИВНИМ ДОКУМЕНТАМ УКРАЇНИ .....	23
	2.1 Розрахунок техніко - економічних показників двоповерхових вагонів вагона .....	23
	2.2 Перевірка вписування вагона в вертикальний габарит .....	24
	2.3 Розрахунок сил, які діють на вагон.....	32
	2.4 Перевірочний розрахунок кузова та рами вагона.....	35
3.	ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ДВОПОВЕРХОВИХ ВАГОНІВ В УКРАЇНІ .....	40
	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	44
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	45
	ДОДАТОК А .....	46
	ДОДАТОК Б.....	48

041.190520.01.ВКР.ПЗ				
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата
Розробив		Володимир ВОРОБЕЦЬ		
Консульт		Юрій Терещак		17.06.22
Керівник		Юрій Терещак		17.06.22
Н. контр.		Іван КРАВЕЦЬ		21.06.22
Зав.каф.		Олена БАЛЬ		22.06.22
Перевірка на міцність типових елементів двоповерхових пасажирських вагонів			Літера	Аркуш
ЛІ УДУНТ				

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

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

48 с., 18 рис., 2 табл., 2 додатки, 9 джерел.

Об'єктом дослідження є конструкція двоповерхових пасажирських вагонів виробництва компанії Шкода та ТВБЗ.

Предметом дослідження є конструкторська документація, нормативно-правові документи УЗ та інструкції з обслуговування даного рухомого складу.

Метою роботи є розробка напрямків та можливостей розробки в Україні двоповерхових пасажирських вагонів та перевірка відповідності окремих частин вагона нормативним значенням та показникам міцності рухомого складу.

Методи дослідження. В роботі використано аналітичні методи розрахунку, числові методи розрахунку, виконано попередні (приблизні) розрахунки окремих частин вагона.

Результати даної бакалаврської роботи можуть стати основою для подальших досліджень для розробки двоповерхових пасажирських вагонів з параметрами нової конструкції, які частково взято з світового досвіду розвитку та розрахунків для такого рухомого складу, котрий все більше стає потрібним і може стати як один із основних транспортних засобів в майбутньому.

Ключові слова: КУЗОВ, АВТОЗЧПКА, ВІЗОК, СИЛА, 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
ТВБЗ	Тверський вагонобудівний завод

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		7

## ВСТУП

На даному етапі розвитку суспільства в більшості розвинутих країн пасажирський залізничний транспорт займає більшу частину пасажирських перевезень.

Парк пасажирських вагонів, крім традиційних одноповерхових, складають вагони двоповерхові. Останнім часом на залізницях світу, Китаю, Росії та інших країн почали з'являтися нові двоповерхові пасажирські вагони.

Україна теє не є винятком. Це відбулося в період прийому Україною Євро 2012 (чемпіонат Європи по футболу) у 2012 році к, коли УЗ закупило окрім потягів Хюндай ще поїзди Шкода, які в свою чергу є двоповерховими.

До того мало сприяли кризові явища економіки країни, але інвестиції в транспорт роблять свою справу. Масове застосування двоповерхових вагонів дозволяє підвищити місткість поїзда (щодо одноповерхових вагонів), зниження вартості квитка для пасажира, зниження витрат на перевезення одного пасажира. Але поряд з цим дані вагони мають і ряд недоліків (стосовно одноповерхових вагонів): велика вартість придбання вагона, велика маса, великі габаритні розміри кузова, велика схильність до бокового нахилу, підвищена вартість ремонту.

У результаті впровадження таких вагонів потрібно розробити або купити нові ходові частини, гальмівне обладнання, системи кондиціонування, так як кількість пасажирів зростає, а отже зростає і сподівання тих чи інших параметрів.

Об'єктом дослідження є конструкція двоповерхових пасажирських вагонів виробництва компанії Шкода та ТВБЗ.

Предметом дослідження є конструкторська документація, нормативно-правові документи УЗ та інструкції з обслуговування даного рухомого складу.

Метою роботи є розробка напрямків та можливостей розробки в Україні двоповерхових пасажирських вагонів та перевірка відповідності окремих частин вагона нормативним значенням та показникам міцності рухомого складу.

Методи дослідження. В роботі використано аналітичні методи розрахунку, числові методи, виконано попередні розрахунки окремих частин вагона.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						8
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДВОПОВЕРХОВИХ ВАГОНІВ. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЇХ В УКРАЇНІ

Перші двоповерхові пасажирські вагони з'явилися досить давно, практично через десять років після того, як з'явилася перша залізниця у Англії - 1825 рік.

Дальше американська залізнична компанія "Балтімор енд Огайо" стала першою експлуатувати поїзди, складені з таких вагонів (рисунок 1.).



Рисунок 1 - Перші двоповерхові американські вагони

Конструкцію двоповерхового вагона запропонував 1833 року німецький інженер винахідник Ф. Лист [1, 2]. Двоярусний вагон, як і звичайний одноповерховий пасажирський вагон того часу, конструктивно був схожий на карету із залізничним ходом, тільки зверху («на даху») був майданчик, прикритий тентом з восьмимісною, поздовжньою лавкою.

В Європі з середини 50-х років 19 століття, щоб впоратися зі зростаючим пасажиропотоком на залізницях Парижу та його передмість, крім одноповерхових, стали використовувати двоповерхові вагони (рис. 2), а вже 80-х роках 19 ст. вони мали вигляд (рис.3).

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		9

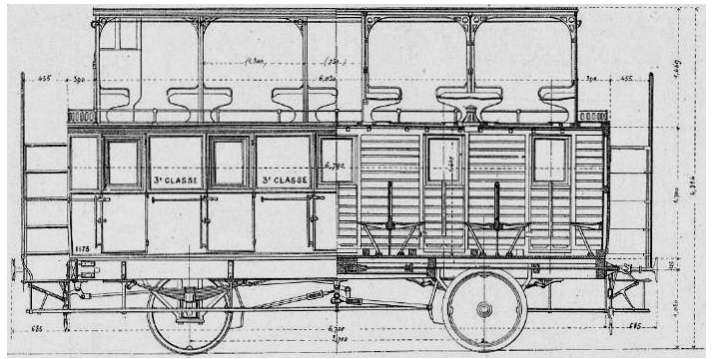


Рисунок 2 – Загальний вигляд двоповерхових вагонів Франції 19 ст.



Рисунок 3 – Загальний вигляд двоповерхових вагонів Франції 19 ст. 80х років  
 Масове використання двоповерхових пасажирських вагонів першими розпочали у Франції. З розвитком техніки і індустріалізації та зростанням пасажиропотоку в передмістях Парижа, Марселя, Ліона виникла потреба збільшення місткості екіпажу та заміни парку, застарілих морально та технічно, двоповерхових вагонів Bidel. У зв'язку з цим компаніями Entreprises Industrielles Charentaises (EIC) та Carel et Fouché для залізниць Франції Chemins de fer de l'État

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		10

були спроектовані та виготовлені двоповерхові вагони (Voiture État y 2 étages), що надійшли в експлуатацію у 1933 році ( рис. 4)



Рисунок 4 - Двоповерхові пасажирські вагони французького виробництва зразка 1933 року

В країнах Європи теж були розробки. Так, наприклад в Чехії виготовлялись вагони , які показані на рис. 5.



Рисунок 5 - Двоповерхові пасажирські вагони чеського виробництва

Важливе місце в розвитку пасажиробудування займають німецькі компанії, завод і Амендорфі та Гейрліці випускають вагони, які представлені на рис. 6 та 7.,

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		11

а також двоповерхові вагони зчленованого типу( рис.8).



Рисунок 6 - Двоповерхові пасажирські вагони німецького виробництва заводу Амендорф



Рисунок 7 - Двоповерхові пасажирські вагони німецького виробництва заводу WEGMANN



Рисунок 8 - Двоповерхові зчленовані пасажирські вагони німецького виробництва

В 70-х 90 -х роках 20 ст. Німецька компанії ( завод) Гейрліц випустив вагони як з кобаною управління та к локомотивної тяги, як представлені на рис. 9.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		12



Рисунок 9 – Загальний вигляд німецьких поїздів 70...90=х років 20 ст.



Рисунок 10 – Двоповерхові пасажирські вагони компанії Bombardier Transportation Regio DB

В 21 ст. німецькі залізниці замовили та купили партію 600 двоповерхових поїздів типу Do 2003 ( рис.10), які і сьогодні експлуатуються на їхніх залізницях.

Компанія Bombardier Transportation побудувала та спроектувала нове покоління двоповерхових поїздів типу TWINDEXX Vario та TWINDEXX Express з 200 км/год.

Поїзди типу Express Bombardier побудовані по концепції «married pair», відповідно до якої швидкісний поїзд представлений у вигляді модульної конструкції. Модуль виглядає як зчп головного, який має електричну тягу (максимальна потужність 2,5 МВт), і серединного вагонів, утворюючи тягову пару. Поїзди складаються з чотирьох та восьми вагонів, і можуть доповнюватися до десяти та шістнадцяти окремими вагонами.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		13



а) TWINDEXX Vario; б) TWINDEXX Express

Рисунок 11 – Двоповерхові поїзди Bombardier Transportation

Ще компанією Bombardier побудований цікавий електропоїзд, де конструкція має особливу зчленовану структуру. У ньому кожен модуль (секція) його складається з двох вагонів – двоповерхового та одноповерхового. З метою зменшення маси та спрощення технології виготовлення, кузова вагонів виконані зі сплаву алюмінію методом екструзії, внутрішнє оздоблення вагонів виконано з легких та на 90 % матеріалів, що переробляються.

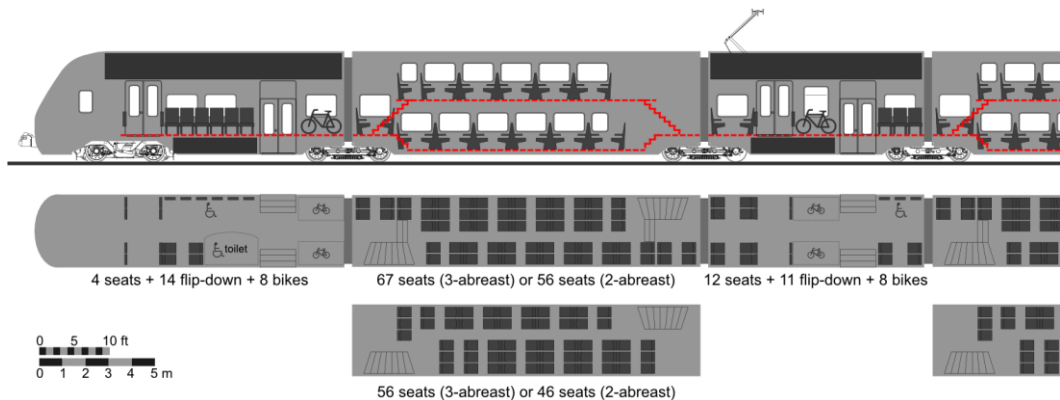


Рисунок 12 – Двоповерховий пасажирський електропоїзд Regio 2N (OMNEO)

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		14

Поряд з компанією Bombardier друга велика французька машинобудівна компанія Alstom розробила та створила для компанії SNCF (французькі забавниці) двоповерховий високошвидкісний електропоїзд TGV Duplex (рисунок 1.17) [12], [18]. Зважаючи на зростання пасажиропотоку між містами Париж і Ліон у 1981 році була введена в експлуатацію високошвидкісна залізниця LGV Sud-Est, якою курсували (одноповерхові) електропоїзди TGV Sud-Est зі швидкостями до 300 км/год. Зі зростанням пасажиропотоку збільшувалося навантаження на системи сигналізації та на персонал, зменшувався час прибуття між поїздами, доки не досягнув трьох хвилин. У такій ситуації виникла гостра потреба підвищити місткість екіпажів. Застосування високошвидкісних двоповерхових поїздів TGV Duplex дозволило вирішити завдання, оскільки його вагони вміщали на 45% більше пасажирів, ніж попередники.



Рисунок 13 - Поїзд TGV Duplex

Також розробки по двоповерховим поїздам велись і в Індії. Так на вагонобудівному заводі "Rail Coach Factory" (RCF), у місті Карпуртхала (Капуртхала) на початку 2010 року було збудовано перший двоповерховий пасажирський вагон, що має систему кондиціонування повітря (рисунок 14). Раніше в 80-х роках в Індії вже використовувалися експрес поїзд із двоповерховими вагонами на лінії сполучної міста Chennai (Ченнаї) та Bangalore (Бангалора). Але у зв'язку з деякими недоліками експлуатацію було припинено

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		15



Рисунок 14 -Двоповерховий вагон Індії

У 60-х роках кілька двоповерхових поїздів з місцями для сидіння, зроблених у НДР, з'явилися на залізницях СРСР (рисунок 15) [2], [6] та експлуатувалися в Україні, на Уралі, між Москвою та Рязанню.

З огляду на особливості конструкції двоповерхових вагонів цих поїздів та умови їх експлуатації, МШС замовило на Ленінградському вагонобудівному заводі імені Єгорова двоповерхові вагони з куполом огляду на другому поверсі для перевезення пасажирів-туристів (рис. 16) [2].



Рисунок 15 -Двоповерховий вагон НДР в СРСР

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		16



Рисунок 16 -Двоповерховий вагон побудови заводу Єгорова

Даний вагон випробовувався і так само як вагон індійського виробництва в масовий випуск не пішов. Один із таких вагонів на сьогодні знаходиться в районі м. Дніпро.

На даний момент в Україні ця ніша починається тільки поступово заповнюватись. Так до Євро 2012 УЗ закупила 2 електропотяги Шкода моделі EJ 675 і показано на рис. 17.



Рисунок 17 – Загальний вигляд двоповерхового поїзда в Україні

Поряд з цим маючи більше фінансування саої власні вагони розробила Російська Федерація.

Вони активно зайнялись завданням створення нової родини двоповерхових пасажирських вагонів. Випуск перших був присвячений XXII Олімпійським зимовим іграм, що відбулися у 2014 році у місті Сочі. До кінця 2007 року

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		17

Тверським вагонобудівним заводом (ВАТ «ТВЗ») було розроблено концепцію двоповерхового вагона, а після цього Найбільша в Росії машинобудівна компанія ЗАТ "Трансмашхолдинг" на початку 2008 року доручила ВАТ "ТВЗ" спроектувати та побудувати дослідний зразок. Наприкінці 2008 року перший вагон було виготовлено. Після тривалих випробувань та доопрацювань надійшов у серійне виробництво та має ряд моделей.

Восени 2010 року ВАТ «Федеральна пасажирська компанія» (дочірня організація ВАТ «РЖД») та ВАТ «ТВЗ» уклали контракт на поставку 50 двоповерхових вагонів до кінця 2013 року (38 купейних, 4 СВ, 4 купейних штабних, 4 вагони-ресторани).

З 1 листопада 2013 року було запущено перший двоповерховий поїзд сполученням Москва – Адлер. У 2015 році було запущено двоповерхові поїзди за маршрутами: Санкт-Петербург – Москва, Москва – Казань, Москва – Воронеж, Москва – Самара. Причому за маршрутом Москва-Вороніж почав діяти перший двоповерховий поїзд із сидячими вагонами.

Вагон моделі 61-4465 має купейне виконання (рис. 18) і є базовим для інших моделей російських двоповерхових вагонів. За бажанням замовника є можливість випускатися у двох виконаннях:

- 1) із двомісними купе, загальною місткістю 30 пасажирів;
- 2) чотиримісними – 64 пасажирів.

Базовий вагон має масу тари не більше 64,8 тони та габаритні розміри: ширина 3,15 м; довжина кузова – 25,66 м; висота 5,23 м.

Вагон моделі 61-4472 (купейний штабний) вміщує до 50 пасажирів (рис. 19), включаючи двох осіб з обмеженими можливостями та осіб, що їх супроводжують. Також вагон обладнаний душовою кабіною та туалетним комплексом для пасажирів з обмеженими можливостями здоров'я. Тара вагона не перевищує 68 тон.

Вагон моделі 61-4473 (вагон-ресторан) може розмістити 52 пасажирів – 48 у салоні та 4 у барі (рис.20). В даній моделі є присутній ліфт для підйому готових страв та опускання використаного посуду до мийного відділення. Тара вагона – не

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						18
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

більше 63 тонн.

Вагон моделі 61-4492 (з місцями для сидіння) має ширший кузов (3,19 м) і дещо відрізняється формою бічної стіни – на рівні вікон другого поверху вона має закруглення (рисунок рис.21). Вагон може випускатися у двох виконаннях: 1) з покращеним інтер'єром та місткістю 60 пасажирів; 2) зі стандартним інтер'єром – 102 пасажири.

На основі кузова вагона моделі 61-4492 (малюнок 1.42) [25] у 2016 році стали випускатися двоповерхові штабні вагони з місцями для сидіння та зоною відпочинку моделі 61-4503.

Такий вагон вміщує до 54 пасажирів, у тому числі пасажира з обмеженими можливостями та особи, що його супроводжує. Як і його попередник, вагон обладнаний кліматичними установками, вікнами зі світломаскирувальними та сонцезахисними шторами, кріслами з відкидними столами та підніжками для ніг, індивідуальними розетками на 220В. Є можливість підключення мобільних пристроїв до Wi-Fi. З метою безпеки вагон обладнаний камерами відеонагляду та відеоспостереження.

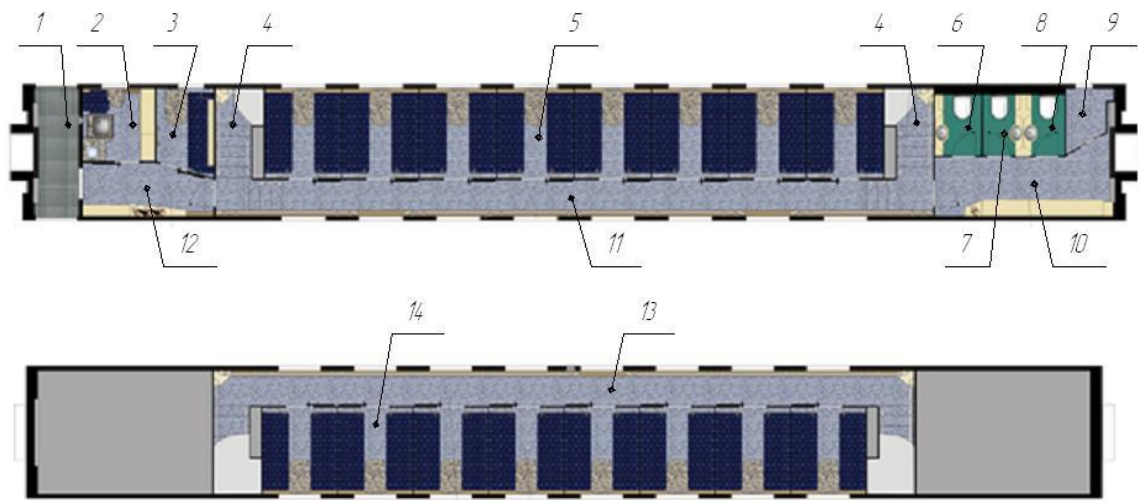
На всіх вагонах є типовий візок моделі 68-4095. Також на вагонах використовують зчпні пристрої жорсткого типу БСУ-3. Буферні пристрої (зменшення маси) відсутні.

Всі вагони обладнані екологічно чистими туалетними комплексами та точками доступу до мережі Інтернет. Для зменшення маси використовується повітряне електричне опалення. Енергопостачання здійснюється за рахунок централізованої магістралі, на стоянках від акумуляторної батареї.

Дані двоповерхові вагони призначені для габариту рухомого складу Тпр за ГОСТ 9238. Конструкційна швидкість руху складає 160 км/год.

Нижче показано на рис. 18-21 дані вагони

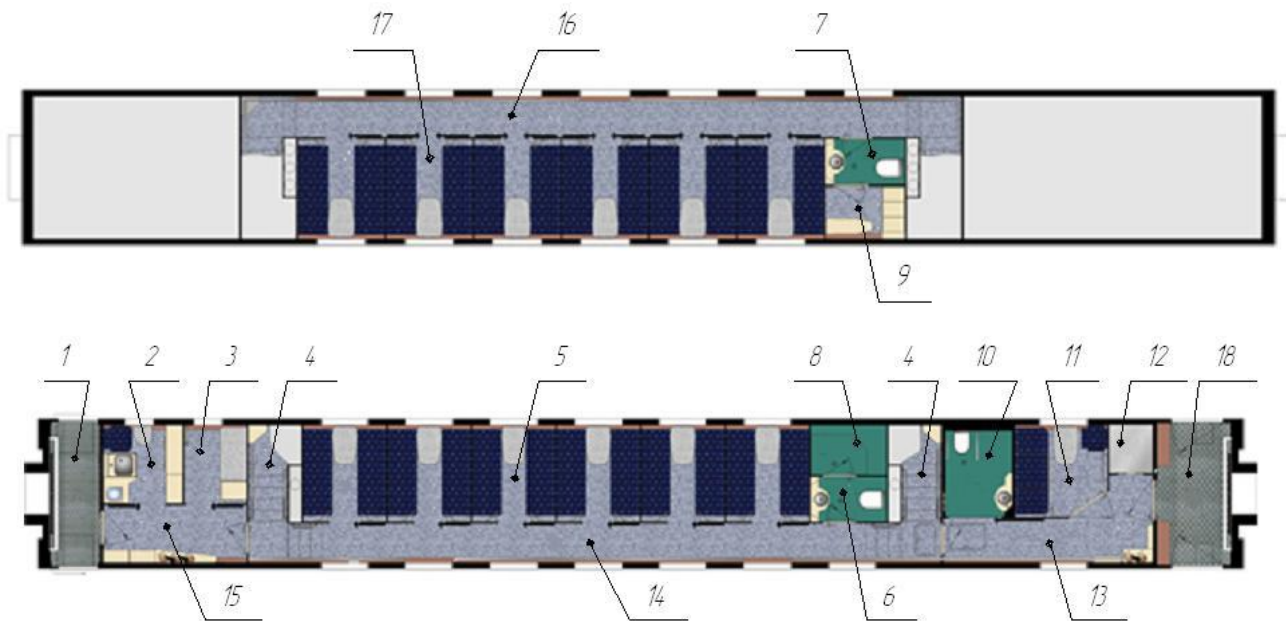
					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						19
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		



1 – тамбур; 2 – службове відділення; 3 – купе провідника; 4 – сходи; 5 – пасажирське пуп першого поверху; 6 – туалет I; 7 – туалет II; 8 – туалет III; 9 – технічне відділення; 10 – коридор негальмівного кінця вагона; 11 – великий коридор першого поверху; 12 – коридор гальмівного кінця вагона; 13 – великий коридор другого поверху; 14 – пасажирське пупі другого поверху

Рисунок 18 – Тверський двоповерховий вагон моделі 61-4465. Планування першого (а) та другого (б) поверхів

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		20



1 – тамбур; 2 – службове відділення; 3 – купе з радіобладнанням; 4 – сходи; 5 – пасажирське пуп першого поверху; 6 – туалет I; 7 – туалет II; 8 – душова; 9 – побутове відділення; 10 – туалет для інваліда; 11 – купе для інваліда; 12 – технічне відділення; 13 – коридор негальмівного кінця вагона; 14 – великий коридор першого поверху; 15 – коридор гальмівного кінця вагона; 16 – великий коридор другого поверху; 17 – пасажирське пуп другого поверху; 18 – тамбур негальмового кінця вагона

Рисунок 19 – Тверський двоповерховий вагон моделі 61-4472. Планування першого (а) та другого (б) поверхів

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		21



Рисунок 20 – Тверський двоповерховий вагон моделі 61-4473



Рисунок 21 – Тверський двоповерховий вагон моделі 61-4442. Планування із стандартним плануванням

При подальших розрахунках візьмем базовий російський вагон і по ньому будемо проводити розрахунки, так як ар ньому є інформація , згідно якої можна провести ескізні розрахунки.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		22

## 2 РОЗРАХУНОК ТА ПЕРЕВІРКА ПАРАМЕТРІВ ДВОПОВЕРХОВИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ НОРМАТИВНИМ ДОКУМЕНТАМ УКРАЇНИ

### 2.1 Розрахунок техніко - економічних показників двоповерхових вагонів вагона

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

Коефіцієнт тари пасажирський визначається за формулою наведеною нижче:

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

$$T_{nac} = \frac{64,8}{64} = 1,0125 T/nac$$

Коефіцієнт населеності вагона визначається за формулою наведеною нижче:

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

$$K_{2Lk} = \frac{64}{25,66} = 2,49 nac/m$$

Маса брутто вагону визначається за формулою наведеною нижче:

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

$$P_{\bar{op}} = 64,8 + 2 + 0,1 \cdot 64 = 73,2 \quad m$$

Осьове навантаження визначається за формулою наведеною нижче:

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						23
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

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

$$P_o = \frac{64,8}{4} \cdot 9,81 = 179,52 \text{ кН} \leq 228,0 \text{ кН}$$

Погонне навантаження визначається за формулою:

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

$$q = \frac{64,8}{25,66} \cdot 9,81 = 24,77 \text{ кН/м} \leq 102,5 \text{ кН}$$

Всі отримані значення не перевищують допустим та нормативні значення згідно Норм.

## 2.2 Перевірка вписування вагона в вертикальний габарит

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

Відповідно до [7] максимальна ширина верхнього будівельного, що допускається, обрису кузова вагона на деякій Н висоті над рівнем верху 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

$$2B2 = 2(B_0 - E_B), \quad (7)$$

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						24
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

- для основного (шворневого, направляючого) перетину кузова

$$2B_3 = 2(B_0 - E_0), \quad (8)$$

де  $B_1, B_2, B_3$  - значення максимальної півширини будівельного обрису кузова вагона на розглянутій висоті  $H$ , мм, або іншими словами висоти горизонтального перерізу;

$B_0$  - 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] та буде рівним:

- обмеження півширини вагона у основних (направляючих, шворневих) перетинах визначається за формулою згідно [7]:

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

- обмеження між направляючими перетинами (внутрішнє) визначається за формулою згідно [7]:

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

- обмеження між направляючими й кінцевими перетинами (зовнішнє) визначається за формулою згідно [7]:

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						25
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

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

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

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

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

$w$  - найбільш можливе поперечне переміщення кузову 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;

$\alpha$  і  $\beta$  - додаткові обмеження внутрішніх та зовнішніх перетинів рухомого складу, мм, які мають місце у дуже довгого рухомого складу і визначаються з

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26

умови вписування в криву радіусом  $R = 150$  м. У звичайного рухомого складу масового будування значення  $\alpha$ ,  $\beta$  дорівнюють нулю.

Числові значення  $\alpha$  і  $\beta$  приймають:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

де  $p$  - база візка, м.

Чисельне значення коефіцієнтів  $k, k_1, k_2, k_3$  наведені у таблиці 1 та взяті згідно [7].

Таблиця 1 - 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 буде отриманий результат який 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 згідно [7]:

$$E_0^n = E_B^n = 0,5 \cdot (S^n - d_r) + q + w, \quad (12)$$

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

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 (9-11);

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.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						28
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

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,  $p = 2500$  мм;

$2l$  – база вагону,  $2l = 19000$  мм;

$2L$  – довжина вагона;  $2L = 25660$  мм

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

$E_{оп}$  = 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  $\alpha$  та  $\beta$  дорівнює нулю.

Випикуємо з таблиці 4 коефіцієнти  $k$  з таблиці для верхньої та нижньої зони:

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

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:

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

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		29

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

Розрахунки обмеження для верхньої зони з врахуванням коефіцієнтів:

а) для кузова вагону рінний:

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

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

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

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

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

$q + w$  – величина горизонтальних переміщень наведено у таблиці 5 згідно [7].

Таблиця 2 - 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

$$E_g^n = E_o^n = 28,5 + 54 = 82,5 мм$$

Знаходимо обмеження між направляючими й кінцевими перетинами:

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		30

$$E_3^n = [0,5(S - dr) + q + w] \cdot \frac{2n + 2l}{2l}; \quad (18)$$

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

$$E_3^{3,55} = 82,5 \cdot \frac{2 \cdot 3,55 + 19}{19} = 113,33 \text{ мм};$$

$$E_3^3 = 82,5 \cdot \frac{2 \cdot 3 + 19}{19} = 108,55 \text{ мм};$$

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

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

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

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

Для побудови вертикальних габаритних рамок користуємось програмою Gab.exe, за допомогою якої отримуємо наступні результати, котрі наведені в додатку А, а самі рамки є побудовані і наведені для кінцевого перерізу в додатку Б.

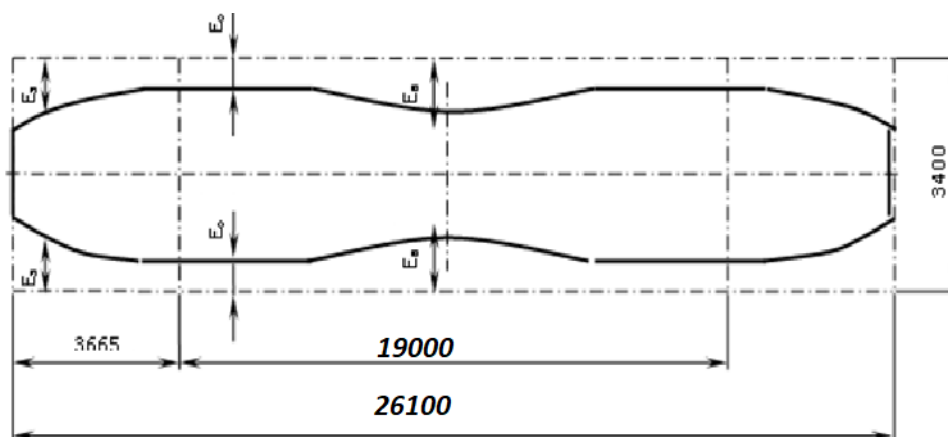


Рисунок 22 – Горизонтальна габаритна рамка для висоти 2800 мм

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		31

По отриманим значенням із врахуванням габариту 1-Т отримуємо , що ширина вагона повинна складати  $3250-190,88=3059,12$  мм.

### 2.3 Розрахунок сил, які діють на вагон

Сили згрупував групи по напрямку дії та причини їх виникнення:

- Вертикальні
- Бокові
- Повздовжні
- Самоврівноважені.
- Від розпору вантажів
- Ремонтні сили, і.т.п.

Розглянемо деякі з них , але які залежать тільки від напрямку дії.

#### ВЕРТИКАЛЬНІ СИЛИ

Розрахунок вертикальних сил, які діють на вагон

Вихідні дані для розрахунку:

$T = 64,8$  т; - тара вагона;  $P = 8,4$  т ; - вантажепіємність ( пасажери + екіпіровка);  
 $q = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Визначаємо статичну силу, яка діє на вагон:

$$R_{ст} = (T+P)*q \quad (19)$$

$$R_{ст} = (64,8+8,4)*9,81 = 718,1 \text{ Кн}$$

Визначаємо динамічну силу, яка діє на вагон:

$$R_{д} = R_{ст}*K_{дв} \quad (20)$$

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						32
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

де Кдв – коефіцієнт динаміки вертикальний визначається як:

$$K_{дв} = a + b * 3,6 * 10^{-4} \frac{V - 15}{f_{ст}} \quad (21)$$

де а – коефіцієнт, який залежить від місця розташування деталі у вагоні і залежить від ступені обресореності вузла або деталі, а = 0,05 – для кузова і всіх частин, які кріпляться до нього, а = 0,1 – для обресорених частин, а = 0,15 – для необресорених частин візка (для колісних пар);

в – коефіцієнт, який враховує вісність візка  $b = \frac{2+n}{2n} = 1,0$

V – конструктивна швидкість, V = 33,3 м/с

f<sub>ст</sub> – статичний прогин ресорного комплекту візка, f<sub>ст</sub> = 0,18 м.

Визначимо Кдв при а = 0,05

$$K_{дв.куз} = 0,05 + 1,0 * 3,6 * 10^{-4} \frac{33,3 - 15}{0,18} = 0,0866$$

$$P_{д.куз.} = 0,0866 * 571,923 = 49,53 \text{ кН}$$

Визначимо Кдв при а = 0,1

$$K_{дв.куз} = 0,1 + 1,0 * 3,6 * 10^{-4} \frac{33,3 - 15}{0,18} = 0,1366$$

$$P_{д.куз.} = 0,1366 * 571,923 = 78,125 \text{ кН}$$

Визначимо Кдв при а = 0,15

$$K_{дв.куз} = 0,15 + 1,0 * 3,6 * 10^{-4} \frac{33,3 - 15}{0,18} = 0,1866$$

$$P_{д.куз.} = 0,1866 * 571,923 = 106,72 \text{ кН}$$

## БОКОВІ СИЛИ

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		33

Визначаємо відцентрову силу згідно виразу:

$$N_{\text{в}} = 0,075 \cdot P_{\text{бр}} \cdot q \quad (22)$$

$$P_{\text{бр}} = T + P = 64 + 8,4 = 74400 \text{ кг}$$

$$N_{\text{в}} = 0,075 \cdot 74,4 \cdot 9,81 = 54,74 \text{ кН.}$$

Визначаємо вітрову силу визначаю згідно виразу:

$$N_{\text{вітр.}} = F \cdot W \quad (23)$$

де  $W$  – нормальна сила тиску вітру,  $W = 500 \text{ Па}$ ;

$F$  – бокова площа вагона,  $F = 25,66 \cdot 5,2 = 133,43 \text{ м}^2$

$$N_{\text{вітр.}} = 133,43 \cdot 500 = 66,72 \text{ кН}$$

Сумарне бокове навантаження визначаю згідно виразу:

$$N = N_{\text{вітр.}} + N_{\text{в}} \quad (24)$$

$$N = 54,74 + 66,72 = 121,46 \text{ кН.}$$

### **ПОЗДОВЖНІ СИЛИ**

Ці сили не обчислюються, а задаються Нормами в залежності від розрахункових режимів:

I-й р.р. – відповідає зрушенню складу з місця та його зупинка  $V=0 \text{ км/год}$ ;

II-й р.р. – допоміжний, відповідає руху пасажирського вагону в складі вантажного поїзда;

III-й р.р. – рух вагона з конструктивною швидкістю в поїзді  $V=V_{\text{роз}}=45 \text{ м/с}$ .

Якщо поздовжня сила діє на вагон з однієї сторони, тоді на вагон буде діяти інерційна сила  $N_i$

Визначаємо інерційну силу (рамну силу):

$$N_{i\text{н}} = 0,2 \cdot P_{\text{бр}} \cdot q \quad (25)$$

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						34
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$N_{нн} = 0,2^* = 143,62 \text{ кН}$$

Крім вертикальних, бокових і поздовжніх сил на вагон ще діють і самоурівноважені – сили, які діють на окремі частини вагона, сили від розпору вантажів, ремонтні сили та різні добавки від вертикальних та горизонтальних сил.

## 2.4 Перевірочний розрахунок кузова та рами вагона

Оцінка міцності та надійності несучих конструкцій кузова ведеться відповідно до норм розрахунку на міцність.

Ведеться за такими ознаками:

1.) За допустимою напругою (I р.р.-шляхом порівнянь напруг III) з допустимими.

2) По стійкості стиснутих елементів.

3) За прогинам або деформацій.

4) За вібраційної стійкості. (Порівняння частот коливань)

5) За граничної навантаженням, знаходять по пластичності стану елементів конструкції.

При розрахунку кузова згідно з нормами враховуються такі навантаження:

- Вертикальні - постійні навантаження.

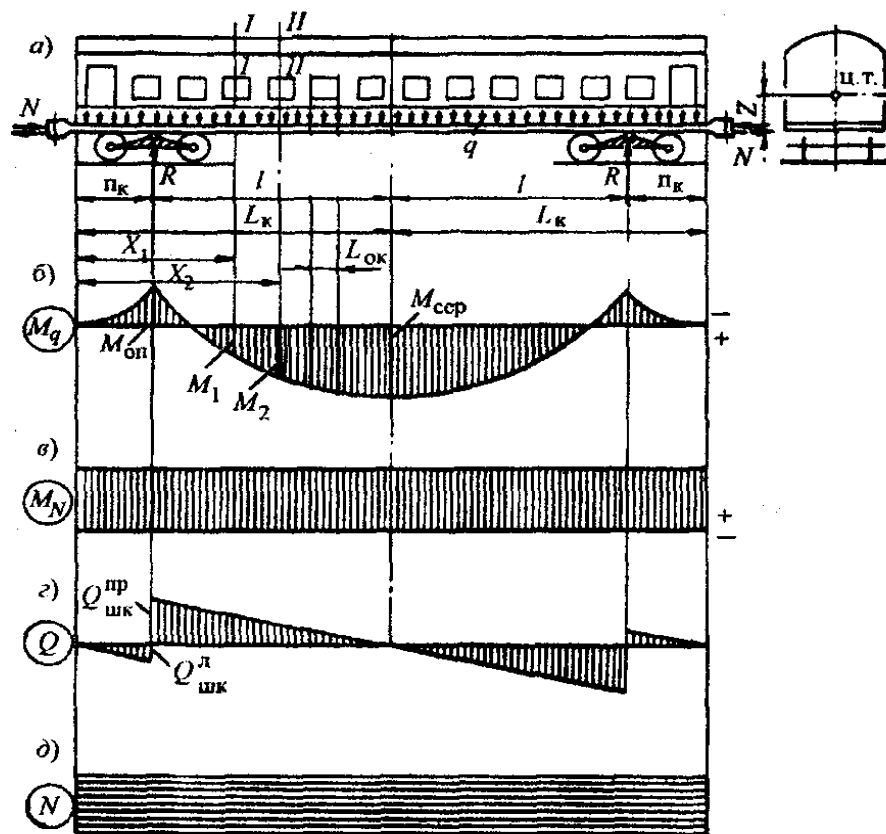
- Вертикальні - динамічні навантаження.

- Бічна навантаження, знаходиться центральною силою і тиском вітру.

- Поздовжні навантаження які передаються на кузов автозчеплення і певною силою інерції.

- Сила кручення або кососиметрична сила, обумовлена не симетрією опорних реакцій ресор при несиметричному підйомі кузова домкратами.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		35



- а) Розрахункова схема ;
- б) Епюри згинальних моментів від роз приділеного навантаження;
- в) Епюра повздовжніх сил;
- г) Епюра нормальних сил.

Рисунок 22 – Схема зусиль, які діють на кузов вагона

Розрахунок проводимо відповідно до [5]:

Рівномірно роз приділене навантаження рівне:

$$q = \frac{T + n_{\text{пас}} \cdot m \cdot 2 \cdot m_{\text{тел}} \cdot g}{2L_k} \quad (26)$$

де  $2L_k$  – довжина несучих конструкцій кузова;

$$q = \frac{56 + 38 \cdot 0,1 - 2 \cdot 7,2}{24,2} \cdot 9,8 = 18,4 \text{ кН/м}$$

Реакції опор будуть рiні:

$$R = \frac{q \cdot 2L_k}{2} \quad (27)$$

$$R = \frac{18,4 \cdot 24,2}{2} = 222,687 \text{ кН}$$

Згинаючі моменти, виникаюче в перерізі кузова від рівномірного розподілення навантаження, визначається за формулою:

$$M_{оп} = - \frac{q \cdot n_k^2}{2} \quad (28)$$

де  $n_k$  – довжина консольної частини кузова,

$$n_k = \frac{2L_k - 2l}{2} = \frac{24,2 - 17,2}{2} = 3,5 \text{ м}$$

$$M_{оп} = - \frac{18,4 \cdot 3,5^2}{2} = -112,7 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Згинаючі моменти, виникаюче в перерізі кузова від рівномірного розподілення навантаження, визначається за формулою посередині кузова:

$$M_{ср} = - \frac{q \cdot L_k^2}{2} + R \cdot l \quad (29)$$

$$M_{ср} = - \frac{18,4 \cdot 12,1^2}{2} + 222,687 \cdot 8,6 = 568,13 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Сила в шворневому перерізі від рівномірного – роз приділення навантаження:  
- зліва від шворневого перерізу :

$$Q_{шкв}^л = - q \cdot n_k \quad (30)$$

$$Q_{шкв}^л = -18,4 \cdot 3,5 = -64,4 \text{ кН}$$

- справа від шворневого перерізу :

$$Q_{шкв}^{пр} = - q \cdot n_k + R \quad (31)$$

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		37

$$Q_{ШКВ}^{пр} = -18,4 \cdot 3,5 + 222,687 = 158,287 \text{ кН}$$

Напряження від вертикального навантаження в середньому перерізі кузова (в верхніх волокнах і в середній точці хребтової балки) визначається за формулами:

$$\sigma_q^{в(хр)} = \pm \frac{1,125 \cdot M_{ср} \cdot (1+k_{дв})^{10^{-3}}}{J} \cdot h_{в(хр)} \quad (32)$$

де 1, 125 – коефіцієнт, який враховує дію вітрових і центробіжного навантаження;

$k_{дв}$  – коефіцієнт вертикальної динаміки;  $k_{дв} = 0,345$

$h_{в(хр)}$  – відстань від центру верху кузова до точки, в якій знаходиться дане напруження  $h_{в} = 2,3 \text{ м}$ ,  $h_{хр} = 0,945 \text{ м}$ ;

$J$  – момент інерції розрахункового поперечного перерізу несучої конструкції кузова,  $J = 545 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$

$$\sigma_q^в = - \frac{1,125 \cdot 568,13 \cdot 10^3 \cdot (1+0,345)^{10^{-3}}}{545 \cdot 10^{-4}} \cdot 2,3 = -37,09 \text{ МПа}$$

$$\sigma_q^{хр} = \frac{1,125 \cdot 568,13 \cdot 10^3 \cdot (1+0,345)^{10^{-3}}}{545 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,945 = 15,23 \text{ МПа}$$

Напруження від повздовжніх сил в середньому перерізі кузова (в верхніх волокнах і в середній точці хребтової балки) визначається за формулою:

$$\sigma_N^{в(хр)} = \pm \frac{N \cdot Z \cdot h_{в(хр)}}{J} - \frac{N}{F} \quad (33)$$

де  $N$  – повздовжня сила,  $N = 1 \text{ кН}$ ;

$Z$  – відстань від розрахункового поперечного перерізу кузова до осі автотягача,  $Z = 0,945 \text{ м}$ .

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		38

F – площа розрахункового поперечного перерізу несучої конструкції кузова,  
 $F=386,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

$$\sigma_N^B = \frac{1 \cdot 0,945}{545 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,945 - \frac{1}{386,3 \cdot 10^{-4}} = 14 \text{ МПа}$$

$$\sigma_N^{xp} = -\frac{1 \cdot 0,945}{545 \cdot 10^{-4}} \cdot 2,3 - \frac{1}{386,3 \cdot 10^{-4}} = -65,8 \text{ МПа}$$

Сумарне нормальне напруження, виникаюче в матеріалі кузова, визначається за формулою:

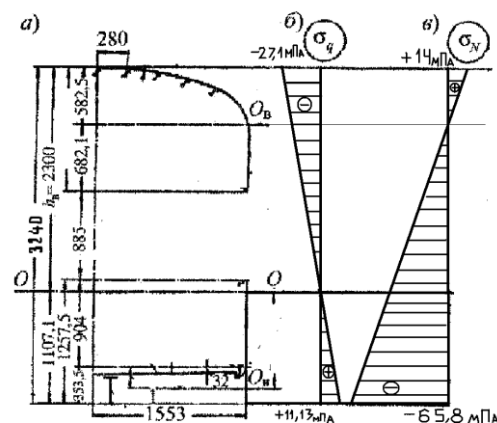
$$\sigma_{\Sigma}^{B(xp)} = \sigma_q^{B(xp)} + \sigma_N^{B(xp)} \leq [\sigma_{I,III}] \quad (34)$$

$$\sigma_{\Sigma}^B = -27,1 + 14 = -13,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\Sigma}^{xp} = 11,13 - 65,8 = -54,67 \text{ МПа}$$

По даних розрахунку для елементів хребтової балки і рами кузова видно, що доцільно застосовувати сталь Ст3, так як  $\sigma_{\Sigma}^{B(xp)} < 165 \text{ МПа}$ .

По результатам розрахунків можна побудувати епюру моменів, яка показана на рис. 23.



а - геометричні розміри поперечного перерізу кузова; б – епюра напруження від дії вертикального навантаження; в – епюра напруження від дії повздовжніх навантаження

Рисунок 23 - Поперечний переріз кузова та епюри напруження:

						Арк.
					041.190520.01.ВКР.ПЗ	39
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

### 3. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ДВОПВЕРХОВИХ ВАГОНІВ В УКРАЇНІ

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

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						40
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

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

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		41



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

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		42

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

- збільшення швидкостей руху;
- збільшення пасажировмістимості;
- 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.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		43

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

При виконанні роботи я провів аналіз конструкцій та розвитку двоповерхових вагонів зі збільшеною населеністю та проаналізував конструкцію та тенденції розвитку пасажирського вагонобудування. Із проведених розрахунків видно всі конструкції вагонів із збільшеною базою та витримують задані навантаження. Але слід звернути увагу на розміри габариту, потрібно збільшувати до габариту 1-Т, щоб не повторювати помилки деяких конструкторів.

В першому розділі я проаналізував конструкційні особливості двох поверхових вагонів виробництва різних країн і побачив, що на даний момент є велике різноманіття моделей (специфікацій), які практично закривають всі питання пасажирського перевізного процесу. Щоб здійснити такий перехід можна двома способами: закупити ліцензію на випуск і випускати самим і купляти готову продукцію. Але це питання теж потрібно досліджувати.

При виконанні розрахунків кузова вагона приблизним способом 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, які дуже схожі на наші, але є варіант співпраці з західноєвропейськими компаніями – то це теж потрібно перевірити.

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.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		44

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Gillon, S.M. The American Experiment. A history of the United States. Third edition / S.M. Gillon, C.D. Matson. – Boston, Wadsworth: Wadsworth Publishing, 2013. – 1877 p.
2. Стрельцов, А. Билет на второй этаж / А. Стрельцов // Техника – молодежи. – 1988. – №07. – С. 31-35. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ВНИИВ-ВНИИЖТ. – 1983.
3. 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
4. Вагоны. Общий курс : Учебник для вузов / В.В. Лукин, П.С. Анисимов, Ю.П. Федосеев. - М. : Маршрут, 2004. - 424 с.
5. Вагоны под. редакцией Л.А. Шадура – М.: Транспорт, 1980г.- с.439
6. Расчет вагонов на прочность, Вершинский С.В., под. ред.. Л.А. Шадура М.: - Машиностроение, 1971, 432с.
7. 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. –Каммер, Р. Двухэтажные пассажирские вагоны железных дорог Германии / Р. Каммер // Железные дороги мира. – 2008. – №12. – С. 34-39.
8. Харисс, Ф. Первые электропоезда из двухэтажных вагонов / Ф. Харисс, Б. Колларди // Железные дороги мира. – 2007. – №1. – С.38.
9. Никольский, Е.Н. Оболочки с вырезами типа вагонных кузовов / Е.Н. Никольский –М.: Машгиз, 1963. – 312 с.

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		45



НАПРАВЛЯЮЩЕЕ (ШКВОРНЕВОЕ) СЕЧЕНИЕ КУЗОВА

ВЕРХНЯЯ ЗОНА

0	0.0	4700.0	0.0	4700.0
1	1160.0	4700.0	1077.5	4700.0
2	1400.0	4500.0	1317.5	4500.0
3	1600.0	4250.0	1517.5	4250.0
4	1700.0	3850.0	1617.5	3850.0
5	1700.0	3100.0	1617.5	3100.0
6	1700.0	2600.0	1617.5	2715.0
7	1700.0	1160.0	1617.5	1275.0
8	1675.0	1160.0	1592.5	1275.0
9	1675.0	430.0	1592.5	545.0

НИЖНЯЯ ЗОНА

0	1675.0	430.0	1607.6	545.0
1	1520.0	430.0	1452.6	545.0
2	1190.0	100.0	1122.6	215.0
3	0.0	100.0	0.0	215.0

ДЕТАЛИ, ОПУСКАЮЩИЕСЯ В ИНТЕРВАЛ 718,5 ... 871,5 мм

1		100.0	783.4	215.0
2		0.0	783.4	115.0
3		0.0	806.6	115.0
4		100.0	806.6	215.0

КООРДИНАТЫ ТОЧЕК СТРОИТЕЛЬНОГО ОЧЕРТАНИЯ, мм

НОМЕР ТОЧКИ	ГАБАРИТ ШИРИНА	ГАБАРИТ ВЫСОТА	СТРОИТ.ОЧЕРТАНИЕ ШИРИНА	СТРОИТ.ОЧЕРТАНИЕ ВЫСОТА
			СРЕДНЕЕ СЕЧЕНИЕ КУЗОВА	

ВЕРХНЯЯ ЗОНА

0	0.0	4700.0	0.0	4700.0
1	1160.0	4700.0	1063.9	4700.0
2	1400.0	4500.0	1303.9	4500.0
3	1600.0	4250.0	1503.9	4250.0
4	1700.0	3850.0	1603.9	3850.0
5	1700.0	3100.0	1603.9	3100.0
6	1700.0	2600.0	1603.9	2715.0
7	1700.0	1160.0	1603.9	1275.0
8	1675.0	1160.0	1578.9	1275.0
9	1675.0	430.0	1578.9	545.0

НИЖНЯЯ ЗОНА

0	1675.0	430.0	1463.1	545.0
1	1520.0	430.0	1308.1	545.0
2	1190.0	100.0	978.1	215.0
3	0.0	100.0	0.0	215.0

ДЕТАЛИ, ОПУСКАЮЩИЕСЯ В ИНТЕРВАЛ 718,5 ... 871,5 мм

ДЕТАЛИ НЕ МОГУТ ОПУСКАТЬСЯ В УКАЗАННЫЙ ИНТЕРВАЛ  
РАМА ТЕЛЕЖКИ В ШКВОРНЕВОМ СЕЧЕНИИ

НИЖНЯЯ ЗОНА

0	1675.0	410.0	1610.5	467.0
1	1520.0	410.0	1455.5	467.0
2	1190.0	80.0	1125.5	137.0
3	0.0	80.0	0.0	137.0

ДЕТАЛИ, ОПУСКАЮЩИЕСЯ В ИНТЕРВАЛ 718,5 ... 871,5 мм

ДЕТАЛИ НЕ МОГУТ ОПУСКАТЬСЯ В УКАЗАННЫЙ ИНТЕРВАЛ

РАМА ТЕЛЕЖКИ В СЕЧЕНИИ ПО ОСИ КОЛ. ПАРЫ

НИЖНЯЯ ЗОНА

0	1675.0	410.0	1572.6	467.0
1	1520.0	410.0	1417.6	467.0

## ДОДАТОК Б

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		48

					041.190520.01.ВКР.ПЗ	Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		49