

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ
ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ УНІВЕРСАЛЬНИХ НАПІВВАГОНІВ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКР.12532. 05. 00 ПЗ

Виконав: магістрант групи 222-ВВГ-Д24
спеціальності 273 "Залізничний транспорт"
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



Віталій ПУТРЕНКО

Керівник: доцент, к-т техн. наук



Вадим ШОВКУН

Рецензент: доцент кафедри ЕРРС

УкрДУЗТ, к-т техн. наук

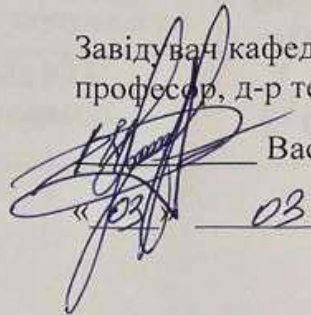
Олександр ОБОЗНИЙ

Факультет механіко-енергетичний
Кафедра інженерії вагонів та якості продукції
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

Василь РАВЛЮК



03 2026р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Путренку Віталію Вікторович

1 Тема: «Дослідження та обґрунтування раціональних технічних параметрів універсальних напіввагонів»

Керівник: Шовкун Вадим Олександрович, доцент, к.т.н.

затверджені розпорядженням по механіко-енергетичному факультету №9 від «24» лютого 2026 року

2 Строк подання студентом закінченої роботи «10» червня 2026 року

3 Вихідні дані: Аналіз технічного стану вантажного парку вагонів АТ «Укрзалізниця»

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1 Аналіз сучасного парку вагонів

2 Конструкція напіввагону моделі 12-532

3 Розрахунок сил, що діють на напіввагон

4 Дослідження на міцність рами та кузова напіввагона від дії сил, що виникають під час експлуатації вагону

5 Аналіз та метод розрахунку залишкового ресурсу на піввагону

6 Визначення економічного ефекту

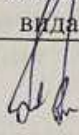
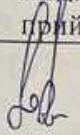
5 Перелік графічного матеріалу: Презентація 16 слайдів.

Структура дослідження

Інфографіка дослідної частини

Висновки

5 Консультанти окремих розділів

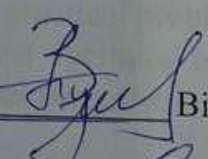
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування	Калабухін Ю.Є. Д.т.н, професор		

6 Дата видачі завдання «24 лютого 2026р.»

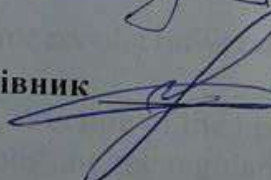
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Аналіз матеріалу	24.02.2026- 28.02.2026	Викон.
Розробка основних розділів пояснювальної записки	28.02.2026- 09.03.2026	Викон.
Розробка графічного матеріалу роботи	09.03.2026- 22.03.2026	Викон.
Розробка дослідного розділу	22.03.2026- 10.04.2026	Викон.
Розробка економічної частини проекту	10.05.2026- 22.05.2026	Викон.
Підписання роботи	01.06.2026	Викон.

Студент

 Віталій ПУТРЕНКО

Керівник

 Вадим ШОВКУН

АНОТАЦІЯ

В.В. Путренко. Кваліфікаційна магістерська робота другого (магістерського) рівня вищої освіти на тему: «Дослідження та обґрунтування раціональних технічних параметрів універсальних напіввагонів» включає в себе 16 слайдів презентації, 82 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 29 рисунків, 12 таблиць, 18 літературних джерел.

Ключові слова: ВАНТАЖНІ ВАГони, ХОДОВІ ЧАСТИНИ, НАДІЙНІСТЬ, ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА, КУЗОВ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА, РЕМОНТ..

Метою даної роботи є вирішення науково-практичної задачі, пов'язаної з підвищенням ефективності використання вантажних напіввагонів шляхом дослідження напружено-деформованого стану їхніх несучих конструкцій та оцінювання залишкового ресурсу після тривалої експлуатації.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації універсального вантажного напіввагона в умовах дії експлуатаційних навантажень.

Предметом дослідження є несуча конструкція кузова напіввагона.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану кузова напіввагона залежно від ступеня експлуатаційного зносу несучих елементів та оцінюванні можливості продовження строку його служби після виконання відновлювальних ремонтів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розроблених підходів для прогнозування технічного стану вантажних вагонів, визначення раціональних термінів проведення ремонтів та прийняття обґрунтованих рішень щодо продовження строку їхньої експлуатації.

ANNOTATION

V.V. Putrenko. The Master's Qualification Thesis for the second (Master's) level of higher education entitled "**Research and Substantiation of Rational Technical Parameters of Universal Open-Top Freight Cars**" consists of **16 presentation slides** and an **82-page explanatory report (A4 format)**, including **29 figures, 12 tables, and 18 references**.

Keywords: FREIGHT CARS, RUNNING GEAR, RELIABILITY, TECHNICAL DIAGNOSTICS, FREIGHT CAR BODY, REPAIR.

The purpose of this thesis is to solve a scientific and practical problem related to improving the efficiency of universal open-top freight car operation by investigating the stress-strain state of their load-bearing structures and assessing their residual service life after long-term operation.

The object of the research is the operational process of a universal open-top freight car under service loading conditions.

The subject of the research is the load-bearing structure of the open-top freight car body.

The scientific novelty of the study lies in establishing the regularities of changes in the stress-strain state of the open-top freight car body depending on the degree of operational wear of its load-bearing elements, as well as in assessing the feasibility of extending its service life after restoration repairs.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility of applying the developed approaches to predict the technical condition of freight cars, determine rational maintenance and repair intervals, and make well-grounded decisions regarding the extension of their service life.

Зміст

Вступ	7
1 Аналіз сучасного парку вагонів	9
1.1 Актуальність дослідження	9
1.2 Парк вантажних вагонів Укрзалізниці	10
1.3 Система технічного обслуговування вантажних вагонів	17
2. Конструкція напіввагону моделі 12-532	23
2.1 Напіввагон моделі 12-532	24
2.2 Опис і робота складових частин	23
2.2.1 Кузов напіввагону	24
2.2.2 Рама напіввагону	25
2.2.3 Пристрій люкове для розвантажування	26
3. Розрахунок сил, що діють на вагон	29
3.1 Вертикальні навантаження	30
3.1.1 Сила ваги бруто кузова	30
3.1.2 Вертикальне динамічне навантаження, що виникає при коливаннях вагона на ресорах, і взаємодії вагонів при русі поїзда і маневровій роботі	31
3.1.3 Коефіцієнт вертикальної динаміки	32
3.1.4 Вертикальна добавка від повздовжньої сили інерції кузова	34
3.2 Поздовжні навантаження	35
3.3. Бічні навантаження	36

					МКР.12532. 05. 00 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Відп.	Дата	Дослідження та обґрунтування раціональних технічних параметрів універсальних напіввагонів				Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Путренко											
Перев.	Шовкун			4.06							5	81
Н. контр.	Рибін			12.02								
Затв.	Равлюк			08.05					УкрДУЗТ			

3.3.1 Відцентрована сила	37
3.3.2 Поперечні сила взаємодії між вагонами	37
3.4 Самоврівноважуючі навантаження	40
4 Дослідження на міцність рами та кузова напіввагона від дії сил, що виникають під час експлуатації вагона	43
4.1 Визначення розрахункової схеми кузова напіввагону	43
4.2 Перший розрахунковий режим	45
4.3 Третій розрахунковий режим	50
4.4 Висновки за розрахунками напіввагона	54
5 Аналіз методів розрахунку залишкового ресурсу напіввагону	55
6 Техніко-економічне обґрунтування капітально-відновлюваного ремонту напіввагона.	69
6.1 Коротка характеристика запропонованого заходу	69
6.2 Методика визначення економічного ефекту	69
6.3 Розрахунок економічного ефекту від капітально-відновлюваного ремонту напіввагону моделі 12-532	71
Висновки	78
Список використаних джерел	80

					МКР. 12532. 05. 00 ПЗ	Арк
						6
Зм	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Залізничний транспорт є однією з найважливіших складових транспортної системи України та відіграє визначальну роль у забезпеченні сталого функціонування національної економіки. Ефективність роботи промислових підприємств, аграрного сектору, будівельної галузі та зовнішньоекономічної діяльності значною мірою залежить від можливості своєчасного та безперебійного перевезення сировини, матеріалів і готової продукції. Саме тому розвиток та підтримання належного технічного стану залізничного транспорту є одним із пріоритетних напрямів забезпечення економічної безпеки держави.

Серед усіх видів транспорту залізниці традиційно займають провідне місце за обсягами вантажних перевезень. Це пояснюється їхньою високою провізною спроможністю, економічною ефективністю, можливістю перевезення масових вантажів на значні відстані та відносно низькими експлуатаційними витратами. В умовах зростання обсягів перевезень особливого значення набуває питання забезпечення надійності рухомого складу, насамперед вантажних вагонів, які є основним засобом транспортування продукції різних галузей промисловості.

Одним із найбільш поширених типів вантажних вагонів є універсальний напіввагон. Завдяки особливостям своєї конструкції він широко застосовується для перевезення сипких, навалочних та штучних вантажів. Значна частка парку вантажних вагонів України представлена саме напіввагонами різних моделей та років випуску. Тривала експлуатація цих вагонів в умовах дії змінних навантажень, впливу атмосферних факторів, корозійних процесів та механічних пошкоджень призводить до поступового погіршення технічного стану їхніх несучих конструкцій.

Сучасний стан вагонного парку характеризується значним фізичним та моральним зносом. Значна кількість напіввагонів була виготовлена ще наприкінці минулого століття та на сьогодні наблизилася до граничних строків експлуатації або вже перевищила їх. При цьому оновлення парку відбувається недостатніми темпами через високу вартість виготовлення нових вагонів та обмежені фінансові можливості операторів рухомого складу. У результаті значна кількість вагонів продовжує експлуатуватися після проведення капітальних і відновлювальних ремонтів.

Експлуатація вагонів із тривалим строком служби потребує об'єктивної оцінки їхнього фактичного технічного стану. Особливо це стосується несучих елементів кузова, які сприймають основні статичні та динамічні навантаження під час руху поїзда, виконання маневрових операцій, навантаження та розвантаження. У процесі тривалої експлуатації в конструкції виникають залишкові деформації, локальні пошкодження, втомні тріщини та корозійне зношування, які можуть істотно впливати на міцність і довговічність кузова.

Одним із найважливіших напрямів сучасних досліджень у галузі вагонобудування є визначення залишкового ресурсу несучих конструкцій вантажних вагонів. Під залишковим ресурсом розуміють можливість безпечної експлуатації конструкції протягом певного часу після досягнення нормативного строку служби за умови забезпечення необхідних показників міцності, жорсткості та надійності. Визначення цього показника дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо продовження терміну експлуатації вагонів, планування ремонтних заходів та оптимізації витрат на утримання рухомого складу.

Для оцінювання технічного стану несучих конструкцій широко застосовуються сучасні методи математичного та комп'ютерного моделювання. Особливе місце серед них займає метод скінченних елементів, який дозволяє з високою точністю визначати напружено-деформований стан складних просторових конструкцій. Використання скінченно-елементних моделей дає можливість до-

сліджувати розподіл напружень і деформацій у різних елементах кузова, виявляти зони концентрації напружень та прогнозувати можливі місця виникнення пошкоджень.

Аналіз результатів попередніх досліджень свідчить, що найбільш навантаженими елементами несучої конструкції напіввагонів є хребтова балка, шворневі вузли, кінцеві балки, нижня обв'язка кузова та зони кріплення розвантажувальних пристроїв. Саме в цих місцях найчастіше спостерігаються процеси накопичення пошкоджень, які можуть призводити до зниження експлуатаційної надійності вагонів. Разом із тим питання впливу експлуатаційного зносу на міцність кузовів та можливість подальшого використання вагонів після проведення ремонтних робіт потребують додаткового дослідження.

У зв'язку з цим актуальним науково-практичним завданням є проведення комплексного дослідження напружено-деформованого стану кузова напіввагона з урахуванням експлуатаційних пошкоджень та зносу окремих елементів конструкції. Результати таких досліджень можуть бути використані для підвищення ефективності експлуатації вагонного парку, удосконалення технологій ремонту та обґрунтування можливості продовження терміну служби вагонів.

Метою даної роботи є вирішення науково-практичної задачі, пов'язаної з підвищенням ефективності використання вантажних напіввагонів шляхом дослідження напружено-деформованого стану їхніх несучих конструкцій та оцінювання залишкового ресурсу після тривалої експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасного стану парку вантажних напіввагонів та умов їх експлуатації;
- дослідити характерні пошкодження та причини виходу з ладу несучих елементів кузова;
- визначити найбільш навантажені ділянки конструкції, схильні до розвитку дефектів;

- встановити вплив експлуатаційного зносу на міцність кузова напіввагона;
- розробити просторову скінченно-елементну модель кузова для проведення розрахунків напружено-деформованого стану;
- виконати оцінювання залишкового ресурсу конструкції та визначити можливість подальшої експлуатації вагона.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації універсального вантажного напіввагона в умовах дії експлуатаційних навантажень.

Предметом дослідження є несуча конструкція кузова напіввагона.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану кузова напіввагона залежно від ступеня експлуатаційного зносу несучих елементів та оцінюванні можливості продовження строку його служби після виконання відновлювальних ремонтів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розроблених підходів для прогнозування технічного стану вантажних вагонів, визначення раціональних термінів проведення ремонтів та прийняття обґрунтованих рішень щодо продовження строку їхньої експлуатації.

1 Аналіз сучасного парку вагонів

1.1 Актуальність дослідження

Сучасний етап розвитку парку вантажних вагонів залізниці України переживає складний період роботи під час воєнних дій. Позитивні тенденції, які ми сьогодні спостерігаємо в об'ємах перевезень на Європейський ринок, затримуються старінням вагонного парку - багато вагонів вже вимушено працюють за межами свого нормативного терміну служби, а їх поповнення ведеться недостатніми темпами.

Розвиток методів розрахунку, технічного діагностування і експериментальних досліджень, що базуються на сучасних програмно-технічних засобах ЕОМ, а також, збільшення об'ємів статистичної інформації по випробуваннях і експлуатації, дозволяють нині виготовляти піввагони з раціональними техніко-економічними параметрами. Залишковий ресурс нових конструкцій дає можливість експлуатувати вагони лише до досягнення ними строго обгрунтованого нормативного терміну служби. До моменту закінчення цього терміну піввагони практично вичерпують свій залишковий ресурс.

Метою дипломного проєкту є висвітлення дослідження несучих конструкцій напіввагона, визначення характеристик міцності його несучих конструкцій, їх залишкового ресурсу та можливість подовження строку експлуатації напіввагону. Для досягнення поставленої мети було визначено та вирішено такі задачі, як: вибір дослідного зразка вагона та аналіз його технічного стану; визначення швидкості корозії несучих елементів конструкції вагона. Під час проведення технічного діагностування вагона особлива увага приділялась несучим елементам конструкції, а саме хребтовій і шворневій балкам та місцям їх з'єднання.

1.2 Парк вантажних вагонів Укрзалізниці

Для нормальної діяльності залізничного транспорту необхідні відповідний розвиток та взаємозв'язок усіх його галузей. Вагонне господарство є однією із головних галузей залізничного транспорту. А основою цього господарства, безперечно, є вагонний парк- сукупність всіх вагонів.

Вагоном називається одиниця залізничного рухомого складу, що призначена для перевезень вантажів. Хоча вагонний парк складається із великої кількості різних вагонів, кожен вагон має загальні основні функціональні частини (вузли). До них відносять кузов, ходові частини, автозчепний пристрій і гальмівне обладнання.

Кузов- основна частина вагона, яка опирається на ходові частини (візки) і призначена для розміщення вантажу чи пасажирів з багажем. У більшості вагонів нижньою частиною кузова є рама. Це головний несівний елемент конструкції, що сприймає визначальні навантаження та забезпечує міцність і експлуатаційну надійність вагону в цілому. Рама виготовляється у вигляді систему повздовжніх та поперечних балок, жорстко зв'язаних між собою. На рамі розташовані ударно-тягові пристрої та частина гальмівного обладнання. Окрім рами, до складу конструкції кузова, у загальному випадку, входять бокові стіни (перпендикулярні до рами), торцеві стіни (перпендикулярні чи нахилені), підлога, дах.

Деякі типи вагонів мають свої характерні конструкційні особливості кузова. Так, у напіввагонів відсутній дах, а підлогу утворюють кришки розвантажувальних люків чи металевих листів. Усі кузови вагонів мають пристрої, необхідні для перевезення та схороності вантажу.

Парк вантажних вагонів складається із універсальних та спеціалізованих.

Універсальні вагони призначені для перевезення вантажів широкої номенклатури. Такими є криті вагони з дверима у бокових стінах, піввагони з розвантажувальними люками у підлозі, платформи з боковими і торцевими

бортами, цистерни для нафтопродуктів різних найменувань, ізотеричні вагони для перевезення різноманітної швидкопсувної продукції.

Спеціалізовані вагони призначені для перевезення одного або декілька вантажів, близьких за характером, фізичними властивостями. Це криті вагони для цементу, зерна, мінеральних добрив, легкових автомобілів, технічного вуглецю. Ніввагони з глухим кузовом, для агломерату, окатишів. Платформи для перевезення контейнерів, дерев'яних хлестів. Цистерни для кислот, скраплених газів, молока, спирту, продуктів хімічної промисловості, вагони-самоскиду.

З урахуванням вимог ринку транспортних послуг на близьку перспективу передбачається технічне озброєння вантажного вагонного парку шляхом оновлення його спеціалізованими вагонами.

Правильність такого рішення підтверджується і практика залізниць США, Центральної та Західної Європи. Там питова вага спеціалізованих вагонів у загальному вагонному парку складає у середньому 70%. На залізницях України – близько 40%.

Основні переваги спеціалізації вагонів у порівнянні з універсалізацією такі:

- Повне використання проектної вантажопідйомності та геометричного об'єму кузова;
- Схороність вантажу, що перевозиться
- Механізація та автоматизація завантажувально-розвантажувальних операцій;
- Суттєве зменшення витрат на підготування вагона до перевезень;
- Екологічна безпека.

Напевне, єдиним недоліком спеціалізованих вагонів у порівнянні з універсальними є більш порожній пробіг.

Напіввагони призначені для перевезення вантажів, які не потребують захисту від атмосферних явищ (руда, вугілля, лісоматеріали, металопрокат, колісна техніка). Конструкційна характерна особливість – відсутність даху.

Універсальні напіввагони мають бокові і торцеві стіни, які розташовані перпендикулярно до рами.

Ці вагони називають – саморозвантажувальними тому, що їх підлогу утворюють кришкирозвантажувальних люків. На фронтах розвантажувальних кришки відкриваються і шарнірно нахиляються під певним кутом до горизонтального положення у закритому стані.

У спеціалізованих піввагонах з глухим кузовом відсутні кришки розвантажувальних люків. Їх підлога являє собою суцільний металевий настил, жорстко з'єднаний з рамою. Такі напіввагони частіше використовуються у складі маршрутних поїздів замкнутого напрямку. А розвантажування відбувається за допомогою потужних пристроїв – вагоноперекидувачів.

Найбільш важливими параметрами, що характеризують ефективність вантажних вагонів є вантажопідйомність, тара, осність, об'єм кузова, площа підлоги, лінійні розміри. Кожен вагон має свої технічні параметри, тому розглянемо декілька типів моделей вантажних напіввагонів різних моделей.

Вантажний напіввагон моделі 12-783 представлений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – напіввагон моделі 12-783

Таблиця 1.1 Технічні характеристики вагона:

Вантажопідйомність	70 т
Маса тари	23,2т
Об'єм кузова	78м3
Довжина по осям зчеплення автозчпів	13 900 мм
Ширина	2990 мм
Висота до осі зчеплення від рівня головок рейок	1060 мм
Кількість розвантажувальних люків	14 шт
Вид розвантажування	2-х сторонній
Система розвантажування	Гравітаційне розвантажування з ручними вікриванням, вагоноперекидач
Конструкційна швидкість	120 км/год
Габарит по ГОСТ 9238	1-ВМ

Вантажний напіввагон моделі 12-9745 представлений на рисунку 1.2



Рисунок 1.2 – напіввагон моделі 12-9745

Таблиця 1.2 Технічні характеристики вагона:

Вантажопідйомність	70 т
Маса тари	24 т
Об'єм кузова	76м3
Довжина по осям зчеплення автозчепів	13 920 мм
Ширина	2922 мм
Висота від рівня головок рейок	3500 мм
Кількість розвантажувальних люків	14 шт
Вид розвантажування	2-х сторонній
Система розвантажування	Гравітаційне розвантажування з ручними вікриванням, вагоноперекидач
Конструкційна швидкість	120 км/год
Габарит по ГОСТ 9238	0-ВМ

Вантажний напіввагон моделі 12-4102 представлений на рисунку 1.3



Рисунок 1.3- напіввагон моделі 12-4102

Таблиця 1.3 Технічні характеристики вагону:

Вантажопідйомність	71 т
Маса тари	23 т
Об'єм кузова	82 м3
Довжина по осям зчеплення автозчепів	13 920 мм
Ширина	3132 мм
Висота від рівня головок рейок	3483 мм
Система розвантажування	вагоноперекидач
Конструкційна швидкість	120 км/год
Габарит по ГОСТ 9238	0-ВМ

Вантажний напіввагон моделі 12-9046 представлений на рисунку 1.4



Рисунок 1.4- напіввагон моделі 12-9046

Таблиця 1.4. Технічна характеристика вагону:

Вантажопідйомність	70 т
Маса тари	24 т
Об'єм кузова	85 м ³
Довжина по осям зчеплення автозчепів	13 920 мм
Ширина	2922 мм
Висота від рівня головок рейок	3159 мм
Кількість розвантажувальних люків	14 шт
Вид розвантажування	2-х сторонній
Система розвантажування	Гравітаційне розвантажування з ручними вікриванням, вагоноперекидач
Конструкційна швидкість	120 км/год
Габарит по ГОСТ 9238	1-ВМ

Вантажний напіввагон моделі 12-1302 представлений на рисунку 1.5



Рисунок 1.5.- напіввагон моделі 12-130

Таблиця 1.5. Технічні характеристики вагона:

Вантажопідйомність	70 т
Маса тари	24 т
Об'єм кузова	77 м ³
Довжина по осям зчеплення автозчепів	13 920 мм
Ширина	3154 мм
Висота від рівня головок рейок	3480 мм
Кількість розвантажувальних люків	14 шт
Вид розвантажування	2-х сторонній
Система розвантажування	Гравітаційне розвантажування з ручними вікриванням, вагоноперекидач
Конструкційна швидкість	120 км/год
Габарит по ГОСТ 9238	1-ВМ

1.3 Система технічного обслуговування вантажних вагонів

Однією з важливих складових діяльності залізничного транспорту є забезпечення необхідного обсягу перевезень при достатній рентабельності експлуатаційної роботи. До витратних статей фінансового плану залізниць відносяться в числі інших і роботи, які пов'язані з утриманням технічного стану рухомого складу. Причому, якщо локомотивний та моторвагонний парки залізниць, а також пасажирські вагони обслуговуються у відповідних депо і знаходяться під періодичним технічним наглядом, то інша справа з вантажними вагонами загального парку залізниць, які формально приписані до певних залізниць та потрапляють до вагоноремонтних підприємств безадресно. На

залізницях України діє планово-попереджувальна система ремонту вантажних вагонів, яка направлена на забезпечення стабільної їх роботи при найменших витратах. Системою технічного обслуговування та ремонту передбачається комплекс робіт, призначених для забезпечення стійкої роботи вагонного парку, підтримки його технічного стану, підвищення експлуатаційної надійності.

До цих робіт відносяться:

- ТО – технічне обслуговування вантажних вагонів;
- ТОВ-1 – технічне обслуговування при підготовці вантажних вагонів до перевезень з відчепленням від состава;
- ТОВ-2 – технічне обслуговування вантажних вагонів з відчепленням від поїзда або состава;
- ДР – деповський ремонт;
- КР – капітальний ремонт;
- КРП (ДРП) – капітальний (деповський) ремонт вагонів з продовженням терміну їх експлуатації.

Технічне обслуговування вантажних вагонів з відчепленням є неплановими видами ремонту, постановка в які здійснюється без попереднього призначення. Кожний випадок відчеплення вантажного вагона для технічного обслуговування (ТОВ-2) підлягає розслідуванню встановленим порядком.

Деповський та капітальний ремонти є плановими видами ремонту, постановка в які здійснюється у відповідності з вимогами нормативнотехнічної документації.

Капітальний (деповський) ремонт вагонів з продовженням терміну їх експлуатації є неплановим (без попереднього призначення) і здійснюється згідно діючого положення, яке погоджене встановленим порядком. На підставі прийнятої періодичності планових видів ремонту Укрзалізниця щорічно визначає потребу в ремонті вагонів і встановлює планові завдання окремим залізницям та заводам. Норми простою вагонів у ремонті на заводах та в депо затверджуються Укрзалізницею. Працівники служби руху відповідають за

своєчасну подачу та прибирання несправних вагонів у депо або на завод, а працівники вагоноремонтних підприємств – за їх простій на ремонтних коліях й безпосередньо в ремонті. Для кожної залізниці встановлена також середньодобова норма залишку вантажних вагонів у несправному стані. Періодичність виконання планових видів ремонту вагонів, допущених до експлуатації на коліях загального користування в міждержавному сполученні, встановлюється нормативами, погодженими усіма країнами-учасниками

Співдружності залізничних адміністрацій. Нормативи періодичності ремонту встановлюються для кожного типу вагона в залежності від року побудови, призначення, виду попереднього ремонту та інших особливостей. Для виконання капітальних ремонтів нормативи періодичності встановлені за критерієм календарної тривалості експлуатації вагона від побудови (капітального ремонту) до моменту подачі вагона в перший або наступний капітальний ремонт. Для виконання деповських ремонтів нормативи періодичності встановлені за двома критеріями:

- 1) по фактично виконаному обсягу робіт (за пробігом);
- 2) по календарній тривалості використання вагона від побудови (попереднього планового виду ремонту) до моменту подачі вагона в перший або наступні планові ремонти.

Переважає більшість вантажних вагонів повинна надходити в деповський ремонт згідно наступних критеріїв:

- після попереднього деповського ремонту
- через 2 роки або після пробігу від 100,0 до 120,0 тис. км;
- після капітального ремонту
- через 2 роки або після пробігу 160,0 тис. км;
- після побудови та КРП
- через 3 роки або після 210,0 тис. км пробігу.

Максимальні пробіги 100,0 – 120,0 тис. км, 160,0 тис. км та 210,0 тис. км встановлені на підставі тривалого спостереження за конкретними типами та

видами вагонів в Україні і встановлюють ту межу експлуатації, при якій зноси основних деталей та вузлів, які визначають безпечну роботу вагона, можуть наблизитися до критичних. Отримання даних необхідного пробігу для виконання ремонтів можливе за результатами виконання експлуатаційних випробувань. Поява на полігоні залізниць вагонів нового покоління, які мають деталі та вузли більш надійні, ніж раніше, дає можливість перегляду регламенту та періодичності технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів. З метою раціоналізації співвідношення діючих нормативів пропонується в існуюче Положення про систему технічного обслуговування та ремонту вантажних вагонів внести наступні зміни: для усіх вагонів, у яких норматив пробігу після капітального ремонту складає 160,0 тис. км встановити календарну тривалість використання, яка складатиме 3 роки (замість діючих 2 років); - вантажним вагонам, візки яких модернізовані з використанням зносостійких металевих або полімерних елементів у вузлах тертя, після деповського ремонту до наступного планового ремонту встановити норматив пробігу 160,0 тис. км, а календарну тривалість міжремонтного періоду встановити 3 роки; - вантажним вагонам, візки яких модернізовані з використанням зносостійких металевих або полімерних елементів у вузлах тертя після капітального ремонту до наступного планового ремонту встановити норматив пробігу 210,0 тис. км, а календарну тривалість міжремонтного періоду встановити 4 роки. В проміжках між деповськими ремонтами при подовжених нормативах періодичності проведення чергових планових ремонтів пропонується встановити виконання нового виду ремонту - поточного ремонту з відчепленням (ПР) стаціонарним методом в виробничих приміщеннях депо, основним завданням якого буде оздоровлення кузова та рами вагона без розбирання та ремонту ходових частин, потреба в чому відсутня. При середній вартості одного деповського ремонту 20,5 тис. грн. економія за період від введення нової системи ремонту вагонів до його виключення складе 41 тис. грн. Період експлуатації вагона від капітального ремонту до виключення складає 11

років. Середньорічна економія від зменшення кількості деповських ремонтів складе 3727 грн. на один вагон. Забезпечення якісного ремонту вагонів у відповідності з вимогами типових технологічних процесів ремонту неможливо без використання відповідного ремонтного обладнання та засобів контролю. Ступінь зносу основних фондів по залізницях складає у середньому 63,8 %. Більша частина основного обладнання вагонних депо (ВЧД) та вагоноремонтних заводів (ВРЗ) морально застаріла та фізично зношена. При ремонті цього обладнання виникає необхідність у заміні великої кількості вузлів та деталей, що призводить до значних витрат трудових та матеріальних ресурсів. Ремонт вагонів нового покоління потребує додатково до основного обладнання придбання необхідного спеціалізованого оснащення та обладнання.

Впровадження нової системи технічного утримання та ремонту вантажних вагонів, у т.ч. з модернізованими візками, дасть змогу в діапазоні від виконання капітального ремонту до виключення вагону з експлуатації по закінченню встановленого терміну служби, значно скоротити поточні витрати на обслуговування вантажного рухомого складу. Використання більш прогресивних видів технічного утримання та ремонту вантажних вагонів, наприклад, пов'язаного з удосконаленням техпроцесу та паралельним застосуванням новітніх гнучких технологій, сприятимуть підвищенню ефективності ремонтних процедур та зниженню їх собівартості. Таким чином, в результаті аналізу існуючої плановопереджувальної системи ремонту вантажних вагонів розроблено ряд пропозицій з удосконалення цієї системи та запропоновано нові підходи з технічного утримання вагонів нового покоління. Розроблені заходи сприятимуть не тільки підвищенню технічного рівня утримання вантажних вагонів, а й дозволять знизити собівартість ремонтних робіт і підвишити ефективність діяльності залізниць.

2 Конструкція напіввагону моделі 12-532

2.1 Складові частини напіввагона.

Напіввагон (рисунок 2.1) складається з наступних складових частин:

- Кузова (1);
- пристрою люкового для розвантаження (2);
- гальма автоматичного (3);
- гальма гальма (4);
- пристроїв автозчепних (5);
- ходової частини, що складається з двох візків (6)

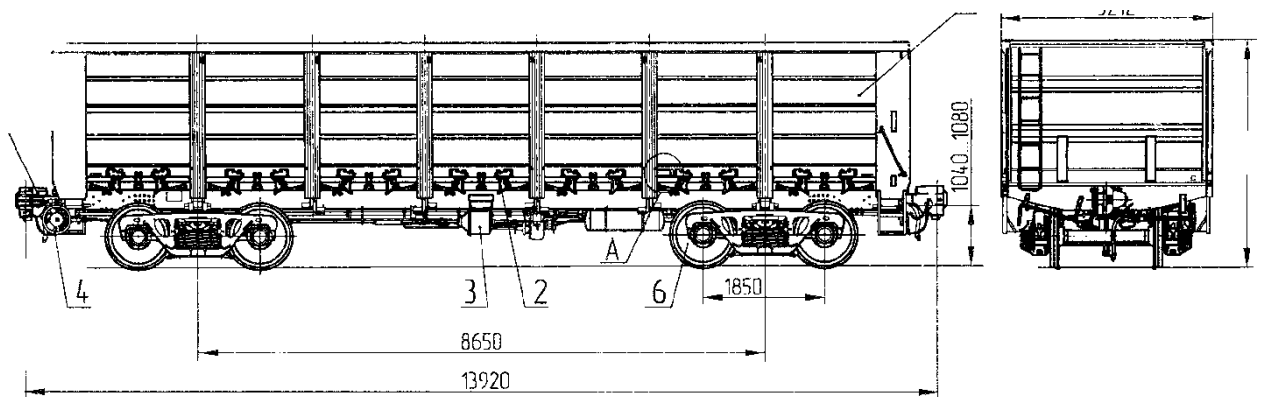


Рисунок 2.1- основні частини напіввагону

2.2. Опис і робота складових частин

2.2.1. Кузов напіввагону

Кузов (рисунок 2.2) включає в себе дві стіни бічні 1, дві стіни Орцев 2,

раму 3. На стінах торцевих кузова зовні встановлені сходи 4.

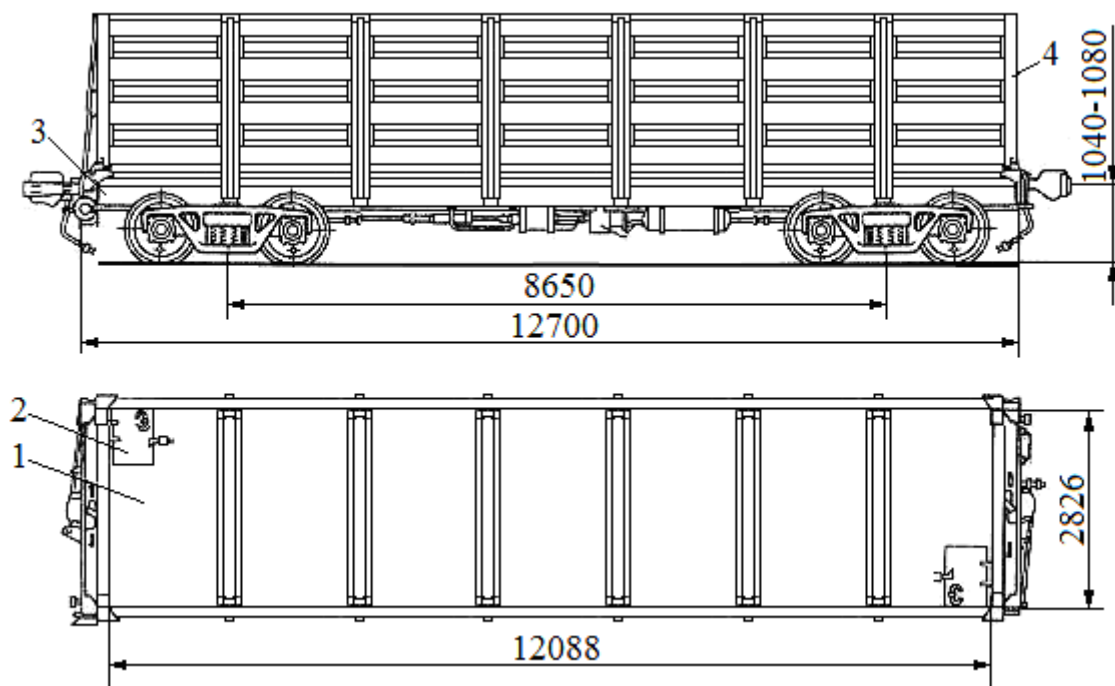


Рисунок 2.2 – кузов напіввагону

Стіна бічна кузова складається з каркаса і обшивки. Каркас включає обв'язки верхню і нижню, стійки проміжні і накладки з'єднувальні. Обв'язка верхня виконана з профілю прямокутного перетину $140 \text{ мм} \times 100 \text{ мм} \times 7 \text{ мм}$. Обв'язка нижня являє собою гарячекатаний куточок $160 \text{ мм} \times 100 \text{ мм} \times 10 \text{ мм}$. Стійки проміжні виконані з прокату вагонної стійки, в нижній частині яких уварені планки, є посиленням стійки і з'єднувальним елементом стіни з проміжними балками рами.

Обшивка стіни бічний складається з двох гарячекатаних гофрованих листів товщиною 4 мм, зварених внахлестку.

На зовнішній стороні стіни бічний кріпляться поручень упорядника, скоби ув'язувальні і кронштейни тягові.

На внутрішній стороні стіни бічний розташовані у верхній частині скоби лісових стійок, скоби ув'язувальні верхні і середні, які розраховані на навантаження 15 кН і 25 кН відповідно. Нижні кільця ув'язувальні розміщені на обв'язки

нижньої і здатні сприймати інерційні навантаження до 150 кН.

Стіна торцева складається з обв'язки верхньої, двох стійок бічних, підкріплена елементами жорсткості - двома поясами, виконаними з прокату вагонної стійки, двох вертикальних стійок, а також обшиви.

Обв'язка верхня виконана з двох швелерів № 12 армує верхню кромку листа обшиви. Стійки бічні виконані з швелера № 12, вертикальні стійки С - образного перетину виконані з листового прокату.

На внутрішній стороні стіни торцевої розташовані скоби лісових стійок, поручні-ступені, скоби ув'язувальні.

2.2.2. Рама напіввагону

Рама (рисунок 2.3) є несучим елементом напіввагона і складається з балки хребтової 1, двох балок кінцевих 2, двох балок шкворневих 3 і чотирьох балок проміжних 4.

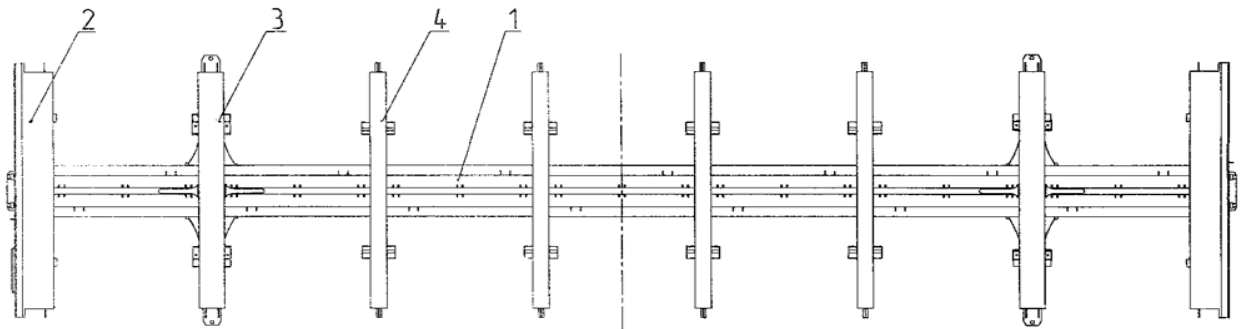


Рисунок 2.3 – рама напіввагону

На рамі встановлюються кришки люків з механізмами підйому і замикання, пристрій Автозчіпне, гальмо автоматичний і гальмо гальмо.

Для установки на візки рама обладнана двома пятниками і чотирма ковзунками.

Балка хребтова 1 складається з трьох гарячекатаних профілів: двох зетовий № 31 і спеціального двутавра висотою 190 мм, зварених між собою. До двутавр прикріплені державки кришок люків. В консольної частини балки хребтової встановлюються передні і задні упори автозчеплення клепаної конструкції. У зоні розташування балок шкворневих і п'ятників уварені надп'ятнікі. У місцях з'єднання балок проміжних з хребтової через щілини в зетах пропущені чотири листи нижніх, над якими уварені діафрагми.

Балка кінцева 2 звареної конструкції складається з листа лобового, листа верхнього, двох аркушів задніх і чотирьох діафрагм.

До листам заднім приварені упори кришок люків і планки, що оберігають візки від засипання дрібними фракціями вантажів при розвантаженні піввагона через люки в підлозі. На одній з балок кінцевих встановлюється поручень упорядника, на другий приварений фіксатор гальма стоянки.

Балка шкворнева 3 звареної конструкції коробчатого перетину змінної жорсткості складається з верхнього, чотирьох вертикальних і нижнього листів.

Приварені до листів вертикальним планки, до листу нижньому приставки, оберігають візок від засипання дрібними фракціями вантажів при розвантаженні через люки.

На балці шкворневої встановлені два ковзуна і штампований п'ятник, якими кузов піввагона спирається на візки. П'ятник приклепаний до листу нижньому балки шкворневої, полкам зетовий і до плити надп'ятніка. До листу нижньому привариваються скользуни.

Балка проміжна 4 складається з листа верхнього, двох аркушів вертикальних і двох листів нижніх. До листам вертикальним привариваються упори кришок люків.

2.2.3 Пристрій люковий для розвантаження

Пристрій люкове складається з 14 кришок люків для розвантаження, механізму підйому люків (торсіони) і механізму замикання.

Кришки люків в закритому положенні спільно з елементами рами утворюють підлогу вагона.

Кришка люка (рисунок 2.4) складається з каркаса, листа 1 і запірних кронштейнів 7.

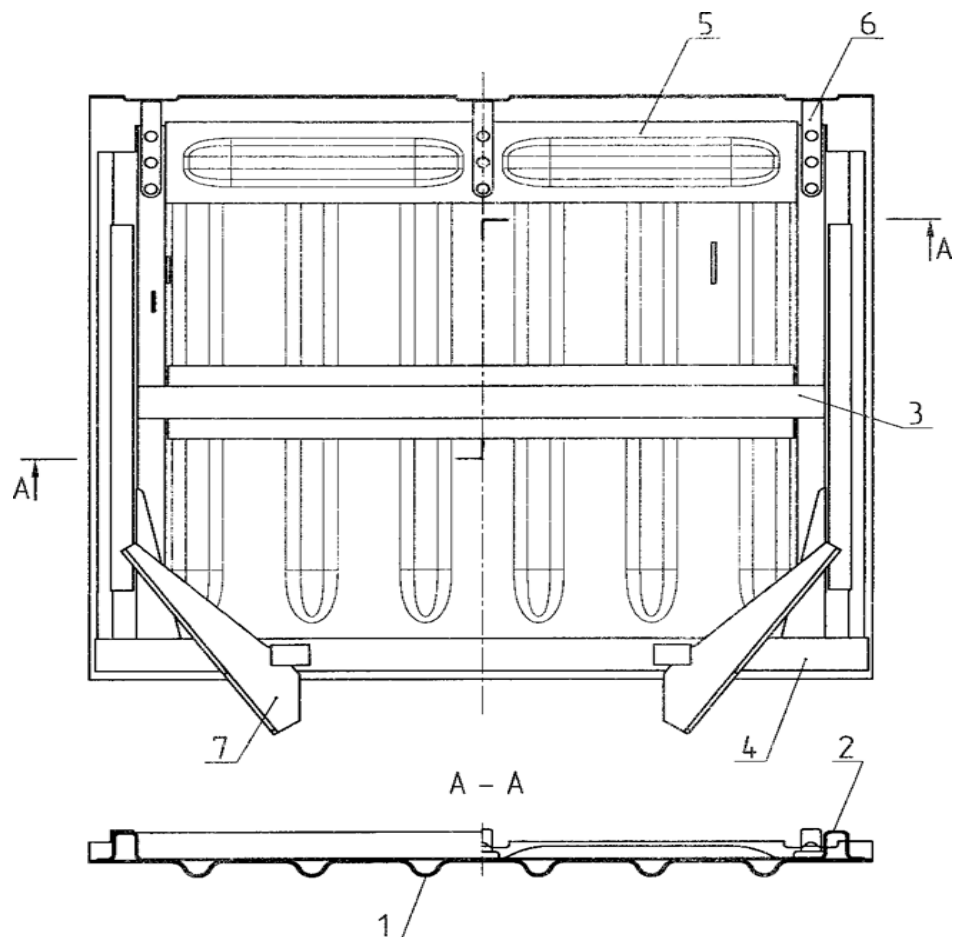


Рисунок 2.4 – розвантажувальний люк

Каркас кришки включає бічні 2, середню 3 і передню 4 обв'язки, посилює планку 5. Петлями 6 кришка люка навішується на державки, розташовані на рамі. Для кріплення застосовуються осі, шайби, шплінти.

Механізм замикання кришки люка складається з закидок 2 шарнірно підвішених на обв'язки нижньої стіни бічній за допомогою скоб 1 і 6, болтів 9 і гайок 8. Сектори 3 і 5 обертаються на болтах 10, втулках 12 і утримують закидки

від мимовільного відкривання.

За погодженням із Замовником механізм замикання кришки люка може бути обладнаний пружинними кільцями 14, які додатково замикають кришки люка.

При цьому для закриття кільця 14 необхідно накинати його розрізаної частиною на упор 15 закидки, ввести всередину кільця між кронштейном 13 і упором 15 ломик діаметром 20 мм і довжиною 500 мм, притиснути верхній кінець ломака до верхньої гілки кільця і, натискаючи на нижній кінець ломака, натягнути нижню гілку кільця 14 на упор 15.

Для відкриття ввести в кільце з внутрішньої сторони ломик (рисунок 10), притиснути верхній кінець ломака до верхньої гілки кільця і, натискаючи на верхній кінець ломака, зірвати нижню гілку з упору.

Торсійний механізм, силовим елементом якого є торсіон 2, що накопичує енергію при опусканні кришки люка і віддає енергію при підйомі, служить для полегшення підйому кришки люка.

Торсіон встановлений на кришці в опорах 1 і 8 і шарнірно з'єднаний з важелем 3. Важіль шарнірно підвішений до балки хребтової за допомогою вушок 7, осі 4, шайби 5 і шплінта 6.

3. Розрахунок сил що діють на напіввагон.

При розрахунку всіх вагонів повинні враховуватися наступні основні сили:

- власна сила тяжіння (вага) конструкції (тари) і сила тяжіння (вага) вантажу;
- інерційні сили, викликані коливальними прискореннями мас при русі вагона нерівностей дороги;
- сили, що виникають при русі вагона по кривих та стрілочних переводах; аеродинамічні сили (сили тиску вітру і т.п.);
- сили взаємодії між вагонами, між вагоном і локомотивом і між кузовом вагона і вантажем при різних режимах руху поїзда і маневрової роботи, а також, що виникають при цьому поздовжні сили інерції.

В залежності від призначення і особливостей конструкції вагонів разом з перерахованими повинні враховуватися також наступні сили:

- сили розпору (тиску) сипучих і навалочних вантажів; сили тиску рідин і газів, у тому числі і зниженого внутрішнього тиску (нижче атмосферного) в котлах цистерн вантажних ємностях бункерних вагонів тощо;
- сили гідравлічного удару в котлах цистерн.

Перераховані сили приводяться до наступними основними розрахунковими схемами їх застосування:

- вертикальне навантаження;
- бічне навантаження;
- поздовжнє навантаження;
- окремі групи самоурівноважених сил: горизонтальних від розпору сипучих вантажів та ін.

Кузови вантажних вагонів розраховуються, в першу чергу, на найбільш невідгідне можливе, поєднання одночасно діючих основних і додаткових сил,

відповідно до встановлених розрахунковими режимами.

Розрахункові сили, як правило, умовно приймаються діють незалежно один від одного.

3.1 Вертикальні навантаження

До основних розрахункових вертикальних сил відносяться:

3.1.1 Сила ваги брутто кузова

Власна сила тяжіння напіввагона (тара) становить:

$$Q_{пор.в} = 220,725 кН \quad (3.1)$$

Сила тяжіння навантаженого напіввагона (виходячи з максимального осьового навантаження):

$$Q_{гр.в} = 922,14 кН$$

Сила ваги навантаженого кузова, Н,

$$Q_{гр.куз} = Q_{гр.в} - Q_{тел.1} - Q_{тел.2}, \quad (3.2)$$

де $Q_{тел.1,2}$ – маса відповідно першого та другого візка 4,745 4,761 т.

$$Q_{гр.куз} = 922,14 - 9,81(4,745 + 4,761) = 828,886 кН$$

Під силою ваги брутто розуміється сила тяжіння вантажу і власна сила

тяжіння (вага) елементів вагона, розташованих над розглянутим щаблем ресорного підвішування, включаючи 1/3 сили тяжіння самого ресорного підвішування.

Сила ваги бруто кузова, кН,

$$Q_{бр} = Q_{гр.куз} + 2Q_{надр.} + 1/3 \times 4Q_{рес.под.}, \quad (3.3)$$

де $Q_{надр.}$ - вага надресорної балки, 5,071 кН;

$Q_{рес.под.}$ - вага одного комплекта ресорного підвішування, 1,415 кН.

$$Q_{бр} = 828,886 + 2 \times 5,071 + 1/3 \times 4 \times 1,415 = 840,915 \text{ кН}$$

Навантаження від власної ваги визначається автоматично засобами програмного забезпечення наступним чином: з відомих характеристик матеріалу (щільність сталі) і товщинам елементів обчислювалася маса кожного кінцевого елемента, що входить у розрахункову схему. Здійснювалося приведення розрахованих мас елементів до еквівалентних вузлових мас, після чого розрахункові сили в кожному вузлі, від дії власної ваги, визначалися шляхом множення відповідних вузлових мас на величину прискорення вільного падіння $g=9,81 \text{ м/с}^2$ і прямували проти позитивного напрямку глобальної осі Z. Додатково модель для обліку маси автозчепних пристроїв та гальмівного устаткування введена розподілене навантаження, відповідна масі даного обладнання.

3.1.2 Вертикальне динамічне навантаження, що виникає при коливаннях вагона на ресорах, і взаємодії вагонів при русі поїзда і маневровій роботі.

При першому розрахунковому режимі динамічне навантаження, що додатково виникає, не враховується при розрахунку міцності кузова.

При третьому розрахунковому режимі навантаження що додатково виникає, визначається множенням сили ваги бруто на коефіцієнт вертикальної динаміки $K_{\text{дв}}$.

3.1.3. Коефіцієнт вертикальної динаміки

Коефіцієнт вертикальної динаміки $K_{\text{дв}}$ розглядається як випадкова функція з ймовірнісним розподілом виду:

$$P(k_{\text{дв}}) = 1 - \exp\left(-\frac{\pi}{4} \cdot \frac{k_{\text{дв}}^2}{\beta^2}\right), \quad (3.4)$$

Коефіцієнт $k_{\text{дв}}$ визначається як квантиль цієї функції при розрахунковій односторонній ймовірності $P(k_{\text{дв}})$ за формулою:

$$k_{\text{дв}} = \frac{\bar{k}_{\text{дв}}}{\beta} \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \ln \frac{1}{1 - P(k_{\text{дв}})}}, \quad (3.5)$$

де $\bar{k}_{\text{дв}}$ - середня ймовірне значення коефіцієнта вертикальної динаміки;
 β - параметр розподілу, уточнюється за експериментальними даними, для завантажених вантажних вагонів при існуючих умовах експлуатації $\beta=1.13$.

$P(k_{\text{дв}})$ - при розрахунках на міцність по допустимим напруг приймається 0.97

$$\overline{k_{oe}} = a + 3.6 \cdot 10^{-4} \cdot b \cdot \frac{V - 15}{f_{cm}^i}, \quad (3.6)$$

де a - коефіцієнт, який дорівнює для елементів кузова 0.05;

b - коефіцієнт, що враховує вплив числа осей n у візку або групі візків під одним кінцем екіпажу;

V - розрахункова швидкість руху рівна 120 км/ч (33.33 м/с);

f_{ct} – статичний прогин ресорного підвішування, м.

Коефіцієнт що враховує вплив кількості осей n у візку, або групі візків під одним кінцем вагону,

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

Визначимо статичний прогин ресорного підвішування для навантаженого і порожнього кузова напіввагону за формулою:

$$f_{cm} = \frac{P}{2 \times c_g}, \quad (3.7)$$

де P – сила тяжіння навантаженого кузова напіввагону, кН;

c_g – вертикальна жорсткість ресорного підвішування візка, 8.848 МН/м.

Вага навантаженого кузова напіввагону, P , кН,

$$P = m \times g, \quad (3.8)$$

де m – маса навантаженого кузова напіввагону,

g – прискорення вільного падіння, 9.81 м/с².

Визначимо середнє ймовірне значення коефіцієнта вертикальної динаміки $k_{дв}$:

При визначенні $k_{дв}$ враховуємо, що розрахункова швидкість вагона становить 120 км/год (33,33 м/с, отже):

$$\overline{k_{дв}} = 0.05 + 3.6 \times 10^{-4} \times 1 \times \frac{33.33 - 15}{0.046} = 0.193.$$

$$k_{дв} = \frac{0.191}{1.13} \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \ln \frac{1}{1 - 0.97}} = 0.357.$$

Вертикальне динамічне навантаження $Q_{дин}$, кН,

$$Q_{дин} = Q_{ор} \times K_{дв} \quad (3.9)$$

$$Q_{дин} = 840,915 \times 0,357 = 300,207 \text{ кН}.$$

3.1.4 Вертикальна добавка від повздовжньої сили інерції кузова

Вертикальна динамічна сила (добавка) на візок, від дії поздовжньої сили інерції кузова P_z , кН,

$$P_z = N_{ин} \frac{h_{\kappa}}{2l}, \quad (3.10)$$

де $2l$ - база вагона, $2l = 18,5\text{ м}$;

$N_{ин}$ - поздовжня сила інерції кузова брутто, кН;

h_k - відстань від центру тяжіння навантаженого вагона до осі автозчепу, м.

Поздовжня сила інерції кузова брутто $N_{ин}$, кН,

$$N_{ин} = N \frac{m_{кузова}}{m_{вагона}}, \quad (3.11)$$

де N - зовнішня поздовжня сила удару, прикладена до автозчепу, $N = 3500\text{ кН}$;

$m_{кузова}$ - маса навантаженого кузова вагона, $m_{кузова} = 84,494\text{ т}$;

$m_{вагона}$ - загальна маса вагона, $m_{вагона} = 94\text{ т}$.

$$N_{ин} = 3500 \times \frac{84,494}{94} = 3146\text{ кН} .$$

Відстань від центру тяжіння навантаженого вагона до осі автозчеплення h_k , м,

де $h_{гр.кузова}$ - висота центру тяжіння навантаженого кузова вагона від рівня головки рейки, $h_{гр.кузова} = 2,554\text{ м}$;

$h_k = h_{гр.кузова} - h_a$ - відстань від осі автозчепу до рівня головки рейок, $h_a = 1,060\text{ м}$.

$$h_k = 2,554 - 1,060 = 1,494\text{ м} ,$$

$$(3.12) \quad P_z = 3146 \times \frac{1,494}{18,5} = 254,1\text{ кН} .$$

При підсумовуванні з іншими навантаженнями з 1 режиму вертикальна добавка від позовжньої сили інерції кузова враховується у розмірі 50%; при підсумовуванні тільки з силою ваги бруто враховується в розмірі 100%.

3.2 Повздовжні навантаження

Поздовжні сили представляють собою стискають та розтягування сили взаємодії між вагонами і між вагоном і локомотивом, що виникають при різних режимах руху поїзда (при рушанні з місця, зміні швидкості руху, гальмуванні) і маневрових роботах, а також виникаючі при цьому сили інерції, сприймані у вузлах і деталях вагонів.

1 режим:

- позовжня квазістатична сила стиснення, прикладена до задніх упорних косинців автозчеплення, (-2500 кН);
- позовжня квазістатична сила розтягування, прикладена до передніх упорних косинців автозчеплення, (+2000 кН).
- позовжня сила (удар) стиснення, прикладена до задніх упорних косинців автозчеплення (-3500 кН);
- позовжня сила (ривок) розтягування, прикладена до передніх упорних косинців автозчеплення (+2500 кН).

3 режим:

- позовжня сила стиснення, прикладена до задніх упорних косинців автозчеплення (-1000 кН);
- позовжня сила розтягнення, прикладена до задніх упорних косинців автозчеплення (+1000 кН).

Конструктивний ексцентриситет поздовжньої осі автозчеплення щодо центру тяжіння перетину хребтової балки враховується автоматично програмними засобами.

3.3 Бічні навантаження

3.3.1 Відцентрова сила

Бічна сила, дорівнює різниці відцентрової сили і горизонтального складового тяжіння, що виникає внаслідок підвищення зовнішньої рейки з урахуванням коефіцієнтів динамічності для вантажних вагонів враховується при розрахунку вагона по 3-му розрахунковому режиму і приймається рівною 7,5% від сили ваги бруто кузова з вантажем. Рівнодіюча зазначеної сили вважається наданою в центрі маси кузова з вантажем.

При попередньому розрахунку бічних стінок і шкворневих балок рам кузовів вагонів на вертикальні сили вплив бічних сил допускається враховувати шляхом збільшення сили ваги бруто (для вантажних вагонів) на 10 %.

Відцентрова бічна сила $P_{бок}, кН$,

$$P_{бок} = Q_{бр} \times 0,1, \quad (3.13)$$

де $Q_{бр}$ - сила тяжіння бруто кузова вагона, $Q_{бр} = 840,915 кН$.

$$P_{бок} = 840,915 \times 0,1 = 84,092 кН$$

3.3.2 Поперечні сили взаємодії між вагонами

Поперечні сили взаємодії між вагонами в кривих, при русі поїзда з малою швидкістю і маневрової роботи визначаються за такими формулами:

- для випадку дії розтягуючих поздовжніх сил (рисунок 3.1),

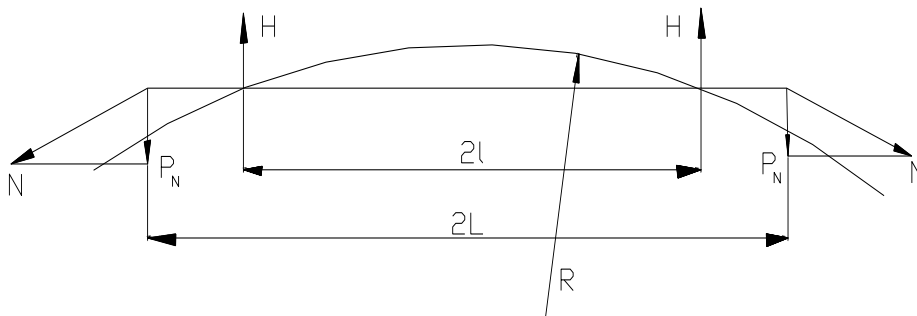


Рисунок 3.1- Схема поперечних сил взаємодії між вагонами в кривих

$$P_N = H = N \times \frac{L_C}{R}, \quad (3.14)$$

де N - квазістатична сила, прикладена уздовж осі корпусу автозчеплення, величина якої приймається рівною для випадку дії розтягуючих поздовжніх сил $+2,0$ МН;

R - радіус кривої, $R = 250$ м;

$2L_C$ - довжина вагона по осям зчеплення автозчепок $2L_C = 25,62$ м.

$$P_N = 2000 \times \frac{25,62 / 2}{250} = 102,48 \text{ кН}.$$

- для випадку дії стискаючих поздовжніх сил (рисунок 3.2),

$$P_N = H \times \frac{l}{L} = N \times \left(\frac{\delta \times L}{l^2} \times \left(1 + \frac{L}{a} \right) + \frac{L_c}{R} \right) \times \frac{l}{L}, \quad (3.15)$$

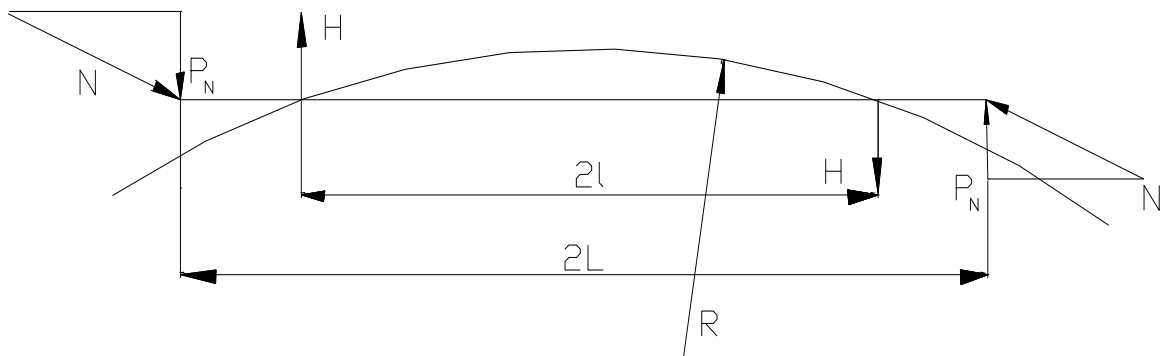


Рисунок 3.2- Схема поперечних сил взаємодії між вагонами в кривих

де N - квазістатична сила, прикладена уздовж осі корпусу автозчепу, величина якої приймається рівною для дії стискаючих сил $-2,5$ МН;

H - горизонтальні поперечні сили, що діють на пятники;

$2l$ - база вагона $2l = 18,5$ м;

$2L$ - відстань між упорними плитами автозчеплень $2L = 23,62$ м;

a - розрахункова довжина корпусу автозчеплення (для СА-3 при стисканні $a = 1$ м);

δ - можливе бічне переміщення шкворневого перетину кузова вагона за рахунок зазорів колісної пари в рейкової колії, зазорів у буксових напрямних, пятниках і пружних деформацій ресор, приймається при розрахунку вантажних вагонів – 40 мм.

$$P_N = 2500 \times \left(\frac{0,040 \times 23,62 / 2}{(18,5 / 2)^2} \times \left(1 + \frac{23,62 / 2}{1,000} \right) + \frac{25,62 / 2}{250} \right) \times \frac{18,5 / 2}{23,62 / 2} = 238,819 \text{ кН}.$$

Таблиця 3.1- Бічні навантаження діючі на кузов

Назви складових частин бічного навантаження	Величина бічного навантаження					
	1 режим				3 режим	
	-2500 кН	+2000 кН	-3500 кН (удар)	+2500 кН (ривок)	-1000 кН	+1000 кН
Відцентрова сила	ні	ні	ні	ні	84,092 кН	84,092 кН
Поперечна складова повздовжньої квазістатичної сили	238,819 кН	102,48 кН	ні	ні	нет	нет

Сила Р прикладається до рами кузова в площині передніх упорних косинців автозчепного пристрою у випадку дії розтяжних сил і в площині задніх упорних косинців при дії стискаючих сил.

3.4 Самоврівноважуючі навантаження

Основним самоврівноважуючим навантаженням для напіввагона мод.12-532 є вертикальні кососиметричні сили.

Вертикальні кососиметричні сили, які представляють собою систему взаємно врівноважених сил, що виникають внаслідок різного рівня положення опорних точок шляху під колесами екіпажу, при русі яких по кривих ділянках шляху може відбуватися силове замикання бічних сковзунів, розташованих по діагоналі.

Сила, прикладена до одного ковзуна визначається формулою:

$$P_{\kappa} = \frac{z}{4} \times \frac{2b}{2s} \times \frac{C_{pec} \times C_p}{C_{pec} + C_p} \quad (3.16)$$

де $z = 0,061 \text{ м}$ – вертикальний еквівалентний зсув одного колеса візка, відповідне вертикальному відведенню однієї рейкової нитки, рівному $3^{\circ/00}$, а сумарний зазор в кожній парі ковзунів дорівнює 5 мм ;

$2b$ – відстань між поздовжніми осями ковзунів, $2b = 1,524 \text{ м}$;

$2s$ – відстань між колами катання колісної пари коліс, $2s = 1.58 \text{ м}$;

C_{pec} – жорсткість ресорного комплекту візка, $C_{pec} = 4424 \text{ кН/м}$;

C_p – жорсткість рами напіввагону при кососиметричному навантаженні

(на $\frac{1}{4}$ рами), $C_p = 1969 \text{ кН/м}$.

$$P_{\kappa} = \frac{0,061}{4} \times \frac{1,524}{1,58} \times \frac{4424 \times 1969}{4424 + 1969} = 20,043 \text{ кН/м}$$

4 Дослідження на міцність рами та кузова напіввагона від дії сил, що виникають під час експлуатації вагону.

4.1 Визначення розрахункової схеми кузова напіввагону

При виконанні розрахунку напіввагону моделі 12-532 використаний додатковий модуль SolidWorks Simulation програмного комплексу SolidWorks, з високим ступенем автоматизації розрахунків на міцність, який припускає будь-яке поєднання статичних навантажень і дозволяє проводити аналіз напруженого стану на пружну стадію, як всієї конструкції кузова вагона, так і його окремих ділянок, при різному ступені деталізації.

Для оцінки напружено-деформованого стану кузова вагона застосовується пакет програм, заснований на методі кінцевих елементів (МСЕ), який в даний час є одним з найпоширеніших методів вирішення прикладних завдань.

Особливості геометричної форми виробу дозволяють застосування об'ємних кінцевих елементів і елементів типу тетраедр, що описують складові частини вагона.

Розрахункова схема кузова напіввагона моделі 12-532 представлена у вигляді 3D-моделі (рисунок 4.1).

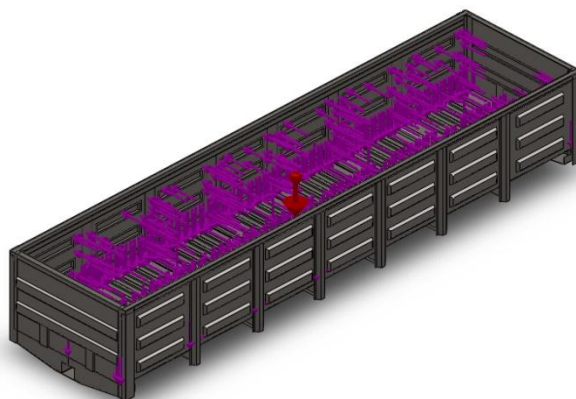


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема кузова на піввагона

3D-модель кузову напіввагону перетворювалася в скінченно-елементну.

Побудована сітка складається з 34750 скінчених елементів. Для моделювання

об'ємів твердих тіл використовувались десятивузлові скінченні елементи тетраедрального типу, які найбільш точно описують форму моделі механічних вузлів. Скінченно-елементна модель представлена на рисунку 4.2.

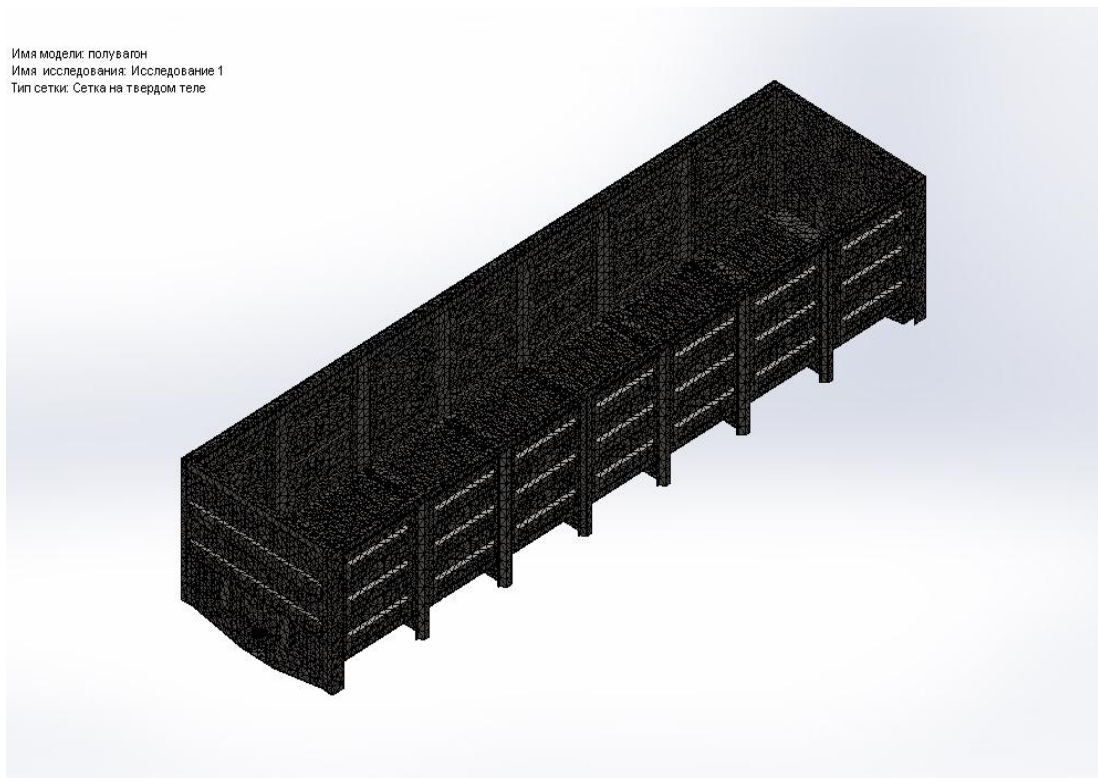


Рисунок 4.2 – Сітка скінчених елементів

При розрахунку кузова та рами вагона були прийняті наступні припущення: матеріал конструкції працює в пружно-стадійній стадії деформації і володіє постійними характеристиками – модуль пружності $E=1,99947 \times 10^5$ МПа і коефіцієнтом Пуассона $\mu=0,3$;

- обпирання кузова вагона на візок представлено в розрахунковій схемі введенням у вузлах п'ятника кінематичних закріплень (Рисунок 4.3).

Розрахунок на міцність вагона виконується для 2 основних розрахункових режимів.

За 1-им розрахунковим режимом розглядається дещо рідкісне поєднання екстремальних навантажень. Основна вимога при розрахунку на міцність з цього режиму – не допустити появи залишкових деформацій (ушкоджень) у вузлі або деталі.

Допустимі напруги з цього режиму вибираються близькими до межі текучості, або межі міцності матеріалу з урахуванням характеру дії навантаження і властивостей матеріалу. В експлуатації 1-му режиму розрахунку відповідає для вантажних вагонів осаджування і рух великовагового складу з місця, зіткнення вагонів при маневрах, у тому числі при розпуску з гірок, екстрене гальмування в поїздах при малих швидкостях руху.

По 3-му розрахунковому режиму розглядається відносно часте можливе поєднання помірних за величиною навантажень, характерне для нормальної роботи вагона в рухомому поїзді. Основна вимога при розрахунку для цього режиму - не допустити втомленого руйнування вузла, або деталі. Допустимі напруги з цього режиму вибираються виходячи з меж витривалості матеріалу, з урахуванням спільної дії квазістатичних, вібраційних і ударних навантажень, впливу корозії і т.п.

В умовах експлуатації 3-му режиму розрахунку відповідають випадки руху вагона в складі поїзда, по прямих і кривих ділянках колії та стрілочних переводах з допустимої швидкістю, аж до конструкційної, при періодичних службових, регулювальних гальмуваннях, періодичних помірних ривків і поштовхів, штатної роботи механізмів і вузлів вагона.

4.2 Перший розрахунковий режим

Розрахунок і оцінка міцності по 1 режиму навантаження здійснювалася з чотирьох варіантів, за допомогою одночасного застосування всіх діючих навантажень, при цьому режимі маємо наступні варіанти розрахунків:

1. Номінальні розміри частин хребтової балки
2. Знос вертикальних полиць
3. Знос вертикальних і горизонтальних полиць

Для 1-го розрахункового режиму, при навантаженні вагона з номінальними значеннями частин хребтової балки, виникають максимальні напруги, що зображені на

рисунку 4.3-4.4

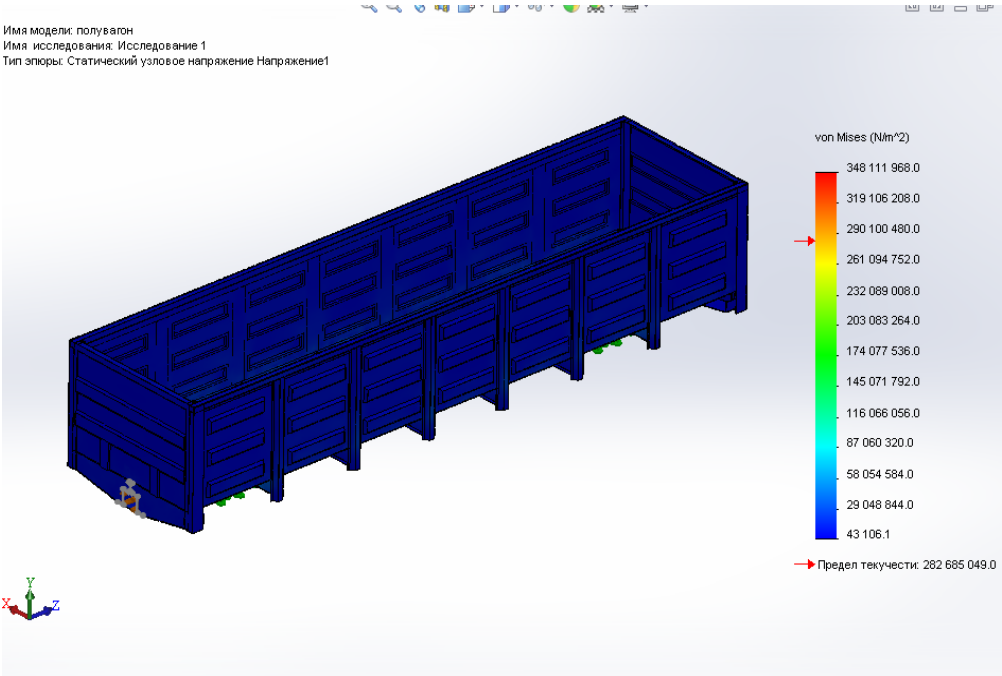


Рисунок 4.3 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа) при навантаженні вагона(вид зверху) з номінальними значеннями частин хребтової балки

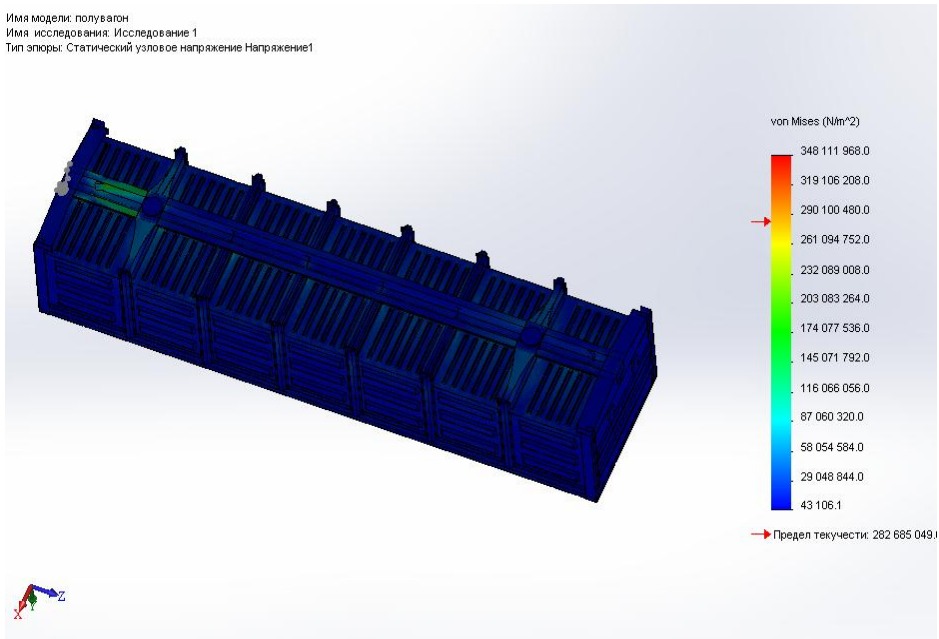


Рисунок 4.4 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа) при навантаженні вагона(вид знизу) з номінальними значеннями частин хребтової балки

Зокрема з результатів розрахунку напіввагону з номінальними розмірами хребтової балки видно що найбільші значення напружень досягаються в місцях з'єднання хребтової та шкворневої балок досягаючи значень у 321 МПа, а також уздовж хребтової балки посередині 235 МПа.

З розрахунку можна зробити висновок що напруження виникаючі в елементах конструкції при такій схемі навантаження вагона задовольняють вимогам норм [2].

Для 1-го розрахункового режиму при навантаженні вагона зі зносом вертикальних полиць, в основних несучих елементах виникають наступні максимальні напруги:

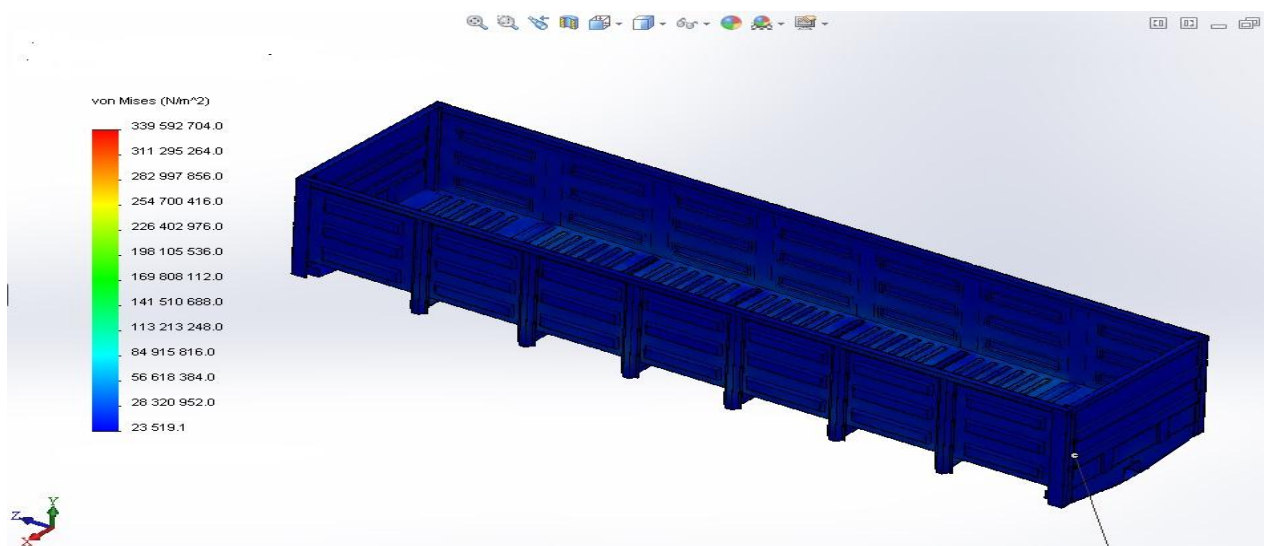


Рисунок 4.5 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагона мод.12-532(вид зверху) при зносі вертикальних полиць хребтової балки;

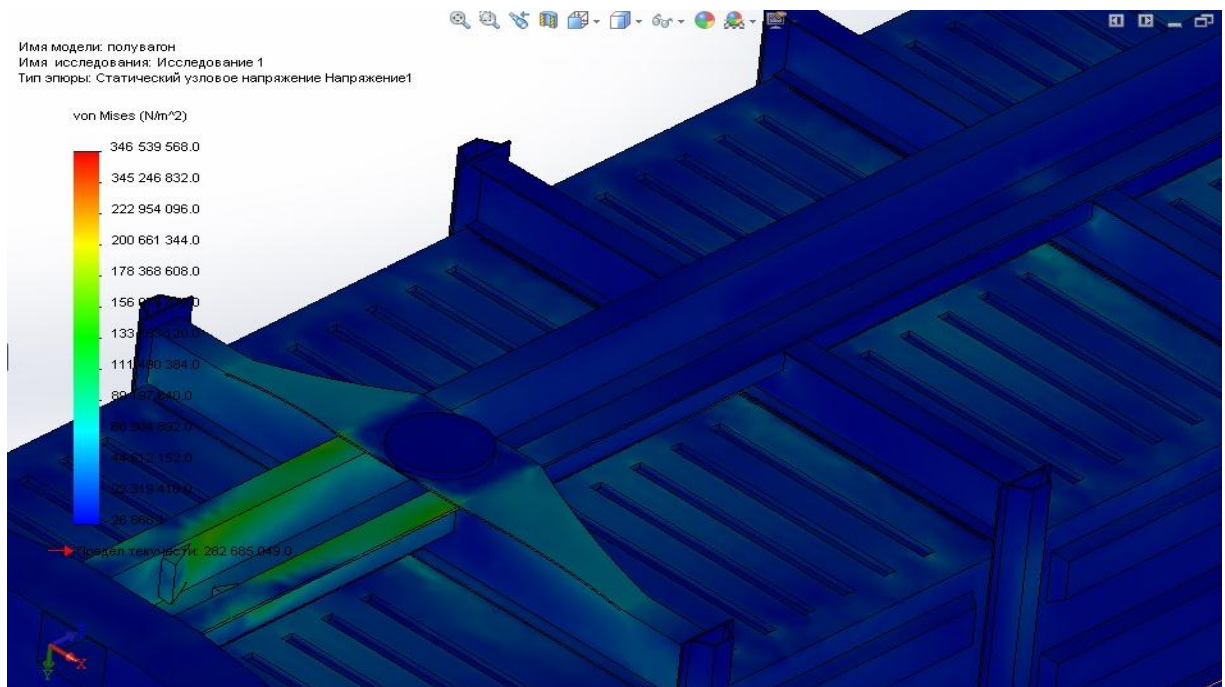


Рисунок 4.6 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагона мод.12-532(вид знизу) при зносі вертикальних полиць хребтової балки;

Аналізуючи результати розрахунку напіввагону при зносі вертикальних полиць хребтової балки видно що найбільші значення напружень досягаються в місцях з'єднання хребтової та шкворневої балок, місцях кріплення упорів ударно-тягових пристрою, досягаючи значень у 346 мпа, а також уздовж хребтової балки посередені 286 мпа.

З розрахунку можна зробити висновок що напруження виникаючі в елементах конструкції при такій схемі навантаження вагона задовольняють вимогам норм [2].

Для 1-го розрахункового режиму при навантаженні вагона зі зносом вертикальних та горизонтальних полиць хребтової балки, в основних несучих елементах виникають максимальні напруги які представлені на рисунку 4.7-4.8

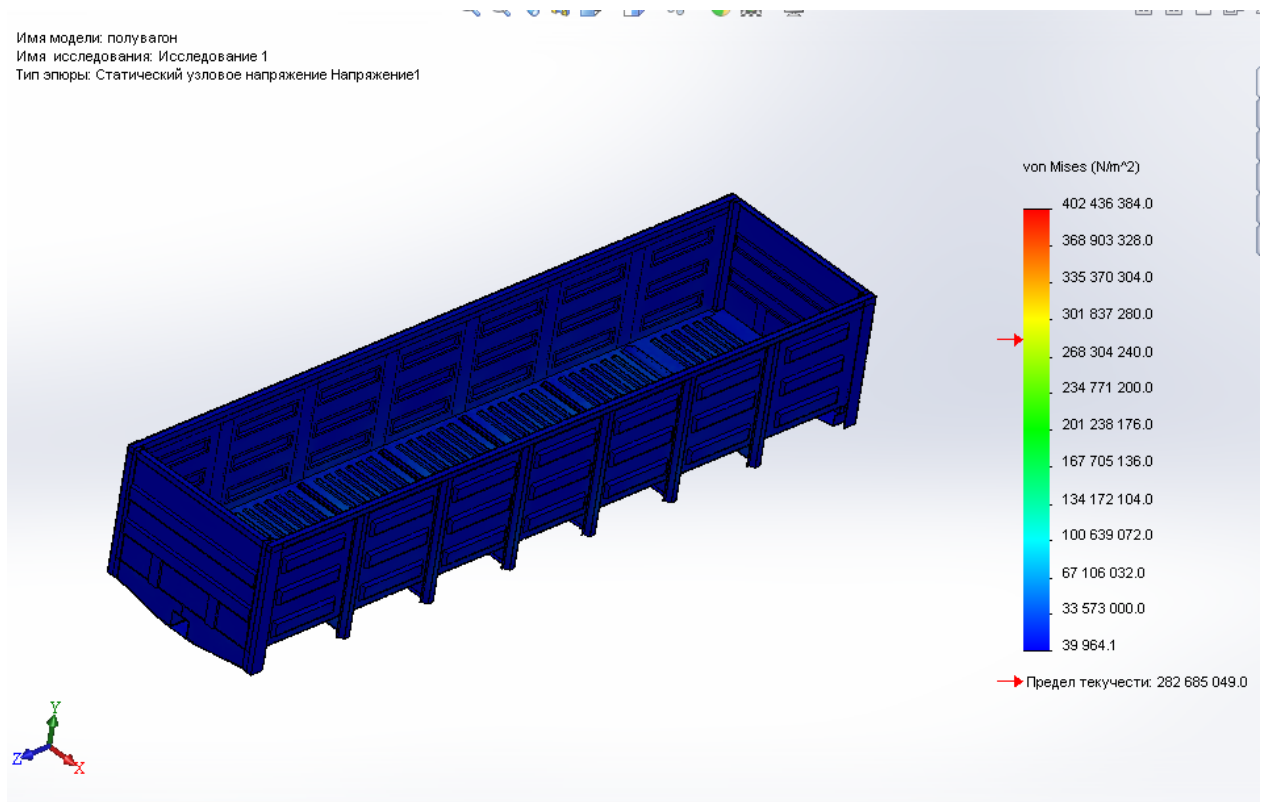


Рисунок 4.7 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагону мод.12-532(вид зверху) при зносі вертикальних а горизонтальних полиць хребтової балки.

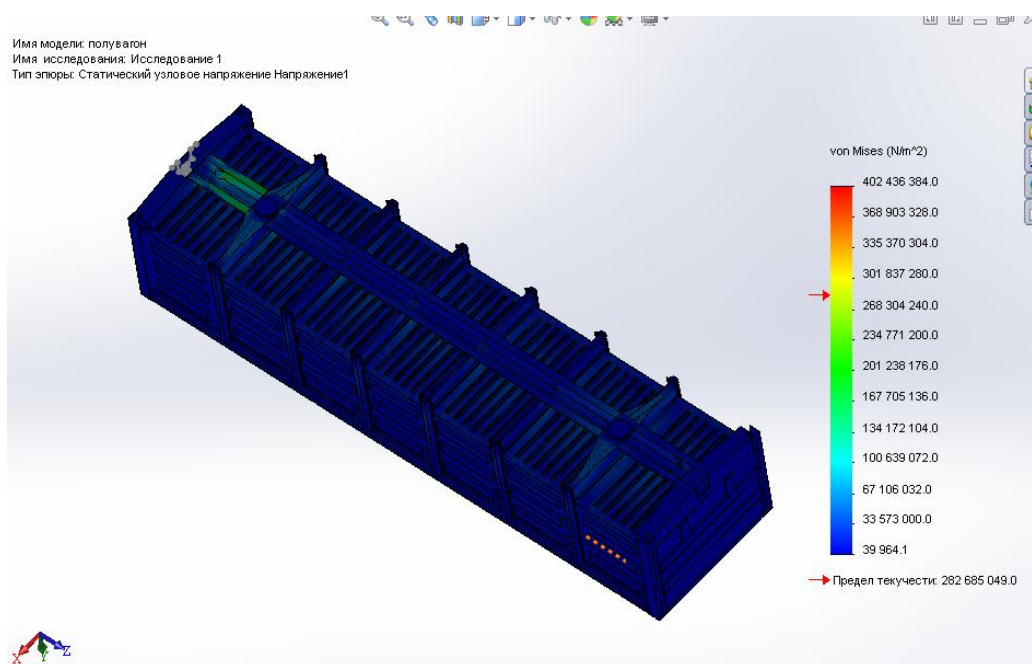


Рисунок 4.8 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагону мод.12-532(вид знизу) при зносі вертикальних а горизонтальних полиць хребтової балки.

4.3 Третій розрахунковий режим

Розрахунок і оцінка міцності по 3 режиму навантаження здійснювалася за трьома варіантами, за допомогою одночасного застосування всіх діючих навантажень, при цьому режимі маємо наступні варіанти розрахункових навантажень:

1. Номінальні розміри частин хребтової балки
2. Знос вертикальних полиць
3. Знос вертикальних і горизонтальних полиць

Для 3-го розрахункового режиму, при навантаженні вагона з номінальними значеннями частин хребтової балки, виникають максимальні напруги, що зображені на рисунку 3.9-3.10

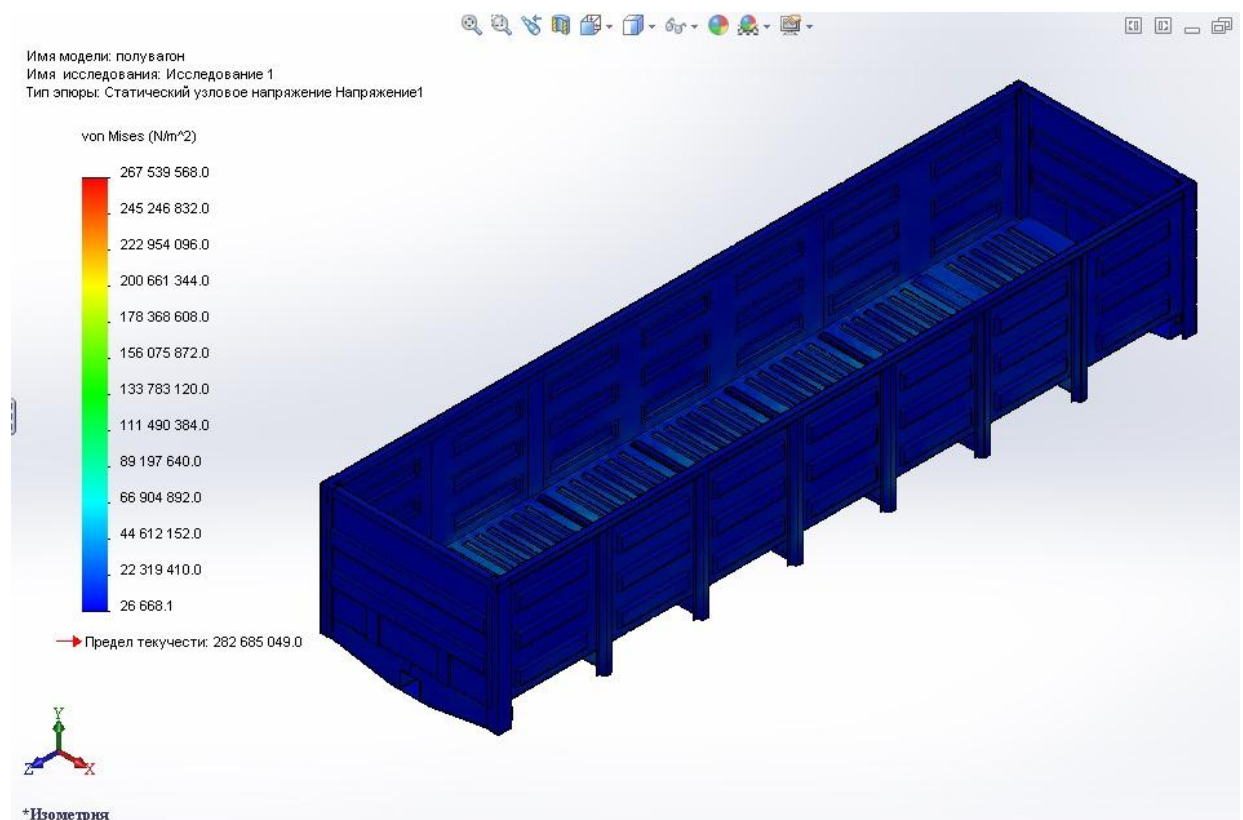


Рисунок 4.9 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагона мод.12-532(вид зверху) при навантаженні по 1 варіанту (номінальні розміри частин хребтової балки).

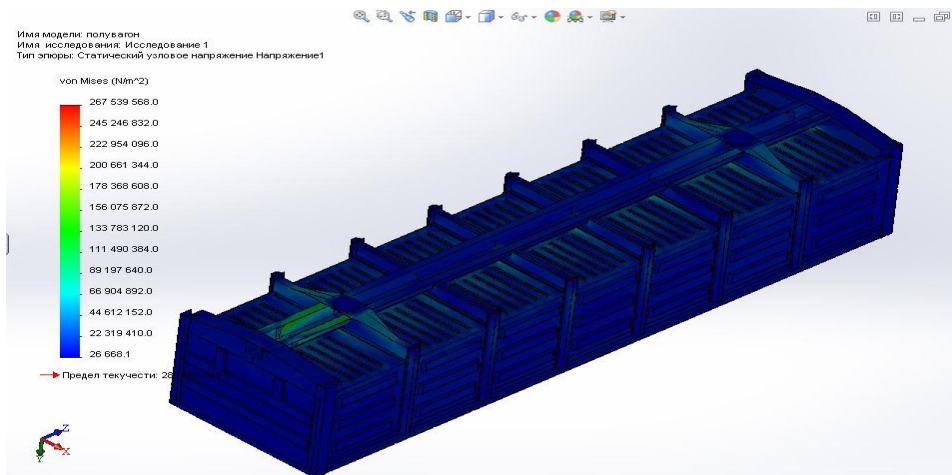


Рисунок 4.10 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагона мод.12-532(вид знизу) при навантаженні по 1 варіанту (номінальні розміри частин хребтової балки).

Напруження, що виникають у елементах конструкції при такій схемі навантаження вагона задовольняють вимогам норм [2].

Для 3-го розрахункового режиму при навантаженні вагона зі зносом вертикальних полиць, в основних несучих елементах виникають наступні максимальні напруги, що зображені на рисунку 4.11-4.12

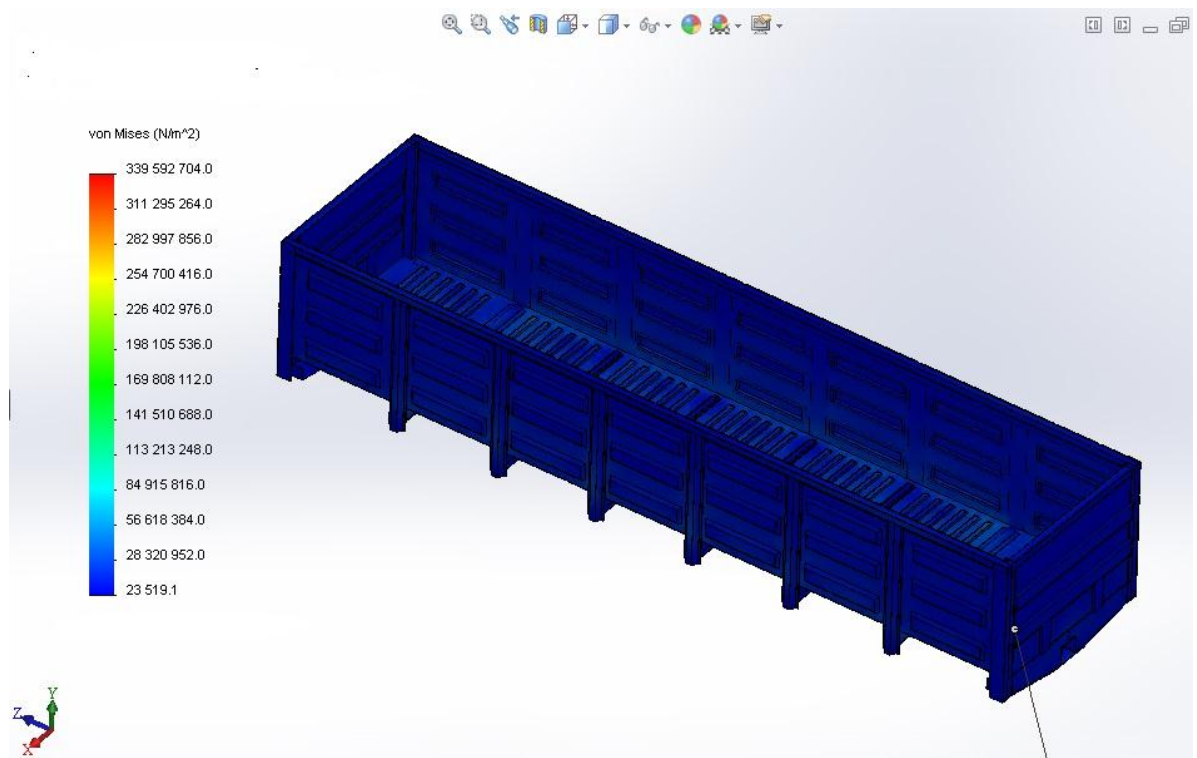


Рисунок 4.11 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагону мод.12-532(вид зверху) при навантаженні по 2 варіанту (знос вертикальних полиць хребтової балки)

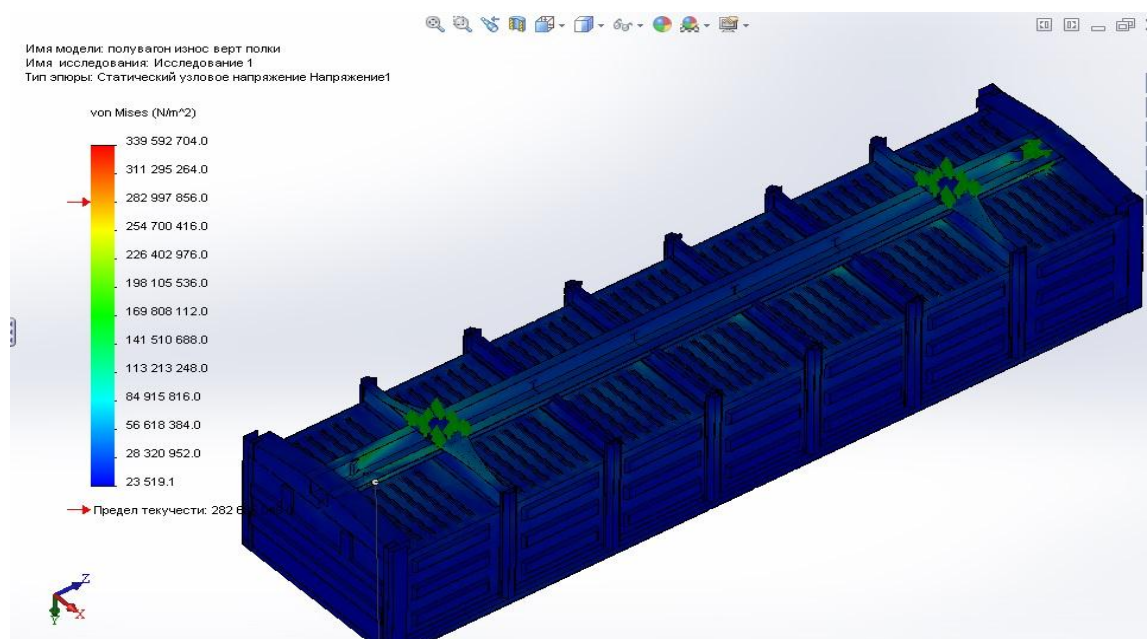


Рисунок 4.12 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагону мод.12-532(вид знизу) при навантаженні по 2 варіанту (знос вертикальних полиць хребтової балки)

Побудуємо графік залежності росту навантажень від рівня зносу вертикальної полиці хребтової балки, який представлений на рисунку 4.13

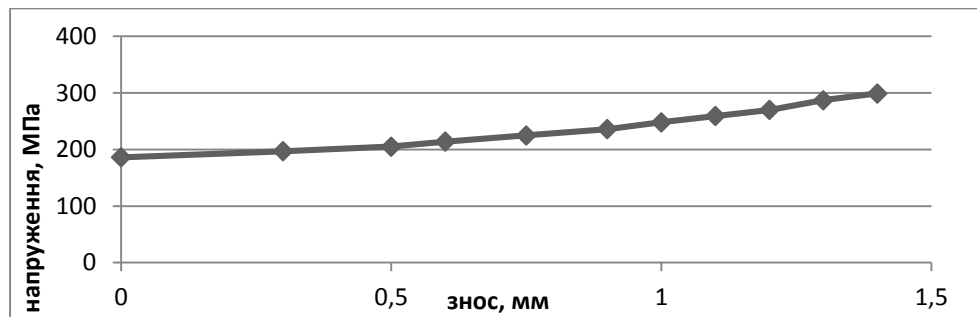


Рисунок 4.13 -Залежності росту напружень від рівня зносу вертикальної полиці хребтової балки

Для 3-го розрахункового режиму при навантаженні вагона зі зносом вертикальних та горизонтальних полиць хребтової балки, в основних несучих елементах виникають максимальні напруги які представлені на рисунку 4.14-4.15

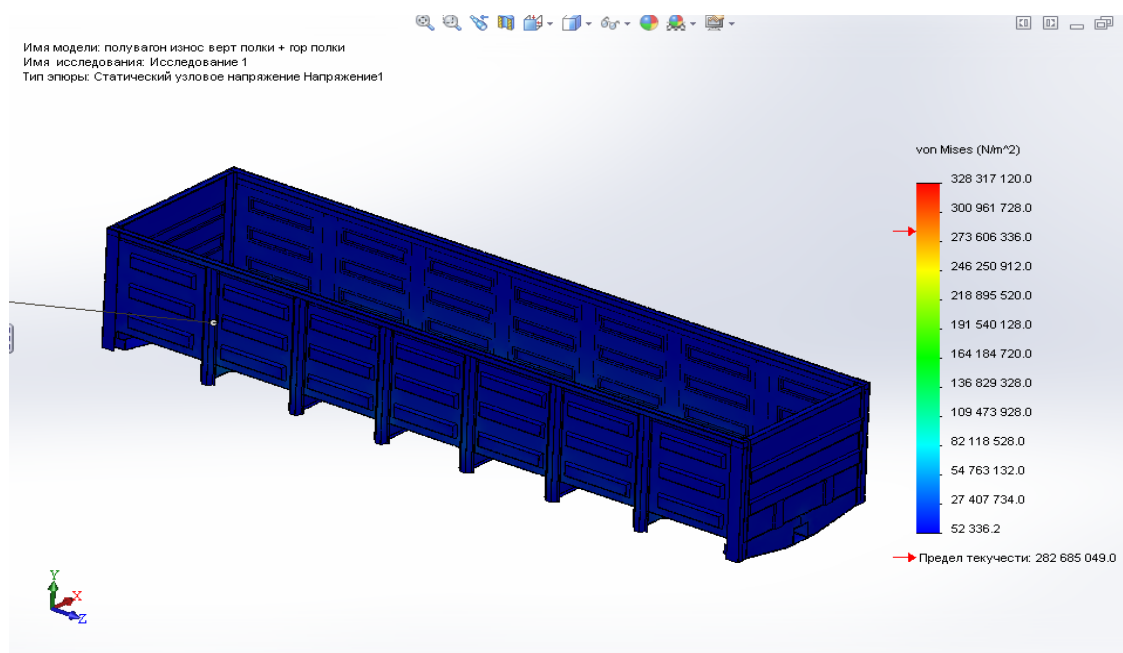


Рисунок 4.14 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагону мод.12-532(вид зверху) при навантаженні поЗваріанту(зносу вертикальних та горизонтальних полиць хребтової балки)

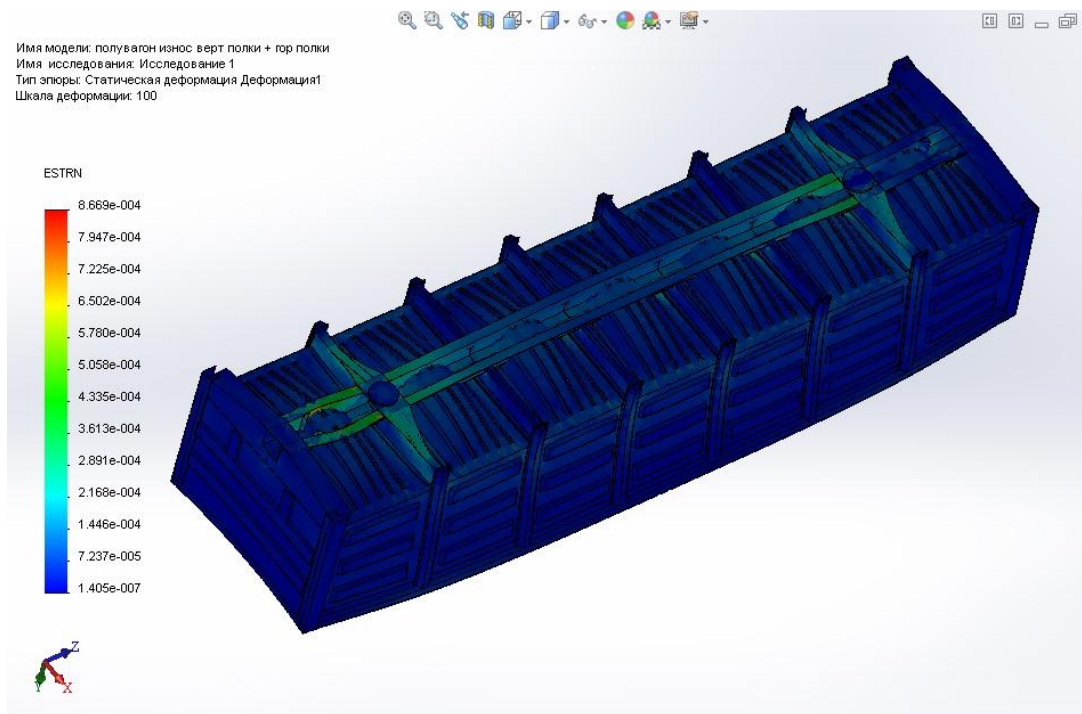


Рисунок 4.15 – Максимальні еквівалентні напруження (МПа), що виникають у рамі та кузові напіввагону мод.12-532(вид знизу) при навантаженні по 3 варіанту(знос вертикальних та горизонтальних полиць хребтової балки)

Графік залежності росту навантажень від рівня зносу вертикальної та горизонтальної полиці хребтової балки, представлений на рисунку4.16

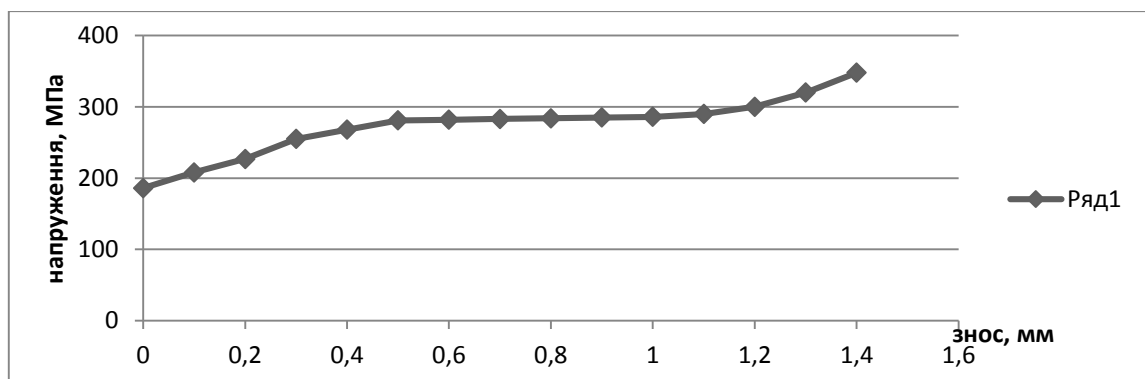


Рисунок 4.16 -Залежності росту напружень від рівня зносу вертикальної та горизонтальної полиці хребтової балки

4.4 Висновки за розрахунками напіввагона

- Максимальні еквівалентні напруження, що виникають у рамі напіввагона від навантажень по I розрахунковому режиму, не перевищують допустимих напружень;

- Напруження що діють на раму напіввагона зі зносом вертикальних та горизонтальних полиць хребтової балки по III розрахунковому режимі, не перевищують межу пластичності металу.

5 Аналіз методів розрахунку залишкового ресурсу на піввагоні

Спрощені методи прогнозування залишкового ресурсу (по одному параметру) можуть застосовуватися, коли є реальна можливість для безперервного (або дискретного) контролю параметрів технічного стану об'єкта, наприклад: при одночасному впливі статичного навантаження і корозійного середовища, коли основний фактор, що ушкоджує - загальна корозія; в умовах циклічного навантаження без впливу корозійного середовища несуча здатність знижується внаслідок мало циклової втоми; при наявності інформації за функціональними параметрами об'єкту за експлуатаційний період в обсязі, достатньому для екстраполяції на наступний період експлуатації при неодмінному виконанні умов безпеки.

У загальному випадку, за результатами технічного діагностування, можуть бути проведені наступні види розрахунків залишкового ресурсу, наведені на рисунку 5.1:

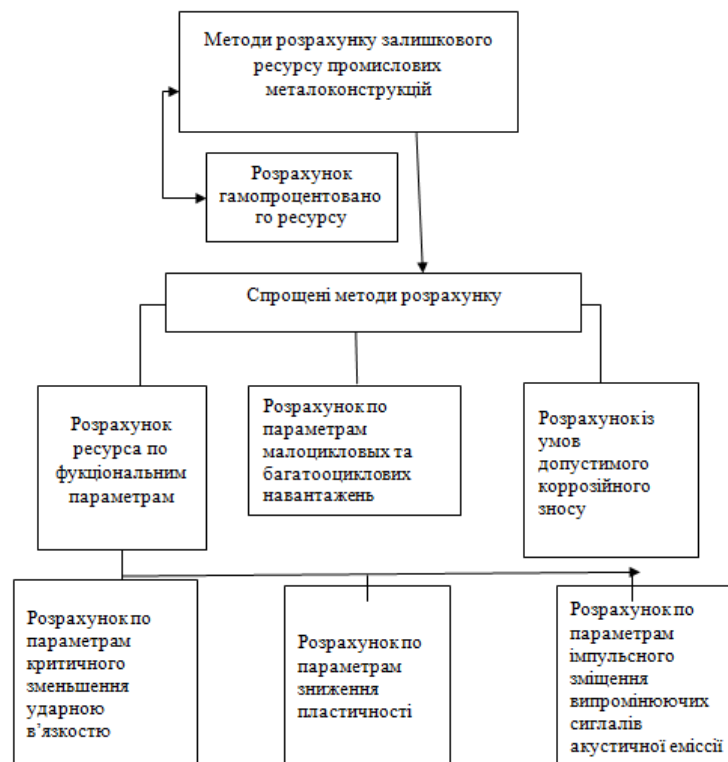


Рисунок. 5.1- Методи розрахунку залишкового ресурсу металоконструкцій

Більш складні методи прогнозування залишкового ресурсу (за кількома параме-

трами) використовують, коли немає реальної можливості для безперервного (дискретного) контролю параметрів технічного стану об'єкта.

Вибір методу прогнозування ресурсу обґрунтовується точністю і достовірністю отриманих при діагностуванні даних, вимог точності і достовірності прогнозованого ресурсу об'єкта, ризиком подальшої експлуатації, наявністю і надійністю системи контролю за його технічним станом.

Відповідно до методичних вказівок по визначенню залишкового ресурсу потенційно небезпечних об'єктів у якості основного показника залишкового ресурсу рекомендується визначати гамма процентний ресурс, що задається напрацюванням і виражений у відсотках ймовірністю того, що протягом цієї напрацювання граничний стан об'єкта не буде досягнуто.

Ймовірність повинна вибиратися в залежності від призначення, ступеня відповідальності та режиму використання об'єкта. Для унікальних і відповідальних об'єктів, передчасне припинення роботи яких може призвести до суттєвих економічних збитків, ймовірність може досягати 90-95% і більше.

При виході на піввагону з передбаченої заводом-виробником зони параметрів потрібна перевірка його металоконструкцій на опір втоми. Це служить підставою для обмеження основних параметрів напіввагону (вантажопідйомність, швидкість руху) або скорочення терміну його роботи до проведення наступного повторного обстеження. При наявності втомних пошкоджень на розрахункових елементах металоконструкцій необхідно провести розрахунок залишкового ресурсу і перевірку на опір втоми.

В даний час застосовуються дві методики розрахунку металоконструкцій: по допустимим напруженням і за граничними станами. Тому на даному етапі доцільно в розрахунку залишкового ресурсу отримувати і коефіцієнти запасу міцності по намічених небезпечним площах перерізу.

Вихідні дані приймаються за технічною документацією напіввагону і результатами його обстеження. Відомості про структуру циклу використання напіввагону приводяться до деяких обумовлених технологіями навантаження вивантаження і пересування.

Імовірність безвідмовної роботи розглядається для граничного стану з накопичення втомних пошкоджень в декількох місцях площі перетину (в залежності від моделі напіввагону) металоконструкції, які призначаються на апріорно небезпечних площах перетинів і (або) площах перетинів із значними концентраторами напружень (дефекти зварних з'єднань і монтажу).

Геометричні характеристики балкових елементів металоконструкції напіввагона визначаються з урахуванням деформацій і впливу корозійного уточнення. Вони уточнюються (в ітераційне циклі) після встановлення еквівалентних напружень і характеристик циклів навантаження площі перетину в кожному даному випадку.

У зв'язку з тим, що розрахунок виконується на ЕОМ, при визначенні розрахункових напружень немає необхідності застосовувати концепцію комбінацій навантажень, кілька скорочує обсяг обчислень. Для схематизації процесів навантаження площі перетину краще використовувати метод "дощу", який вважається в даний час найбільш виправданим для широкосмугових процесів.

Для всіх розраховуються площі перетинів навантаження напіввагону по різних режимам породжує кілька ступенів навантаження, наведених до симетричним циклам. При визначенні напружень у всіх досліджуваних місцях враховується вплив динаміки вантажних механізмів та пересування напіввагона.

Розрахунок гамма процентного ресурсу рекомендується в якості основного показника залишкового ресурсу, слід реально оцінити, в яких випадках його слід проводити, а в яких - ні. Так званий гамма-процентний ресурс - величина ймовірна, тобто не цілком точна. Для отримання більшої точності прогнозування залишкового ресурсу довірчу ймовірність слід задавати більш високою, а допустиму похибку вимірювання обмежувати. У сукупності ці дві величини визначають число вимірювань, які слід виконати для отримання бажаного (більш точного) прогнозування залишкового ресурсу.

Перше використання в методиці принципів розрахунку гамма процентного ресурсу відбувається при встановленні кривої, що визначає (або уточнюючого) число необхідних вимірювань товщини стінки.

Оскільки діагностування нпіввагону проводиться і зовні і зсередини, то майже

будь-який локальний поверхневий дефект цілком виявляємо візуально. В даному випадку ніяка непряма імовірнісна оцінка наявності місць серйозної корозії не потрібна. Не потрібно також імовірнісна оцінка максимальної глибини корозійного (ерозійного) пошкодження металу на обстежуваній поверхні, її можна безпосередньо виміряти.

З огляду на те, що імовірнісний гамма-процентний ресурс визначається через середній ресурс, а останній - через середню швидкість корозії (без використання ймовірнісної оцінки), то визначальна величина в прогнозуванні всякого ресурсу, як середнього, так і гамма-відсоткового - середня швидкість корозії.

Отже, без імовірнісного розрахунку залишкового ресурсу в багатьох випадках (подібних вище розглянутих) цілком можна обійтися, якщо оцінювати ресурс по домінуючому впливу.

Виходячи з проведеного аналізу руйнувань, що виникають в конструкції напіввагону, для прогнозування знову призначається терміну служби, в даній роботі, використовувалися: узагальнений показник витрати індивідуального ресурсу напіввагону і спеціалізовані критерії, що враховують дію на елементи базових частин напіввагону корозії, зміни механічних характеристик металу, багато - і мало циклової втоми, можливості крихкого руйнування. Додатково було розглянуто вплив тривалого впливу радіації на механічні властивості металу конструкції.

При прогнозуванні допускається терміну служби вагонів по узагальненого показника витрати індивідуального ресурсу напіввагону застосовувався метод екстраполяції.

Використання методу екстраполяції в прогнозуванні індивідуального ресурсу напіввагона засноване на тому, що даний процес зміни показників ресурсу являє собою поєднання двох складових: детермінованою і випадкової

$$y(x) = f\{a, x\} + \tau(x) \quad (5.1)$$

Вважалося, що детермінована складова $f\{a, x\}$ є гладкою функцією від аргументу, що описується конечномірні вектором параметрів $\{a\}$, які зберігають свої значення на періоді попередження прогнозу. Ця складова, в подальшому, називалася трендом або тенденцією.

Випадкова величина складової $\tau(x)$ є величиною некорельованого випадкового процесу з нульовим математичним очікуванням. Її оцінки необхідні для подальшого визначення точностних характеристик прогнозу.

Екстраполяційні методи прогнозування роблять основний упор на виділення найкращого опису тренда і на визначенні прогнозних значень шляхом їх екстраполяції.

Специфічною рисою прогнозної екстраполяції є попередня обробка числового ряду з метою перетворення його до вигляду, зручного для прогнозування з урахуванням аналізу логіки і фізики прогнозованого процесу.

Для попередньої обробки числового ряду прогнозу нового терміну служби напіввагону використовувалася процедура згладжування і вирівнювання.

Процедура згладжування направлена на мінімізацію випадкових відхилень точок ряду від деякої гладкої кривої передбачуваного тренда процесу. У даній роботі згладжування вироблялося за допомогою многочленів. У цьому алгоритмі найкраще згладжування досягалося для середніх точок групи. Так, за першим точкам U_1, U_2, U_3, U_4, U_5 , згладжувалася середня точка U_3 , потім за такою п'ятірці U_2, U_3, U_4, U_5 згладжувалася U_4 і т.д. Залишкові крайні точки згладжувались за спеціальними формулами. Застосовувалася найбільш поширена лінійна форма згладжування, тобто використовувався многочлен першого ступеня.

Для згладжування за трьома точкам застосовувалися такі формули:

$$\begin{aligned}\bar{y}_0 &= \frac{1}{3} (y_{-1} + y_0 + y_{+1}) \\ \bar{y}_{-1} &= \frac{1}{6} (5y_{-1} + 2y_0 + y_{+1}) \\ \bar{y}_{+1} &= \frac{1}{6} (-y_{-1} + 2y_0 + 5y_{+1})\end{aligned}\tag{5.2}$$

де U_0 - значення вихідної і згладженої функцій в середній точці;

U_{-1} - значення вихідної і згладженої функцій в лівій від середньої точки;

U_{+1} - значення вихідної і згладженої функцій в правій від середньої точки.

Формули для U_{-1} і U_{+1} застосовувалися по краях інтервалу.

Аналогічні формули застосовувалися для згладжування ряду по п'яти точках:

$$\begin{aligned}\bar{y}_0 &= \frac{1}{5} (y_{-2} + y_{-1} + y_0 + y_1 + y_2) \\ \bar{y}_{-1} &= \frac{1}{10} (4y_{-2} + 3y_{-1} + 2y_0 + y_1) \\ \bar{y}_{+1} &= \frac{1}{10} (y_{-1} + 2y_0 + 3y_1 + 4y_2) \\ \bar{y}_{-2} &= \frac{1}{5} (3y_{-2} + 2y_{-1} + y_0 - y_2) \\ \bar{y}_{+2} &= \frac{1}{5} (-y_{-2} + y_0 + 2y_1 + 3y_2)\end{aligned}\tag{5.3}$$

Згладжування в лінійному варіанті, як показала практика експлуатації напіввагонів, дозволяє досить точно виявляти величину тренда і визначати строк корисного використання напіввагону.

При формуванні прогнозу зміни технічного стану напіввагону враховувалися наступні оцінки співвідношень між часом заснування прогнозу, часом попередження і заданою точністю.

Для лінійної функції екстраполяції стандартне відхилення прогнозової величини ресурсу напіввагону визначався за формулою: Место для уравнения.

$$S_p = S_y \sqrt{\frac{\frac{n+1}{n} (t_t - \bar{t})^2}{\sum_{t=1}^n (t - \bar{t})^2}}\tag{5.4}$$

де S_y - стандартне відхилення вихідного ряду від розрахункових значень y ;

n - число спостережень ретроспективного періоду;

t_L - час попередження плюс час ретроспекції;

t - середина ретроспективного періоду.

Замінивши в (5.4) значення:

$$\bar{t} = \frac{n+1}{2} (t - \bar{t})^2 = \frac{n(n^2 - 1)}{12}$$

отримали:

$$t_L = i = n + L - \frac{n + 1}{2} = \frac{n + 2L - 1}{2}$$

отримували:

$$S_p = S_y k = S_y \sqrt{\frac{n + 1}{n} + \frac{3(n + 2L - 1)^2}{n(n^2 - 1)}} \quad (5.5)$$

Тоді довірчий інтервал прогнозу визначався як:

$$\hat{y}_{t+L} \pm S_y K'_\alpha \quad (5.6)$$

де t_α - значення

t - критерію Стюдента

Позначивши $K' = K t_\alpha$, отримували $S_y = S_y K'$.

Таким чином, K' розглядалося як відношення стандартних відхилень прогнозних значень до відхилень фактичних значень на ретроспективному ділянці від тренда:

$$K' = \frac{S_y}{S_{\bar{y}}} \quad (5.7)$$

Прогнозування залишкового індивідуального ресурсу напіввагону по спеціалізованим критеріям виконувалося наступним чином. Залишковий ресурс базового елемента напіввагона, що піддається дії корозії, визначався за формулою:

$$T_k(T_3) = \frac{S_\phi - S_p}{a} \quad (5.8)$$

де S_ϕ - фактична мінімальна товщина стінки елемента, мм;

S_p - розрахункова товщина стінки елемента, мм;

a - швидкість рівномірної корозії (ерозійного зносу), мм на рік.

Формула (5.8) використовується, якщо число вимірів п товщини стінок за час експлуатації напіввагона не перевищує 3мм. Швидкість рівномірної корозії «а» визначалася таким чином. Якщо після проведення чергового обстеження було тільки

один вимір контрольованого параметра $S_{\phi}(t_1)$, отримане при розглянутому обстеженні, то швидкість корозії визначалася за формулою:

$$a = \frac{S_u + C_0 - S_{\phi}}{t_1} \quad (5.9)$$

де S_u – виконавча товщина стінки елемента, мм;

C_0 – плюсове допущення на товщину стінки, мм;

t_1 – час від моменту початку експлуатації до моменту обстеження, рік.

Якщо після проведення чергового обстеження мали два виміру контролюючого параметру $S_{\phi}(t_1)$, $S_{\phi}(t_2)$, то швидкість корозії буде визначатися за формулою:

$$a = \frac{S_{\phi}(t_1) - S_{\phi}(t_2)}{(t_2 - t_1)K_1K_2} \quad (5.10)$$

де $S_{\phi}(t_1)$, $S_{\phi}(t_2)$ – фактична товщина стінки елемента при першому и другому обстеженнях, мм;

t_1 , t_2 - час від моменту початку експлуатації до моменту першого та другого обстеження, мм;

K_1 – коефіцієнт, враховуючи відміну середньої очікуваної швидкості корозії від гарантованої швидкості корозії;

K_2 – коефіцієнт, враховуючи погрішність визначення швидкості корозії по лінійному закону, від швидкості корозії, розрахованої по більш точним законам вимірювання параметрів.

Для більшості вантажних вагонів, в тому числі напіввагонів, значення K_1 та K_2 можливо приймати в межах: $K_1 - 0.5-0.75$; $K_2 - 0.75-1.0$.

Якщо після проведення чергового діагностування було три значення контролюючого параметру $S_{\phi}(t_1)$, $S_{\phi}(t_2)$, $S_{\phi}(t_3)$, отримані при обстеженні в моменти часу t_1 , t_2 , t_3 то для визначення швидкості корозії « а » проводились наступні обчислення. Визначалися величини:

$$\begin{aligned}
S_1 &= \sum_{i=1}^3 S_{\phi}(t_i); & S_2 &= \sum_{i=1}^3 S_{\phi}(t_i)t_i; \\
x_1 &= \sum_{i=1}^3 t_i; & x_2 &= \sum_{i=1}^3 t_i^2.
\end{aligned}
\tag{5.11}$$

Після чого « а » визначалось за формулою:

$$a = \frac{S_1 X_1 - 3S_2}{(3X_2 - X_1^2)K_1 K_2}.
\tag{5.12}$$

Як було показано вище, в процесі експлуатації напіввагонів в ряді випадків відбувається зниження механічних властивостей матеріалів окремих елементів. Таке зниження механічних властивостей виявляється в процесі випробування зразків, виготовлених з контрольних вирізок, або шляхом виміру твердості металу і визначення механічних характеристик елементів напіввагонів за існуючих їм кореляційному залежності. У разі, якщо зниження механічних властивостей виявилось більш ніж на 5% від нормативних значень, то всі розрахунки проводилися за фактичними механічними властивостями матеріалу, а швидкість зниження властивостей визначалася аналогічно швидкості корозії і шляхом екстраполяції визначалися механічні властивості матеріалу до кінця очікуваного залишкового періоду експлуатації напіввагону.

Оцінка залишкового ресурсу напіввагона за критеріями багато- і мало- циклічної втоми проводилася в такий спосіб. Величина еквівалентної наведеної амплітуди динамічних напружень при розрахунку багато циклової втоми визначалася по дискретній функції щільності розподілу амплітуд напружень за формулою:

$$\sigma_{a,\Sigma} = m \sqrt{\frac{T_k}{N_0} [N_{c1} \sum_j (\sigma_{aj}^I)^m \cdot P_j^I + N_{c2} \sum_k (\sigma_{ak}^{II})^m \cdot P_k^{II} + N_{c3} \sum_n (\sigma_{an}^{III})^m \cdot P_n^{III}],}
\tag{5.13}$$

де $\sigma_{a,\Sigma}$ – розрахункова величина амплітуди динамічного напруження умовного симетричного циклу, приведений до базового числа циклу N_0 , еквівалента по пошкодженню дії реальному режимі експлуатаційних випадкових напруги за розрахунковий термін експлуатації;

m – показник ступеня в рівняннях кривої втоми в амплітудах;

T_k – розрахунковий термін експлуатації в роках;

N_0 – базове число циклів;

$N_{c1,2,3}$ – число циклів динамічних напружень, діючих на вагон відповідно через автозчепу, від коливань на ресорах, ремонтних та ін.;

σ^I_{aj} – амплітуди динамічних напружень в j діапазонах ударних повздовжніх сил;

σ^{II}_{ak} – амплітуди динамічних напружень від коливань на ресорному підвишуванні;

σ^{III}_{an} – амплітуди динамічних напружень від циклів навантажування-розвантажування, ремонтних навантажень;

$P_{j,k,n}$ – часткове виникнення амплітуд при відповідних напруженнях.

Величина розрахункового терміну експлуатації в роках по критерію багато циклової втоми визначають за формолою:

$$T_k = \frac{(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]})^m \cdot N_0}{N_{c1} \sum_j (\sigma^I_{aj})^m \cdot P^I_j + N_{c2} \sum_k (\sigma^{II}_{ak})^m \cdot P^{II}_k + N_{c3} \sum_n (\sigma^{III}_{an})^m \cdot P^{III}_n}, \quad (5.14)$$

де $\sigma_{a,N}$ – межа витривалості за амплітудою для контрольної зони при симетричному циклі і установленому режимі напруження при базовому циклі N_0 ;

$[n]$ – допустимий коефіцієнт запасу опору втоми.

При розрахунку конструкції на мало циклову втому, відповідно, приймалось:

$$T_K \frac{N_i}{[N]_i} = 1 \quad (5.15)$$

де N_i – число циклів i -го напруження за 1 рік експлуатації;

T_k – розрахунковий термін експлуатації, в роках;

$[N]_i$ – допустиме число циклів i -го напруження.

Із умови циклічної міцності розрахунковий термін експлуатації визначаються за формулою:

$$T_K = \frac{1}{\frac{N_i}{[N]_i}} \quad (5.16)$$

Розрахунки залишкового ресурсу за функціональними параметрами можуть бути проведені при наявності ретроспективної інформації по цим параметрам, а, так само, даних отриманих при технічному діагностуванні за допомогою не руйнуючих методів контролю і металографічних досліджень.

Розрахунок залишкового терміну служби напіввагона зі зміни пластичності, можливий внаслідок зниження пластичності металу в результаті старіння, т. Е, залежність основних механічних характеристик від часу експлуатації, можна представити у вигляді функції, значення якої визначаються за формулою:

$$\psi = \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{\sigma_T + ct + et^2}{\sigma_B + at + bt^2} + k_1 + k_2 \quad (5.17)$$

де a, b, c, e – параметри, відображаючи процес старіння, визначаються на основі діючих експериментальних даних шляхом їх апроксимації у відповідності з критерієм подібності процесів деформування і руйнування металів однієї групи і постійно уточнюються при отриманні нових даних;

k_1, k_2 – виправні коефіцієнти умов експлуатації, відображають вплив температури та виникаючих в конструкції напружень.

Значення коефіцієнтів k_1, k_2 для розрахунку пластичності при експлуатації в умовах, відмінних від базових, рахуються по емпіричним формулах.

Визначення залишкового терміну служби, представлено на рисунку 5.2, виконується шляхом побудови за допомогою ПЕВМ графіка функції ψ , з інтервалом точності (+10%) у вигляді двох кривих: ψ і ψ_1 – верхньої межі 10%- го інтервалу точності кривої ψ в координатах σ_T/σ_B – час і двох прямих, побудованих в тих же координатах, паралельних осі абсцис: $\sigma_T/\sigma_B=0,9$ и $\sigma_T/\sigma_B=\sigma_{тф}/\sigma_{вф}$. Значення $\sigma_{тф}$ і $\sigma_{вф}$ отримують від даних технічного діагностування.

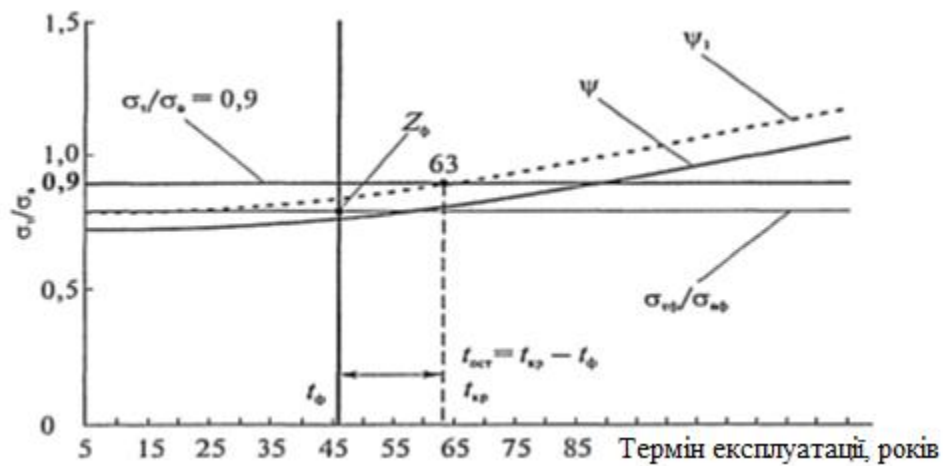


Рисунок 5.2- Розрахунок залишкового терміну служби при зміні пластичності металу

Зниження тріщиностійкості (ударної в'язкості) металу в результаті старіння. Залежність ударної в'язкості a_n від часу експлуатації можна представити у вигляді:

$$a_n = \begin{cases} \gamma^2 + \eta t + a_{00}, & 0 \leq t < 5, \\ \mu \exp -(\lambda t + \beta t^3), & t \geq 5. \end{cases} \quad (5.18)$$

де $\beta, \gamma, \mu, \alpha, t$ – параметри, відображаючи процес старіння відносно вихідного значення ударної в'язкості $a_{н0}$, параметри визначаються на основі маючих експериментальних даних шляхом їх апроксимації й відповідно з критерієм процесів деформування і розладу металів однієї групи і постійно уточнюються при отриманні нових даних.

Вихідне значення ударної в'язкості $a_{н0}$ вибирається по довідковим даних.

При експлуатації в умовах, відмінних від базових, розрахункові значення ударної в'язкості змінюються на величину поправочних коефіцієнтів K_3 і K_4 , які визначаються за емпіричними формулами і відображають вплив температури і виникають в конструкції напружень.

$$a_{нф} = a_{н0} + K_3 + K_4, \quad (5.19)$$

де $a_{нф}$ — фактична величина ударної в'язкості матеріалу в точці заміру, Дж/см².

Визначення залишкового терміну служби, представлене на рисунку 5.3, проводиться шляхом побудови за допомогою ПЕОМ графіка функції a_n , з інтервалом точності (-10%) у вигляді двох кривих: a_{11} , і a_1 - нижньої межі 10% -ного інтервалу точності кривої a_n в координатах "ударна в'язкість - час" і двох прямих, побудованих в тих же координатах, паралельних осі абсцис:

$a_n = 30 \text{ Дж/см}^2$; $a_{11} = a_{нф}$. Значення $a_{нф}$ отримують за даними технічного діагностування.

Визначення залишкового ресурсу за критерієм крихкого руйнування (тріщиностійкості) необхідно проводити в наступних випадках. По-перше, якщо при проведенні дефектоскопії елемента були виявлені дефекти, близькі до встановлених граничних значень, і усунення їх пов'язано з великими технічними труднощами. По-друге, якщо при проведенні дефектоскопії були виявлені окремі тріщини, які при ремонті були усунені і при повторному контролі було встановлено відсутність цих дефектів. Умова опору крихкому руйнуванню перевірялося на підставі виконання співвідношення:

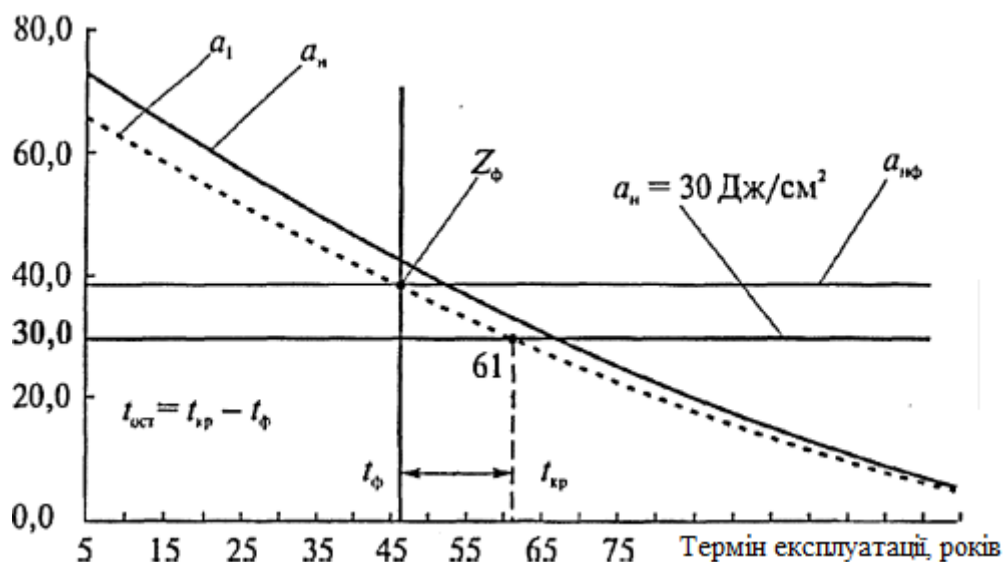


Рисунок 5.3-Розрахунок залишкового терміну служби при зміні ударної в'язкості

При відсутності інформації про дефект, що є найбільш поширеним випадком

для базових частин вагонів, при визначенні K_1 приймалася умовна поверхнева тріщина глибиною $a = 0,25S$ і напівдовгими $C = 1,5a$, де S - середня виміряна товщина елемента.

6. Техніко-економічне обґрунтування впровадження капітально-відновлюваного ремонту напіввагонів.

6.1 Коротка характеристика запропонованого заходу

В умовах скорочення закупівлі нових вагонів і підвищення вимог до безпеки руху поїздів необхідно було прийняти системне рішення для вдосконалення організації робіт з продовження терміну служби напіввагонів.

Таке технічне рішення дозволить зменшити витрати на придбання нових універсальних напіввагонів.

6.2. Методика визначення економічного ефекту

Головна мета обґрунтування варіантів використання технології – це вибір і впровадження найбільш прогресивної технології виробництва. Основним показником ефективності використання нової технології є економічний ефект.

Економічний ефект – це абсолютний результат економічної діяльності, реалізації економічних програм та заходів, що визначається абсолютною різницею між отриманим результатом у вартісній формі та витратами на ресурси, які зумовили отримання цього результату.

Економічна ефективність – це відносний показник, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національної економіки). Економічна ефективність визначається відношенням отриманого результату у вартісній формі до витрат на ресурси, які зумовили отримання цього результату.

Економічний ефект впровадження заходу визначається згідно з умовами використання його за розрахунковий період. Сукупний економічний ефект визначається як сума річних економічних ефектів за розрахунковий період з обов'язковим врахуванням фактору часу за формулою [12]:

$$E_T = P_T - Z_T, \quad (6.1)$$

де E_T – економічний ефект впровадження за розрахунковий період;

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

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

Загальна сума витрат за новою технологією у перший рік впровадження обладнання складається із одноразових витрат на його придбання, транспортування та налаштування, а у наступні роки розрахункового періоду із поточних витрат на експлуатацію, ремонт та обслуговування обладнання.

Таким чином економічний ефект одержуємо як різницю одноразових та поточних витрат за існуючою та новою технологією. Визначення економічного ефекту виконується при умові обов'язкового приведення різночасних вартісних оцінок результатів та витрат до єдиного для всіх варіантів реалізації заходу НТП моменту часу розрахункового року.

Приведення різночасових 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:

$$a_t = \frac{(1+E)^t}{[(1+E)(1+I)(1+R)]^{t_k}} \quad (6.2)$$

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

I – середньорічний темп інфляції, що прогнозується в період здійснення проекту, приймаємо 8%;

R – ставка, що враховує ступінь ризику здійснення проекту, в долях одиниці, $R=1\%$;

t_k – кількість років, що відділяють розрахунковий рік від року, результати і

затрати якого приводяться до розрахункового року.

Вихідні дані для розрахунку приведені в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту

Найменування	Кількість
1 Річна програма ремонту	100 ваг.
2 Рівень інфляції	8%
3 Ризики	10%
4 Розрахунковий період	10 років
5 Річний відсоток по депозитним вкладам	0,14
6 Ціна 1 кВт-год. електроенергії	10 грн.

6.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження капітально-відновлюваного ремонту напіввагону моделі 12-532

Для визначення економічного ефекту необхідно визначити виробничу собівартість капітально-відновлюваного ремонту напіввагона моделі 12-532. Виробнича собівартість складається з наступних елементів витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні заходи;
- амортизаційні відрахування;
- інші;
- загальновиробничі витрати.

Виробничу собівартість капітально-відновлюваного ремонту напіввагона розраховуємо за статтями калькуляції.

1. Витрати на матеріали визначаються за формулою

$$B_m = H_m \times C_m,$$

де H_m – витрата основних матеріалів, од.;

C_m – ціна за одиницю матеріалів, грн.;

2. Витрати на електроенергію на технологічні цілі визначаються за формулою

$$B_{el} = C_{el} \times W_{el} \times \tau,$$

де C_e – ціна 1 кВт-год електроенергії, грн.;

$W_{ел}$ – потужність електричного обладнання, кВт.;

τ – час роботи електричного обладнання, кВт.;

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

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

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

t_n – трудомісткість виду роботи, люд-год.

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

$$B_{дод.з.п} = \frac{H_{дод.з.п} \times B_{осн.з.п}}{100\%}$$

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

5. Відрахування на соціальні заходи (Єдиний соціальний внесок) визначаються за формулою

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

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

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

6. Загальновиробничі витрати визначаються за формулою

$$B_{з.в} = \frac{H_{з.в} \times B_{осн.з.п}}{100\%}$$

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

Проміжні результати за статтями калькуляції та розрахунок виробничої собівартості капітально-відновлювального ремонту напіввагона наведено в таблицях 6.1-6.3.

Таблиця 6.1 – Розрахунок витрат на матеріали для проведення капітально-відновлювального ремонту напіввагона

Найменування	Ціна за одиницю, грн.	Кількість на 1 вагон, од.	Сума, грн.
Швелер №14, м	792	4	3168
Спецпрофіль, шт.	7246	1	7246
Двутавр (швелер №10), м	764	4	3056
Обшивка кузова (гофрована сталь), т	26760	8	214080
Розвантажувальний люк, м	4365	6	26190
Буксовий підшипник, шт.	2000	8	16000
П'ятник, шт.	5600	2	11200
Гальмівний циліндр, шт.	6800	1	6800
Автозчеп, шт.	11800	2	23600
Поглиналий апарат, шт.	7200	2	14400
Всього			325740

Річні витрати на електроенергію на технологічні цілі складають 609120 грн. за умови:

- потужність електричного обладнання 56,4 кВт;
- річний час роботи електричного обладнання 1080 год.;
- ціна 1 кВт-год електроенергії 10 грн.

Витрати на електроенергію на технологічні цілі на 1 напіввагон складають $609120/100 = 6091,2$ грн.

Таблиця 6.2 – Розрахунок витрат на основну заробітну плату виробничих робочих

Найменування професій	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Трудомісткість, люд-год.	Витрати на основну заробітну плату, грн.
Токар	4	44,20	8,3	366,86
Газозварювальник	4	44,20	9	397,80
Слюсар	5	54,60	8,3	453,18
Разом	-	-	-	1217,84

Витрати на додаткову заробітну плату виробничих робочих складають

$$\frac{1217,84 \times 158\%}{100\%} = 1924,19 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи (Єдиний соціальний внесок) складає

$$\frac{(1217,84 + 1924,19) \times 22\%}{100\%} = 691,25 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати складають

$$\frac{1217,84 \times 184\%}{100\%} = 2240,83 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку заносимо до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Виробнича собівартість капітально-відновлювального ремонту напіввагона

Стаття витрат	Сума витрат, грн.
1. Матеріали	325740
2. Електроенергія на технологічні цілі	6091,2
3. Витрати на основну заробітну плату	1217,84
4. Витрати на додаткову заробітну плату та інші заохочувальні заходи	1924,19
5. Відрахування на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок)	691,25
6. Загальновиробничі витрати	2240,83
Виробнича собівартість	337905,30

Річні виробничі витрати на парк 100 напіввагонів складають 33790,53 тис. грн.

Витрати на придбання нового напіввагона складають 1200000 грн. Теж на парк 100 напіввагонів – 120000 тис. грн.

Порівнявши ціну одного напіввагона типової конструкції з виробничою собівартістю напіввагона з продовженим строком служби, можна побачити, що різниця цих затрат складе 862,1 тис. грн.

Із обчислених результатів економічного ефекту (таблиця 6.4) можна зробити висновок, програма по капітально-відновлюваному ремонті окупиться на першому році життєвого циклу (цим роком буде 2026 рік) і забезпечить економічний ефект на суму 862,1 тис. грн. Економічний ефект від продовження терміну використання напіввагонів за рахунок щорічного проведення капітально-відновлювального ремонту 100 напіввагонів складає за розрахунковий період (10 років) 601742,1 тис. грн

Таблиця 6.5 – Розрахунок економічного ефекту від продовження строку служби напіввагона

Показники	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2028
Витрати на закупівлю нових напіввагонів за існуючою програмою										
1 Річна програма закупівлі нових напіввагонів	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2 Ціна нового напіввагону, тис.грн.	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
3 Річні витрати на закупівлю парку нових напіввагонів, тис. грн.	120000	120000	120000	120000	120000	120000	120000	120000	120000	120000
Витрати на капітально-відновлюваний ремонт напіввагонів за новою програмою										
1 Виробнича собівартість капітально-відновлюваного ремонту напіввагона, тис. грн.	337,91	337,91	337,91	337,91	337,91	337,91	337,91	337,91	337,91	337,91
2 Річні витрати на капітально-відновлюваний ремонт напіввагонів, тис. грн..	33790,5	33790,5	33790,5	33790,5	33790,5	33790,5	33790,5	33790,5	33790,5	33790,5
5 Економічний ефект, тис. грн.	86209,5	86209,5	86209,5	86209,5	86209,5	86209,5	86209,5	86209,5	86209,5	86209,5
6 Коефіцієнт приведення витрат до розрахункового року	1	0,92	0,84	0,77	0,71	0,65	0,59	0,54	0,5	0,46
7 Економічний ефект з урахуванням дисконтування, тис. грн.	86209,5	79312,7	72416,0	66381,3	61208,7	56036,2	50863,6	46553,1	43104,7	39656,4
8 Економічний ефект нарастаючим підсумком, грн.	86209,5	165522,2	237938,1	304319,4	365528,2	421564,3	472427,9	518981,0	562085,7	601742,1

Висновки

1. Проведено аналіз сучасного стану парку вантажних напіввагонів України та умов їх експлуатації. Встановлено, що значна частина вагонів експлуатується понад нормативний строк служби, що обумовлює необхідність проведення досліджень технічного стану їх несучих конструкцій та визначення залишкового ресурсу.

2. Досліджено характерні пошкодження кузовів напіввагонів. Встановлено, що найбільш поширеними дефектами є корозійне зношування елементів кузова, утворення тріщин у зварних з'єднаннях, втомні пошкодження у зонах концентрації напружень та локальні пластичні деформації, які виникають під дією експлуатаційних навантажень.

3. Визначено найбільш навантажені ділянки конструкції кузова, до яких належать вузли з'єднання хребтової балки з поперечними елементами рами, зони кріплення стояків бокових стін, нижні пояси та ділянки біля розвантажувальних люків. Саме в цих місцях найбільш імовірно зародження та розвиток втомних тріщин.

4. Розроблено просторову скінченно-елементну модель кузова напіввагона, яка дозволила виконати чисельне дослідження його напружено-деформованого стану при діях експлуатаційних навантажень. Отримано розподіл напружень і деформацій та встановлено характер їх концентрації у відповідальних елементах конструкції.

5. Виконано оцінювання впливу експлуатаційного зносу на міцність кузова напіввагона. Встановлено, що зменшення товщини елементів внаслідок корозії призводить до збільшення рівня еквівалентних напружень та зниження запасу міцності конструкції.

6. На основі результатів розрахунків та аналізу технічного стану проведено оцінювання залишкового ресурсу несучої конструкції кузова. Визначено, що за умови виконання своєчасного технічного обслуговування, усунення виявлених дефектів і контролю найбільш навантажених зон подальша експлуатація напіввагона є можливою та безпечною протягом встановленого розрахункового періоду.

7. Визначено ціну нового напіввагон на вагонобудівних підприємствах. Розраховано собівартість капітально відновлюваного ремонту на піввагона.

8. Розрахунок економічної ефективності прийнятих рішень дозволив зробити висновок, продовження строку служби напіввагона є доцільнішим ніж покупка нового.

Список використаних джерел

- 1 Основи надійності вагонів: навчальний посібник / М. Б. Кельріх, І. Е. Мартинов, Н. С. Брайковська, В. М. Петухов. Харків: УкрДАЗТ, 2013. 106 с.
- 2 Удосконалення організаційно-управлінської роботи на підприємствах залізничного транспорту: навч. посіб. / Г. Ф. Арбузов та ін.; за заг. ред. М. І. Данька. Харків: УкрДАЗТ, 2007. 178 с.
- 3 Борзилов І. Д. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи технічного обслуговування вагонів». Харків: УкрДАЗТ, 2014. 25 с.
- 4 Чихладзе Е. Д. Будівельна механіка залізничного рухомого складу: конспект лекцій з дисципліни «Будівельна механіка». Харків: УкрДАЗТ, 2013. 234 с.
- 5 Равлюк В. Г., Ловська А. О. Сучасні гальмові системи вагонів: конспект лекцій. Ч. 3 / В. Г. Равлюк, Ловська А. О. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 70 с.
- 6 Гребенюк В. А., Репко В. В., Ялова І. В. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Екологічні технології у вагонному господарстві". Харків: УкрДУЗТ, 2021. 34 с.
- 7 Фролов Є. А., Тимофєєва Л. А., Комарова Г. Л. Технологія конструкційних матеріалів: конспект лекцій з курсу "Матеріалознавство та технологія матеріалів" Харків: УкрДАЗТ, 2009. Ч. 1. 30 с.
- 8 Впровадження інновацій у сферу вагоноремонтного підприємства та їх економічна ефективність: методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проєктів / І. Е. Мартинов, Ю.Є. Калабухін, В. Г. Равлюк, Т. О. Тимофєєва. Харків: УкрДАЗТ, 2013. 43 с.
- 9 ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація).

10 ДСТУ ISO 9001–2001. Системи управління якістю. Вимоги ; (ISO 9001:2000, IDT). На заміну ДСТУ ISO 9001–95, ДСТУ ISO 9002–95, ДСТУ ISO 9003–95: чинний від 2001–06–27. Київ: Держстандарт України, 2001. 22 с.

12 НАПБ В.01.010-2009/510 Правила пожежної безпеки на залізничному транспорті: затв. наказом Міністерства транспорту та зв'язку від 21.12.2009 № 1322 – Чинний від 2010-08-01. – К.: УкрНДІПБ, 2010. – 86 с.

13 СТП 04-001:2015. Колісні пари вантажних вагонів. Правила технічного обслуговування, ремонту та формування: затв. наказом Укрзалізниці від 11.11.2015 р. № 483. – Чинний від 2016-04-01. – К.: Укрзалізниця, 2016.–138 с.

14 ЦВ-0043. Інструкція оглядачу вагонів: затв. наказом Укрзалізниці від 28.12.2001 р. № 737-Ц (наказ Укрзалізниці 12 липня 2002 р. № 336-Ц) / Міністерство транспорту та зв'язку України, Державна адміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця, Головне управління вагонного господарства. – Чинна від 2002-09-01. –К., 2002. – 196 с.

15 Стенд для контролю параметрів візків вантажних вагонів :пат. 101009 Україна. опубл. 25.08.2015.2012, Бюл. № 12 (кн. 1). 120 с.

16 Калетін С. В.Способи підвищення динамічних властивостей візка вантажних вагонів: дис. ... канд. техн. наук:15.11.17. Київ, 2017. 298 с.

17 Борзилов І. Д., Корнійчук С. О. Удосконалення існуючої системи технічного утримання вагонів засобами технічної діагностики // Зб. наук. пр. Укр. держ. акад. залізнич. трансп. Харків, 2009. Вип. 103. С. 78–83.

18 Козар Л., Бабенко А. Студентська навчальна звітність. Загальні вимоги щодо побудови, викладення та оформлення текстової частини: Метод. посібник [Електронне видання]. 2-ге вид., перероб. та доп. – Харків: УкрДУЗТ, 2025. – 64 с., рис. 25. ISBN 978-617-654-159-2



Метадані

ДОКУМЕНТ

Заголовок

на плагіат Путренко Віталій

Автор

Путренко Віталій Вікторович

Науковий керівник / Експерт

Шовкун В.О.

ІД документа

334273019

ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

Ukrainian State University of Railway Transport

підрозділ

Кафедра "Інженерія вагонів та якість продукції"

ЗВІТ

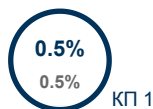
Дата звіту

6/11/2026

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.



3379

Кількість слів

29626

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		0
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		1

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	https://revolution.allbest.ru/manufacture/01234138_0.html	7 (0.21 %)

2	https://revolution.allbest.ru/manufacture/01234138_0.html	5 (0.15 %)
3	https://ukrbukva.net/page.3.109031-Statisticheskie-metody.html	5 (0.15 %)

База даних RefBooks



#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
---	-----------	--

Домашня база даних



#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
---	-----------	--

Програма обміну базами даних



#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
---	-----------	--

Інтернет (0.5 %)



#	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://revolution.allbest.ru/manufacture/01234138_0.html	12 (2) (0.36 %)
2	https://ukrbukva.net/page.3.109031-Statisticheskie-metody.html	5 (1) (0.15 %)



Список прийнятих фрагментів

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