

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

СИТУАЦІЙНА АДАПТАЦІЯ НАПІВВАГОНІВ ДО ПЕРЕВЕЗЕНЬ ГУСЕНИЧНОЇ
ТЕХНІКИ

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи магістра

МКР. 00200. 05. 00 ПЗ

Розробив студент групи 222-ВВГ-Д24
спеціальності 273 «Залізничний транспорт»
(Вагони та вагонне господарство)
(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

 Михайло ЄРМАКОВ

Керівник: професор, д-р техн. наук
 Альона ЛОВСЬКА

Рецензент: доцент кафедри транспорту та
підйомно-транспортної техніки
Жилінського університету в Жиліні
(Словацька Республіка)
доктор філософії, доцент
Ян ДІЖО

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

Спеціальність – 273 Залізничний транспорт

Освітня програма – Вагони та вагонне господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
професор, д-р техн. наук

_____ Василь РАВЛЮК

« ____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я на магістерську кваліфікаційну роботу

Єрмакову Михайлу Миколайовичу

1 Тема «Ситуаційна адаптація напіввагонів до перевезень гусеничної техніки»

керівник Ловська Альона Олександрівна, докт. техн. наук, професор

затверджені розпорядженням по механіко-енергетичному факультету від
“24” лютого 2026 року № 9.

2 Строк подання магістрантом проекту 15 червня 2026 р.

3 Вихідні дані отримати на кафедрі інженерії вагонів та якості продукції

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

4.1. Розглянути конструкційні особливості напіввагонів та провести аналіз перспектив їх удосконалення;

4.2 Провести дослідження навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки;

4.3. Провести наукове-обґрунтування застосування напіввагонів до перевезень гусеничної техніки;

4.4 Провести розрахунок економічної ефективності від впровадження в експлуатацію знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагоні.

5 Консультанти окремих розділів

Розділ проекту	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування	Калабухін Ю. І. д.т.н., професор		

6 Дата видачі завдання « 24 » лютого 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз вихідного матеріалу	24.02 – 28.02	виконано
2 Формулювання напрямку, мети та задач кваліфікаційної роботи	28.02 – 15.03	виконано
3 Розгляд конструкційних особливостей напіввагонів та аналіз перспектив їх удосконалення	15.03 – 30.03	виконано
4 Дослідження навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки	30.03 – 10.04	виконано
5 Наукове-обґрунтування застосування напіввагонів до перевезень гусеничної техніки	10.04 – 30.04	виконано
6 Розробка, оформлення та підпис економічного розділу роботи	30.04 – 15.05	виконано
7 Оформлення презентаційного матеріалу кваліфікаційної роботи	15.05 – 30.05	виконано
8 Здавання матеріалу на перевірку та підпис керівнику	10.06	виконано
9 Підпис ПЗ та презентаційного матеріалу	15.06	виконано
10 Захист кваліфікаційної роботи у ДЕК		

Магістрант

(підпис)

Михайло ЄРМАКОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Альона ЛОВСЬКА
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота включає в себе 12 слайдів презентації, 93 сторінки пояснювальної записки формату А4, в тому числі 46 рисунків, 19 таблиць, 45 літературних джерел.

Об'єкт дослідження – процес навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки.

Предмет дослідження – несуча конструкція напіввагона.

В рамках магістерської кваліфікаційної роботи поставлено мету – обґрунтування застосування напіввагонів для перевезень гусеничної техніки залізницею.

Для можливості залучення напіввагонів до перевезень гусеничної техніки запропоновано концепт знімного модуля. Даний концепт являє собою раму, яка оснащена кріпильними скобами для фіксації гусеничної техніки. Кріплення даного концепту в напіввагоні здійснюється за допомогою кутових фітингів. Для цього є необхідним встановлення на підлозі напіввагона фітингових упорів. Наведено особливості проектування концепту. Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки, закріпленої на знімному модулі. Встановлено, що максимальні напруження в його конструкції менші за допустимі на 18,5%.

Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки залізницею, а відповідно і підвищенню ефективності залізничних перевезень в цілому.

ABSTRACT

The qualification work includes 12 presentation slides, 93 pages of explanatory notes in A4 format, including 46 figures, 19 tables, 43 literary sources.

The object of the study is the process of loading the supporting structure of the open wagon when transporting tracked equipment in it.

The subject of the study is the supporting structure of the open wagon.

Within the framework of the master's qualification work, the goal is set – to substantiate the use of open wagons for transporting tracked equipment by rail.

To enable the use of open wagons for transporting tracked equipment, a concept of a removable module is proposed. This concept is a frame equipped with mounting brackets for fixing tracked equipment. This concept is fixed in the open wagon using corner fittings. For this, it is necessary to install fitting stops on the floor of the open wagon. The design features of the concept are given. The strength of the supporting structure of the open wagon was calculated when transporting tracked equipment mounted on a removable module. It was found that the maximum stresses in its structure are 18.5% less than the permissible ones.

The conducted research will contribute to the creation of developments in adapting open wagons to the transportation of tracked equipment by rail, and accordingly, to increasing the efficiency of rail transportation in general.

Зміст

Вступ	8
1 Конструкційні особливості напіввагонів та аналіз перспектив їх удосконалення	10
1.1 Конструкційні особливості кузовів напіввагонів	10
1.2 Особливості застосування вагонів для перевезень гусеничної техніки	30
1.3 Аналіз наукових публікацій щодо адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки	33
1.4 Патентний аналіз питань щодо впровадження технічних рішень удосконалень несучих конструкцій напіввагонів	36
Висновки до розділу 1	46
2 Дослідження навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки	47
2.1 Моделювання навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки	47
2.2 Розрахунок на міцність несучої конструкції кузова напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки	56
Висновки до розділу 2	60
3 Наукове-обґрунтування застосування напіввагонів до перевезень гусеничної техніки	61
3.1 Особливості проектування концепту знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагоні	61
3.2 Розрахунок на міцність концепту знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагоні	64

					МКР. 00200. 05. 00 ПЗ			
Зм.	Аркуш			Дата	Ситуаційна адаптація напіввагонів до перевезень гусеничної техніки	Літер	Аркуш	Аркушів
Розробив	Єрмаков			15.06			6	93
Перевірив	Ловська			15.06				
Т. контр.						УкрДУЗТ		
Н. контр.	Рибін							
Затвердив	Равлюк							

3.3 Математичне моделювання вертикальної навантаженості напіввагона, завантаженого гусеничною технікою	69
3.4 Дослідження міцності несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки	71
Висновки до розділу 3	76
4 Розрахунок економічної ефективності від використання знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагоні	78
4.1 Коротка характеристика запропонованого заходу	78
4.2 Методика визначення економічного ефекту	78
Висновки до розділу 4	86
Загальні висновки по роботі	87
Список використаних джерел	89

Вступ

Перспективи техніко-економічного розвитку європейських країн, а також зміцнення їх національної безпеки та оборони зумовлюють підвищення ефективності експлуатації залізничного рухомого складу, як провідної галузі транспортної системи. Тому необхідним є впровадження в експлуатацію високоефективного інтероперабельного рухомого складу. Для забезпечення сталого розвитку економіки європейських країн потребують розв'язання питання створення спеціалізованого рухомого складу для перевезень гусеничної техніки (сільськогосподарської, військової тощо).

Поповнення вагонного парку в багатьох європейських країнах за останні роки є незначним. У зв'язку з цим виникає необхідність впровадження ефективних конструктивних рішень залізничного рухомого складу для здійснення перевезень вантажів. Одним з найбільш актуальних варіантів серед таких є ситуаційна адаптації існуючого парку вагонів до відповідних умов експлуатації. Відомо, що найбільш затребуваним типом рухомого складу в експлуатації є універсальні напіввагони. В них перевозиться дуже широкий асортимент вантажів.

Одним із найбільш важливим та стратегічних вантажів, які перевозяться залізницею, є гусенична техніка. Зазвичай для її перевезення застосовуються вагони-платформи. Разом з цим, нестача вагонів-платформ в експлуатації під перевезення гусеничної техніки може викликати її простій в очікуванні транспортування. Одним із варіантів вирішення цього питання є адаптація інших типів вагонів під перевезення гусеничної техніки. Тому питання ситуаційної адаптації вантажних вагонів під перевезення гусеничної техніки є актуальним.

В рамках магістерської кваліфікаційної роботи поставлено мету – обґрунтування застосування напіввагонів для перевезень гусеничної техніки залізницею.

Для досягнення поставленої мети визначені такі задачі:

1. Провести аналіз конструкційних особливостей напіввагонів;

2. Дослідити навантаженість несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки;

3. Провести наукове-обґрунтування застосування напіввагонів до перевезень гусеничної техніки;

4. Провести техніко-економічне обґрунтування від впровадження знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагонах.

Об'єкт дослідження – процес навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки.

Предмет дослідження – несуча конструкція напіввагона.

Методи дослідження. При визначенні міцності несучої конструкції напіввагона використано метод скінчених елементів, який реалізовано у програмному комплексі SolidWorks Simulation; при визначенні прискорень, які діють на напіввагон в експлуатації застосовано метод Ла-Гранжа II роду; при визначення силових факторів в конструкції знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагонів, застосовано метод сил.

Наукова новизна: отримано закономірності навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки. зі складовими типу сендвіч при перевезенні залізничним транспортом.

Практичне значення отриманих результатів. Проведені дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки залізницею, а відповідно і підвищенню ефективності залізничних перевезень в цілому.

1 Конструкційні особливості напіввагонів та аналіз перспектив їх удосконалення

1.1 Конструкційні особливості кузовів напіввагонів

Напіввагони призначені для перевезення сипких, навалочних та штучних вантажів, що не потребують укриття та захисту від атмосферних опадів [1, 2]. Це забезпечує зручність виконання вантажно-розвантажувальних робіт за допомогою ефективних засобів механізації (мостових кранів, вагоноперекидачів та ін.). Крім того, багато кузовів напіввагонів мають розвантажувальні люки в підлозі або бокових стінах, що забезпечують вивантаження насипних вантажів самотечею.

На прикладі вагона підвищеної до 125 т вантажопідйомності розглянемо конструкцію кузова універсального восьмивісного напіввагона моделі 12-124. Він обладнаний розвантажувальними люками в підлозі. По кінцях кузов обладнаний дверима, що відчиняються всередину вагони.

Рама кузова має хребтову балку, що складається з двох зварених між собою поздовжнім швом Z-подібних профілів, перекритих в місці з'єднання двотавром. На двотаврах закріплені кронштейни петель, для шарнірного навішування кришок розвантажувальних люків.

В консольній частині хребтової балки встановлені передні та задні упори автозчепу. Передній упор відлитий за одне ціле з ударною розеткою. Шворневі балки замкненого коробчатого перетину, знизу мають п'ятники та ковзуни. Зверху до балок рами приварені пороги, що обмежують відкриття дверей назовню кузова.

На торцевих поверхнях кінцевої балки закріплені важіль розчіпного приводу автозчепу та поручень складача. Поперечні балки рами – двотаврового перетину, їх верхні полки мають гофри. Подібні виступаючі частини мають шворневі балки. Кришки люків – гофровані, вони мають спеціальні запори. Кришки також обладнані торсійними пристроями, що полегшують піднімання при закритті. Для забезпечення

щільного притискання за допомогою важеля кришок на нижній обв'язці маються скоби.

Бокові стіни кузова мають металеву обшивку з коритоподібними виштамповками, підкріплену каркасом, що складається з верхньої та нижньої обв'язок, а також кутових, шворневих та проміжних стійок.

Шворневі та проміжні стійки замкнутого Ω -подібного профілю. Кутові стійки (замкнутого поперечного профілю) зварені з двох Z-подібних елементів, закріплених до верхньої обв'язки накладками. Верхня обв'язка між стійками посилена накладками. Обшивка закріплена до каркасу точечною зваркою.

Двері шарнірно з'єднані з кутовими стійками кузова за допомогою петель. Кожна стулка двері складається з металевої гофрованої обшивки, підсиленої каркасом, що складається з верхньої та нижньої обв'язок, а також вертикальних елементів замкнутого поперечного перетину, зварених із Ω - та Z- подібних профілів. В замкнутому положенні дверь утримується запорами – нижнім та верхнім, що складається з клина та спрямовуючої з упорами для клина. В відчиненому положенні двері розміщуються вздовж бокових стін та утримуються спеціальними обертальними скобами, що встановлюються в отвори на верхніх обв'язках кузова. По кінцях кузов обладнаний зовнішніми та внутрішніми дробинами, підніжками та поручнями.

Кузова універсальних чотиривісних напіввагонів мають аналогічну конструкцію окремих елементів та побудовані в різних варіантах.

Кузова універсальних чотиривісних напіввагонів моделей 12-119 та 12-753 – суцільнометалеві, виготовлені з типових профілів та відрізняються деякими конструктивними властивостями. Так, напіввагон моделі 12-753 обладнаний торцевими дверима, а моделі 12-119 мають глухі торцеві стіни.

Кузов універсального чотиривісного напіввагона моделі 12-119 виконаний з глухими торцевими стінами, має велику міцність, так як в ньому міцно зв'язані між собою бокові стіни. Крім того, це дозволило збільшити внутрішню корисну довжину без зміни поздовжніх розмірів рами та збільшити об'єм кузова на 2 м³.

Кінцеві балки коробчатого перетину, кутові стійки виконані у вигляді пластин із листового прокату товщиною 8 мм. Вузли заділок стійок в раму посилені планками 160×100×12 мм.

Кузов напіввагона моделі 12-757 вантажопідйомністю 75 т має посилену конструкцію. Хребтова балка рами кузова виготовлена з двох посилених зетів № 31(У) та двотавра висотою 190 мм, зварених між собою.

Підвищення технічного рівня вагонного парку залізниць СНД отримується за рахунок підвищення долі спеціалізованих напіввагонів, а також з кузовами типа хопер.

Спеціалізований чотиривісний напіввагон з глухим кузовом моделі 12-1505 розроблений на базі універсального напіввагона, в якому розвантажувальні люки замінені суцільним настилом, торцеві двері заварені наглухо. Для стікання води та зачищення кузова при підготовці вагона під навантаження в підлозі передбачені два люки. Рама кузова відрізняється від рами універсального напіввагона тим, що в ній для підтримки настилу підлоги між хребтовою балкою та нижніми обв'язками бокових стін встановлені по додатковій поздовжній балці з двотавра № 19.

Відмінністю напіввагона моделі 12-1580 є те, що рама не має двотавра хребтової балки. Це дозволило збільшити внутрішню висоту і об'єм кузова до 83 м³, а вантажопідйомність – до 71 т.

Кузов спеціалізованого чотиривісного напіввагона з глухим кузовом вантажопідйомністю 71 т моделі 12-1592 – суцільнометалевий зварної конструкції. Його рама включає в себе хребтову балку з двох типових зетів № 31, дві шворневі балки коробчатого перетину, дві кінцеві, чотири поперечні проміжні балки двотаврового типа та дві проміжні підтримуючі балки.

Кузов спеціалізованого чотиривісного напіввагона моделі 12-4004 призначений для перевезення технологічної щепи та короткомірної деревини (довжиною до 2 м) від місць виробництва до підприємств целюлозно-паперової промисловості. Рама кузова включає до себе хребтову балку, зварену з двох типових зетів № 31, двотавра № 19 та горбиля, шворневі балки коробчатого перетину з листів товщиною 10 мм та 12 мм (нижній), середні проміжні поперечні балки,

складені з вертикального (7 мм), верхнього (8 мм) та нижнього (10 мм) листів. Кінцеві балки – коробчатого перетину, виконані з двох швелерів № 27.

В дійсний час провідними вагонобудівними заводами України випускаються напіввагони нового покоління з підвищеними техніко-економічними показниками. Розглянемо конструкційні особливості останніх моделей напіввагонів, розроблених заводом.

Універсальний напіввагон моделі 12-7039 (рисунок 1.1) виготовлений зі сталі підвищеної міцності та має осьове навантаження 25 т/вісь. Призначений для перевезення штучних, сипких у тому числі дрібних та пакетованих вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів по залізницях України, країн СНД та Балтії з шириною колії 1520 мм з можливістю розвантаження через розвантажувальні люки, що розміщені в підлозі вагона, а також на вагоноперекидачі. Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.1.



Рисунок 1.1 – Універсальний напіввагон моделі 12-7039

Напіввагон моделі 12-7023 (рисунок 1.2) та його модифікації є універсальним чотиривісним зі звареним кузовом, збільшеного об'єму та виготовлений з низьколегованої сталі 09Г2С. Призначений для перевезення сипких, штучних, пакетованих вантажів. Відкритий зверху кузов має чотирнадцять

розвантажувальних люків, кришки яких утворюють підлогу. Розвантаження вагона здійснюється через розвантажувальні люки або на вагоноперекидачі. Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-7039

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	75,5
Маса вагону, т	24,5
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	245,25 (25,0)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13920
База, мм	8650
Внутрішні розміри кузова - довжина, мм - ширина, мм - висота, мм	12790 2990 2362
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Ширина колії, мм	1520
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	32



Рисунок 1.2 – Універсальний напіввагон моделі 12-7023

Таблиця 1.2 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-7023

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	70,3
Маса вагону, т	23,7
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	230,5 (23,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13920
База, мм	8650
Внутрішні розміри кузова - довжина, мм - ширина, мм - висота, мм	12790 2990 2362
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Ширина колії, мм	1520
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Універсальний чотиривісний напіввагон моделі 12-783 (рисунок 1.3) суцільнометалевий, зі звареним кузовом, призначений для перевезення насипних, пакетованих, штучних вантажів. Підлога вагона утворена чотирнадцятьма кришками люків. Вагон обладнаний автоматичним пневматичним , ручним та стоянковим гальмами, та поглинальним апаратом класу Т1.



Рисунок 1.3 – Універсальний напіввагон моделі 12-783

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-783

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	70,0
Маса вагону, т	24,0
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	230,5 (23,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13920
База, мм	8650
Внутрішні розміри кузова	
- довжина, мм	12790
- ширина, мм	2990
- висота, мм	2045
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Ширина колії, мм	1520
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Чотиривісний, суцільнометалевий напіввагон моделі EAOS зі звареним кузовом та “глухою” підлогою (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Універсальний напіввагон моделі EAOS

Напіввагон призначений для перевезення насипних, пакетованих та штучних вантажів. Ходова частина вагона представлена візками типу Y25. Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі ЕАОС

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	58,0
Маса вагону, т	20,8
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	200,5 (20,0)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	14400
База, мм	9000
Внутрішні розміри кузова	
- довжина, мм	12792
- ширина, мм	2792
- висота, мм	1999
Габарит	UIC 505
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Спеціалізований напіввагон із знімним дахом і розвантажувальними бункерами (рисунок 1.5) призначений для перевезення по залізницях України, країн СНД і Балтії з колій 1520 мм в одному напрямку глинозему насипом, з навантаженням через верхні люки і розвантаженням в Міжрейковий простір через нижні люки на спеціальних розвантажувальних пристроях, а в іншому напрямку – алюмінієвих заготовок і інших штучно-тарних вантажів, що вимагають захисту від атмосферних опадів.



Рисунок 1.5 – Напіввагон моделі 12-9765

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-9765

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	65,0
Маса вагону, т	29,0
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	230,5(23,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	17040
База, мм	12800
Внутрішні розміри кузова	
- довжина, мм	12400
- ширина, мм	2872
- висота, мм	1965
Габарит	1-Т
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Ширина колії, мм	1520
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Універсальний чотиривісний, суцільнометалевий вагон моделі 12-757 ЭИ-2 зі зварним кузовом збільшеного об'єму, виготовлений з низьколегованої сталі 09Г2С або 09Г2Д. Призначений для перевезення сипучих, штучних, пакетованих вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Напіввагон моделі 12-757 ЭИ-2

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-757 ЭИ-2

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	67,5
Маса вагону, т	22,5
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	220,5 (22,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13720
База, мм	8700
Внутрішні розміри кузова	
- довжина, мм	12490
- ширина, мм	2660
- висота, мм	2050
Габарит	IRR
-кузова	(RAI)
-візка	02-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Чотиривісний, суцільнометалевий вагон зі зварним кузовом і напівциліндричним дном моделі 12-791 (рисунок 1.7) призначений для перевезення

сипучих і дрібнокускових вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів. Кузов вагона без розвантажувальних люків з округленими поверхнями в місцях з'єднання рами з бічними і торцевими стінками забезпечує розвантаження вагону з мінімально можливими залишками вантажу з використанням вагоноперекидача.



Рисунок 1.7 – Напіввагон моделі 12-791

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-791

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	71,0
Маса вагону, т	22,9
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	231,5 (23,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13920
База, мм	8650
Внутрішні розміри кузова	
- довжина, мм	12460
- ширина, мм	3070
- висота, мм	2235
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Універсальний чотиривісний, суцільнометалевий вагон зі зварним кузовом збільшеного об'єму моделі 12-7019, виготовлений з низьколегованої сталі 09Г2С або 09Г2Д. Вагон призначений для перевезення сипучих, пакетованих і штучних вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів (рисунок 1.8). Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.8.



Рисунок 1.8 – Напіввагон моделі 12-7019

Таблиця 1.8 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-7019

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	72,0
Маса вагону, т	22,0
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	230,5 (23,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13920
База, мм	8650
Внутрішні розміри кузова	
- довжина, мм	12690
- ширина, мм	2950
- висота, мм	2050
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Чотирирівний, суцільнометалевий вагон зі зварним кузовом, глухою підлогою і двома люками в бічних стінках моделі 12-764 призначений для перевезення сипучих, пакетованих і штучних вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Напіввагон моделі 12-764

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-764

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	70,0
Маса вагону, т	23,5
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	229,3 (23,38)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13720
База, мм	8700
Внутрішні розміри кузова	
- довжина, мм	12490
- ширина, мм	2660
- висота, мм	2050
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Чотирирівний, суцільнометалевий вагон моделі 12-1704-03 призначений для перевезення сипучих, пакетованих і штучних вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів (рисунок 1.10). Вагон має зварний кузов, підлогу якого утворюють кришки люків.



Рисунок 1.10 – Напіввагон моделі 12-1704-03

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-1704-03

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	70,5
Маса вагону, т	23,0±0,5
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	229,3 (23,38)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13720
База, мм	8650
Внутрішні розміри кузова	
- довжина, мм	12490
- ширина, мм	2660
- висота, мм	2050
Габарит	0-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060±20
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Термін служби, років	22

Відома конструкція кузова універсального чотиривісного напіввагона з люками та глухими торцевими стінками, моделі 12-9911, побудови ДП “Укрспецвагон” (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Напіввагон моделі 12-9911

Вагон призначений для перевезення насипних, шматкових, штучних та інших типів вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів. Напіввагон має вантажопідйомність 70 т та об’єм кузова 78 м³.

Напіввагон моделі 12-9046 призначений для перевезення насипних непиловидних, навалювальних (кам’яного вугілля, руди та ін.), штабельних і штучних вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів (рисунки 1.12, 1.13). Виробник вагона – ПАТ “Стаханівський вагонобудівний завод”. Вивантаження насипних вантажів здійснюється через розвантажувальні люки в підлозі напіввагона.

Напіввагон має суцільнометалевий зварний несучий кузов, що включає бічні і торцеві стіни, раму, підлогу з 14 розвантажувальними люками, а також автозчіпий пристрій СА-3, ходову частину, що складається з двовісних візків, модель 18-100 для колії 1520 мм або 1435 мм (за вимогою замовника), внутрішні і зовнішні поручні-сходинок, автоматичне і стоянкове гальм. Всі основні несучі та

відповідальні елементи конструкції вагона виготовлені з низьколегової сталі 09Г2С.



Рисунок 1.12 – Напввагон моделі 12-9046

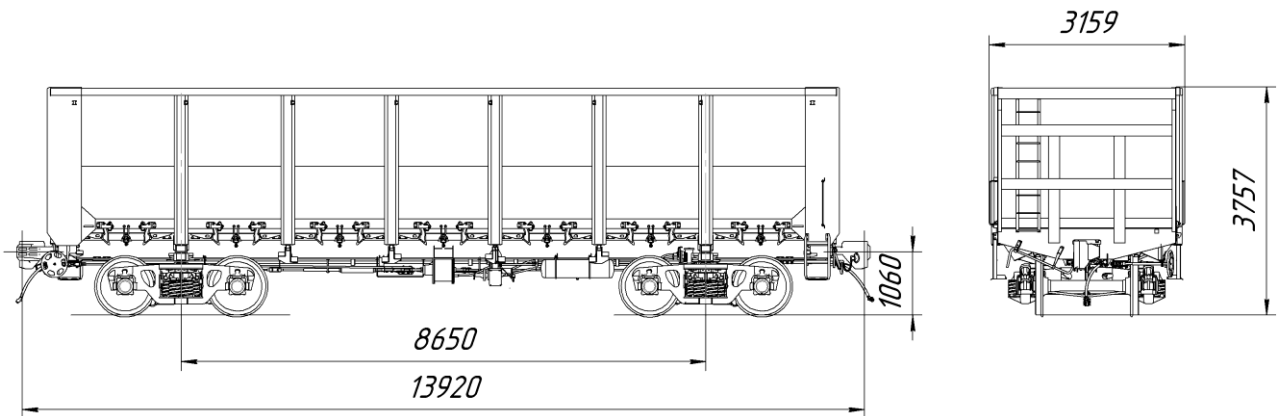


Рисунок 1.13 – Напввагон моделі 12-9046

Відкритий зверху кузов дозволяє максимально механізувати завантаження. Вивантаження насипних вантажів здійснюється через розвантажувальні люки в підлозі напіввагона на обидві сторони.

Конструктивні відмінності напіввагона моделі 12-9046 від загальноприйнятих конструкторських рішень для аналогічних систем:

- збільшено об'єм кузова на 9 м^3 (11,8%);
- збільшено питомий об'єм на $0,14 \text{ м}^3/\text{т}$ (13%);

- посилені торцеві стіни.

Зазначені зміни в конструкції вагона дозволяють більш ефективно використовувати його для перевезення вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів, підвищити міцність торцевої стіни як найбільш слабкої вузла вагона.

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-9046

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	70,0
Маса вагону, т	24,0
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	230,5 (23,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13920
База, мм	8650
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060
Конструкційна швидкість, км/год.	120

Напіввагон моделі 12-955 має глухий кузов (рисунки 1.14, 1.15). Виробник вагона – ПАТ “Стаханівський вагонобудівний завод”. Вивантаження напіввагона проводиться на вагоноперекидачі. Додання ухилу і наявність відбортки в настилі підлоги покращує текучість вантажу при розвантаженні.

Конструктивні відмінності напіввагона моделі 12-955 від загальноприйнятих конструкторських рішень для аналогічних систем:

- обшивка бічних і торцевих стін виконана з гладкого листа замість гнутого профілю;

- за рахунок збільшення об’єму кузова до 88 м³ і зниження маси тари до 23 т збільшена вантажопідйомність напіввагона до 71 т;

- бічні стіни, виконані з нахилом 1,5°, а також настил підлоги, відігнутий уздовж бічних стін під кутом 45°, покращують висипання вантажу при розвантаженні;

- на торцевій стіні встановлені три пояси і чотири посилення П-подібного перетину, що забезпечують достатню жорсткість для сприйняття навантажень від зіткнень.

Зазначені зміни в конструкції вагона дозволяють більш ефективно використовувати його для перевезення вантажів, які не потребують захисту від атмосферних опадів, підвищити міцність торцевої стіни як найбільш слабкого вузла вагона.



Рисунок 1.14 – Напіввагон моделі 12-955

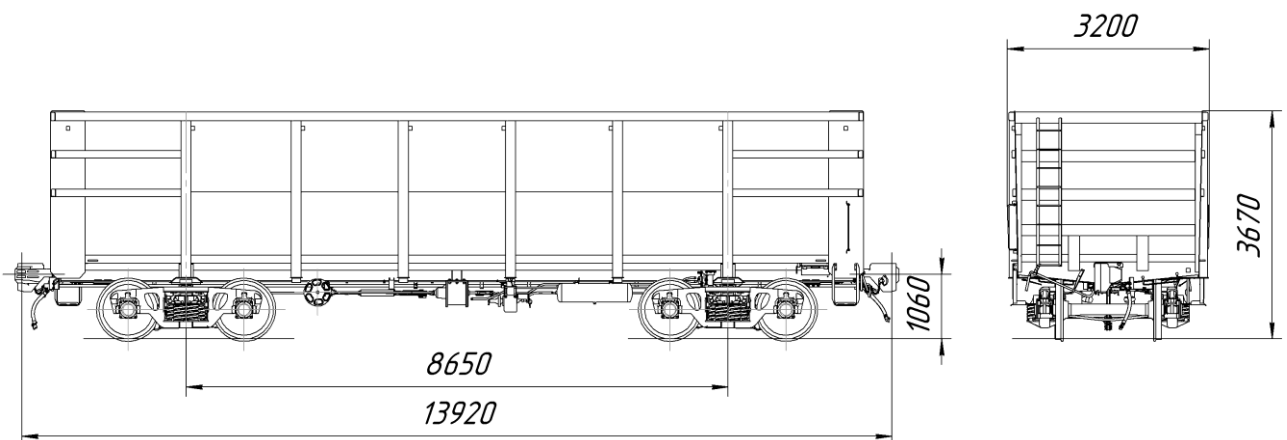


Рисунок 1.15 – Напіввагон моделі 12-955

Застосовані профілі змінного ведення для стійок бічної стіни дозволяють без збільшення маси тари збільшити міцність стійки в заділці.

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.12.

Таблиця 1.12 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-955

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	71,0
Маса вагону, т	23,0
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	230,5 (23,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13920
База, мм	8650
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060
Конструкційна швидкість, км/год.	120

Напіввагон моделі 12-963 виконаний в кліматичному виконанні УХЛ категорії розміщення 1 по ГОСТ 15150-69 із забезпеченням експлуатаційної надійності при температурі повітря від мінус 60⁰С до плюс 50⁰С (рисунки 1.16, 1.17). Виробник вагона – ПАТ “Стаханівський вагонобудівний завод”.



Рисунок 1.16 – Напіввагон моделі 12-963

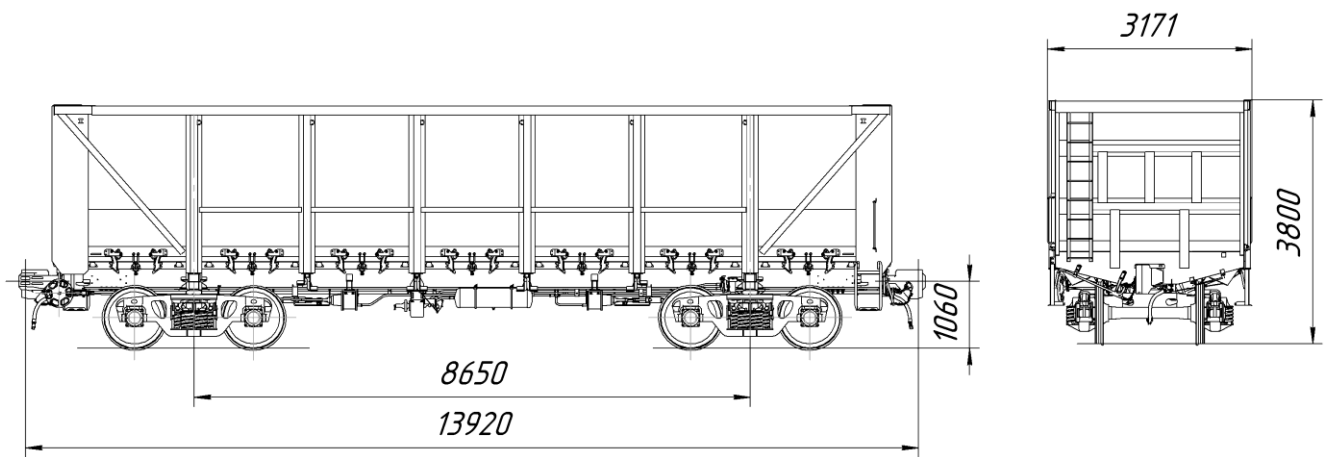


Рисунок 1.17 – Напіввагон моделі 12-963

Конструктивні відмінності напіввагона моделі 12-963 від загальноприйнятих конструкторських рішень аналогічних напіввагонів:

- обшива бічних і торцевих стін виконані з гладкого листа замість гнутого профілю;

- на торцевій стіні встановлені два пояси і п'ять підсилень П-подібного перетину, що забезпечують її достатню жорсткість для сприйняття навантажень при зіткненнях;

- несучі металоконструкції рами, кузова, деталі важільної передачі гальма, обшива кузова, кришки люків виготовляються з низьколегованої сталі марок 10ХСНД, 12Г2Б, 15Г2АФД, 14Г2АФ, 15Г2СФ по ГОСТ 19281-89, категорії 14, класу міцності не нижче 390;

- хребтова балка обладнана приварними вузлами;

- вагон обладнаний напівжорсткими автозчепами СА-3 і поглинальними апаратами з номінальною енергоємністю не менше 70 кДж;

- на тягові поверхні великого і малого зубів корпусу автозчепу, а також на замикаючу поверхню замку автозчепу механізму нанесена зносостійка наплавка з твердістю наплавленого шару 400 ... 500 НВ;

- напіввагон обладнаний автоматичним (пневматичним) гальмом з роздільним гальмуванням візків;

- ходова частина напіввагона включає два двовісних візки моделі 18-7020 з поліпшеними динамічними характеристиками;

- колісні пари обладнані буксовими вузлами з касетними підшипниками і формуються колесами з дрібонаклепанним диском з твердістю обода більш 360 НВ, профіль катання колеса ІТМ №73, ресорний комплект візка зі збільшеним прогином.

Основні технічні характеристики вагона наведені в таблиці 1.13.

Таблиця 1.13 – Основні технічні характеристики напіввагона моделі 12-963

Назва параметру	Значення
Вантажопідйомність, т	71,0
Маса вагону, т	23,0
Розрахункове навантаження від колісного. пари на рейку, кН(тс)	230,5 (23,5)
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, мм	13920
База, мм	8650
Габарит	1-ВМ
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок, мм	1060
Конструкційна швидкість, км/год.	120
Призначений строк служби до списання, років	32

Зазначені зміни в конструкції вагона дозволяють більш ефективно використовувати його для перевезення вантажів.

1.2 Особливості застосування вагонів для перевезень гусеничної техніки

Відомо, що одним з найбільш поширених типів вагонів, які використовуються для перевезення військової техніки є вагони-платформи (рисунок 1.18).



Рисунок 1.18 – Вагони-платформи, завантажені військовою технікою

Завантаження військової техніки на вагон-платформу здійснюється самокатом через похилу рампу (рисунок 1.19).



Рисунок 1.19 – Завантаження військової техніки на вагон-платформу

Закріплення на вагонах-платформах гусеничної техніки здійснюється такими способами:

- універсальними багатообертовими кріпленнями (перший спосіб);
- металевими шпорами (другий спосіб);
- дерев'яними упорними брусами та дрововими (табельними) розтяжками (третій спосіб);
- металевими упорними башмаками та дерев'яними вкладишами (четвертий спосіб);

- дерев'яними упорними брусками та вкладишами (п'ятий спосіб);
- струбцинами-розтяжками та струбцинами (шостий спосіб).

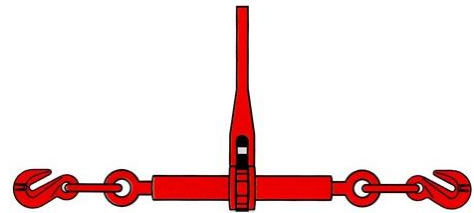
Всі способи (окрім п'ятого) використовують при перевезенні техніки в складі військових ешелонів, а також транспортування з караулами.

Багатообертові засоби закріплення наведені на рисунку 1.20. Схема закріплення військових танків на вагонах-платформах наведена на рисунку 1.21.

а)



б)



в)



г)



Рисунок 1.20 – Багатообертові засоби закріплення

а) ланцюгова стяжка; б) металева розтяжка; в) дротяна розтяжка; г) металевий башмак

Всі засоби закріплення є знімними та можуть здійснювати закріплення військової техніки різного габариту на несучій конструкції вагона-платформи.

Стосовно гальмівних башмаків – вони можуть виконуватися металевими або дерев'яними. Також є можливість використання дерев'яних брусків або вкладишів. Існують гальмівні башмаки, які можуть виконуватися поворотними або відкидними.



Рисунок 1.21 – Закріплення танків на вагонах-платформах

Для забезпечення цивільної оборони країни важливим є створення спеціалізованого парку вагонів для перевезення військової техніки.

Нестача вагонів-платформ в експлуатації під перевезення гусеничної техніки викликає необхідність адаптації напіввагонів до таких цілей. Тому питання ситуаційної адаптації напіввагонів під перевезення гусеничної техніки є актуальним.

1.3 Аналіз наукових публікацій щодо адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки

Питання ситуаційної адаптації вагонів до перевезень завданої номенклатури вантажів є досить актуальними. Наприклад, у науковій публікації [1] запропоновано модернізацію залізничного вагона, яка сприятиме можливості перевезень контейнерів на ньому. Висвітлено конструкційні особливості запропонованої модернізації, а також результати розрахунку на міцність рами, які підтвердили ефективність її використання. Однак автори даної роботи обмежилися одним типом

вагону – вагоном-платформою і не проводили досліджень щодо можливості адаптації її конструкції до перевезень гусеничної техніки.

Для адаптації напіввагона до перевезень вантажів, які мають висоту, що перевищує висоту кузова, в роботі [2] запропоновано його удосконалення. Дане удосконалення полягає у використанні висувного елемента – штанги з регульованою висотою. Зазначено, що дане удосконалення підвищить безпеку перевезень вантажів залізницею. Разом з цим, авторами не розглядалася можливість закріплення гусеничної техніки за такою схемою.

З метою можливості перевезень контейнерів в напіввагонах в публікації [3] запропоновано використання проміжного адаптера для їх закріплення в кузові. Даний адаптер являє собою зйомну раму, яка може функціонувати як модульна транспортна одиниця. В роботі наведені результати розрахунку на міцність кузова напіввагона за умови перевезень в ньому контейнерів, закріплених за допомогою адаптера. Доведено, що така схема закріплень контейнерів є доцільною. Однак автори не розглядали питання ситуаційної адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки.

В публікації [4] висвітлено особливості випробувань залізничного вагона, адаптованого до перевезень зйомних транспортних засобів. Дослідження проведено на прикладі перевезень вагоном контейнерів. Результати випробувань підтвердили достовірність запропонованого удосконалення. Разом з цим, дослідження можливості перевезень гусеничної техніки на даному вагоні авторами не розглянуто.

Особливості конструкції залізничного вагона, призначеного для перевезень великовагових вантажів висвітлюються у статті [5]. Зазначено гіпотези та припущення прийняті при проєктуванні даного вагона. Наведено результати визначення його напруженого стану при основних режимах експлуатації. Однак не зазначено можливості перевезень гусеничної техніки на даному вагоні, що підвищило б ефективність його використання.

Конструкцію вантажного вагона для перевезень колісної техніки запропоновано авторами роботи [6]. Цікавість конструкції даного вагона полягає у

тому, що є можливість перевантаження автомобілів за системою ACTS. Для цього вагон має спеціальну поворотну раму. Разом з рядом переваг даної конструкції вагона, авторами не оговорено можливості перевезень на ньому гусеничної техніки.

Обґрунтування модернізації залізничних транспортних засобів до перевезень завданої номенклатури вантажів висвітлюється в статті [7]. При цьому авторами розглянуто можливість модернізації не тільки універсальних, а і спеціалізованих вагонів. Наведено результати визначення міцності вагонів з урахуванням запропонованої модернізації. При цьому авторами здійснено не тільки розрахункові, а і експериментальні дослідження. Важливо сказати, що дана модернізація не передбачає можливості перевезень гусеничної техніки на залізничних вагонах, що зумовлює необхідність додаткових наукових пошуків за даним питанням.

Для можливості перевезень великовагових вантажів в напіввагоні в патенті [8] запропоновано спеціальний пристрій. Даний пристрій являє з себе раму, яка встановлюється в кузові напіввагона. До складу пристрою також входить розділова перегородка та опора для вантажу. Описано роботу даного пристрою, а також зазначено переваги його використання у порівнянні з відомими аналогами. Разом з цим, авторами не зазначено можливості закріплення за допомогою даного пристрою гусеничної техніки при залізничних перевезеннях.

Недоліки існуючих схем закріплень великовагових вантажів на залізничному рухомому складі розглянуто в роботі [9]. Для їх ліквідації запропоновано спеціальний пристрій для закріплення таких вантажів. Зазначено переваги його застосування, а також принцип дії. Однак даний пристрій здебільшого можна використовувати для кріплення контейнерів. Стосовно кріплення гусеничної техніки його використання є недоцільним.

Для можливості перевезень великовагових вантажів в роботі [10] авторами розроблено спеціальну конструкцію плоского вагона. Для забезпечення кріплення вантажу вагон оснащений вертикальними стійками. Описано технологію вантажно-розвантажувальних операцій на даному вагоні.

Схожу конструкцію вагона розробила компанія GreenBrier Europe [11]. Такий вагон призначений для перевезень колісної техніки, а також контейнерів. Для

забезпечення нерухомості колісної техніки на вагоні передбачені спеціальні упори. У випадку перевезень контейнерів – в якості кріпильних засобів застосовуються відкидні патрубки.

Безумовно дані конструкції вагонів мають значні переваги в експлуатації у порівнянні з відомими. Разом з цим, розробниками не зазначено можливості перевезень гусеничної техніки на них.

В публікації [12] запропоновано конструкцію вагона-платформи для перевезень військової техніки. При цьому на вагоні-платформі передбачена спеціальна обертова платформа. Вона не тільки дає можливість розміщення на ній військової техніки, а і ведення вогняної дії при русі. Наведено результати визначення напруженого стану даної конструкції вагона при найбільш несприятливих експлуатаційних режимах. Однак впровадження даного вагона в експлуатацію вимагає додаткових капітальних вкладень, що стримує серійність їх виготовлення.

Проаналізовані літературні джерела дозволяють зробити висновок, що дослідження, присвячені ситуаційній адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки є актуальними та потребують розвитку.

1.4 Патентний аналіз питань щодо впровадження технічних рішень удосконалень несучих конструкцій напіввагонів

Для визначення стану питання щодо впровадження технічних рішень удосконалень несучих конструкцій напіввагонів для перевезень гусеничної техніки залізницею, проведено аналіз патентної документації.

Так, в публікації [13] висвітлено конструкційні особливості рами напіввагона, що рама напіввагона, що містить шворневу балку коробчастого перерізу, яка складається з чотирьох вертикальних, двох горизонтальних листів, жорстко з'єднаних між собою двома накладками та пластинами, розташованими між вертикальними листами, та п'ятника, прикріпленого до шворневої балки, згідно з

корисною моделлю, шворнева балка має отвір в вертикальних листах в районі нижньої полицки та вертикальної стінки Z-подібного профілю хребтової балки.

В патенті на корисну модель [14] представлено раму напіввагона, що містить шворневу балку коробчастого перерізу, яка складається з чотирьох вертикальних, двох горизонтальних листів, жорстко з'єднаних між собою двома накладками та пластинами, розташованими між вертикальними листами, та п'ятника, прикріпленого до шворневої балки, вертикальні листи шворневої балки розташовані під кутом відносно вертикалі та звужуються по всій довжині, починаючи від місця зварювання з хребтовою балкою, утворюючи трапецеїдальний переріз.

В патенті [15] висвітлено особливості рами вагона-платформи, яка включає хребтову балку, дві кінцеві балки, установлені поперек хребтової балки на її кінцях, дві бічні балки, що проходять подовжньо по відношенню до хребтової балки і з'єднані з відповідними кінцями кінцевих балок, дві шворневі балки, установлені поперек хребтової балки, з'єднані своїми кінцями з бічними балками і розташовані поблизу зазначених кінцевих балок, і щонайменше дві поперечні балки, установлені поперек хребтової балки, з'єднані своїми кінцями з бічними балками і розташовані між шворневими балками, причому хребтова балка виконана з двох горизонтальних і двох вертикальних листів і має консольні частини і центральну частину, при цьому ширина поперечного перерізу кожної консольної частини менше ширини поперечного перерізу центральної частини, а висота перерізу кожної консольної частини менше висоти перерізу центральної частини за рахунок розташування верхнього горизонтального листа кожної консольної частини нижче за верхній горизонтальний лист центральної частини і розташування нижнього горизонтального листа кожної консольної частини вище за нижній горизонтальний лист центральної частини.

В патенті на корисну модель [16] зазначені особливості рами суцільнометалевого вантажного вагона, що містить хребтову балку, бічні балки, шворневі балки, поперечні кінцеві балки, проміжні балки й нижні бічні балки. Нижні бічні балки розташовані симетрично відносно поздовжньої осі рами, а краї нижніх бічних балок скошені під гострим кутом α до горизонтальної площини рами.

Причому скошені краї нижніх бічних балок примикають верхніми полицями до нижніх полиць бічних рам і жорстко закріплені, наприклад зварюванням. Відстань від краю зварного шва нижньої балки до верхньої осьової лінії осі ближнього ходового колеса виконано в розмірі від 0,5 до 0,75 відстані між вертикальними осями ходових коліс.

В патенті [17] запропоновано раму кузова вантажного вагона, що містить поздовжню хребтову балку, поперечні лобові листи, розташовані в консольній частині рами, шворневі балки, що мають упорні планки з рифленою поверхнею для встановлення домкратів під час піднімання кузова. Рама має додаткові опорні елементи для встановлення домкратів під час піднімання кузова, установлені у кожному лобовому листі рами.

А в роботі [18] запатентована рама кузова напіввагона, що містить хребтову балку із закріпленими на ній поперечними, кінцевими, проміжними, шворневими балками, при цьому кожна з поперечних балок забезпечена упорами для кришок люків при їхньому відкритті, а шворневі балки забезпечені несучими кронштейнами для монтажу на їхню опорну поверхню ковзунів у вигляді регулювальних і зносостійких пластин. Несучі кронштейни виконані з утворенням виступаючих за вертикальні стінки шворневої балки консольних кінців, що служать як упори для кришок люків при їхньому відкритті.

По пропонованій корисній моделі [19] рама універсального напіввагона включає хребтову балку, шворневі балки, проміж-люкові поперечні балки та встановлений на хребтовій балці повздовжній двотавровий профіль, несучий на собі з обох боків ряди спарених петель-державок, призначених для шарнірного з'єднання кришок люків з рамою кузова, кожна спарена петля-державка обох рядів виконана у вигляді двох реброво-подібних щік, сполучених між собою діафрагмою, поверхні якої розташовані похило. При цьому закріплення реброво-подібних щік, сумісно з похилою діафрагмою, до стінки повздовжнього двотаврового профілю виконано зварювальним, діафрагма виконана Г-подібною і приварена до стінки повздовжнього двотаврового профілю, щонайменше, у верхній частині.

Вдосконалена конструкція рами і спарених петель-державок дозволяє застосовувати для зміни уніфіковані для всіх типів напіввагона кришки люків кузова.

В патенті [20] наведено конструкцію рами вантажного вагона, що містить з'єднані між собою діафрагмами два двутавра, що утворюють хребтову балку, бічні балки, шворневі балки, кінцеві і проміжні балки, двутаври виконані на кінцевих частинах хребтової балки з висотою меншої висоти двутаврів в її середній частині, при цьому висота двутаврів в кінцевих частинах хребтової балки не перевищує 0,545 висоти двутаврів в її середній частині.

Сутність винаходу [21] полягає в тому, що в рамі вагона, що містить хребтову балку, яка проходить по всій довжині, з пов'язаними з нею кінцевими і проміжними балками, поздовжні бічні балки, шворневі вузли і бічні ковзуни для обпирання на ковзуни візків, шворневі вузли рами забезпечені несучими підкладковими листами, кожен з яких розташований між п'ятники і нижніми полками хребтової балки, причому довга сторона кожного листа орієнтована уздовж хребтової балки, а кути виконані з скосами, що не доходять до внутрішніх крайок нижніх полиць хребтової балки, при цьому проміжні балки в зоні шворневих вузлів винесені за межі п'ятників, а ковзуни розташовані на бічних балках. 2116920

Також викликає цікавість конструкція рами вагона-цистерни, що містить хребтову і бічні балки, з'єднані між собою кінцевими, шворневими і проміжними поперечними балками, бічні ковзники, п'ятники, опори котла, жорстко закріплені на шворневих балках, і лапи, жорстко закріплені на хребтовій балці зверху, при цьому рама забезпечена чотирма розкосами, розташованими попарно між шворневими балками і симетрично щодо поперечної осі рами, розкоси кожної пари закріплені одним кінцем на бічних балках, іншим на хребтовій балці під кутом φ один до одного спрямованим вершиною до центру тяжіння рами [22].

В патенті [23] висвітлено особливості конструкції напіввагона з алюмінієвих сплавів. При цьому рама напіввагона виконана з алюмінієвого сплаву марки 1915T1, являє собою конструкцію, в якій елементи з'єднані зварюванням і/або високоміцними болтами, що складається з двох поздовжніх балок, з'єднаних між собою торцевими балками. Між торцевими і шворневими балками встановлені

консольні балки, в які встановлюються автозчепні пристрої. Підкоси з'єднані за допомогою фітингів високоміцними болтами зі шворневої балкою і зварюванням з двома прилеглими проміжними поперечними балками. Підкоси сприймають частину поздовжнього навантаження при ударі в автозчеп.

Для зниження матеріаломісткості напіввагону і маси його тари за рахунок удосконалення конструкції основних елементів модулів рами та кузова при виконанні умов міцності та експлуатаційної надійності в патенті на винахід запропоновано нову конструкцію вагона [24]. Модуля кузова напіввагона включає дві бокові стіни, що мають обшиву і каркас з верхньою обв'язкою і дві торцеві стіни, що мають обшиву і каркас, який складається з верхньої обв'язки, вертикальних бокових стійок, поясів і стійок, хребтова балка рами виконана з двох швелерів, зварених з горизонтальною сталлю накладкою, яка зварена із двотавровою балкою, верхня обв'язка двох бокових і двох торцевих стін виконується з труби квадратного перерізу, пояси каркасів торцевих стін виконані із зварених з накладками швелерів і з'єднуються V-подібно, стійки торцевих стін виконані із зварених з накладками швелерів, а драбини, що розташовані із зовнішньої сторони торцевих стін виконуються із гнутих сталей прутків, які приварюються до обшиви.

Також викликає інтерес конструкція напіввагона, наведена у [25]. Вузол хребтової балки рами напіввагона виконаний із зварного профілю, що відповідає за конфігурацією перерізу двом з'єднаним зетовим профілям, до якого приварений зварний двотавровий профіль; верхнє обв'язування бокових та торцевих стін виконано з гнутого замкнутого профілю прямокутного перерізу, а вертикальні стійки бокових стін, проміжні і бокові стійки та горизонтальні пояси торцевих стін виконані з гнутого швелера. Технічним результатом є збільшення несучої здатності конструкцій рами та кузова і, відповідно, збільшення вантажопідйомності залізничного піввагона універсального при забезпеченні умов його міцності та експлуатаційної надійності, а також зниження матеріалоємності та собівартості виготовлення.

В патенті [26] запропонований залізничний вагон-платформа, в якому основні та консольні частини хребтової балки, основні та консольні частини основних поздовжніх балок, проміжні поздовжні, проміжні поперечні балки, розкоси виконані із труб круглого перерізу з відповідними діаметрами.

В патенті [27] наведено конструкцію напіввагона, особливістю якого є те, що хребтова балка виконана з суцільного профілю, що відповідає за конфігурацією перерізу двом звареним між собою зетовим профілям та привареному до них двотавру, з параболоподібною поздовжньою віссю, вигнутою усередину кузова. Стійки вертикальні виконані із шестигранного порожнистого профілю зі змінними від низу до верху за висотою геометричними характеристиками, тобто з відповідним зменшенням площі поперечного перерізу згаданого профілю. Обв'язування верхнє виконане із замкнутого прямокутного профілю з параболоподібною поздовжньою віссю, вигнутою усередину кузова. Пояси горизонтальні виконані із шестигранного порожнистого профілю з параболоподібною поздовжньою віссю, вигнутою усередину кузова. Стійки проміжні виконані із шестигранного порожнистого профілю.

Головним недоліком запропонованих конструкцій рам вантажних вагонів є недостатня втомні міцність при дії циклічних експлуатаційних навантажень, що спричиняє появу тріщин в них та необхідність здійснення позапланових видів ремонтів вагонів, а відповідно і вимагає додаткових коштів на їх утримання в експлуатації.

Для зменшення навантаженості несучих конструкцій вагонів в експлуатації відомий ряд запатентованих мультифункціональних конструкцій вагонів.

Наприклад, у патенті [28] запропоновано конструкцію напіввагона з глухим кузовом, який містить раму, бокові та торцеві стіни, які виконані із зчленованих несучих оболонок, що по конфігурації повторюють осі несучих елементів типової конструкції, та з'єднані за допомогою зварювання, у тому числі електрозаклепками, з нанесеним на частини несучих оболонок, які стикаються, антикорозійним матеріалом з демпфуючими властивостями.

Конструкцію напіввагона глухонного, який містить візки, автозчепні пристрої, гальмівне обладнання, кузов, раму з хребтовою, кінцевими, шворневими, проміжними балками розглянуто у [29]. Особливістю конструкції є те, що середня частина хребтової балки, кінцеві, проміжні, балки, стійки вертикальних бокових стін та пояси горизонтальних торцевих стін виконано у вигляді листових ресор.

В патенті [30] висвітлено конструкцію залізничного напіввагона, особливістю якого є те, що балка хребтова складається з однієї круглої труби, а стіни, бокові та торцеві складаються з зчленованих оболонок. При цьому верхнє та нижнє обв'язування стін бокових та торцевих, а також стійки вертикальні заповнені енергопоглинальним матеріалом (в т. ч. піноалюмінієм), тобто стіни бокові та торцеві мають конструкцію типу "сендвіч".

Також являє інтерес конструкція довгобазного вагона-платформи, висвітлена у [31]. При цьому основні несучі елементи рами (боковини) виконані у вигляді П-подібних профілів в яких розміщуються пружні елементи, що перекриті зверху горизонтальними листами на яких встановлюються фітингові упори для кріплення контейнерів, а для обмеження переміщень горизонтальних листів у вертикальній площині на П-подібних профілях передбачені кронштейни.

Подібне рішення запропоновано і в патенті [32]. Особливістю несучої конструкції запатентованого вагона-хопера є те, що хребтова балка виконана у вигляді П-подібного профілю в якому розміщуються пружні елементи, що перекриті зверху горизонтальним листом, а для обмеження переміщень горизонтального листа у вертикальній площині на П-подібному профілі передбачені кронштейни.

В патенті [33] запропоновано конструкцію напіввагона глухонного в якому модуль автозчепного пристрою не містить упряжних пристроїв, а їх функції по поглинанню енергії, яка виникає від дії експлуатаційних навантажень, виконують балка хребтова із двох круглих труб та верхні і нижні обв'язування стін бокових із круглих труб, які заповнені еластомірним матеріалом з демпфуючими та антикорозійними властивостями, кінцеві, проміжні балки модуля рами, вертикальні стійки стін бокових, верхні та нижні обв'язування, бокові та проміжні стійки стін торцевих виконані із круглих труб, які заповнені антикорозійним матеріалом.

Несуча конструкція вагона-хопера відкритого типу висвітлена у патенті [34]. Особливістю вагона є те, що з автозчепних пристроїв виключені упряжні пристрої, а функції по поглинанню енергії, яка виникає від дії експлуатаційних навантажень, перекладені на балку хребтову зміненої конструкції, а саме, яка включає проміжний адаптер, що складається з упорної частини на якій розміщується опорна плита типової конструкції, при цьому упорна частина адаптера через шток з'єднується з поршнем у якому мається два дросельних клапани – впускний та випускний, в'язкий демпфуючий та антикорозійний матеріал розміщується по ліву та праву сторони від поршня, а для створення тиску в'язкого демпфуючого антикорозійного матеріалу при переміщенні поршня під час сприйняття ударного навантаження у хребтовій балці передбачене днище, для обмеження переміщень адаптера при “ривку-розтягненні” передбачений обмежувач, а також верхні та нижні обв'язування стін бокових, які пропонується виконувати із круглих труб та заповнювати в'язким матеріалом з демпфуючими та антикорозійними властивостями, а також виконання кінцевих, шворневих та проміжних балок модуля рами верхніх та нижніх обв'язувань, вертикальних та похилих стійок стін бокових і верхніх та нижніх обв'язувань стін торцевих модуля кузова із круглих труб, які заповнені в'язким матеріалом з демпфуючими та антикорозійними властивостями.

Для зменшення повздовжніх навантажень на несучу конструкцію вагона-платформи з патенті [35] пропонується створення вагона-платформи для перевезення контейнерів у міжнародному сполученні у якого основні повздовжні балки рами виготовлені з двотавра постійної за довжиною висоти, підсиленого накладками, для можливості закріплення несучої конструкції вагона-платформи на залізничному поромі – встановлені вузли для закріплення ланцюгових стяжок на вертикальних листах шворневих балок, а для пом'якшення ударних навантажень від контейнерів при маневровому співударянні, у випадку коли динамічне навантаження перевищує силу тертя між фітингами контейнерів та фітинговими упорами вагона-платформи, запропоновано введення в них пружного або пружно-в'язкого зв'язку.

Особливістю несучої конструкції напіввагона, висвітленої у [36] є те, що середня частина хребтової балки, кінцеві, проміжні, балки, стійки вертикальних бокових стін виконано у вигляді листових ресор.

В патенті [37] висвітлено особливості удосконаленого вагона-хопера для перевезення цементу шляхом наявності шарнірних елементів в його конструкції замість існуючих нерухомих елементів (суцільні балки, зварні з'єднання), а саме наявність шарнірного елемента в середній частині хребтової балки, наявність шарнірних елементів в місцях з'єднання балок кінцевих, шворневих та центральної проміжної балок.

Спосіб підвищення втомної міцності несучої конструкції довгобазного вагона-платформи запропонований в патенті [38]. Для підвищення втомної міцності здійснюється зменшення динамічної навантаженості основних повздовжніх балок за рахунок опору сил сухого тертя між вертикальними частинами горизонтальних листів, під якими розміщують пружні елементи, та стінок П-подібного профілю.

Для зменшення динамічної навантаженості котла вагона-цистерни у патенті [39] котел, виконаний з навитим в напруженому стані на нього високоміцним дротом з наступною гумовою вулканізацією, хребтова та дві шворневі балки рами виконані з круглого порожнистого профілю з навитим в напруженому стані на них високоміцним дротом з наступною гумовою вулканізацією, при цьому вузли обпирання виконані ресорними та введені в середні і консольні кріплення котла на раму.

Викликає інтерес патент на винахід контейнера-цистерни, висвітлений у [40]. Особливістю конструкції є те, що цистерна виконана із листів сталі з навитим в напруженому стані на неї високоміцним дротом з вулканізацією, при цьому кожен вузол обпирання цистерни на торцеву раму виконаний як ресора, а кожен нижній підкіс кріплення цистерни до торцевої рами виконано як демпфуюча конструкція, причому вертикальні стійки торцевої рами, нижні та верхні обв'язування торцевої рами виконані як труби круглого змінного по довжині перерізу з навитим в напруженому стані на них високоміцним дротом з вулканізацією.

Запропоновані рішення сприяють зменшенню динамічної навантаженості несучих конструкцій вагонів в експлуатації, підвищенню ресурсу експлуатації вагонів та зменшенню витрат на їх утримання. Однак технічне обслуговування та ремонт таких конструкцій вагонів викликають складнощі. Крім того, запропоновані рішення не сприяють адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки.

Висновки до розділу 1

1. Проведений аналіз конструкційних особливостей напіввагонів нового покоління. Встановлено, що основним вузлом несучої конструкції, які удосконалюються є їх кузова. При цьому рама у цих вагонів практично ідентична;

2. Розглянуто особливості застосування вагонів для перевезень гусеничної техніки залізницею на прикладі вагонів-платформ, оскільки це найбільш застосовуваний тип вагону для подібних перевезень. Розглянуто основні технічні засоби закріплення гусеничної техніки, а також схему її закріплення на вагоні-платформі.

3. Проведено аналіз наукових публікацій, присвячених питанням перевезень різних типів вантажів у напіввагонах. Встановлено, що при цьому досі не приділялося належної уваги питанням перевезень гусеничної техніки в напіввагонах. Така обставина викликає необхідність проведення відповідних досліджень в зазначеному напрямку.

4. Проведено аналіз патентної документації щодо впровадження технічних рішень удосконалень несучих конструкцій напіввагонів з метою можливості їх залучення до перевезень гусеничної техніки. Встановлено, що значна увага була зосереджена на покращенні міцності несучих конструкцій вагонів шляхом їх удосконалення. Однак при цьому не приділялося уваги питанням адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки.

2. Дослідження навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки

2.1 Моделювання навантаженості несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки

Для перевезень гусеничної техніки залізницею можливим є залучення для цих цілей напіввагонів з торцевими дверима. Таким чином завантаження гусеничної техніки може здійснюватися через відкриті торцеві двері. Разом з цим, для її кріплення в напіввагоні необхідно передбачити спеціальні кріпильні скоби (рими). Для дослідження можливості перевезень гусеничної техніки в напіввагоні проведено відповідні розрахунки. У якості прототипу розглянуто напіввагон моделі 12-753-01. Торцеві стіни даного напіввагона утворені двостувковими дверима.

У якості прикладу враховано, що гусенична транспортна одиниця (ГТО) має масу 22,6 т та ширину – 2,71 м.

Для визначення динамічних навантажень, які будуть діяти на несучу конструкцію напіввагона, завантаженого гусеничною технікою проведено математичне моделювання його динамічної навантаженості у повздовжній площині. До уваги прийнято рух вагона у складі поїзда при розрахунковому режимі “ривок” [41]. Враховано, що на передній упор автозчепу діє повздовжнє навантаження у 2,5 МН. Дослідження проведено в плоскій системі координат – площина XZ. Розрахункову схема напіввагона наведено на рисунок 2.1.

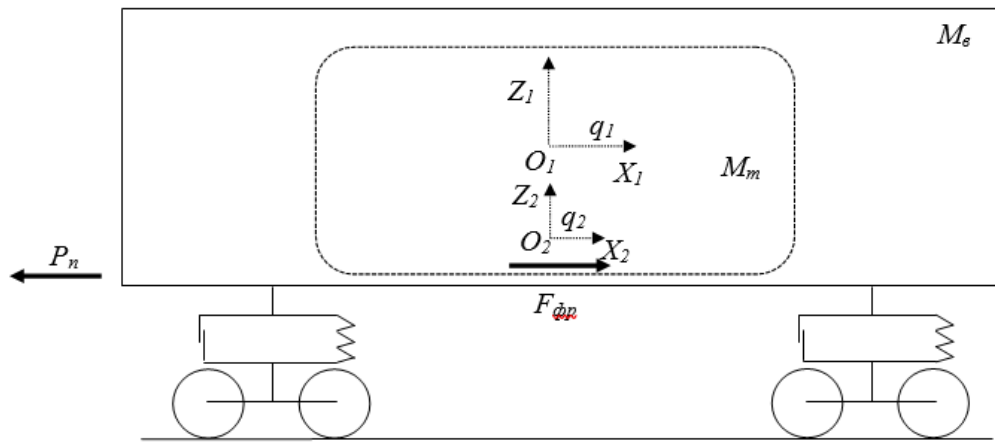


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема напіввагона

Математична модель, яка характеризує переміщення системи в повздовжній площині при “ривку” має вигляд

$$\begin{cases} M_{\epsilon} \cdot \ddot{q}_1 = P_n - (F_{\phi p} \cdot \text{sign}(\dot{q}_1 - \dot{q}_2)), \\ M_m \cdot \ddot{q}_2 = (F_{\phi p} \cdot \text{sign}(\dot{q}_1 - \dot{q}_2)), \end{cases} \quad (3.1)$$

де M_{ϵ} – маса бруто напіввагона; P_n – сила, яка діє на передні упори автозчепу при “ривку”; $F_{\phi p}$ – сила тертя між підлогою напіввагона та гусеницями транспортної одиниці; M_m – маса ГТО.

Розв’язок математичної моделі здійснено в MathCad за методом покрокової ітерації Рунге-Кутта [42, 43]. Початкові умови, переміщення та швидкості, покладені близькими до нуля. На підставі проведених розрахунків отримано, прискорення, яке діє на напіввагон при “ривку” (рисунок 2.2). Максимальне значення прискорення склало близько 25 м/с^2 .

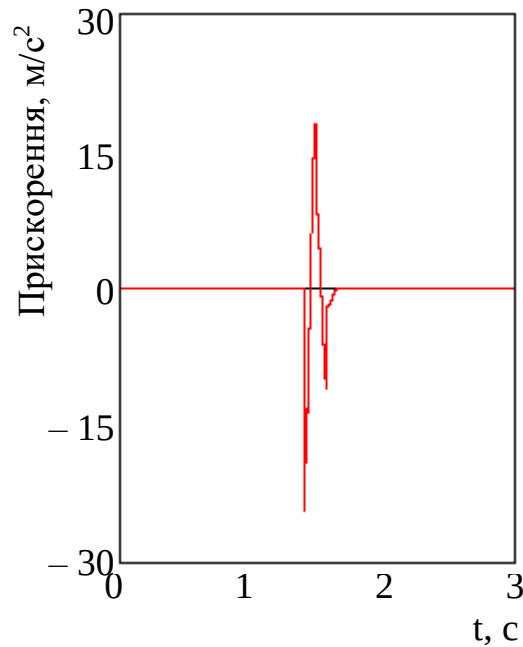


Рисунок 2.2 – Прискорення, які діють на несучу конструкцію напіввагона при “ривку”

Розрахована величина прискорення врахована при визначенні міцності несучої конструкції напіввагона.

Інші навантаження, які випробовує несуча конструкція кузова напіввагона, розраховані за формулами, наведеними нижче.

Вертикальні навантаження.

Головне вертикальне навантаження складається з ваги тари, корисного та вертикального динамічного навантажень.

Вертикальна сила, що зумовлена вагою тари та корисним навантаженням, називається вертикальною статичною і визначається за формулою:

$$P_B^{cm} = \frac{P_{\bar{op}} - P_{\bar{c}}}{m}, \quad (2.1)$$

де $P_{\bar{op}}$ – вага брутто вагона, визначається за формулою:

$$P_{\text{бр}} = (P + T) \cdot g, \quad (2.2)$$

де P – вантажопід'ємність вагона;

T – тара вагона;

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

$P_{\text{ч}}$ – вага частин вагона від яких навантаження передається на рейкову колію від тих частин, що розраховується;

m – число однойменних паралельно завантажених частин, $m=2$.

Вага частин розраховується за формулою:

$$P_{\text{ч}} = 2 \cdot P_{\text{с}}, \quad (2.3)$$

де $P_{\text{с}}$ – вага візка, кН, розраховується за формулою:

$$P_{\text{в}} = M_{\text{с}} \cdot g, \quad (2.4)$$

де $M_{\text{с}}$ – маса вантажного візка 18-100, $M_{\text{с}} = 4,8 \text{ т}$.

Вертикальне динамічне навантаження розраховується за формулою:

$$P_{\text{с}}^{\text{д}} = P_{\text{с}}^{\text{см}} \cdot k_{\text{дс}}, \quad (2.5)$$

де $k_{\text{дс}}$ – коефіцієнт вертикальної динаміки, який розраховується:

$$k_{\text{дс}} = \frac{\bar{k}_{\text{дс}}}{\beta} \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - P(k_{\text{дс}})} \right)}, \quad (2.6)$$

де $\bar{k}_{\text{дв}}$ – математичне очікування;

β – коефіцієнт розподілу, для вантажних вагонів $\beta = 1,15$ [41];

$P(k_{\text{дв}})$ – імовірність коефіцієнта вертикальної динаміки, $P(k_{\text{дв}}) = 0,97$.

$$\bar{k}_{\text{дв}} = a + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot b \cdot \frac{V - 15}{f_{\text{ст}}}, \quad (2.7)$$

тут a – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від типу вузла, $a=0,05$ [41];

b – коефіцієнт осності, розраховується за формулою:

$$b = \frac{n' + 2}{2 \cdot n'}, \quad (2.8)$$

де n' – число осей у візку або у групі візків під одним кінцем вагона, $n = 2$.

V – конструкторська швидкість, $V = 33$ м/с;

$f_{\text{ст}}$ – статичний прогин ресорного підвішування, $f_{\text{ст}} = 0,45$ м.

$$b = \frac{2 + 2}{2 \cdot 2} = 1.$$

Відцентрові зусилля розраховується за формулою:

$$H_{\text{ц}} = P_{\text{бр}} \cdot \eta, \quad (2.9)$$

де η – коефіцієнт для вантажних вагонів, $\eta = 0,075$ [41].

Бокові навантаження.

Вітрове навантаження визначається:

$$H_{\epsilon} = \omega_{\epsilon} \cdot F_{\epsilon}, \quad (2.10)$$

де ω_{ϵ} – питомий тиск вітру, $\omega_{\epsilon} = 0,5 \text{ кН/м}^2$;

F_{ϵ} – площа бокової проекції кузова з вантажем.

Бокові сили динамічної взаємодії вагона та колії (рамне зусилля):

$$H_p = \bar{H}_p \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - P(H_p)}\right)}, \quad (2.11)$$

де $\bar{H}_p$ – математичне очікування рамного зусилля;

$P(H_p)$ – імовірність рамного зусилля, $P(H_p) = 0,97$.

Тоді математичне очікування рамного зусилля дорівнює:

$$\bar{H}_p = q_0 \cdot b \cdot \sigma \cdot (5 + V), \quad (2.12)$$

де σ – коефіцієнт, що залежить від типу ходових частин, $\sigma = 0,003$ [41];

q_0 – осьове навантаження.

Інерційні навантаження розраховується за формулою:

$$N_i^{\text{куз}} = N \cdot \frac{m}{M_{\text{бр}}}, \quad (2.13)$$

де N – нормована величина повздовжнього навантаження, що прикладена до автозчепу, кН;

$M_{бр}$ – маса брутто вагона;

m – маса кузова.

Вертикальна сила, що зумовлена дією сил інерції визначається за формулою:

$$P_{\epsilon}^i = N_i^{куз} \cdot \frac{h_k}{2L_{\epsilon}}, \quad (2.14)$$

де h_k – вертикальна відстань від центру ваги вагона до осі автозчепу, м.

При цьому,

$$h_k = h_{\epsilon} + r - h_a, \quad (2.15)$$

де h_{ϵ} – відстань від осі колісної пари до центру ваги;

r – радіус середньозношеного колеса;

h_a – відстань від верха головки рейки до осі автозчепу.

Вертикальна сила, що зумовлена дією бокових сил визначається за формулою:

$$P_{\epsilon}^{\sigma} = \frac{H_{\epsilon} \cdot h_{\epsilon} + H_{\sigma} \cdot h_{\sigma}}{m' \cdot b'}, \quad (2.16)$$

де H_{ϵ}, H_{σ} – відповідно відцентрове та вітрове навантаження;

h_{ϵ}, h_{σ} – вертикальні відстані від точки прикладення зусиль до точки додаткового завантаження або розвантаження;

m' – число однойменних паралельно завантажених вузлів;

b – горизонтальна відстань між точками додаткового завантаження або розвантаження.

Вертикальне зусилля, яке прикладене до упорів автозчепу визначається:

$$P_{\text{в}}^{\text{y.a.}} = \pm N \cdot \frac{l}{2a}, \quad (2.17)$$

де N – нормоване повздовжнє зусилля;

l – різниця рівня осей автозчепу;

a – розрахункова довжина корпусу автозчепу (при стисканні $a = 1$ м, при розтягуванні $a = 0,9$ м [41]).

Бокові зусилля, які діють на вагон через автозчепний пристрій:

– при гальмуванні:

$$P_N = N \cdot \left(\frac{\delta \cdot L}{l_6^2} \cdot \left(1 + \frac{L}{a} \right) \cdot \frac{L_C}{R} \right) \cdot \frac{l_6}{L}, \quad (2.18)$$

де N – нормоване повздовжнє зусилля;

δ – можливе однобічне зміщення шкворневого перерізу кузова за рахунок зазорів між елементами вагона;

L – половина відстані між задніми упорними поверхнями упорів автозчепного пристрою;

L_C – половина довжини вагона за осями зчеплення автозчепів;

l_6 – половина бази вагона;

R – розрахунковий радіус кривої.

– при вписуванні в криву дільницю колії:

$$H_N = N \cdot \frac{L_c}{R}, \quad (2.19)$$

Повздовжні навантаження.

Повздовжні навантаження представляють собою сили розтягування та стискування (квазистатичні та динамічні), що виникають при взаємодії вагонів та вагона і локомотива при різних режимах руху поїзда та маневрових роботах, а також виникаючі при цьому сили інерції, що сприймаються у вузлах вагонів.

Сили розтягування та стискування прикладаються відповідно до передніх та задніх упорів автозчепного пристрою. Величини їх приймаються як нормативні для розрахункових режимів і наведені в таблиці 2.1 [41].

Таблиця 2.1 – Величини повздовжніх сил, які діють на вагон-платформу в експлуатації

Величина повздовжньої сили, МН			
Розрахункові режими			
І		ІІІ	
Квазистатична сила	Удар, ривок	Квазистатична сила	Удар, ривок
–3,0	–3,5	–1,0	–1,0
+2,5	+2,5	+1,0	+1,0

Знаком “+” позначаються зусилля розтягування, ривка, а “–” – зусилля стискування, удару. Час дії імпульсних зусиль (удар, ривок) приймається 0,3 с.

Встановлені такі схеми дії повздовжніх сил:

– квазистатичні розтягування чи стискування прикладені до упорів автозчепу обох кінців вагона;

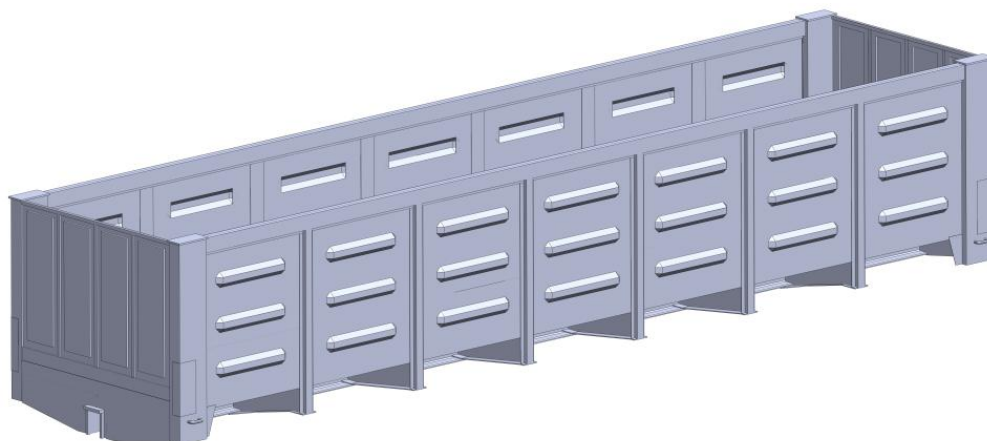
– сили удару чи ривка, прикладені до упорів автозчепу одного кінця вагона й урівноважуються силами інерції мас вагона.

2.2 Розрахунок на міцність несучої конструкції кузова напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки

Для дослідження міцності несучої конструкції напіввагона при перевезенні гусеничної техніки створено просторову модель несучої конструкції напіввагона 12-753-01 (рисунок 2.3). Графічні роботи відтворені у SolidWorks. При цьому на підлогу напіввагона встановлювалися накладки, які імітують зону взаємодії гусениць транспортної одиниці з напіввагоном.

При складанні розрахункової схеми (рисунок 2.4, а) до цих накладок прикладалося вертикальне навантаження P_v від ваги бруто ГТО, а також сила тертя $P_{тр}$, що виникає між гусеницями та підлогою напіввагона. Також на підлогу встановлювалися чотири накладки прямокутної форми, які імітують плити кріпильних скоб для фіксації стропів, що утримують ГТО від переміщень при перехідних режимах руху поїзда. До цих плит прикладалося навантаження від стропів $P_{кр}$, яке розкладалося на дві складові – вертикальну та горизонтальну. Кут нахилу стропа прийнято рівним 45° . До передніх упорів автозчепу прикладалося повздовжнє навантаження P_n у 2,5 МН, що імітувало режим “ривок” (рисунок 2.4, б). З протилежного боку вагона це навантаження врівноважувалося відповідними реакціями, прикладеними до передніх упорів автозчепу.

а)



б)

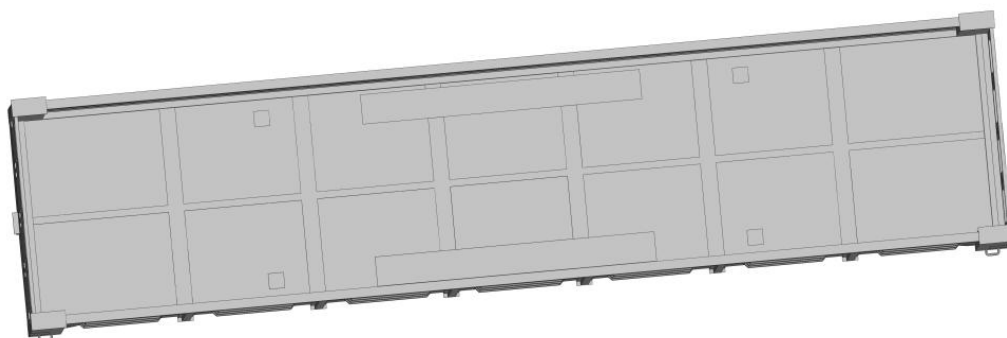
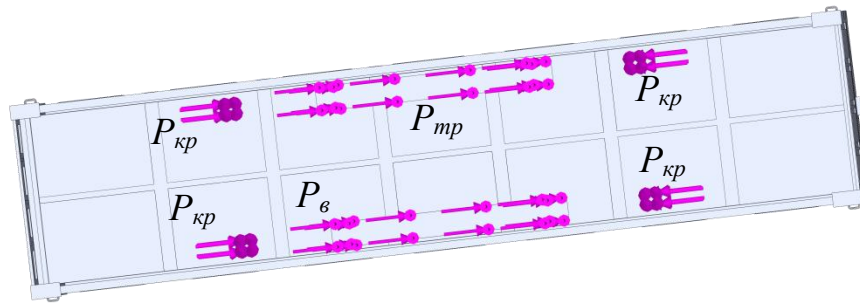


Рисунок 2.3 – Просторова модель несучої конструкції напіввагона
а) вид збоку; б) вид зверху з відображенням накладок

а)



б)

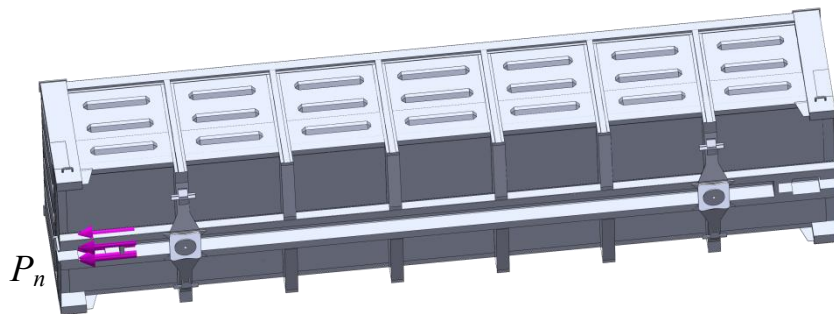


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема несучої конструкції напіввагона

а) вид зверху; б) вид знизу

До горизонтальних поверхонь п'ятників вагона прикладалися зв'язки, які імітують його обпирання на візки. При цьому застосовувалося жорстке защемлення. Створення скінчено-елементної моделі здійснено за допомогою тетраєдрів. Модель утворена 390767 елементами та 127755 вузлами. Максимальний розмір елемента склав – 100 мм, а мінімальний – 20 мм. Оптимальне значення елементів моделі визначено графоаналітично. У якості матеріалу несучої конструкції напіввагона призначено низьколеговану сталь 09Г2С. Ця марка сталі є типовою для виготовлення несучих конструкцій вагонів.

За результатами проведених розрахунків встановлено, що максимальні напруження в несучій конструкції напіввагона виникають в зонах встановлення

кріпильних скоб (рисунок 2.5). Значення цих напружень майже на 30% перевищують допустимі і складають 298,4 МПа.

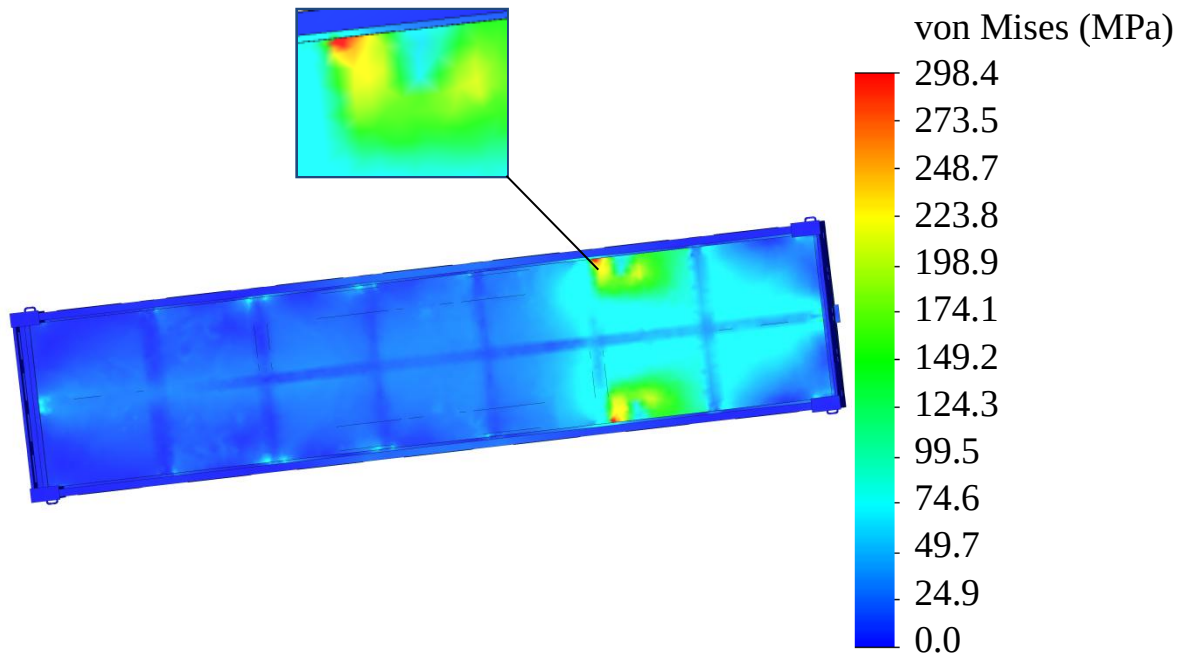


Рисунок 2.5 – Напружений стан несучої конструкції напіввагона

Максимальні переміщення в несучій конструкції напіввагона зафіксовано також в зонах розміщення кріпильних скоб з протилежного за ходом руху напрямку і склали близько 6,4 мм (рисунок 2.6).

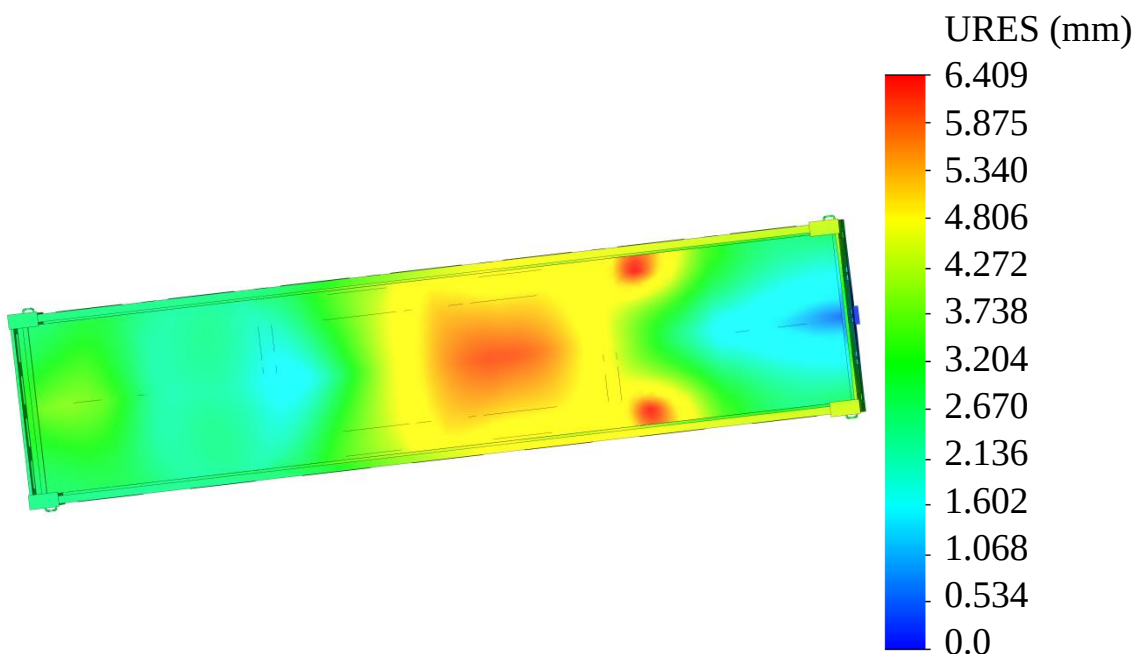


Рисунок 2.6 – Переміщення в несучій конструкції напіввагона

Висновки до розділу 2

1. Проведено моделювання навантаженості напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки. До уваги прийнято режим руху напіввагона у складі поїзда – “ривок”. Максимальне значення прискорення, яке діє на несучу конструкцію напіввагона склало близько 25 м/с^2 . Отримана величина прискорення врахована при розрахунках на міцність несучої конструкції напіввагона.

Наведено алгоритм визначення навантажень, які діють на кузов напіввагона при перевезенні гусеничної техніки.

2. Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції кузова напіввагона. Встановлено, що максимальні напруження виникають в зонах встановлення кріпильних скоб і складають $298,4 \text{ МПа}$. Отримані напруження майже на 30% перевищують допустимі. Максимальні переміщення в несучій конструкції напіввагона зафіксовано також в зонах розміщення кріпильних скоб з протилежного за ходом руху напрямку і склали близько $6,4 \text{ мм}$.

3 Наукове-обґрунтування застосування напіввагонів до перевезень гусеничної техніки

3.1 Особливості проєктування концепту знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагоні

Для забезпечення можливості перевезень легкої гусеничної техніки у напіввагонах пропонується використання між підлогою напіввагона та ходовою частиною ГТО проміжного адаптера у вигляді знімного модуля (рисунок 3.1).

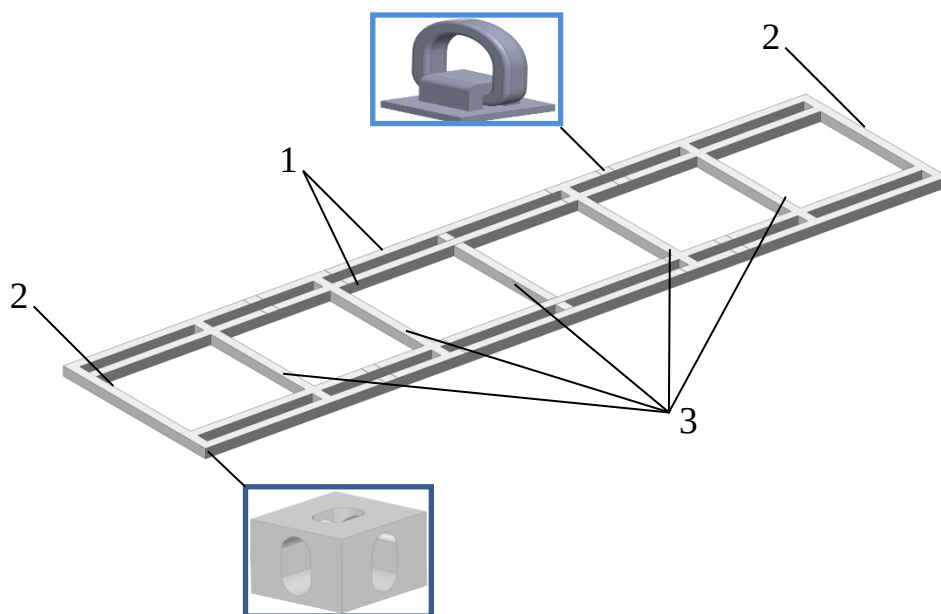


Рисунок 3.1 – Модуль для розміщення ГТО в напіввагоні

Конструкція модуля включає повздовжні балки 1, які призначені для сприйняття основного вертикального навантаження від військової техніки; консольні балки 2 та ряд проміжних поперечних балок 3, які поєднують повздовжні балки між собою. Для кріплення стропів модуль оснащений скобами. Кріплення модуля в кузові відбувається за кутові частини, які мають фітинги, ідентичні до тих,

що застосовуються на контейнерах. Для цього необхідним є оснащення напіввагона фітинговими упорами (рисунок 3.2).

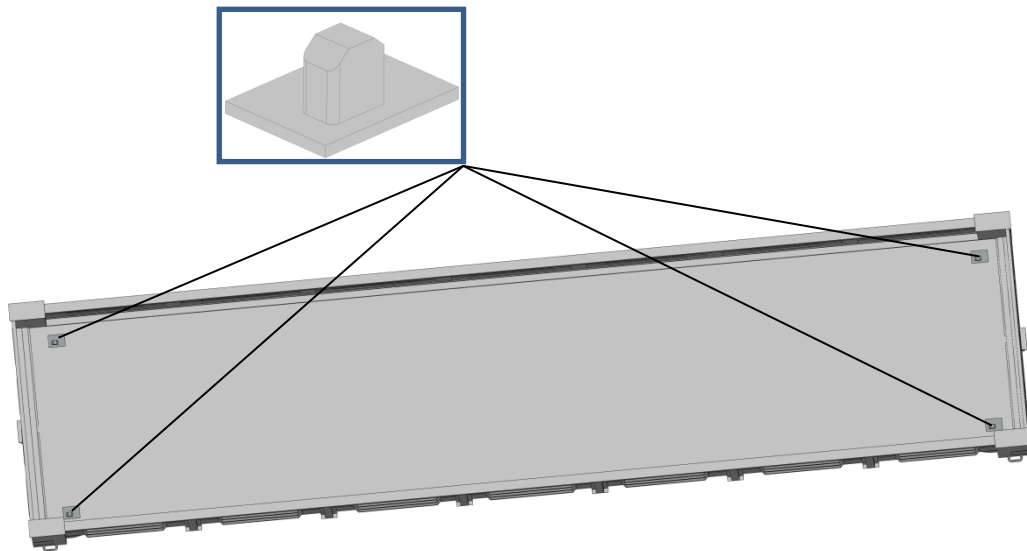


Рисунок 3.2 – Розміщення фітингових упорів в кузові напіввагона

Для визначення профілю виконання знімного модуля проведено відповідні розрахунки у програмному комплексі “Ліра – Сапр”. Знімний модуль розглянуто як стрижневу систему (рисунок 3.3). При проведенні розрахунків розглянуто повздовжню навантаженість зйомного модуля. При цьому до повздовжніх балок прикладалася сила, яка враховує прискорення, визначене за математичною моделлю (3.1). Закріплення системи здійснювалося по кутах, тобто в зонах розміщення фітингів.

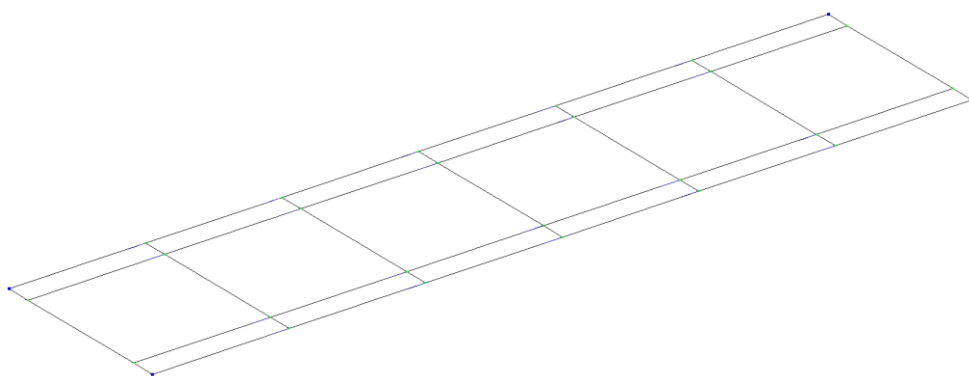


Рисунок 3.3 – Стрижнева система

За допомогою опцій програмного комплексу “Ліра – Сапр” отримано епюру повздовжніх сил у системі, що розглядається. На рисунку 3.4 червоним кольором показано “розтяг”, а синім – “стиск”.

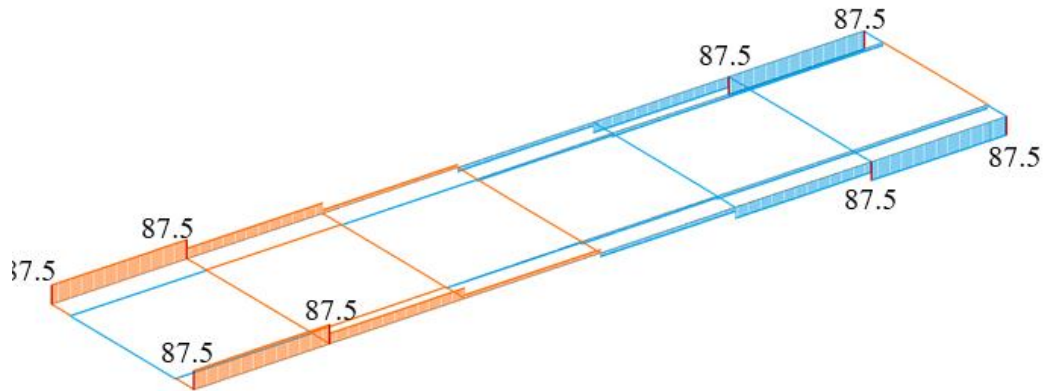


Рисунок 3.4 – Епюра повздовжніх сил (кН)

Схему деформацій стрижневої системи наведено на рисунок 3.5. При цьому найбільші деформації випробовують поперечні балки системи.

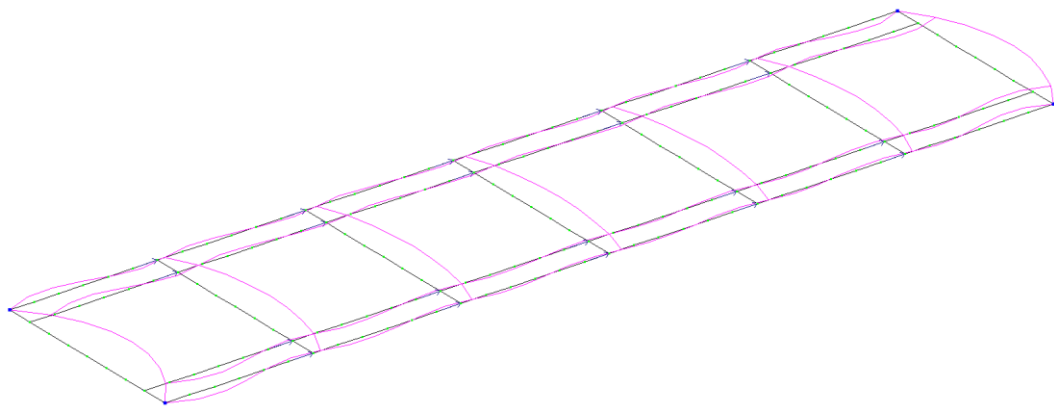


Рисунок 3.5 – Схема деформацій

За відомою величиною повздовжньої сили F та допустимими напруженнями $[\sigma]$ матеріалу виконання модуля (сталь марки 09Г2С) визначено площу його поперечного перерізу:

$$S = \frac{F}{[\sigma]}. \quad (3.2)$$

За площею поперечного перерізу підібрано профіль виконання модуля – квадратна труба (рисунок 3.6), яка має такі параметри: $A = B = 160$ мм; $t = 4$ мм.

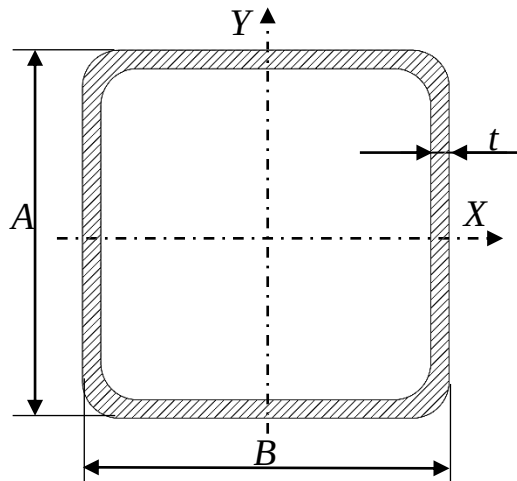


Рисунок 3.6 – Переріз квадратної труби

A – висота труби; B – ширина; t – товщина стінки труби

Даний профіль обраний не тільки з точки зору мінімальної матеріалоемності конструкції модуля, але і технологічності його виготовлення, а також технічного обслуговування.

3.2 Розрахунок на міцність концепту знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагоні

Для перевірки правильності обрання підібраного профілю проведено розрахунок на міцність знімного модуля при двох розрахункових схемах:

- дія на знімний модуль статичних навантажень;

- дія на знімний модуль динамічних навантажень.

Для визначення міцності знімного модуля застосовано метод скінчених елементів. Скінчено-елементну модель утворено тетраедрами. Їх чисельність склала 52965. При цьому модель налічує 17121 вузлів.

Закріплення моделі здійснювалося за кутові фітинги. Розрахункова схема знімного модуля при дії на нього статичних навантажень наведена на рисунок 3.7. Вона враховує такі навантаження: вертикальне навантаження P_v зумовлене вагою перевозимої ГТО, а також навантаження від засобів закріплення. У зв'язку з тим, що вони розміщуються під кутом до горизонтальної площини, то це навантаження розкладалося на дві складові вертикальну – P_c^v та горизонтальну – P_c^h . При цьому враховано, що кут нахилу засобів закріплення до горизонтальної площини складає 45° .

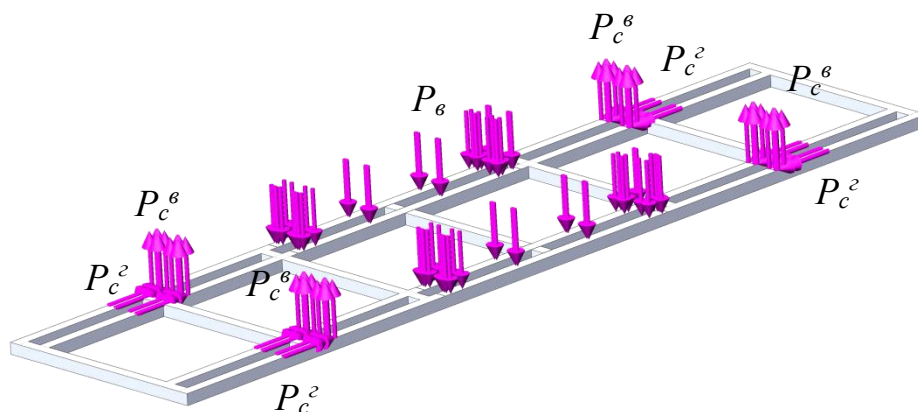


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема знімного модуля
(дія статичних навантажень)

На підставі проведених розрахунків встановлено, що максимальні напруження в знімному модулі виникають в зонах закріплення ГТО і складають 98,4 МПа (рисунок 3.8). Дані напруження є меншими за допустимі на 53,1%.

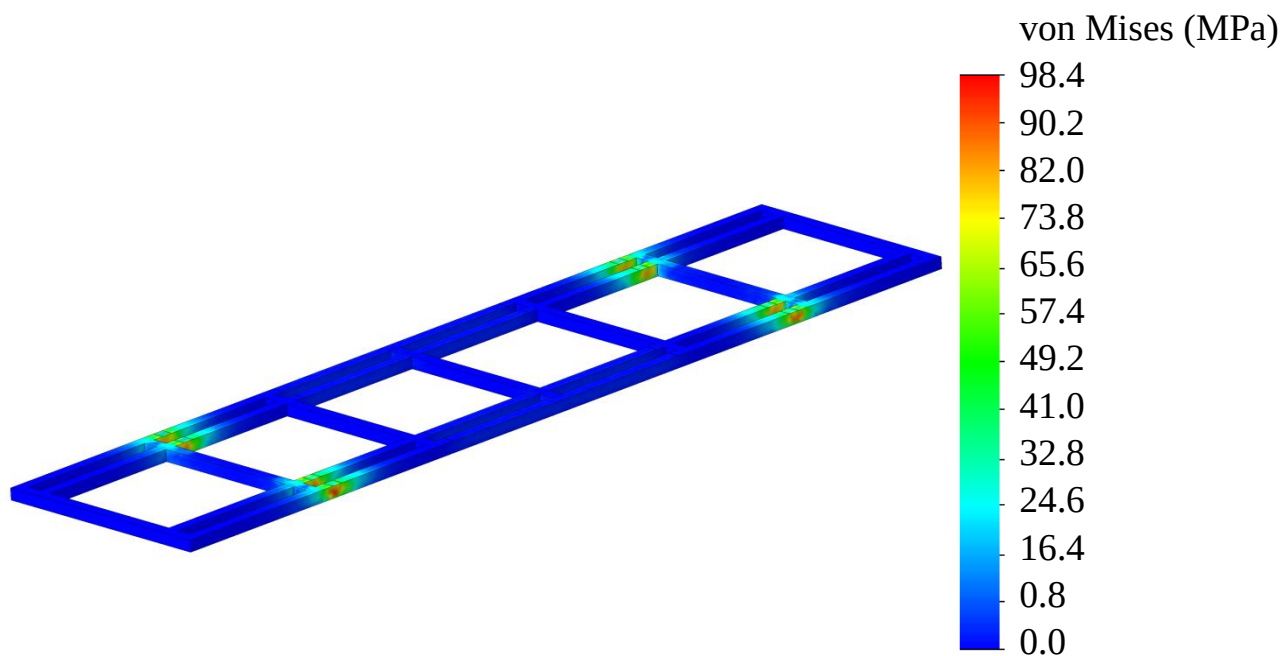


Рисунок 3.8 – Напружений стан знімного модуля
(дія статичних навантажень)

Максимальні переміщення в вузлах знімного модуля зафіксовано також в зонах закріплення ГТО (рисунок 3.9). Їх значення склали 2,1 мм.

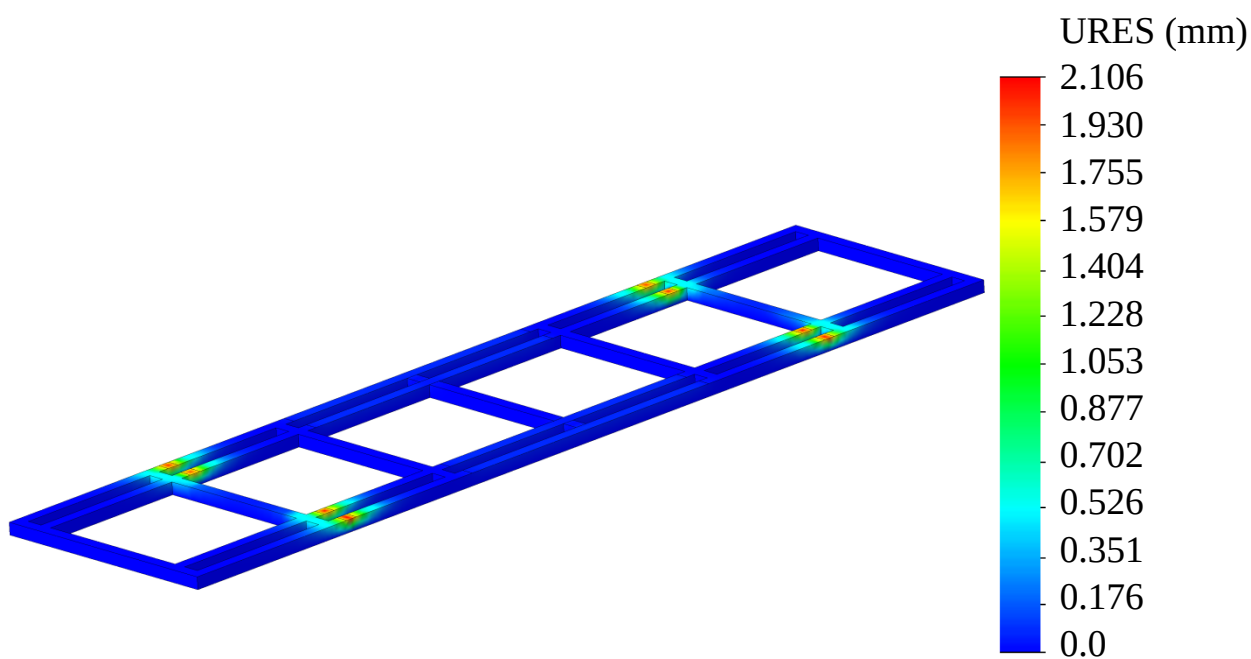


Рисунок 3.9 – Переміщення в вузлах знімного модуля
(дія статичних навантажень)

Для визначення міцності знімного модуля при дії на нього динамічних навантажень побудовано розрахункову модель, наведену на рисунок 3.10. Навантаження, які діють на знімний модуль при цьому ідентичні до тих, що враховані при сприйнятті ним статичних навантажень, однак з урахуванням їх відповідних чисельних значень. Також при розрахунку враховано силу тертя $P_{тр}$, яка виникає між гусеницями перевозимої техніки та модулем.

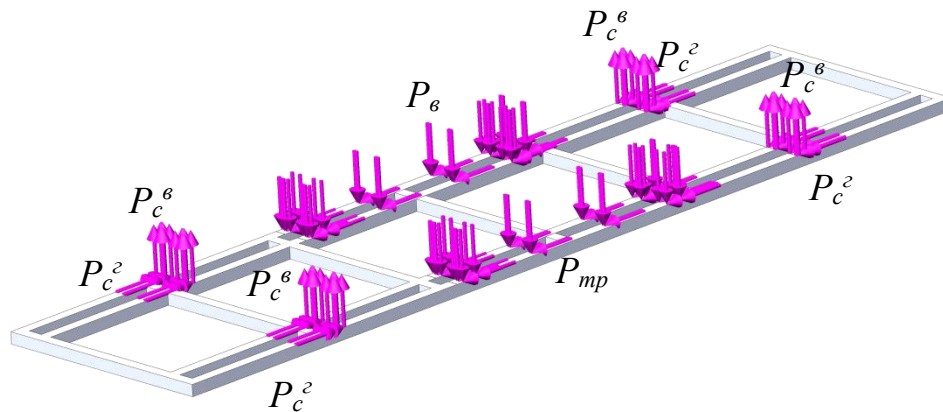


Рисунок 3.10 – Розрахункова схема знімного модуля
(дія динамічних навантажень)

Результати розрахунку показали, що максимальні напруження виникають у зонах закріплення ГТО з протилежного за ходом руху боку знімного модуля (рисунок 3.11). Ці напруження склали 168,4 МПа та є меншими за допустимі на 19,8%.

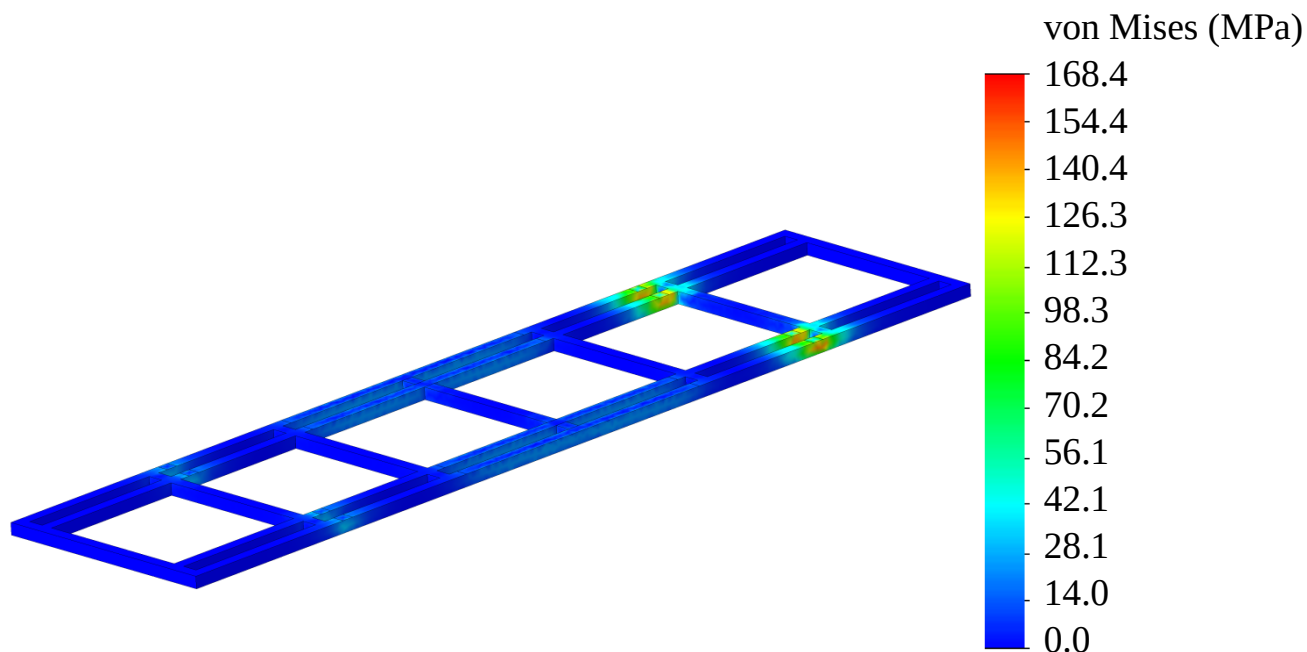


Рисунок 3.11 – Напружений стан знімного модуля
(дія динамічних навантажень)

Максимальні переміщення також виникають в зонах закріплення ГТО з протилежного за ходом руху боку знімного модуля і складають 2,6 мм (рисунок 3.12).

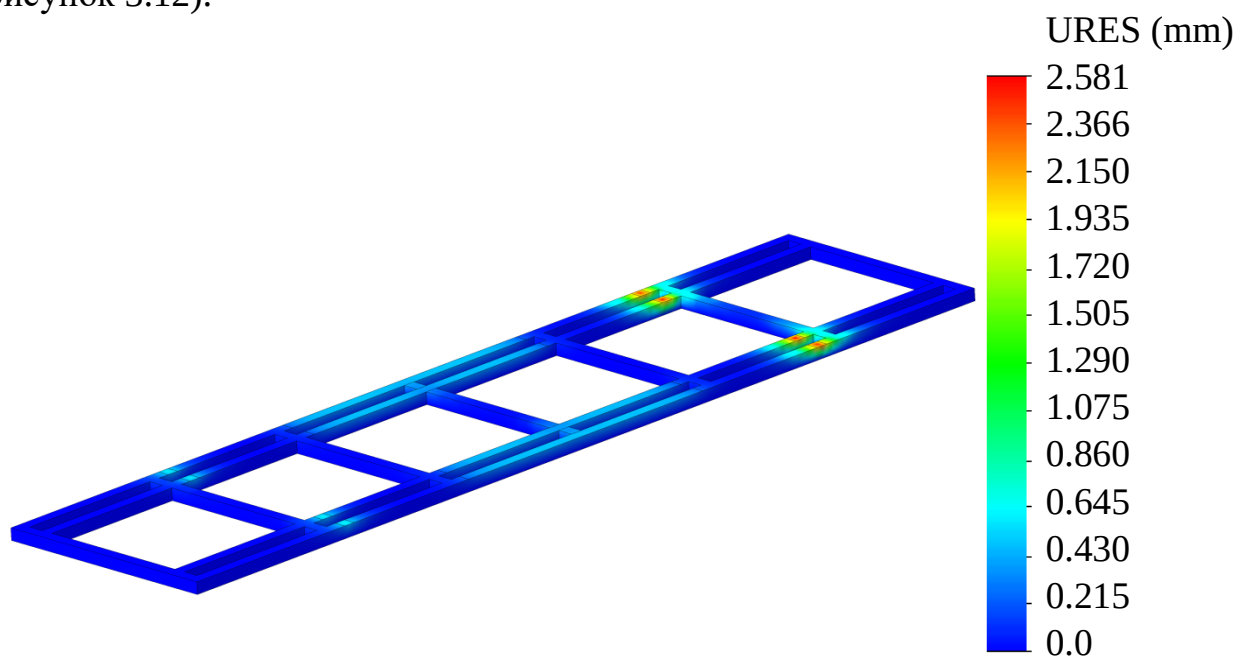


Рисунок 3.12 – Переміщення в вузлах знімного модуля
(дія динамічних навантажень)

Проведені розрахунки доводять, що міцність знімного модуля при експлуатаційних навантаженнях забезпечується.

3.3 Математичне моделювання вертикальної навантаженості напіввагона, завантаженого гусеничною технікою

У зв'язку з тим, що при перевезенні ГТО в напіввагоні недовикористовується його корисна вантажопідйомність, то проведено математичне моделювання динамічної навантаженості напіввагона. Дослідження проведено при русі напіввагона рейковою колією з нерівностями. До уваги прийнято наявність двох ступенів вільності напіввагона у вертикальній площині (рисунок 3.13). Враховано, що ГТО жорстко закріплена в вагоні і повторює траєкторію його переміщень, тобто не має власного ступеня вільності в вертикальній площині. Дослідження проведено у плоскій системі координат. Математична модель коливань при цьому має вигляд:

$$\begin{cases} M_1 \cdot \frac{d^2}{dt^2} q_1 + C_1 \cdot q_1 = -F_{TP} \cdot \left(\operatorname{sign} \left(\frac{d}{dt} (q_1 - l \cdot q_2) \right) + \operatorname{sign} \left(\frac{d}{dt} (q_1 + l \cdot q_2) \right) \right), \\ M_2 \cdot \frac{d^2}{dt^2} q_2 + C_2 \cdot q_2 = F_{TP} \cdot l \cdot \left(\operatorname{sign} \left(\frac{d}{dt} (q_1 - l \cdot q_2) \right) - \operatorname{sign} \left(\frac{d}{dt} (q_1 + l \cdot q_2) \right) \right), \end{cases} \quad (3.3)$$

де M_1 – маса несучої конструкції напіввагона; M_2 – момент інерції несучої конструкції напіввагона; q_1 – узагальнена координата, яка відповідає поступальному переміщенню напіввагона відносно вертикальної осі; q_2 – узагальнена координата, яка відповідає кутовому переміщенню напіввагона відносно вертикальної осі; $C_{1,2}$ – ненульові елементи матриці пружних коефіцієнтів, які визначаються жорсткістю пружин ресорного підвішування k_T ; F_{TP} – сила тертя в ресорному підвішуванні візка; l – напівбаза вагона.

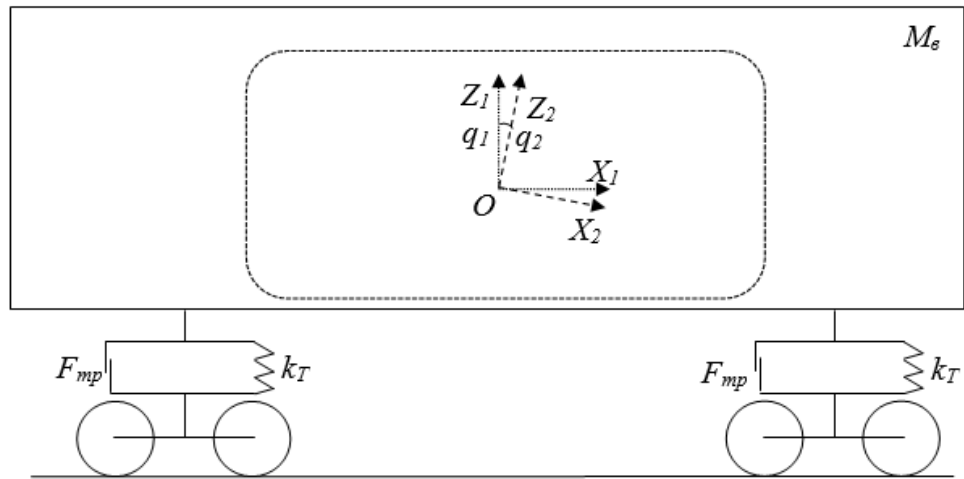


Рисунок 3.13 – Розрахункова схема напіввагона

Розв’язок системи диференціальних рівнянь руху проведено в програмному комплексі MathCad при початкових умовах, близьких до нуля. Результати розрахунку наведено на рисунках 3.14, 3.15. Максимальні прискорення в центрі мас напіввагона склали близько $1,7 \text{ м/с}^2$ ($0,17g$). Прискорення несучої конструкції напіввагона в зонах спирання на візки дорівнюють близько $4,8 \text{ м/с}^2$ ($0,48g$).

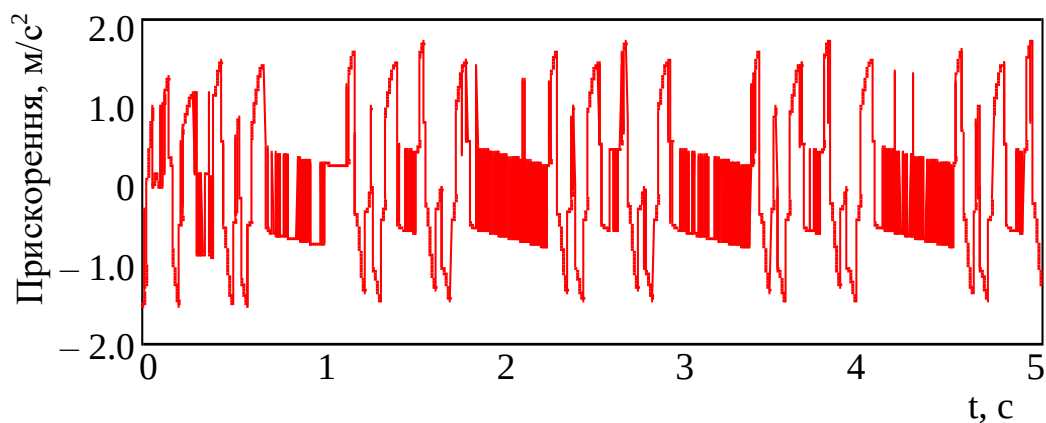


Рисунок 3.14 – Прискорення несучої конструкції напіввагона в центрі мас

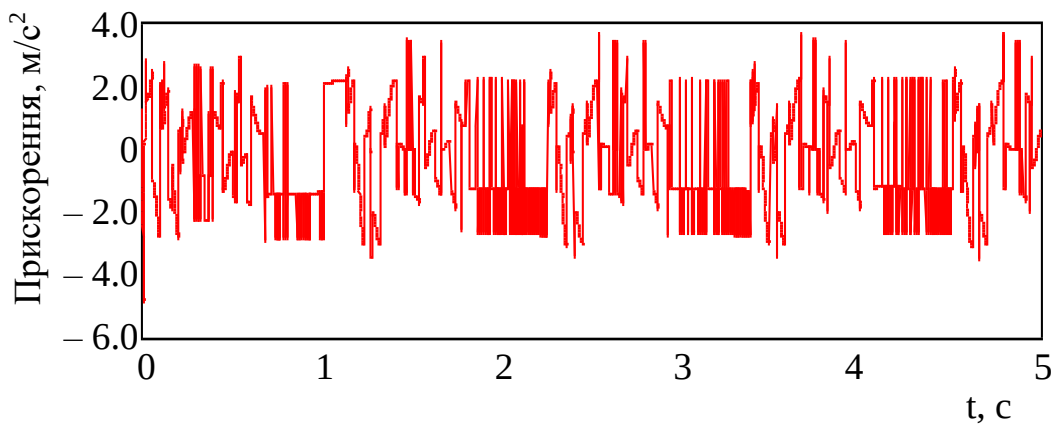


Рисунок 3.15 – Прискорення несучої конструкції напіввагона
в зонах спирання на візки

Аналізуючи отримані залежності можна зробити висновок, що хід руху напіввагона у відповідності до діючих стандартів оцінюється як “відмінний”.

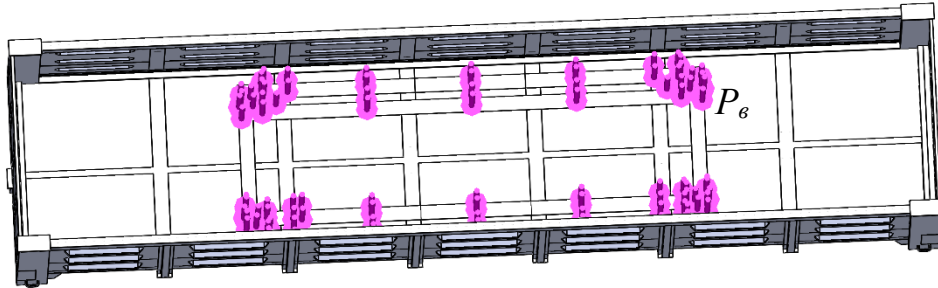
3.4 Дослідження міцності несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки

Для дослідження міцності несучої конструкції напіввагона із урахуванням перевезення в ньому гусеничної техніки та її кріпленням за запропонованою схемою, проведено відповідні розрахунки. При цьому використано метод скінчених елементів, який відтворено у SolidWorks Simulation. Для передачі навантаження від знімного модуля на підлогу напіввагона використовувалися накладки, які повторюють геометрію контактної поверхні знімного модуля з підлогою.

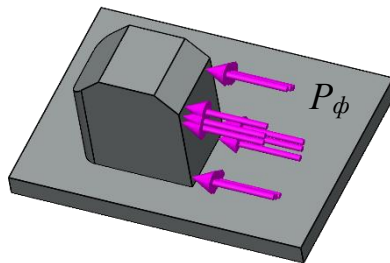
Розрахункову модель несучої конструкції напіввагона наведено на рисунку 3.16. Вона враховує дію вертикального навантаження P_v , повздовжнього навантаження P_ϕ , що прикладене до фітингових упорів, розміщених за ходом руху напіввагона. Також розрахункова модель включає повздовжнє навантаження P_n , яке

діє на упори автозчепу. З протилежного за ходом руху вагона навантаження P_n урівноважувалось силою інерції маси вагона.

а)



б)



в)

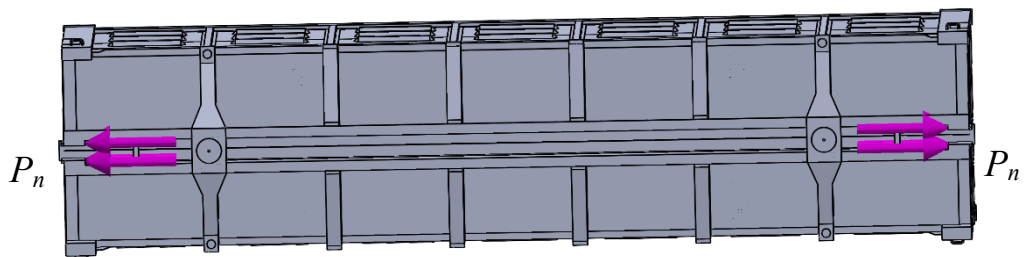


Рисунок 3.16 – Розрахункова модель несучої конструкції напіввагона

а) дія вертикального навантаження P_v ;

б) дія повздовжнього навантаження на фітинговий упор P_ϕ ;

в) дія повздовжнього навантаження на упори автозчепу P_n

Закріплення моделі відбувалося за горизонтальні поверхні п'ятників. При цьому застосовано жорстке заземлення. Тобто сили тертя між п'ятниками та підп'ятниками не враховувалися. Матеріалом конструкції призначено сталь марки 09Г2С.

Скінчено-елементну модель несучої конструкції напіввагона сформовано тетраедрами. Вона налічує 321040 елементів з максимальним розміром 120 мм і мінімальним – 24 мм, а також 105074 вузлів. Результати розрахунку наведено на рисунках 3.17, 3.18.

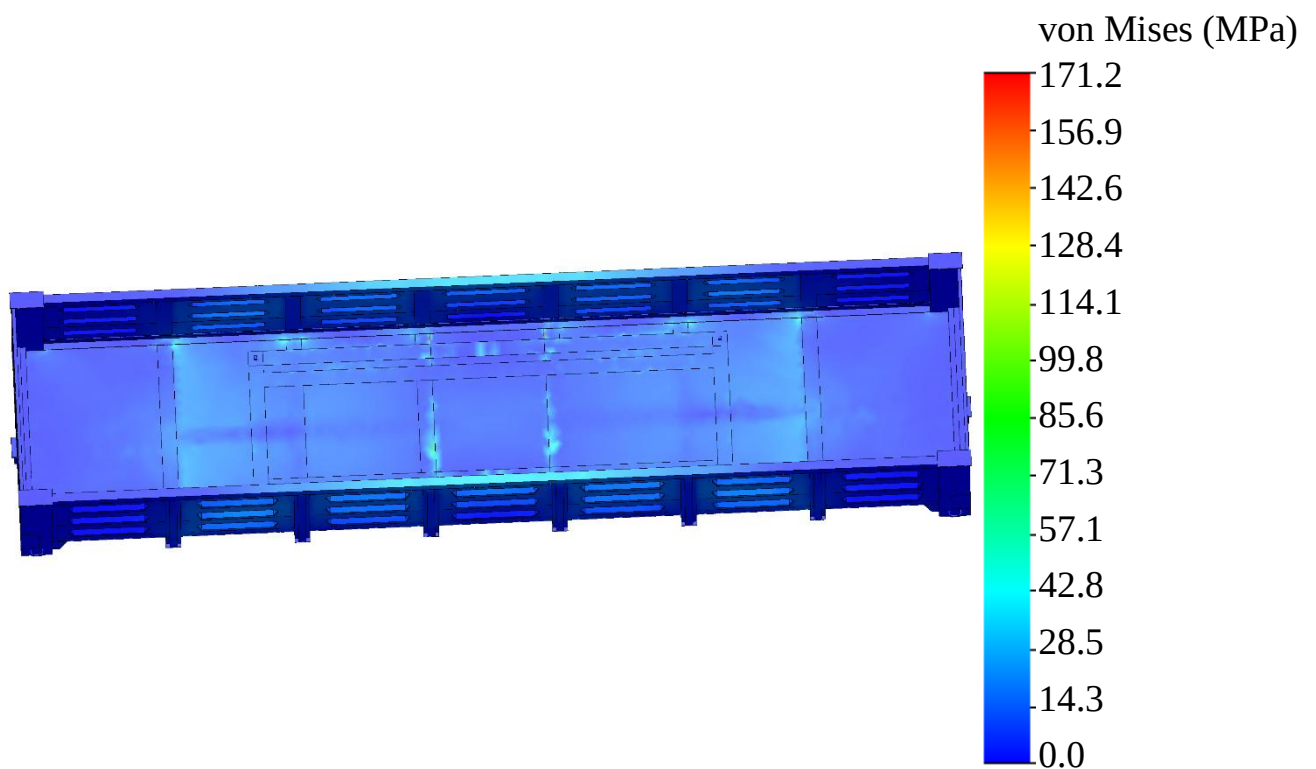


Рисунок 3.17 – Напружений стан несучої конструкції напіввагона
(вигляд зверху)

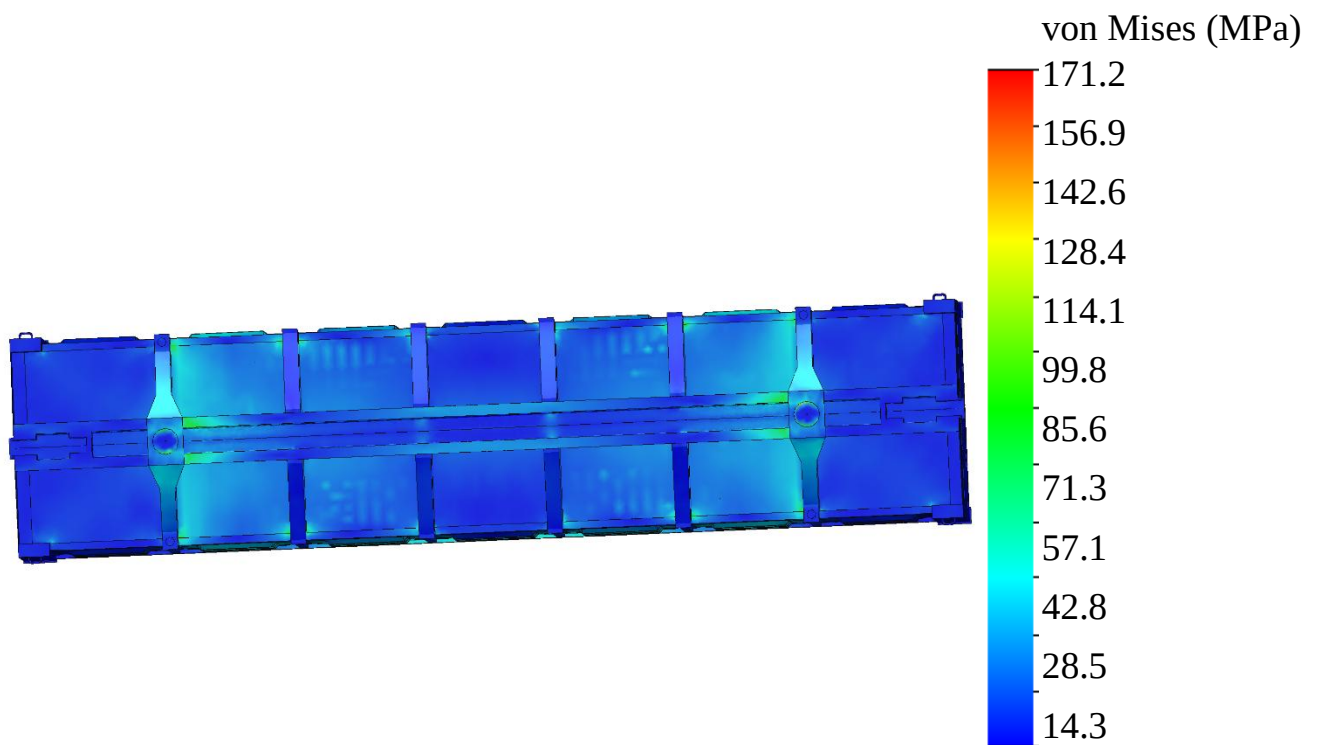


Рисунок 3.18 – Напружений стан несучої конструкції напіввагона
(вигляд знизу)

Максимальні напруження зафіксовано в зонах взаємодії хребтової балки із шворневими – 171,2 МПа. Однак дані напруження менші за допустимі на 18,5%. Отже міцність несучої конструкції напіввагона при перевезенні гусеничної техніки із урахуванням запропонованої схеми закріплення дотримується.

Розподілення напружень за довжиною хребтової балки напіввагона наведено на рисунку 3.19. Зняття показань з моделі відбувалося із використанням опції зондування, яка закладена у SolidWorks Simulation. При цьому напруження знімалися за нижньою полицею Z-подібного профілю хребтової балки. Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що напруження в хребтовій балці розподілені симетрично за її довжиною. Найбільші значення напружень виникають за шворневими перетинами хребтової балки та до її центру вони зменшуються. В центральній частині хребтової балки напруження дещо підвищуються і складають близько 120 МПа.

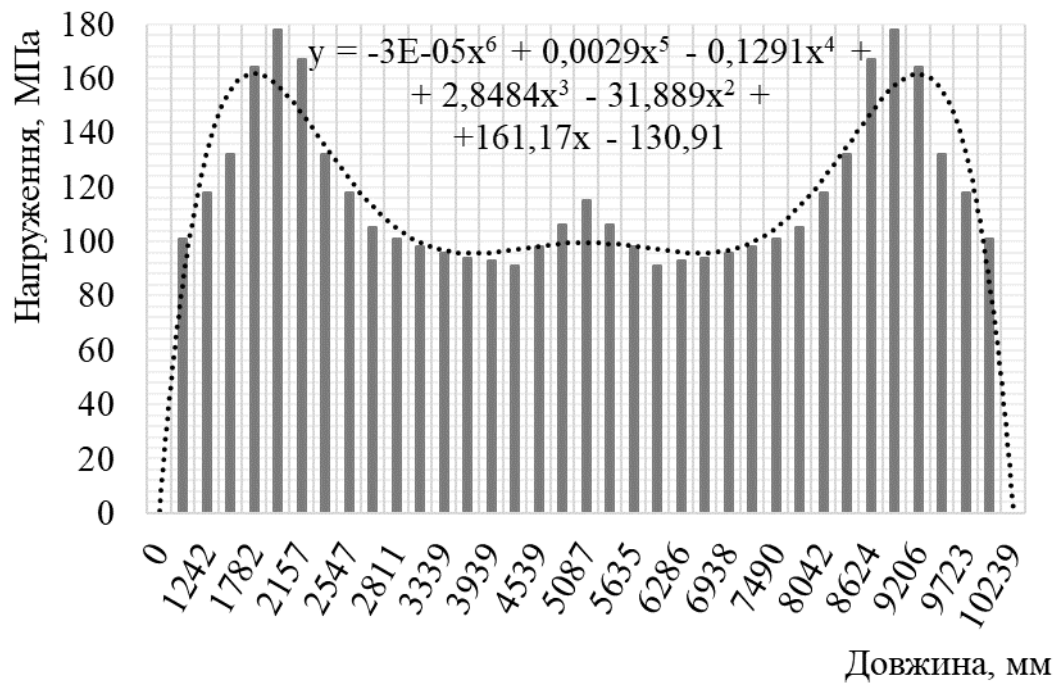


Рисунок 3.19 – Розподілення напружень за довжиною хребтової балки напіввагона

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту та стануть корисними напрацюваннями при проєктуванні сучасних концептів знімних модулів багатофункціонального призначення.

Висновки до розділу 3

1. Запропоновано концепт знімного модуля для розміщення гусеничної техніки в напіввагоні. Даний концепт являє з себе раму, яка оснащена кріпильними скобами для фіксації ГТО. Кріплення даного модуля в напіввагоні здійснюється за допомогою кутових фітингів. Для цього є необхідним встановлення на підлозі напіввагона фітингових упорів.

Визначено профіль виконання знімного модуля за епюрою повздовжніх сил, які виникають в ньому. Для обґрунтування обраного профілю виготовлення знімного модуля проведено його розрахунок на міцність за методом скінчених елементів. Розрахунок здійснено для випадку дії на знімний модуль статичних навантажень, а також динамічних.

На підставі проведених розрахунків для випадку дії на модуль статичних навантажень встановлено, що максимальні напруження виникають в зонах закріплення ГТО і складають 98,4 МПа, що нижче за допустимі на 53,1%.

Максимальні переміщення в вузлах знімного модуля зафіксовано також в зонах закріплення ГТО і склали 2,1 мм.

Результати розрахунку знімного модуля для випадку дії на нього динамічних навантажень встановили, що максимальні напруження виникають у зонах закріплення ГТО з протилежного за ходом руху боку. Ці напруження склали 168,4 МПа та є меншими за допустимі на 19,8%.

Максимальні переміщення також виникають в зонах закріплення ГТО з протилежного за ходом руху боку знімного модуля і складають 2,6 мм.

Проведені розрахунки доводять, що міцність знімного модуля при розглянутих схемах експлуатаційних навантажень забезпечується.

2. Проведено математичне моделювання вертикальної навантаженості напіввагона, завантаженого гусеничною технікою. Встановлено, що максимальні прискорення в центрі мас несучої конструкції напіввагона складають близько $1,7 \text{ м/с}^2$ (0,17g). Прискорення несучої конструкції напіввагона в зонах спирання на

візки дорівнює близько $4,8 \text{ м/с}^2$ ($0,48g$). Оцінку ходу руху напіввагона проведено за прискореннями, які діють в його центрі мас. У відповідності до цього хід руху напіввагона оцінюється як “відмінний”.

3. Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції напіввагона. Встановлено, що максимальні напруження в його конструкції складають $171,2 \text{ МПа}$. Їх дислокація має місце в зонах взаємодії хребтової балки із шворневими. Разом із цим отримані напруження менші за допустимі на $18,5\%$. Результати проведених розрахунків дозволяють зробити висновок, що міцність несучої конструкції напіввагона дотримується і запропонована схема перевезень гусеничної техніки є доцільною.

4 Розрахунок економічної ефективності від використання знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагоні

4.1 Коротка характеристика запропонованого заходу

Для можливості залучення напіввагонів до перевезень гусеничної техніки запропоновано концепт знімного модуля. Даний концепт являє собою раму, яка оснащена кріпильними скобами для фіксації гусеничної техніки. Кріплення даного концепту в напіввагоні здійснюється за допомогою кутових фітингів. Для цього є необхідним встановлення на підлозі напіввагона фітингових упорів.

Для обґрунтування запропонованого технічного рішення пропонується проведення розрахунку економічного ефекту. При цьому прогнозується, що економічний ефект буде досягнуто за рахунок скорочення витрат на ремонт напіввагонів.

4.2 Методика визначення економічного ефекту

Економічний ефект впровадження заходу визначається згідно з умовами використання його за розрахунковий період (10 років). Сукупний економічний ефект визначається як сума річних економічних ефектів за розрахунковий період з обов'язковим врахуванням фактору часу за формулою:

$$E_T = P_T - Z_T, \quad (4.1)$$

де E_T – економічний ефект впровадження заходу за розрахунковий період;

P_T – вартісна оцінка результатів здійснювання цього заходу за розрахунковий період;

Z_T – вартісна оцінка затрат на здійснення цього заходу за розрахунковий період.

Загальна сума витрат по новій технології у перший рік впровадження обладнання складається із одноразових витрат на його купівлю, транспортування та налаштування, а у наступні роки розрахункового періоду із витрат на експлуатацію обладнання.

Таким чином економічний ефект одержуємо з різниці витрат по існуючій та новій технології. Визначення економічного ефекту виконується при умові обов'язкового приведення різночасних вартісних оцінок результатів та витрат до єдиного для всіх варіантів реалізації заходу науково-технічного прогресу моменту часу розрахункового року.

Приведення різночасних результатів та витрат всіх років періоду реалізації заходу до розрахункового року здійснюється множенням їх вартісної оцінки за кожний рік на коефіцієнт приведення з урахуванням інфляційного прогнозу:

$$\alpha_t = \frac{(1 + E_n)^{t_p - t_n}}{(1 + I)^{t_p - t_n}}, \quad (4.2)$$

де E_n – річний відсоток по депозитним вкладам, $E_n = 0,14$;

I – середньорічний темп інфляції, що прогнозується в період здійснення проекту (20%);

t_p – розрахунковий рік;

t_n – рік, який розглядається.

Для визначення економічного ефекту необхідно визначити виробничу собівартість виготовлення знімного модуля. Виробнича собівартість виготовлення знаходиться як сума прямих виробничих витрат на матеріали, заробітну плату, електроенергію та загальновиробничих витрат.

Витрати на виготовлення знімного модуля виконаємо за статтями калькуляції.

1. Витрати на матеріали визначаються за формулою:

$$B_M = H_M \times C_M, \quad (4.3)$$

де H_M – витрати основних матеріалів для виготовлення знімного модуля, од.;

C_M – ціна за одиницю матеріалів, грн.;

2. Витрати на електроенергію на технологічні цілі визначаються за формулою:

$$B_{ел} = C_{ел} \times W_{ел} \times \tau, \quad (4.4)$$

де $C_{е}$ – ціна 1 кВт-год електроенергії, грн.;

$W_{ел}$ – потужність електричного обладнання для виготовлення знімного модуля, кВт.;

τ – час роботи електричного обладнання для виготовлення знімного модуля, кВт.

3. Витрати на основну заробітну плату виробничих робочих визначаються за формулою:

$$B_{осн.з.п} = \sum (C_{год} \times t_n), \quad (4.5)$$

де $C_{год}$ – годинна тарифна ставка, яка відповідає розряду робочого за видом роботи, грн.;

t_n – трудомісткість виду роботи з виготовлення знімного модуля, люд-год.

4. Витрати на додаткову заробітну плату виробничих робочих визначаються за формулою:

$$B_{\text{дод.з.п}} = \frac{H_{\text{дод.з.п}} \times B_{\text{осн.з.п}}}{100\%}, \quad (4.6)$$

де $H_{\text{дод.з.п}}$ – відсоток додаткової заробітної плати та інші заохочувальні заходи, за фактичними даними експлуатації приймаємо 158% [44].

5. Єдиний соціальний внесок (відрахування на соціальні заходи) визначається за формулою:

$$B_{\text{соц}} = \frac{H_{\text{соц}} \times (B_{\text{осн.з.п}} + B_{\text{дод.з.п}})}{100\%}, \quad (4.7)$$

де $B_{\text{дод.з.п}}$ – витрати на заробітну плату виробничих робочих відповідно, основну та додаткову, грн..

$H_{\text{соц}}$ – ставка єдиного соціального внеску, $H_{\text{соц}} = 22\%$ [44].

6. Загальновиробничі витрати визначаються за формулою:

$$B_{\text{з.в}} = \frac{H_{\text{з.в}} \times B_{\text{осн.з.п}}}{100\%}, \quad (4.8)$$

де $H_{\text{з.в}}$ – норматив загальновиробничих витрат у відсотках до фонду основної заробітної плати виробничих робітників, за фактичними даними експлуатації приймаємо 184% [44].

Проміжні результати за статтями калькуляції та розрахунок виробничої собівартості виготовлення знімного модуля наведено в таблицях 4.1 – 4.6.

Таблиця 4.1 – Розрахунок витрат на матеріали для виготовлення знімного модуля

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрата на знімний модуль, од.	Сума витрат на знімний модуль, грн.
1. Труба 150x100	654,0	12,6	8213,0
2. Труба 80x40x5	91,28	15,5	1410,76
3. Труба 20x10x3	392,95	6,2	2436,3
4. Лист сталевий, 10мм(1x2)	1004,0	23,0	23012
5. Фітинги	3247,5	8	25980
6. Електроди	250	10	2500
Разом			63552,1

Витрати на електроенергію на технологічні цілі складають 180,4 грн. Розрахунок проведено при вартості 1 кВт електроенергії – 9,56 грн.

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на основну заробітну плату виробничих робочих для виготовлення знімного модуля

Вид робіт	Розряд роботи	Годинна тарифна ставка, грн.	Трудовісткість, люд-год.	Сума витрат на знімний модуль, грн.
1. Слюсар (1 чол.)	V	51,38	4,8	246,6
2. Зварювальник (1 чол.)	V	55,02	7,2	396,1
Разом				642,7

Витрати на додаткову заробітну плату виробничих робочих складають 1015,5 грн.

Єдиний соціальний внесок (відрахування на соціальні заходи) складає 364,8 грн.

Загальновиробничі витрати складають 3051,1 грн.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Виробнича собівартість виготовлення знімного модуля

Стаття витрат	Сума витрат, грн.
1. Матеріали	63552,1
2. Електроенергія на технологічні цілі	180,4
3. Витрати на основну заробітну плату	642,7
4. Витрати на додаткову заробітну плату та інші заохочувальні заходи	1015,5
5. Відрахування на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок)	364,8
6. Загальновиробничі витрати	3051,1
Виробнича собівартість	68806,6

Одноразові витрати на обладнання одного вагона знімним модулем складають $K_{од} = 68806,6$ грн.

Одноразові витрати на обладнання річної кількості вагонів знімним модулем розраховуються за формулою:

$$K_{парк} = K_{од} \times n_{ваг}, \quad (4.9)$$

де $n_{ваг}$ – річна кількість вагонів, який підлягає облаштуванню знімним модулем.

Одноразові витрати на виробництво та оснащення вагонів знімним модулем (200 вагонів) складають:

$$K_{парк} = \frac{68806,6 \times 200}{1000} = 13760 \text{ тис. грн.}$$

Будемо вважати, що результатом модернізації є зменшення випадків пошкодження кузова вагона.

Собівартість деповського ремонту вагона з нормальним зносом кузова складає:

$$C_{\text{др}}^{\text{норм}} = 73600 \text{ грн.}$$

Собівартість деповського ремонту вагона з підвищеним зносом кузова внаслідок значних пошкоджень технікою, що в ньому перевозиться складає:

$$C_{\text{др}}^{\text{підв}} = 112000 \text{ грн.}$$

Економія поточних витрат на деповський ремонт одного вагона складає:

$$\Delta C_{\text{др}} = 112000 - 73600 = 38400 \text{ грн.}$$

Річна економія поточних витрат на деповський ремонт 200 вагонів розраховується за формулою:

$$\Delta B_{\text{др}} = 200 \times 38400 = 7680 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунку складових економічного ефекту від розробки, виробництва та використання знімного модуля заносимо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Складові економічного ефекту від розробки, виробництва та використання нового варіанту піввагона

Найменування витрат	Сума, тис. грн.
1. Одноразові витрати на виробництво та оснащення вагонів знімним модулем (200 вагонів)	13760
2. Річна економія поточних витрат на деповський ремонт вагонів (200 вагонів)	7680

Економічний ефект від впровадження в експлуатацію знімного модуля вагонів розрахуємо в табличній формі (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Розрахунок економічного ефекту від впровадження в експлуатацію нового варіанта піввагонів

Рік розрахункового періоду	Одноразові витрати, тис. грн.	Річна економія поточних витрат, тис. грн.	Економічний ефект, тис. грн.	Коефіцієнт дисконтування	Економічний ефект з урахуванням дисконтування, тис. грн.	Теж наростаючим підсумком, тис. грн.
1	2	3	4	5	6	7
2027	13760	-	- 13760	1,0	- 13760	- 13760
2028	-	7680	7680	0,76	5836,8	- 7923,2
2029	-	7680	7680	0,57	4377,6	- 3545,6
2030	-	7680	7680	0,43	3302,4	- 243,2
2031	-	7680	7680	0,33	2534,4	2291,2
2032	-	7680	7680	0,25	1920	4211,2
2033	-	7680	7680	0,19	1459,2	5670,4
2034	-	7680	7680	0,14	1075,2	6745,6
2035	-	7680	7680	0,11	844,8	7590,4
2036	-	7680	7680	0,08	614,4	8204,8
Разом	13760	69120	55360		8204,8	9241,6

Висновки до розділу 4

1. Наведено коротку характеристику запропонованого заходу – виготовлення знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагонах. Прогнозується, що економічний ефект буде досягнуто за рахунок скорочення витрат на ремонт напіввагонів.

2. Висвітлено методику визначення економічного ефекту від виготовлення знімного модуля. Визначено виробничу собівартість виготовлення знімного модуля, яка включає витрати на заробітну плату, відрахування на соціальні заходи, матеріали, електроенергію, загальновиробничі витрати і складає 68,8 тис. грн.

3. Проведено розрахунок економічної ефективності від використання знімного модуля. Встановлено, що використання знімного модуля є економічно доцільним. Економічний ефект наростаючий підсумком в останній рік розрахункового періоду складе 8204,8 тис. грн. Період повернення одноразових витрат складає 4 роки.

Загальні висновки по роботі

1. Проведено аналіз конструкційних особливостей напіввагонів, які виготовляються провідними українськими вагонобудівними підприємствами. Проаналізовано особливості застосування вагонів для перевезень гусеничної техніки залізницею на прикладі вагонів-платформ. Розглянуто основні технічні засоби закріплення гусеничної техніки, а також схему її закріплення на вагоні-платформі.

Проаналізовано основні наукові публікацій в яких висвітлюються питання перевезень різних типів вантажів у напіввагонах. Встановлено, що при цьому не приділялося уваги питанням перевезень гусеничної техніки в напіввагонах.

Проведений аналіз патентної документації щодо удосконалень несучих конструкцій напіввагонів з метою можливості їх залучення до перевезень гусеничної техніки, також виявив пробіл в даних дослідженнях. Така обставина викликає необхідність проведення відповідних досліджень в зазначеному напрямку.

2. Досліджено навантаженість несучої конструкції напіввагона при перевезенні в ньому гусеничної техніки. Визначення динамічного навантаження, яке діє на напіввагон при експлуатаційних режимах навантаження, здійснено математичним моделюванням. При цьому максимальне значення прискорення, яке діє на несучу конструкцію напіввагона склало близько 25 м/с^2 . Отримана величина прискорення врахована при розрахунках на міцність несучої конструкції напіввагона.

Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції кузова напіввагона. При цьому застосовано метод скінчених елементів. Встановлено, що максимальні напруження виникають в зонах встановлення кріпильних скоб і складають $298,4 \text{ МПа}$. Ці напруження майже на 30% перевищують допустимі. Максимальні переміщення в несучій конструкції напіввагона зафіксовано також в зонах розміщення кріпильних скоб з протилежного за ходом руху напрямку і склали близько $6,4 \text{ мм}$.

3. Проведено наукове-обґрунтування застосування напіввагонів до перевезень гусеничної техніки. Для кріплення гусеничної техніки в напіввагонах запропоновано концепт знімного модуля. Визначення профілю виконання знімного модуля здійснено за величиною повздовжніх сил, які виникають в ньому.

На підставі проведених розрахунків встановлено, що міцність знімного модуля при розглянутих схемах експлуатаційних навантажень забезпечується. Для випадку дії на знімний модуль статичних навантажень максимальні напруження в його конструкції склали 98,4 МПа, що нижче за допустимі на 53,1%. При цьому максимальні переміщення склали 2,1 мм та зафіксовані в вузлах закріплення.

Для випадку дії на знімний модуль динамічних навантажень максимальні напруження в конструкції знімного модуля склали 168,4 МПа та є меншими за допустимі на 19,8%. При цьому максимальні переміщення також виникають в зонах закріплення ГТО з протилежного за ходом руху боку знімного модуля і складають 2,6 мм.

Проведено математичне моделювання вертикальної навантаженості напіввагона, завантаженого гусеничною технікою. При цьому оцінку ходу руху напіввагона проведено за прискореннями, які діють в його центрі мас. У відповідності до цього хід руху напіввагона оцінюється як “відмінний”.

Розраховано на міцність несучу конструкцію напіввагона із урахуванням перевезення в ньому гусеничної техніки. Встановлено, що максимальні напруження в його конструкції складають 171,2 МПа, однак отримані напруження менші за допустимі на 18,5%.

4. Проведено техніко-економічне обґрунтування від впровадження знімного модуля для кріплення гусеничної техніки в напіввагонах. Встановлено, що використання знімного модуля є економічно доцільним. Економічний ефект наростаючий підсумком в останній рік розрахункового періоду складе 8204,8 тис. грн. Період повернення одноразових витрат складає 4 роки.

Результати роботи доповідалися в рамках 85 студентської науково-технічної конференції, яка проходила на базі УкрДУЗТ 10 – 11 грудня 2025 р., де отримали схвалення [45].

Список використаних джерел

1. V. Shaposhnyk, O. Shykunov, A. Reidemeister, M. Leontii, O. Potapenko. Determining the possibility of using removable equipment for transporting 20- and 40-feet-long containers on an universal platform wagon. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 1(7 (109)). P. 14–21. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225090
2. A. Reidemeister, L. Muradian, V. Shaposhnyk, O. Shykunov, O. Kyryl'chuk, V. Kalashnyk. Improvement of the open wagon for cargoes which implyloading with a “hat”. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 985, 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012034>
3. Juraj Gerlici, Alyona Lovska, Glib Vatulia, Mykhailo Pavliuchenkov, Oleksandr Kravchenko, Sebastian Solcansky. Situational adaptation of the open wagon body to container transportation. *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13(15), 8605. <https://doi.org/10.3390/app13158605>
4. Чепурной А. Д., Литвиненко А. В., Шейченко Р. И., Граборов Р. В., Чубань М. А. Ходовые прочностные и динамические испытания вагона-платформы. *Вісник НТУ "ХПІ"*. 2015. – 31 (1140). – С. 111 – 128.
5. Divya Priya G., Swarnakumari A. Modeling and analysis of twenty tonne heavy duty trolley. *Intern. J. of Innovative Technology and Research*. 2014. Vol. 2, No. 6. – P. 1568– 1580.
6. Wiesław Krason, Tadeusz Niezgoda, Michał Stankiewicz. Innovative Project of Prototype Railway Wagon and Intermodal Transport System. *Transportation Research Procedia*. – 2016. – Vol. 14. P. 615 – 624.
7. O. H. Reidemeister , V. O. Kalashnyk, O. A. Shykunov. Modernization as a way to improve the use of universal cars. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, 2016, № 2 (62). – С. 148 – 156.

8. RU 2756738 C1. Погрузочное устройство. Ли Чжу, Дун Чжиган, Сунь Юншэн. 04.10.21. Бюл. 28.

9. Патент RU 177439 U1. Устройство для крепления контейнеров. Роман Александрович Савушкин Кирилл Вальтерович Кяк Александр Сергеевич Кононенко Александр Викторович Владимиров Даниил Алексеевич Ляленко. 21.02.2018 Бюл. № 6.

10. Zhongbin Zhao, Xifu Wang, Suxin Cheng, Wei Liu, Lijun Jiang. A New Synchronous Handling Technology of Double Stake Container Trains in Sea-Rail Intermodal Terminals. Sustainability. 2022. Vol. 14, 11254. <https://doi.org/10.3390/su141811254>

11. Laaers L04A | 2×2-axle wagon, Series Laadgrs – open flat car carrier and container twin wagon. <https://www.greenbrier-europe.com/2022/10/08/laaers-l04a-2x2-axle-wagon-series-laadgrs-open-flat-car-carrier-and-container-twin-wagon/>

12. Lovska A., Fomin O., Chechet A., Soloviova O. Determining the features of loading the improved bearing structure of a platform wagon for the transportation of military equipment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. №3/7(105). P. 20 – 26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203245>

13. Рама піввагона з вентиляційним отвором в шворневій балці: пат. 77215 Україна: МПК В61F 1/02 (2006.01). № u201206513; заявл. 29.05.2012; опубл. 11.02.2013, бюл. №3.

14. Рама піввагона: пат. 61133 Україна: МПК (2011.01): В61F 1/00, В61F 1/02 (2006.01). № u201015014; заявл. 13.12.2010; опубл. 11.07.2011, бюл. №13.

15. Рама піввагона з вентиляційним отвором в шворневій балці: пат. 77215 Україна: МПК В61F 1/02 (2006.01). № u201206513; заявл. 29.05.2012; опубл. 11.02.2013, бюл. №3.

16. Рама суцільнометалевого вантажного вагона: пат. 94038 Україна: МПК В61F 1/02 (2006.01). № u201405190; заявл. 16.05.2014; опубл. 27.10.2014, бюл. №20.

17. Рама кузова вантажного вагона: пат. 127720 Україна: МПК В61F 1/02 (2006.01), В61F 1/10 (2006.01). № u201709742; заявл. 06.10.2017; опубл. 27.08.2018, бюл. №16.

18. Рама кузова піввагона: пат. 128286 Україна: МПК В61F 1/00. № u201803343; заявл. 30.03.2018; опубл. 10.09.2018, бюл. №17.

19. Рама універсального піввагона з люками в підлозі кузова: пат. 34367 Україна: МПК В61D 17/00. № u200802743; заявл. 03.03.2008; опубл. 11.08.2008, бюл. №15.

20. Рама суцільнометалевого вантажного вагона: пат. 45354 Російська Федерація: МПК В61F 1/02 (2006.01). № RU187694U1; заявл. 06.12.2018; опубл. 14.03.2019.

21. Рама вагона: пат. 2116920 Російська Федерація: МПК В61F1/02. Заявл. 05.06.1996; опубл. 10.08.1998.

22. Рама вагона-цистерни: пат. 2081017 Російська Федерація: МПК В61F1/02. Заявл. 21.10.1994; опубл. 10.06.1997.

23. Піввагон із алюмінієвих сплавів: 2345918 Російська Федерація: МПК В61D17/00, В61F1/00, В61D3/00. Заявл. 06.07.2007; опубл. 10.02.2009.

24. Залізничний піввагон: пат. 89330 Україна: МПК В61D 3/08 (2006.01), В61D 3/04 (2006.01), В61F 1/00, В61D 17/00, E06C 5/00 . № a200813255; заявл. 17.11.2008; опубл. 11.01.2010, бюл. №1.

25. Залізничний піввагон універсальний: пат. 99052 Україна: МПК В61D 3/00, В61D 17/04 (2006.01), В61F 1/00. № a201104152; заявл. 06.04.2011; опубл. 10.07.2012, бюл. №13.

26. Залізничний вагон-платформа: пат. 112239 Україна: МПК В61D 3/00, В61F 1/02 (2006.01), В61F 1/00, В61F 1/08 (2006.01). № a201501317; заявл. 17.02.2015; опубл. 10.08.2016, бюл. №15.

27. Піввагон: пат. 111112 Україна: МПК В61D 3/00, В61F 1/02 (2006.01), В61D 17/04 (2006.01), В61D 17/06 (2006.01), В61D 17/08 (2006.01). № a201409649; заявл. 03.09.2014; опубл. 25.03.2016, бюл. №6.

28. Піввагон з глухим кузовом: пат. 122775 Україна: МПК В61D 3/00, В61F 1/02 (2006.01), В61F 1/08 (2006.01), В61D 17/04 (2006.01), В61D 17/06 (2006.01), В61D 17/08 (2006.01). № a201702702; заявл. 23.03.2017; опубл. 06.01.2021, бюл. №1.

29. Піввагон глухонний: пат. 130258 Україна: МПК В61D 3/00. № u201807212; заявл. 26.06.2018; опубл. 26.11.2018, бюл. №22.

30. Піввагон зі складовими типу "сендвіч": пат. 145833 Україна: МПК В61D 3/00. № u202004427; заявл. 16.07.2020; опубл. 06.01.2021, бюл. №1.

31. Довгобазний вагон-платформа з пружними елементами в несучій конструкції: пат. 146847 Україна: МПК В61D 3/00. № u202007247; заявл. 13.11.2020; опубл. 24.03.2021, бюл. №12.

32. Вагон-хопер для мінеральних добрив з пружними елементами в несучій конструкції: пат. 148121 Україна: МПК В61D 7/00. № u202100204; заявл. 20.01.2021; опубл. 07.07.2021, бюл. №27.

33. Піввагон глухонний: пат. 111317 Україна: МПК В61D 3/00, В61D 3/16 (2006.01), В61D 17/00, В61D 17/08 (2006.01), В61F 1/02 (2006.01), В61F 1/08 (2006.01), В61F 1/00. № a201509004; заявл. 18.09.2015; опубл. 10.11.2016, бюл. №21.

34. Залізничний вагон-хопер відкритого типу: пат. 118389 Україна: МПК В61D 7/00, В61F 1/10 (2006.01), В61F 1/02 (2006.01). № a201701810; заявл. 27.02.2017; опубл. 10.08.2017, бюл. №15.

35. Вагон-платформа для перевезення контейнерів: пат. 134913 Україна: МПК В61D 3/08 (2006.01), В61D 3/20 (2006.01). № u201813016; заявл. 28.12.2018; опубл. 10.06.2019, бюл. №11.

36. 8-вісний піввагон: пат. 146775 Україна: МПК В61D 3/00. № u202006036; заявл. 21.09.2020; опубл. 17.03.2021, бюл. №11.

37. Критий вагон-хопер для перевезення цементу: пат. 146774 Україна: МПК В61D 3/00, В61D 3/18 (2006.01). № u202006035; заявл. 21.09.2020; опубл. 17.03.2021, бюл. №11.

38. Спосіб підвищення втомної міцності несучої конструкції довгобазного вагона-платформи: пат. 148108 Україна: МПК В61D 3/00. № u202007248; заявл. 13.11.2020; опубл. 07.07.2021, бюл. №27.

39. Вагон-цистерна: пат. 118481 Україна: МПК В61D 17/04 (2006.01), В61D 17/08 (2006.01), В61D 17/10 (2006.01), В61D 17/12 (2006.01), В61F 1/00. № a201700044; заявл. 03.01.2017; опубл. 25.01.2019, бюл. №15.

40. Контейнер-цистерна: пат. 119563 Україна: МПК B65D 88/12 (2006.01), B65D 90/20 (2006.01), B61D 3/00, B61D 5/00. № а201700025; заявл. 03.01.2017; опубл. 10.07.2019, бюл. №13.

41. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

42. Богач І. В., Краковецький О. Ю., Килик Л. В. Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь засобами MathCad: Навчальний посібник. Вінниця, 2020. 106 с.

43. Соболенко О. В., Петречук Л. М., Іващенко Ю. С., Єгорцева Є. Є. Методи рішення математичних задач у середовищі Mathcad: Навчальний посібник з дисципліни "Інформатика і системологія". Дніпро, 2020. 60 с.

44. Балака Є. І., Зоріна О. І., Писаревський І. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навчальний посібник. Х.: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.

45. Єрмаков М. М. Ситуаційна адаптація напіввагонів до перевезень гусеничної техніки. Тези 85 студентської науково-технічної конференції УкрДУЗТ, 10 – 11 грудня 2025 р., м. Харків. С. 145 – 146.

Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

Єрмаков

Автор

Єрмаков Михайло Миколайович

Науковий керівник / Експерт

Ловська А. О.

ІД документу

334258658

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

Ukrainian State University of Railway Transport

Підрозділ

Кафедра "Інженерія вагонів та якість продукції"

ЗВІТ

Дата звіту

2026-06-11

Дата редагування

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

**4119**

Кількість слів

31678

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі відображаються ознаки МОЖЛИВИХ текстових маніпуляцій, які можуть впливати на результати аналізу подібності. Деякі зміни можуть бути непомітними під час читання документа, але впливати на результати перевірки. Оцініть, чи є такі зміни навмисними. У разі виникнення запитань зверніться до служби підтримки.

Заміна букв		0
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		28

Джерела

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

#	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Ловська АО_стаття ПІБ 4/17/2024	185 (4.49 %)

Publishing House "Helvetica" (Видавничий дім "Гельветика")

2	Ловська АО_стаття ПІБ 4/17/2024 Publishing House "Helvetica" (Видавничий дім "Гельветика")	95 (2.31 %)
3	Dis 2/24/2025 Ukrainian State University of Railway Transport (Ukrainian State University of Railway Transport)	86 (2.09 %)
4	https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/sekcija-6.pdf	48 (1.17 %)
5	Ловська АО_стаття ПІБ 4/17/2024 Publishing House "Helvetica" (Видавничий дім "Гельветика")	21 (0.51 %)
6	http://www.yurii.ru/ref11/rl-1997563.php	20 (0.49 %)
7	https://studfile.net/preview/2912280/page:2/	20 (0.49 %)
8	https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7deff4f3-6630-4227-ac9c-449ed40606fe/content	20 (0.49 %)
9	https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7deff4f3-6630-4227-ac9c-449ed40606fe/content	17 (0.41 %)
10	https://www.kvsz.com/index.php/ua/produktsiya/vantazhne-vagonobuduvannya/napivvagoni/item/1939-napivvahon-mod-12-7023-12-7023-01-y-12-7023-02	17 (0.41 %)

База даних RefBooks

#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
Домашня база даних (2.09 %)		
#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)

1	Dis 2/24/2025 Ukrainian State University of Railway Transport (Ukrainian State University of Railway Transport)	86 (1) (2.09 %)
---	---	-----------------

Програма обміну базами даних (8.3 %)

#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
2	Ловська АО_стаття ПІБ 4/17/2024 Publishing House "Helvetica" (Видавничий дім "Гельветика")	332 (8) (8.06 %)
3	Визначення динамічної навантаженості та міцності несучої конструкції критого вагона при веденні з нього вогняної дії 3/31/2023 Publisher House "Technology Center" (PC TECHNOLOGY CENTER)	10 (1) (0.24 %)

Інтернет (9.59 %)

#	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
4	https://pktbdiit.wordpress.com/нолуваронны/	90 (9) (2.18 %)

5	https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/06/sekcija-6.pdf	77 (5) (1.87 %)
6	https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/7deff4f3-6630-4227-ac9c-449ed40606fe/content	68 (6) (1.65 %)
7	http://www.yurii.ru/ref11/rl-1997563.php	48 (4) (1.17 %)
8	https://www.kvsz.com/index.php/ua/produksiya/vantazhne-vagonobuduvannya/napivvagoni/item/1939-napivvahon-mod-12-7023-12-7023-01-y-12-7023-02	33 (3) (0.8 %)
9	https://studfile.net/preview/2912280/page:2/	33 (2) (0.8 %)
10	https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a8e32469-4a9e-48a6-8a3e-359b10f8576d/content	24 (3) (0.58 %)
11	https://www.kvsz.com/index.php/ua/produksiya/vantazhne-vagonobuduvannya/napivvagoni/item/1938-napivvahon-mod-12-7039	17 (2) (0.41 %)
12	https://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2024/2_2024/45.pdf	5 (1) (0.12 %)



Список прийнятих фрагментів

#	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
---	-------	---------------------------------------