

Шифр «Вагон-хопер»

**ВПРОВАДЖЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ВТУЛОК В
МЕХАНІЗМИ ВІВАНТАЖЕННЯ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ**

2021 р.

Анотація

наукової студентської роботи під девізом «Вагон-хопер»

Тенденції розвитку сучасного вагонобудування спрямовані на створення спеціалізованого рухомого складу, з метою більш ефективного використання перевізних потужностей. Особливих вимог транспортування, внаслідок своїх фізико-хімічних властивостей вимагають більшість промислових, зокрема металургійних, вантажів. Таким чином їх необхідно транспортувати у вагонах-хоперах, конструкція яких забезпечує достатній рівень безпеки для обслуговуючого персоналу протягом всього перевізного процесу. Сказане вимагає поліпшення їх систем вивантаження.

Метою роботи є – наукове обґрунтування впровадження антифрикційних зносостійких втулок в механізми вивантаження вагонів-хоперів замість існуючих громіздких (включають сталеві: монтажні кріплення, бак з мастилом, трубопровід з системою змащення) та витратних (необхідно сезонно змінювати мастило та проводити ремонти) в обслуговуванні систем змащення.

Для досягнення зазначененої мети в роботі вирішенні наступні завдання: проаналізувати системи вивантаження вагонів-хоперів; провести дослідження та аналіз системи вивантаження окатишевозів; дослідити перспективну конструкцію системи вивантаження окатишевозів з зносостійкими втулками.

Робота виконувалась в рамках виконання проекту «Розроблення концептуальних зasad для відновлення ефективного функціонування застарілих вантажних вагонів (Development of conceptual frameworks for restoring the efficient operation of obsolete freight cars)» (Реєстраційний номер проекту: 2020.02/0122), фінансування якого здійснюється Національним фондом досліджень України. (№ ДР 0120U104943) Назва конкурсу: «Підтримка досліджень провідних та молодих учених». Де автор є виконавцем.

При дослідженії використані наступні методи: динаміки і міцності машин; математичного та комп’ютерного моделювання; скінченних елементів.

Особливості та результати проведених за роботою досліджень опубліковані в різних виданнях. Перелік зроблених публікацій наведено в роботі. До того ж на запропоновані рішення з удосконалення конструкцій вагонів-хоперів подані заявки на корисні моделі України. Матеріали заявок наведені в додатках до роботи.

Ключові слова: залізничний транспорт, рухомий склад залізниць, вантажні вагони, вагони-хопери, механізми вивантаження.

ЗМІСТ

	C.
ВСТУП.....	4
1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВИВАНТАЖЕННЯ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ.....	6
1.1 Спеціалізований критий вагон-хопер моделі 19-752 для перевезення зерна.....	6
1.2 Вагон-хопер моделі 19-758 для перевезення цементу.....	9
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВИВАНТАЖЕННЯ ОКАТИШЕВОЗІВ.....	11
3. ПЕРСПЕКТИВНА КОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ВИВАНТАЖЕННЯ ОКАТИШЕВОЗІВ З ЗНОСОСТОЙКИМИ ВТУЛКАМИ.....	20
ВИСНОВКИ.....	29
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30
ДОДАТОК А ЗАЛІЗНИЧНИЙ НАПІВВАГОН-ХОПЕР ДЛЯ ГАРЯЧИХ ОКАТИШІВ ТА АГЛОМЕРАТУ (ЗАЯВКА НА ПАТЕНТ № 1).....	32
ДОДАТОК Б ЗАЛІЗНИЧНИЙ НАПІВВАГОН-ХОПЕР ДЛЯ ГАРЯЧИХ ОКАТИШІВ ТА АГЛОМЕРАТУ (ЗАЯВКА НА ПАТЕНТ № 2).....	41

ВСТУП

На сьогоднішній день однією з проблем вантажних перевезень залізничним транспортом є забезпечення залізниць України справним та ефективним рухомим складом. Незважаючи на те, що чинними державними актами передбачається оновлення вагонного парку, цільових коштів в бюджеті країни на закупівлю нових одиниць рухомого складу для забезпечення потреб перевізників недостатньо. При цьому власні фінансові можливості залізниць не дозволяють їм в достатній мірі поповнювати вантажний парк новими вагонами. Таким чином, відбувається інтенсивне «старіння» рухомого складу, що призводить до виключення значної кількості одиниць з інвентарю. В той же час модернізація та подовження термінів експлуатації існуючих вагонів ускладнюється тим, що переважна їх більшість спроектовані в 60-70 рр. минулого століття з використанням старої елементної бази. За споживчими якостями такі вагони не задовольняють вимогам до сучасних вантажоперевезень.

З урахуванням вимог ринку транспортних послуг світова тенденція технічного переозброєння вантажного вагонного парку полягає у поповненні його спеціалізованими вагонами [1-7]. Оскільки, багато видів промислових, сільськогосподарських, будівельних, торгівельних та інших видів вантажів вимагають спеціальних умов проведення завантажувально-розвантажувальних робіт та власне процесу перевезення. Правильність такого підходу відображає практика залізниць США, Канади, Росії, Центральної та Західної Європи, де питома вага спеціалізованих вагонів у загальному вантажному парку яких складає в середньому 70 %. На залізницях України даний показник становить близько 40 % [10]. При цьому переваги спеціалізації вагонів у порівнянні з універсалізацією загальновідомі, оскільки, це дозволяє більш ефективно використовувати ресурс та задовольняти вимоги кожної сторони перевізного процесу залізничним транспортом.

Значну частину загального вантажообігу залізничного транспорту складають промислові вантажі, зокрема, кам'яне вугілля, нафтопродукти, залізна та марганцева руда, метали, добрива тощо. Більшість з них вимагають особливих умов [8, 11-17] перевезення, внаслідок габаритності, займистості, високих температур тощо. Так, перевезення продуктів ґрудкування залізної руди після процесу збагачення – окатишів та агломерату – здійснюється у розжареному вигляді при температурі близько 700°C. Відповідно рухомий склад для їх транспортування повинен буди спеціалізованим, тобто в даному випадку стійким до дії високих температур, а також забезпечувати зручність та безпеку проведення завантажувально-розвантажувальних робіт.

Однією з актуальних проблем сучасного вагонобудування є створення спеціалізованого рухомого складу для транспортування видів вантажів, які вимагають особливих умов перевезення, завантаження та розвантаження.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування систем вивантаження вагонів-хоперів.

Предметом дослідження є перспективні опори розвантажувальних валів у вигляді антифрикційних зносостійких втулок та їх спроможність витримати експлуатаційні навантаження.

Практична значимість дослідницької роботи полягає в тому, що результати досліджень вже використані в вагонобудування при виробництві нових та модернізації існуючих моделей вагонів-хоперів, що дозволило покращити простоту їх обслуговування та ремонту та позбавить від неприємних моментів, заклинивания підшипників та неефективності розвантажувальної системи загалом.

Особливості та результати проведених за роботою досліджень опубліковані в різних виданнях. Перелік зроблених публікацій наведено в роботі. До того ж на запропоновані рішення з уdosконалення конструкцій вагонів-хоперів подані заяви на корисні моделі України. Матеріали заявок наведені в додатках до роботи.

1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ВИВАНТАЖЕННЯ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ

1.1 Спеціалізований критий вагон-хопер моделі 19-752 для перевезення зерна

Спеціалізований критий вагон-хопер моделі 19-752 для перевезення зерна (рисунок 1.1) габариту 1-ВМ.



Рисунок 1.1 – Вагон-хопер моделі 19-752

Вагон моделі 19-752 суцільнometалевий (рисунок 1.2), обладнаний пристроями бункерного типу з використанням гравітаційної властивості вантажу при вивантаженні самопливом. Рама 8, бокові 5 і торцеві 6 стіни, дахи 1 утворюють кузов вагона.

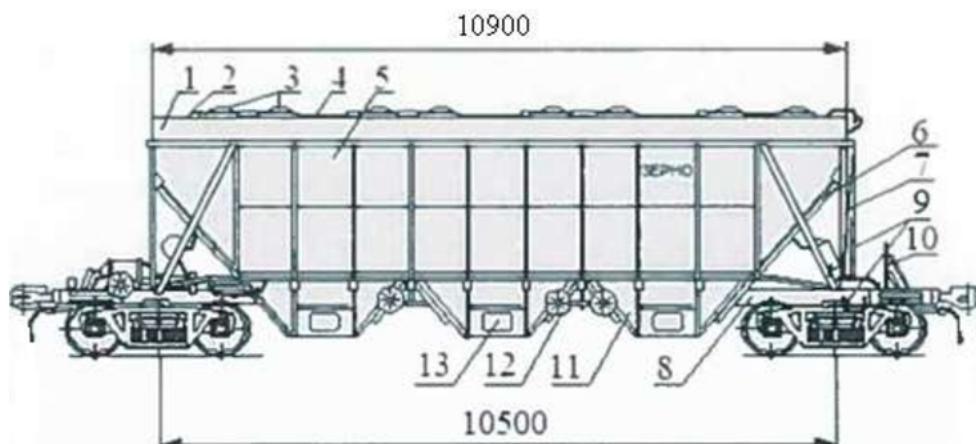


Рисунок 1.2 – Загальна будова вагона 19-752

Вагон має шість бункерів 11 по три з кожного боку з механізмами 12 для відкривання і закривання розвантажувальних люків.

Для полегшення висипання вантажу на бункерах передбачені пристрої 13 для постановки вібраторів. Вагон завантажують через чотири щілинних завантажувальних люка 2, розташованих в даху кузова.

Люки закривають кришками (1690x660 мм) з гумовими ущільнювачами. Кожна кришка закривається двома пружними закидачками 3, які в закритому положенні заходять за захватні скоби, приварені до даху, і притискають кришку до горловини люка.

Для попередження самовільного виходу закидачок з захватних скоб кришки обладнані механізмом запирання.

Він являє собою вал 4, розташований уздовж кришок люків по всій довжині даху, з привареними до нього проти кожної захватної скоби секторами. Привід валу 7 розташований на торцевій стіні вагона. При повороті валу за годинниковою стрілкою його сектора закривають відкритий простір захватних скоб і виключають вихід закидачок 3 з-під них.

Для потрапляння на дах кузова на торцевій стороні і на рамі встановлені сходи 9. Перехідна площаадка вагона забезпечена огороженням 10. Всі несучі елементи кузова виконані з низьколегованої сталі 09Г2Д, а обшивка зі сталі 10ХНДП-2.

Механізм розвантаження вагонів призначений для відкривання, закривання і блокування кришок розвантажувальних люків.

Механізм розвантаження (рисунок 1.3) складається з гвинтового приводу 11, підвішеного до кузова вагонів на кронштейні 10 і сполученого шарнірно з важелем валу 7. Інший важіль валу 6 шарнірно з'єднаний з допомогою тяги 5 з розпірками 2 і 8, які в свою чергу мають шарнірне з'єднання з кришками розвантажувальних люків 1.

Щільність прилягання кришки до днища бункера забезпечується за рахунок зміни довжини регульованою розпіркою 2 і муфти з різьблением M42, яка після регулювання затягується гайкою 4 і стопориться шайбою 3.

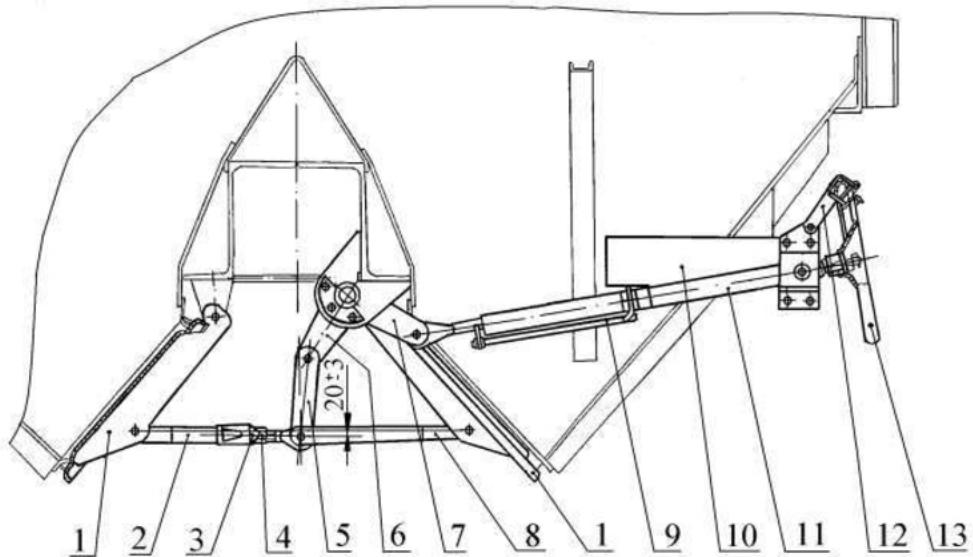


Рисунок 1.3 – Механізм розвантаження

Конструкція механізму розвантаження забезпечує попарне відкривання і закривання бункерів, а також дозволяє виконувати дозування висипання вантажу з вагонів і припинення висипання в будь-який момент розвантаження.

Закривання кришок люків забезпечується переходом осі розпірки за «мертву точку» на розмір 20 ± 3 мм і оберігає кришки від довільного відкривання.

Штурвал приводу 13 фіксується спеціальним фіксатором 12 для попередження випадкового відкривання розвантажувальних кришок сторонніми особами.

На фіксаторі 12 знаходяться отвори для опломбування завантажених вагонів.

На бічній обв'язці рами вагонів нанесені стрілки і написи, що вказують напрямок обертання штурвала при відкриванні та закриванні кришок люків.

На днище бункера, для забезпечення щільного прилягання кришок, встановлюються ущільнювальні прокладки з термостійкої гуми, м'якою або середньої твердості, які працюють в інтервалі температур від мінус 40 ° С до плюс 100C °.

1.2 Вагон-хопер моделі 19-758 для перевезення цементу

Критий вагон-хопер бункерного типу (рисунок 1.1) призначений для перевезення цементу насипом (без упаковки) до місць масового споживання, де є приймально-розвантажувальні пристрої, розташовані між рейками.

Суцільнозварний кузов вагона складається з двох вертикальних бокових і двох торцевих стін, встановлених під кутом 50° до горизонталі, рами і бункерів. Обшивка бокових і торцевих стін виконана зі сталі 09Г2Д. Торцеві стіни посилені стояками. Хребтова балка виконана з двох Z-подібних прокатних профілів.

Усередині кузова на хребтової балці встановлено коник, що надає їй додаткову міцність і сприяє кращому засипанню вантажу.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд вагона-хопера моделі 19-758 для перевезення цементу

Нижню частину замикають чотири бункери з розвантажувальними люками, що мають прямокутні отвори розміром 500×400 мм. Штамповани

кришки люків мають ущільнювальні прокладки з гуми, що зберігає пружні властивості в інтервалі від -50 °C до 100 °C.

Механізм розвантаження (рисунок 1.5) забезпечує попарне відкривання і закривання кришок бункерів, а також дозволяє дозувати висипання цементу з вагона і припиняти вивантаження у будь-який момент. Механізм складається з гвинтового приводу із штурвалом, закріпленого на кронштейні, і системи шарнірно пов'язаних між собою важелів і тяг з розпірками 7 та 8, з'єднаних попарно з кришками 1 розвантажувальних люків.

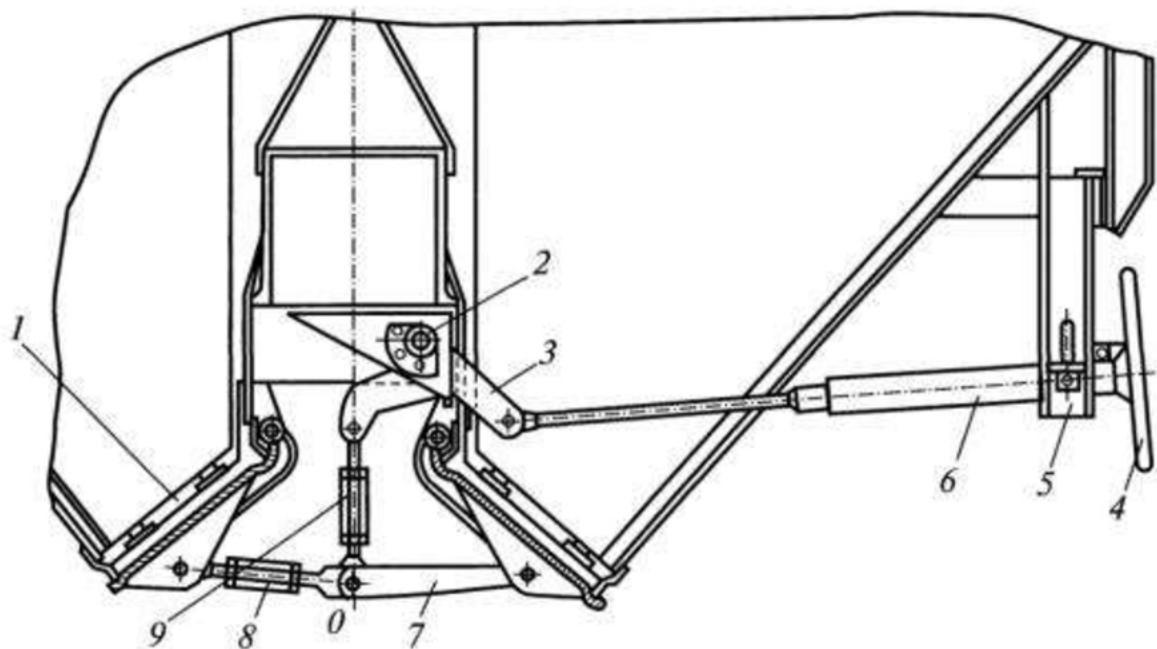


Рисунок 1.5 – Механізм розвантаження вагона-хопера моделі 19-758 для перевезення цементу

При обертанні штурвала 4 приводу 6, укріпленого на кронштейні 5, повертається двуплечий важіль 3 навколо осі 2, що призводить до підйому або опускання тяги 9. Отже, за допомогою розпірок 7 і 8 відбувається відкриття або закриття кришок 1.

2. ДОСЛДЖЕННЯ ТА АНАЛЗ СИСТЕМИ ВІВАНТАЖЕННЯ ОКАТИШЕВОЗІВ

Система розвантаження (рисунок 2.1) окатишевозу призначена для відкривання кришок розвантажувальних люків, закривання їх і утримання кришок в закритому положенні при транспортуванні.

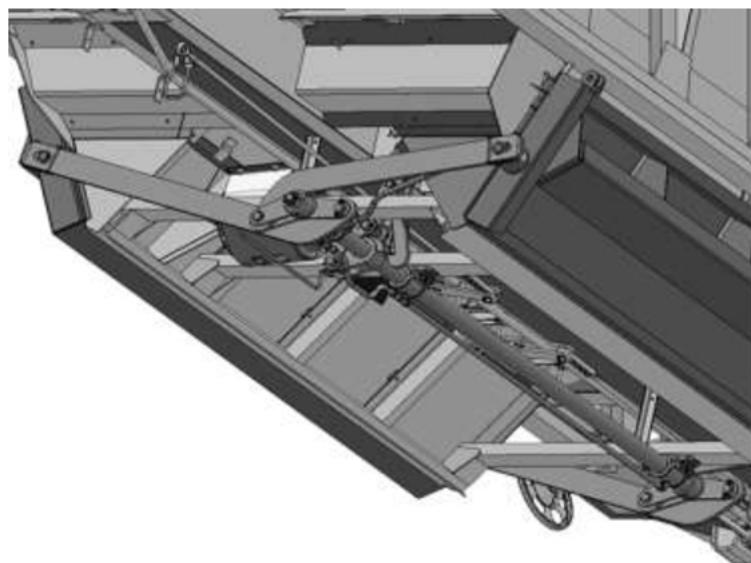


Рисунок 2.1 – Система розвантаження окатишевозу в загальній конструкції

Відповідно до рисунків 2.1 та 2.2 система розвантаження складається з наступних основних складальних одиниць і деталей:

- пневмоциліндра двосторонньої дії, шарнірно закріпленого на рамі;
- приводного валу, на кінцях якого закріплені вилки повороту, а в середній частині валу на шпонках – важіль повороту з зубом;
- підшипників ковзання, в яких обертається приводний вал;
- системи важелів, що з'єднують вал з циліндром і кришками люків;
- блокуючого пристрою – засувки з пружиною;
- системи змащення підшипників (збільшено показано на рисунку 2.3);
- системи управління механізмом розвантаження.

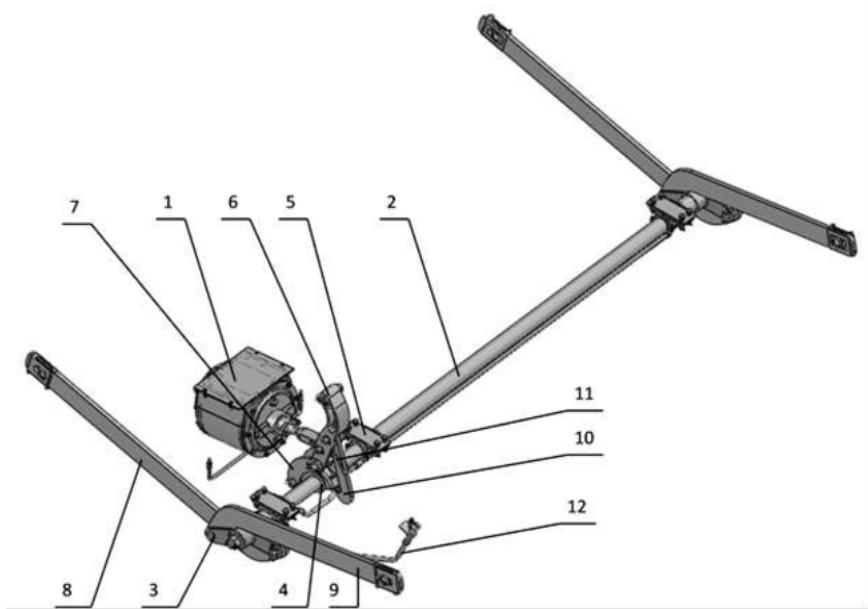


Рисунок 2.2 – Система розвантаження окатишевозу

1 – пневмоциліндр двосторонньої дії, 2 – приводний вал, 3 – вилки повороту, 4 – важіль повороту, 5 – підшипники ковзання, 6-9 – система важелів, 10 – засувка, 11 – пружина, 12 – система змащення підшипників

Для відкривання кришок розвантажувальних люків стиснене повітря з розвантажувальної магістралі подається в задню порожнину циліндра. У початковий момент переміщення поршня, головка штока робить холостий хід довжиною 15 мм, при цьому головка штока зміщує засувку і виводить її із зачеплення з зубом важеля повороту. При подальшому переміщенні поршня паз головки штока спирається в валик важеля і за рахунок передачі зусилля через важелі на валу виникає крутний момент, який передається на вилки повороту, а останні переводять важелі через «мертву точку», відкриваючи кришки люків.

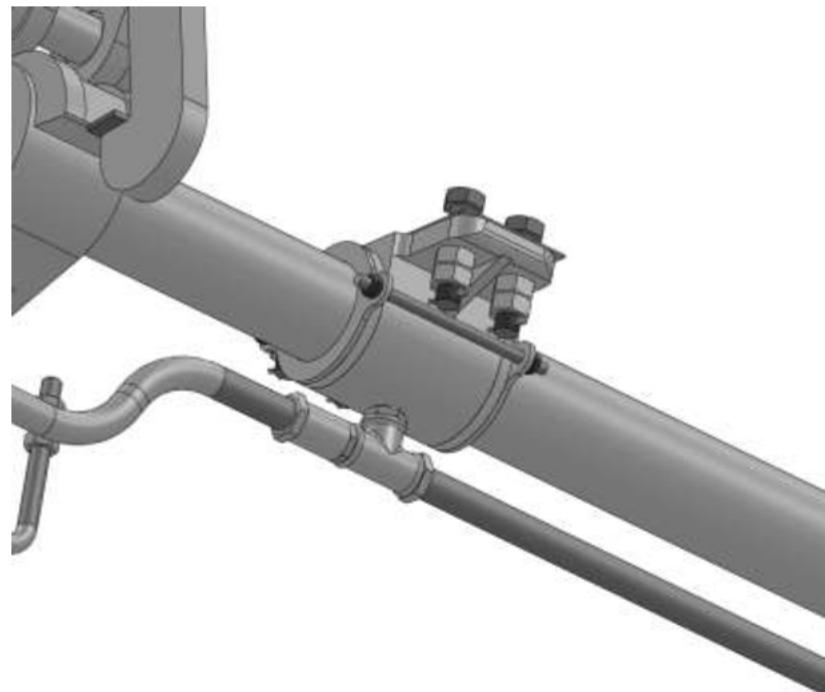


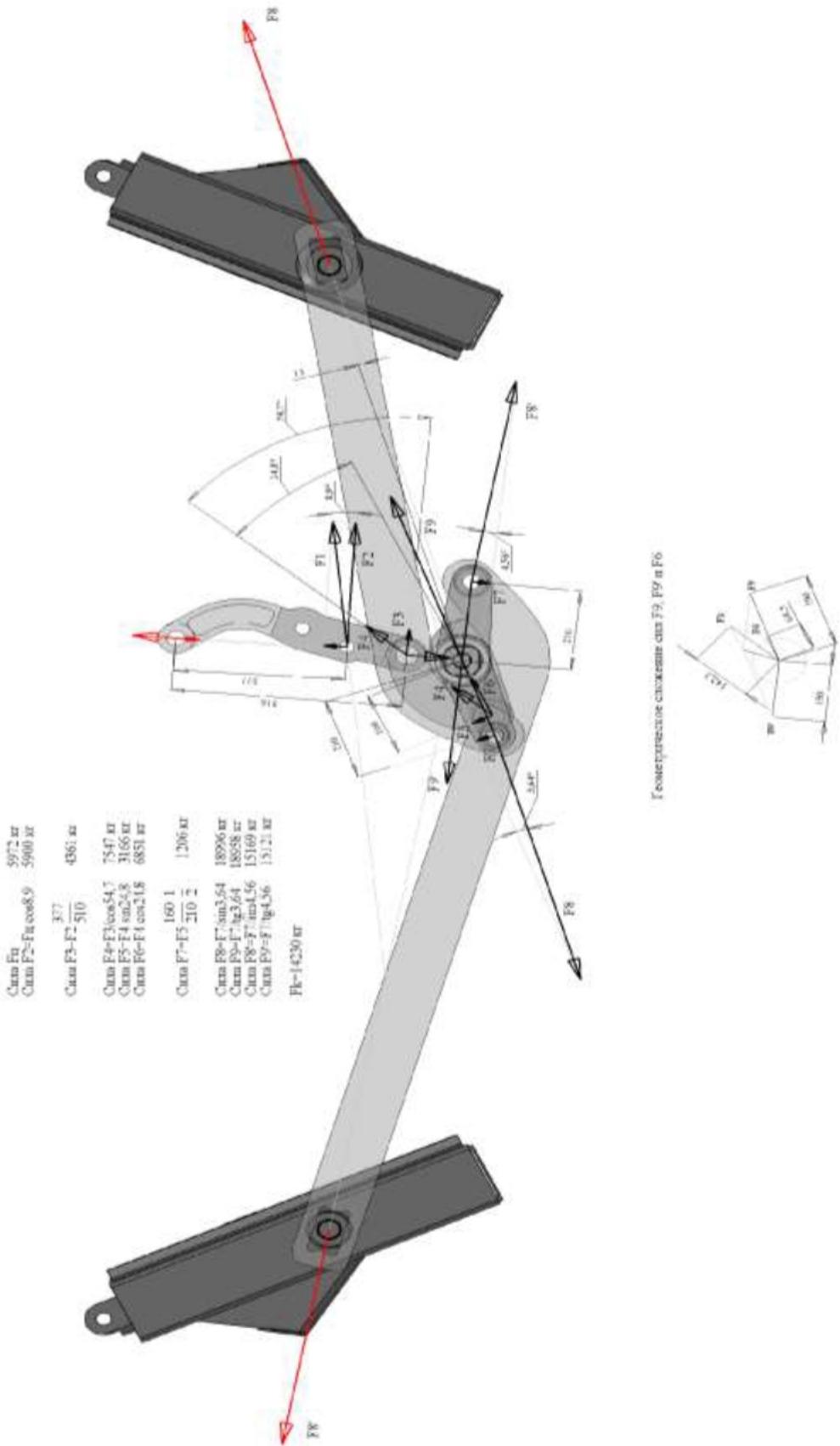
Рисунок 2.3 – Фрагмент підводу мастила системи змащення підшипників

«Мертвую точкою» вважається розташування центрів валика вилки повороту, валу механізму розвантаження і цапфи кришки люка на одній лінії при цьому важелі подовжуються в межах пружної деформації на ~0,5 мм.

Для закриття кришок люка повітря подається в передню порожнину циліндра. При цьому спочатку вибирається вільний хід в пазі головки штока, а потім відбувається зворотне переміщення важелів і закриття кришок. У момент переходу важелів через «мертву точку» під дією пружини замикає (блокує) механізм, виключаючи можливість мимовільного відкриття кришок люків.

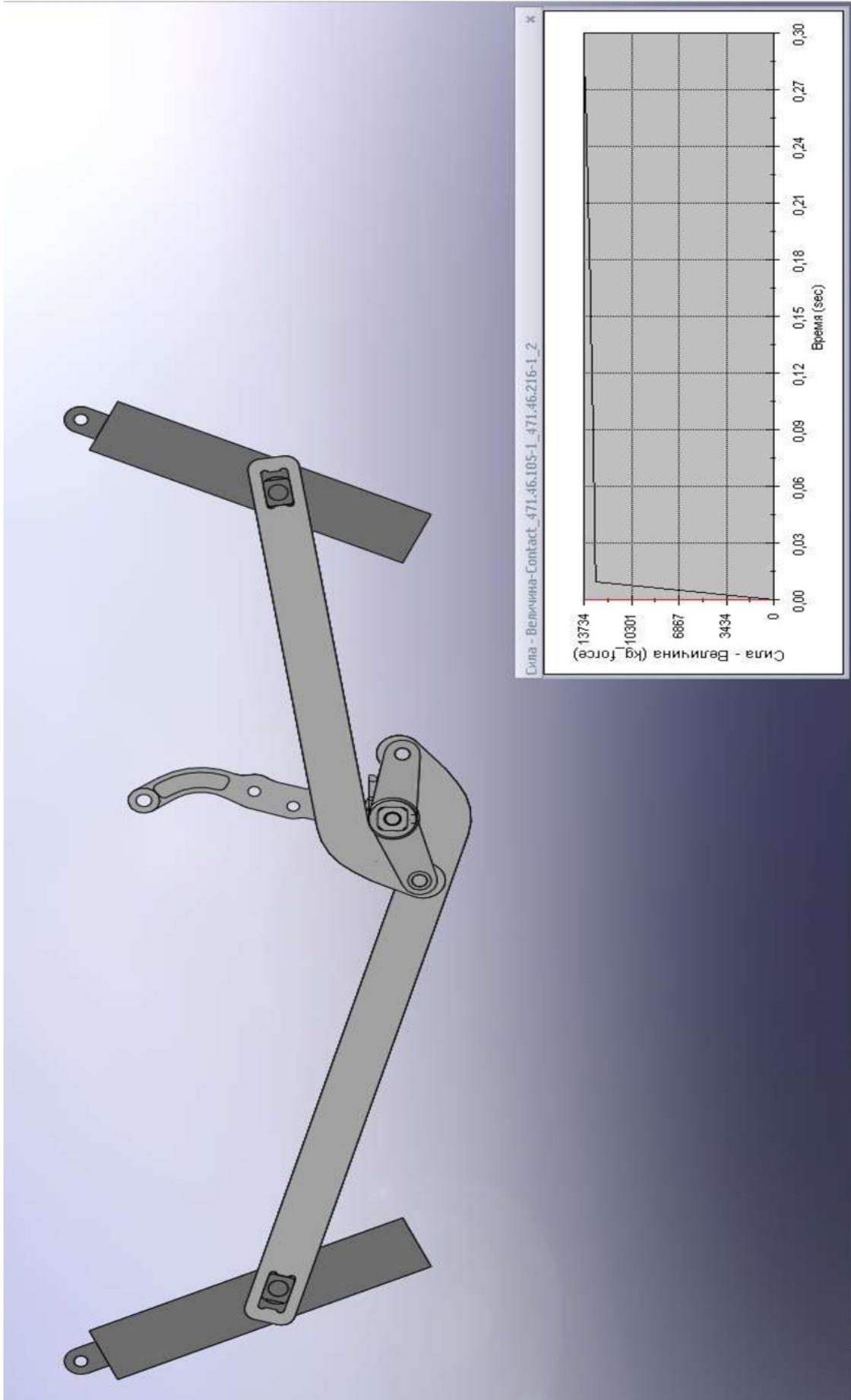
Для цього були розроблені відповідні залежності, розрахункові схеми та комп’ютерні моделі [8, 18, 19]. На рисунку 2.4 представлена особливості розрахункової схеми.

Розрахунки та моделювання різних режимів роботи проводилися в програмних комплексах MSC Nastran та COSMOSMotion [8, 9, 18, 19] (приклад на рисунку 2.5).



Геометрическое сопряжение стыка F_9 - F_9' и F_6

Рисунок 2.4—Перевірочний розрахунок (ручний) зусилля на втулки



Жорсткість важеля поз 8 – 595 кгс/м

Рисунок 2.5 – Перевірочний розрахунок (комп'ютерний) зусилля на втулки

Жорсткість важеля поз 9 – 740 кг/мм.

Однією із ключових задач було покращення системи змащення вузлів обирання валу за рахунок впровадження втулки з антифрикційними властивостями. Визначено, що основним розрахунком при впровадженні втулок є розрахунок на міцність. З'ясовано, що навантаження на втулки підшипників валу виникають в трьох основних розрахункових режимах [11, 13-16], а саме:

I. відкриття-закриття кришок люків порожнього вагону;

II. відкриття кришок люків завантаженого вагону;

III. рух вагону з максимальним завантаженням та при максимальній динаміці (спостерігається навантаження кришок люків, які в свою чергу через важелі та вал навантажують втулки).

При цьому, в III-му розрахунковому режимі спостерігається навантаження не лише від вантажу, що чинить вплив на кришки люку, але і з врахуванням динамічної скадової. Встановлено, що силу, яка припадає на одну втулку, можна отримати, розділивши загальне навантаження на кількість втулок. Не зважаючи на те, що вал спирається на шість втулок, приймаємо, що з урахуванням нерівномірності навантаження, кількість втулок, що його сприймають – рівним чотирьом.

У розрахунковому випадку I навантаження йде від пневмоциліндра розвантаження і визначається за формулою:

$$F_u = P \cdot S \quad (2.1)$$

де P – тиск повітря в пневмоциліндрі, приймається рівним 6 атм;

S – площа поршня пневмоциліндра, яка визначається:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (2.2)$$

де D – діаметр поршня пневмоциліндра, який дорівнює 35,6 см.

У розрахунковому випадку II навантаження йде від пневмоциліндра розвантаження і від вантажу, що знаходиться в статичному положенні, і діє на кришки люка. Активний (статичний) тиск розпору насипного вантажу на одиницю площини, відповідно з [11, 13-16], визначається за формулою:

$$P_a = \frac{(1 + K_{\partial\theta}) \cdot \gamma \cdot y \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2.3)$$

де $K_{\partial\theta}$ – коефіцієнт вертикальної динаміки; в цьому розрахунковому випадку $K_{\partial\theta} = 0$, в зв'язку з тим, що вагон при розвантаженні не рухається;

γ – насипна щільність вантажу, приймаємо рівної вантажопідйомності вагона поділеній на обсяг кузова.

y – відстань від поверхні вантажу до точки, в якій визначається тиск.

α – кут нахилу кришки до горизонту;

β – кут нахилу поверхні вантажу до горизонту;

δ – кут тертя вантажу об металеві стінки кузова;

φ – кут природного укосу вантажу;

Визначення сили, діючої на кришку люка в розрахунковому випадку II пропонується обчислювати за формулою:

$$F_{kp} = P_a \cdot S_{kp} \quad (2.4)$$

де S_{kp} – площа контактуюча з вантажем поверхні кришки люка.

У розрахунковому випадку III навантаження йде тільки від вантажу, діючого на кришки люка, але з урахуванням динамічної складової. Активний тиск розпору насипного вантажу на одиницю площини, також як і в розрахунковому випадку II, визначається формулою (2.4). Відмінність в тому, що коефіцієнт вертикальної динаміки не дорівнює нулю. Відповідно до [11, 13-16], $K_{\partial\theta} = 0,349$

$$P'_a = \frac{(1+0) \cdot 1,56 \cdot 2,75 \cdot \sin(66 + 29,8)}{\sin^2 66 \cdot \sin(66 - 20) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(29,8 + 20) \cdot \sin(29,8 - 0)}{\sin(66 - 20) \cdot \sin(66 + 0)}} \right]^2} = 3,1 \text{ m/m}^2$$

Визначення сили, діючої на кришку люка в розрахунковому випадку III пропонується обчислювати за формулою:

$$F'_{kp} = P'_a \cdot S_{kp} \quad (2.5)$$

Розрахунок навантажень діючих на втулки зробимо за допомогою модуля програми SolidWorks для кінематичного і динамічного аналізу SolidWorks Motion (COSMOSMotion). Для перевірки коректності його обчислень проведемо статичний розрахунок абсолютно жорсткої системи розвантаження вручну і звіримо його з результатами розрахунку модуля.

Приймаємо, що система розвантаження, що знаходиться в закритому положенні, навантажена від пневматичного циліндра зусиллям, яке намагається розкрити систему, люки зафіковані.

Результати ручного розрахунку, відповідно до рисунка 2.4, практично збігаються зі значеннями комп'ютерного аналізу.

У моделі COSMOSMotion розбиваємо кожен важіль на дві шарнірно-закріплені частини, стягнуті пружиною відповідної жорсткості (рисунок 2.6), що імітує можливість пружної деформації на 1 мм для проходження «мертвої точки».

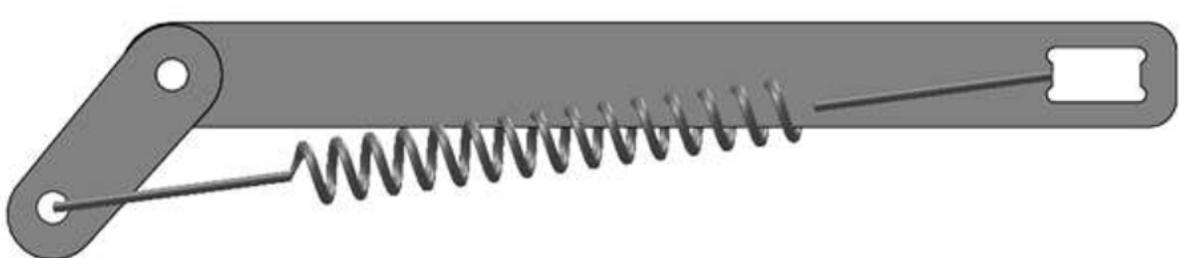


Рисунок 2.6 – Модель важеля в COSMOSMotion

Розроблена кінематично-міцнісна розрахункова модель розвантажувальної системи окатишевозів є адекватною (роздіжність даних не перевищує 7%). Її доцільно використовувати при проведенні досліджень з удосконалення розвантажувального модуля окатишевозів.

3. ПЕРСПЕКТИВНА КОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ВИВАНТАЖЕННЯ ОКАТИШЕВОЗІВ З ЗНОСОСТІЙКИМИ ВТУЛКАМИ

Комплексний аналіз конструкції окатишевозів моделі 20-9749 дозволив виявити найбільш перспективні для удосконалення складові елементи та вузли. До одного з таких вузлів віднесена система розвантаження (рисунок 2.1)

Даний розділ присвячений обґрунтуванню можливості використання антифрикційних зносостійких втулок в системі розвантаження окатишевозів моделі 20-9749 замість базової системи змащування.

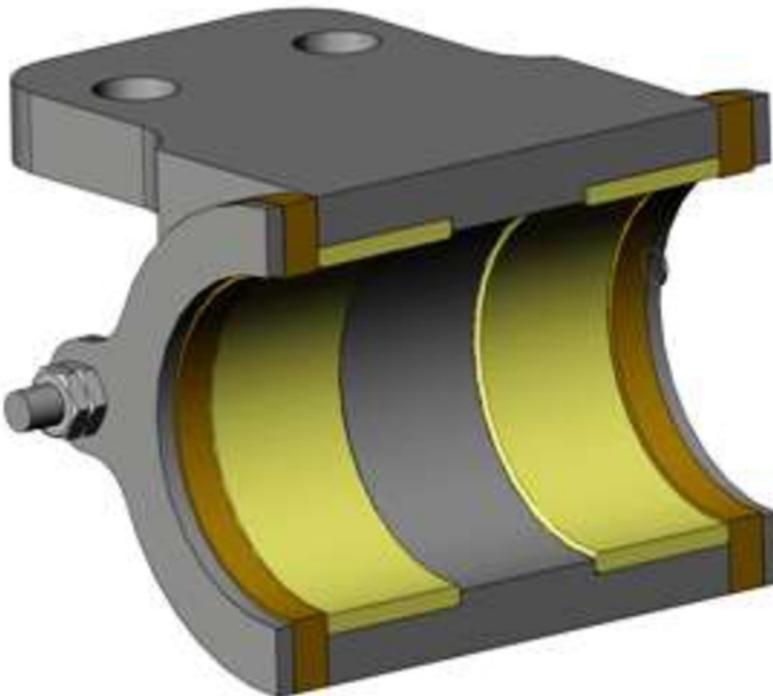


Рисунок 3.1 – Підшипник з антифрикційними зносостійкими втулками
(в розрізі)

Для удосконалення системи розвантаження вагону-хоперу для перевезення гарячих окатишів моделі 20-9749, було проведено аналіз

міцності втулки підшипника (рисунок 3.1) механізму розвантаження вагону та оцінку можливості її застосування.

Виготовляти втулки, що розглядаються, пропонується з наступних матеріалів (характеристики приведені в таблиці 3.1): в першому варіанті – це полімерний матеріал, який на 50 % складається з капроліта і на 50% з фенілону (КФ-50), у другому варіанті – з порошкового антифрикційного матеріалу на основі заліза ПА-ЖГрК або ПА-ЖГрДК згідно ГОСТ 26802-86.

Таблиця 3.1 – Механічні характеристики матеріалів для втулки

	КФ-50	ПА-ЖГрК	ПА-ЖГрДК
Межа міцності при вигині, МПа	120	140	200
Межа міцності при стисненні, МПа	100	125	180
Тимчасовий опір при розтягуванні, МПа	90	100	150
Твердість за Ерінеллем, МПа	200	500	600
Ударна в'язкість, кДж / м ²	98	30	25

У відповідності із наведеними у розділі 2 формулами 2.1 та 2.2 навантаження від пневмоциліндра розвантаження в І випадку [11, 13-16] становить:

$$F_u = 6 \cdot \frac{3,14 \cdot 35,6^2}{4} = 5972 \text{ кг}$$

Для ІІ-го розрахункового випадку проводимо розрахунки відповідно до наведених в розділі 2 формул 2.3 та 2.4. При цьому:

- приймаємо $K_{\partial\sigma} = 0$;
- обчислюємо: $\gamma = 70 \text{ т}/45 \text{ м}^3 = 1,56 \text{ т}/\text{м}^3$;

- відстань від верхньої обв'язки до геометричного центру кришки люка

$y = 2,75 \text{ м}$;

- $\alpha=66^\circ$;
- приймаємо, що вантаж на момент розвантаження без «шапки» і $\beta=0^\circ$;
- приймаємо $\delta=0,35$ рад= 20° ;
- приймаємо $\varphi=0,52$ рад= $29,8^\circ$.

Тоді:

$$P_a = \frac{(1+0) \cdot 1,56 \cdot 2,75 \cdot \sin(66 + 29,8)}{\sin^2 66 \cdot \sin(66 - 20) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(29,8 + 20) \cdot \sin(29,8 - 0)}{\sin(66 - 20) \cdot \sin(66 + 0)}} \right]^2} = 2,3 \text{ м} / \text{м}^2$$

Визначимо силу, діючу на кришку люка в розрахунковому випадку II:

$$F_{kp} = 2,3 \cdot 2,75 = 6,33 \text{ м}$$

Для III-го розрахункового:

$$P'_a = \frac{(1+0) \cdot 1,56 \cdot 2,75 \cdot \sin(66 + 29,8)}{\sin^2 66 \cdot \sin(66 - 20) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(29,8 + 20) \cdot \sin(29,8 - 0)}{\sin(66 - 20) \cdot \sin(66 + 0)}} \right]^2} = 3,1 \text{ м} / \text{м}^2$$

Визначимо силу, діючу на кришку люка в розрахунковому випадку III:

$$F'_{kp} = 3,1 \cdot 2,75 = 8,53 \text{ м}$$

Для коректної оцінки зусиль, які припадають на втулки можна приймати абсолютно жорсткими, важелі поз. 8 і 9, відповідно до рисунку 2.1, тому що в цьому випадку механізм не зможе подолати «мертву точку». Визначимо жорсткість важелів. Для визначення переміщень скористаємося програмою MSC Nastran. Результати розрахунків відповідно до рисунків 3.2 і 3.3.

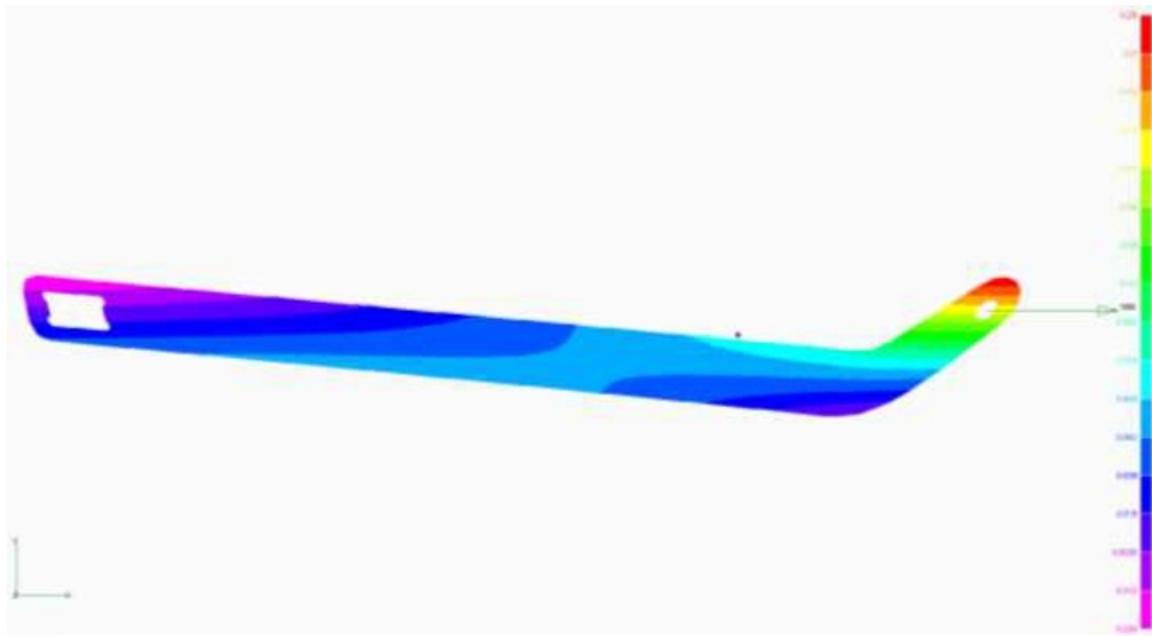


Рисунок 3.2 – Діаграма деформацій важеля поз. 8 (зусилля 1000 кг)

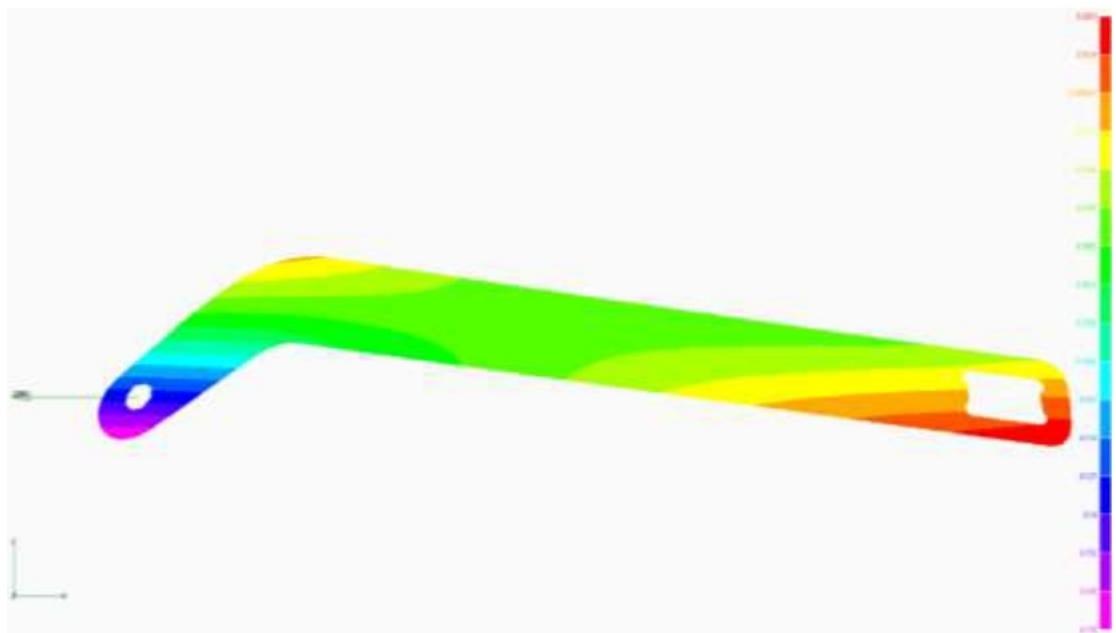


Рисунок 3.3 – Діаграма деформацій важеля поз. 9 (зусилля 1000 кг)

Результати розрахунків в COSMOSMotion зусиль, які припадають на втулки по розрахункових випадках I, II і III наведені відповідно на рисунках 3.4-3.5.

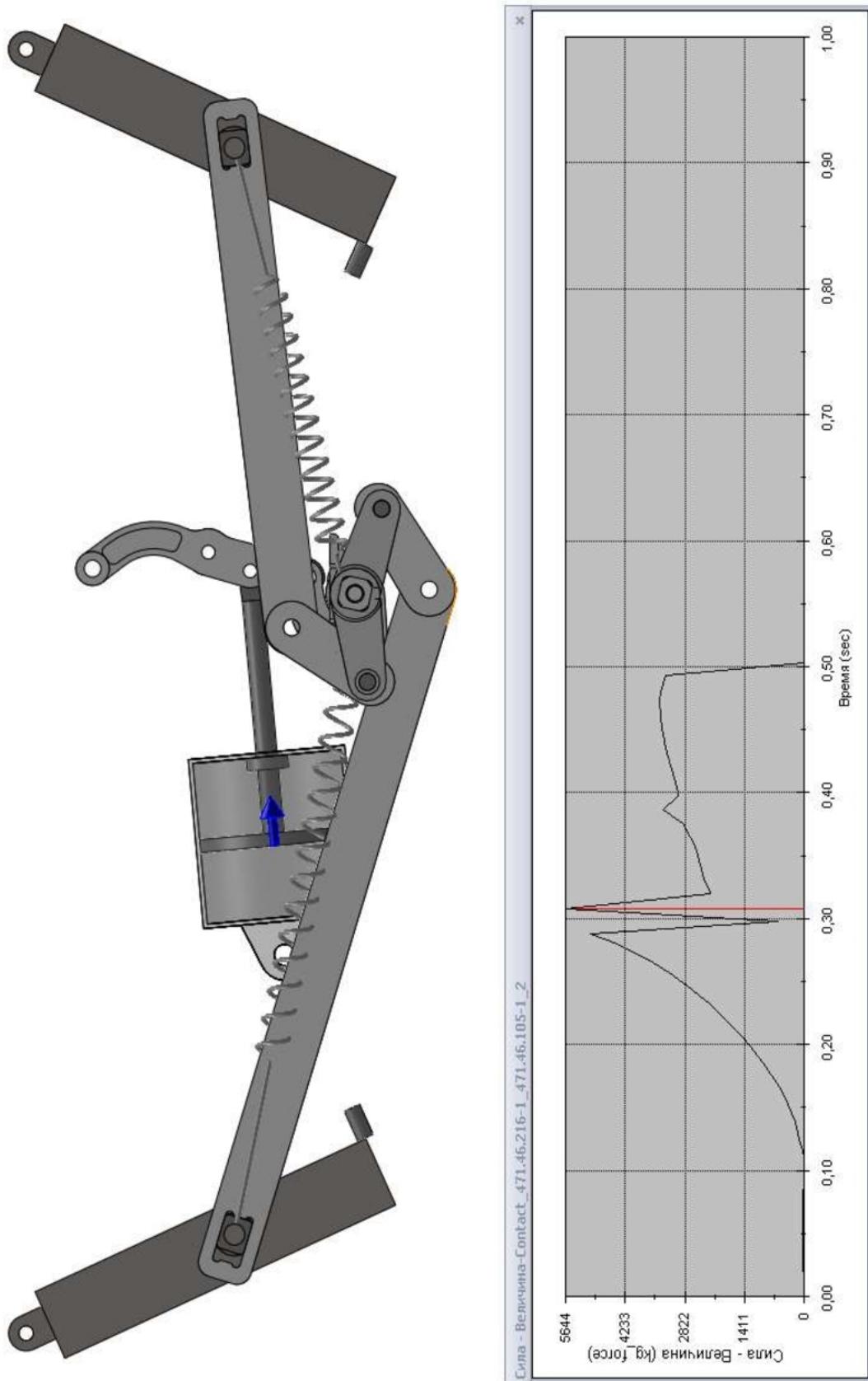


Рисунок 3.4 - Розрахунок зусилля на втулки розрахунковий випадок I (відкриття)

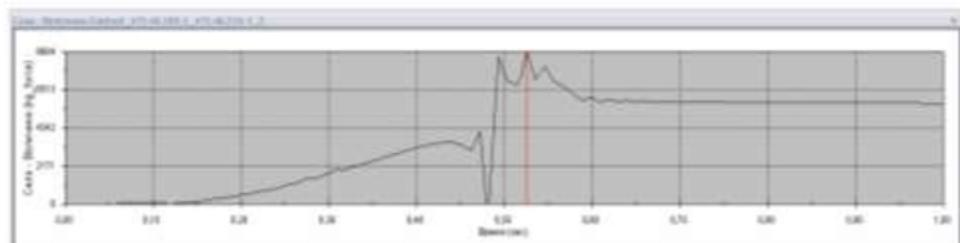
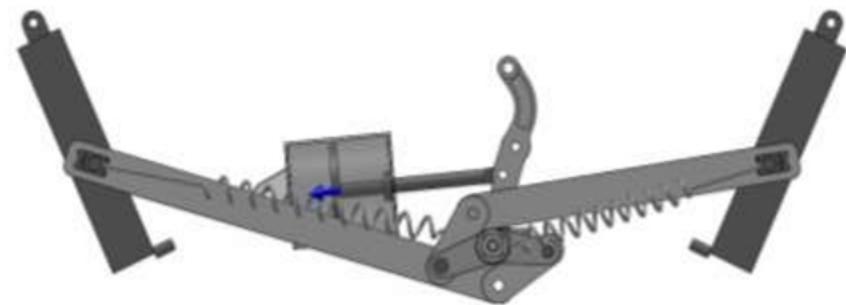


Рисунок 3.5 - Розрахунок зусилля на втулки розрахунковий випадок І
(закривання)

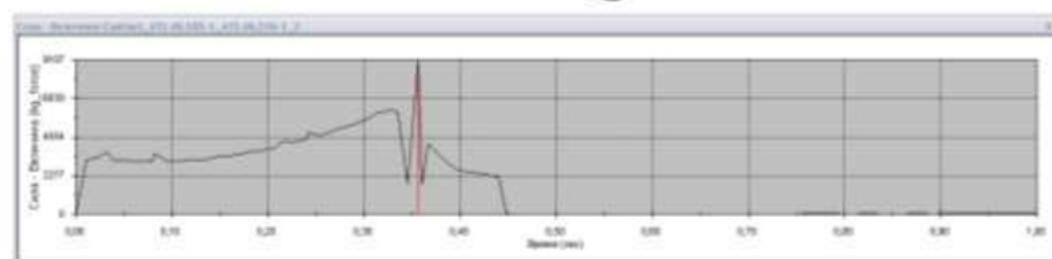
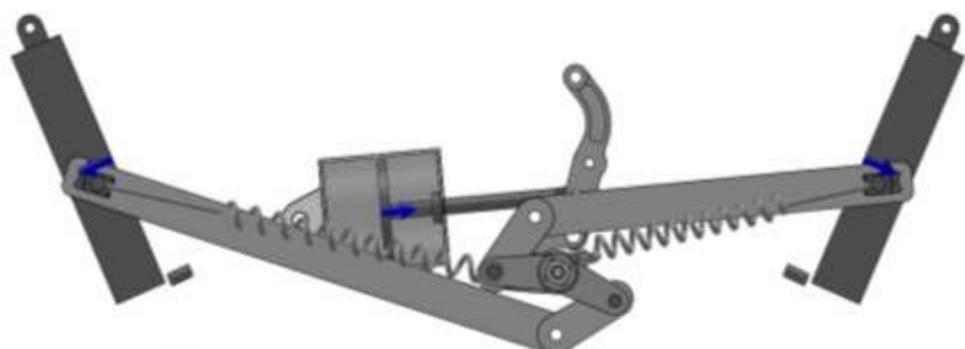


Рисунок 3.6 - Розрахунок зусилля на втулки розрахунковий випадок ІІ

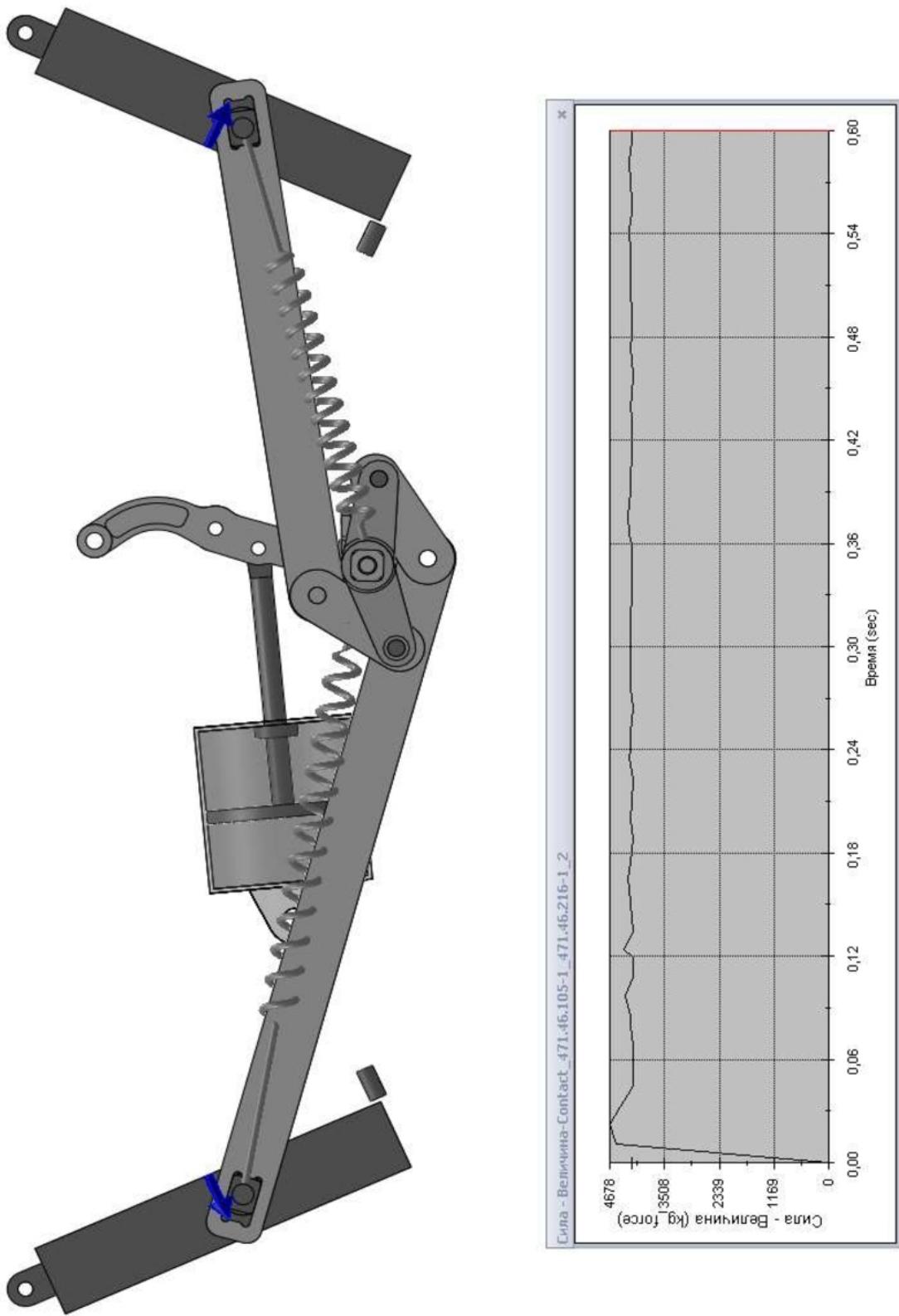


Рисунок 3.7 - Розрахунок зусилля на втулки розрахунковому випадку III

Найбільше навантаження на втулки виникає в розрахунковому випадку II і складає 9107 кг.

Силу, що припадає на одну втулку, отримаємо, розділивши загальне навантаження на кількість втулок. Хоч і вал спирається на шість втулок, приймаємо, з урахуванням нерівномірності навантаження, кількість втулок, які сприймають навантаження дорівнює чотирьом.

$$F_{\text{ем}} = \frac{9107}{4} \approx 2277 \text{ кг}$$

Розрахунок міцності

Скориставшись формулами, наведеними в [11, 13-16], визначимо максимальне напруження, що виникає у втулці. Для цього визначаємо середні напруження згідно за формулою:

$$\sigma_{cp} = \frac{F_{\text{ем}}}{d \cdot l} \quad (3.1)$$

де d – внутрішній діаметр втулки, $d = 8,5$ см;

l – довжина втулки, $l = 4$ см.

$$\sigma_{cp} = \frac{2277}{8,5 \cdot 4} \approx 67 \text{ кг/см}^2$$

При цьому максимальне напруження σ_{max} , що виникає у втулці, буде в 1,27 рази більшим за середнє.

$$\sigma_{\text{max}} = 1,27 \cdot \sigma_{cp} \quad (3.2)$$

$$\sigma_{\max} = 1,27 \cdot 67 \approx 85 \text{ кг/cm}^2 \approx 8,34$$

Максимальні значення напружень у втулці та коефіцієнти запасу міцності для різних матеріалів наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Максимальні значення напружень у втулці та коефіцієнти запасу міцності для різних матеріалів

Матеріал	$\sigma_{\text{пр}}, \text{МПа}$	$\sigma_{\max}, \text{МПа}$	$\eta, -$
КФ-50	100	8,34	11,99
ПА-ЖГрК	125		14,99
ПА-ЖГрДК	180		21,58

де $\sigma_{\text{пр}}$ – максимально допустимі значення напружень, МПа;

σ_{\max} – максимальні розрахункові еквівалентні напруження, МПа;

η – коефіцієнт запасу міцності.

Проведений аналіз навантаження і міцності втулок підшипників механізму розвантаження вагону показав, що всі варіанти матеріалів, з яких передбачається виготовляти втулку, задовольняють вимогам міцності.

За допомогою розробленої кінематично-міцнісної розрахункової моделі розвантажувальної системи окатишевозів визначені максимальні напруження у важільній передачі розвантажувальної системи, а також підтверджено можливість використання у якості втулок обпирання валу наступних матеріалів: це полімерний матеріал, який на 50 % складається з капроліта і на 50% з фенілону (КФ-50); з порошкового антифрикційного матеріалу на основі заліза ПА-ЖГрК або ПА-ЖГрДК згідно ГОСТ 26802-86.

ВИСНОВКИ

1. В роботі науково обґрунтовано доцільність впровадження антифрикційних зносостійких втулок в механізми вивантаження вагонів-хоперів замість існуючих громіздких (включають сталеві: монтажні кріплення, бак з мастилом, трубопровід з системою змащення) та витратних (необхідно сезонно змінювати мастило та проводити ремонти) в обслуговуванні систем змащення.
2. Результати проведеного аналізу систем розвантаження вагонів-хоперів засвідчили актуальність та важливість удосконалення їх конструкцій. Зокрема з'ясовано, що доцільно удосконалювати їх конструкції шляхом впровадження антифрикційних зносостійких втулок в механізми вивантаження.
3. Наведена просторова комп'ютерно-математична розрахункова модель конструкції окатишевозів є адекватною (роздіжність отриманих на її основі результатів розрахунків з експериментальними даними не перевищує 8,5%). Вона складається зі скінчених елементів типу «BEAM» та «PLATE». Така модель є вичерпною основою для проведення відповідних розрахункових досліджень конструкцій окатишевозів.
4. Представлена кінематично-міцнісна розрахункова модель розвантажувальної системи окатишевозів є адекватною (роздіжність даних не перевищує 7%). За допомогою її визначені максимальні напруження у важільній передачі розвантажувальної системи, а також підтверджено можливість використання у якості втулок обпирання валу наступних матеріалів: це полімерний матеріал, який на 50 % складається з капроліта і на 50% з фенілону (КФ-50); з порошкового антифрикційного матеріалу на основі заліза ПА-ЖГрК або ПА-ЖГрДК згідно ГОСТ 26802-86.
5. Про практичну доцільність використання запропонованих технічних рішень свідчить успішне їх впровадження у конструкції окатишевозів виробництва Філії «Панютинський вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця».

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Code UIC 505 - 1 OR. Railway transport stock - Rolling stock construction gauge.
2. Code UIC 510-3 O. Wagons - Essais de résistance au banc des bogies à 2 essieux et 3 essieux. 1re édition du 01.01.89 - Nouveauté jusqu'au 01.07.94.
3. Code UIC 535-2 O - Standardisation and positioning of steps, end platforms, gangways, handrails, tow hooks, automatic coupler and brake valve controls on wagons in connection with the fitting of the automatic coupler of the UIC Member Railways and OSJD Member Railways 3rd edition of 1.1.78 and 7 Amendments.
4. Code UIC 577 OR Wagon stresses* 105 3rd edition, May 2004.
5. Code UIC 581 OR. Wagons – Lifting – Rerailing. 1st edition of 1.1.83 and 1 Amendment.
6. EN 12663–2. Railway applications - structural requirements of railway vehicle bodies – Part 2: Freight wagons. B., 2010. 54 c.
7. European Standard 14363. Railway applications – Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – Testing of running behaviour and stationary tests. – June 2005. – 113 p.
8. Fomin, O. et al. Determining strength indicators for the bearing structure of a covered wagon's body made from round pipes when transported by a railroad ferry [Text] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 7, Issue 1 (97). – P. 33–40.
9. Алямовский А. А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006–2007. Инженерный анализ методом конечных элементов. Москва, 2007. 784 с.
10. Анофриев В. Г., Рейдемайстер А. Г., Калашник В. А., Кулешов В. П. К вопросу продления полезного срока службы вагонов для перевозки окатышей // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. 2016, № 3 (63). С. 148 – 160.

11. ДСТУ 2444-94 Розрахунки та випробування на міцність. Опір втомі. Терміни та визначення. Київ Держстандарт України 1994, – 23 с.
12. ДСТУ 2825-94 Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять. Київ Держстандарт України 1994, -41с.
13. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.
14. ДСТУ ГОСТ 33211:2017 Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей.
15. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ВНИИВВНИИЖТ. М., 1983.
16. РД 24.050.37-95 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества. – М.; 1995 г.
17. РД 50-694-90 Методические указания. Надежность в технике. Вероятностный метод расчета на усталость сварных конструкций. М. – 1991, 84 с.
18. Фомін О.В. та інш. Блочно-ієрархічна структура окатишевозів // Вісник сертифікації залізничного транспорту // м. Дніпро: ДП «ДОСЗТ», 2020. – № 04-05 (62-63) 10/2020. – С. 14-24
19. Фомін, О.В. та інш. Теоретичні основи визначення залишкового ресурсу напіввагона з терміном служби що минув // LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – К.: НТУ, 2020. – С.14

ДОДАТОК А

ЗАЛІЗНИЧНИЙ НАПІВВАГОН-ХОПЕР ДЛЯ ГАРЯЧИХ ОКАТИШІВ ТА АГЛОМЕРАТУ (ЗАЯВКА НА ПАТЕНТ № 1)

Винахід відноситься до вагонобудування та може бути використаний для здійснення залізничних перевезень гарячих окатишів і агломерату з температурою до 700°C з місця виробництва на приймальні бункери доменної печі.

Відомий залізничний спеціалізований напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату [модель 22-471 за Грузовые вагоны: Учеб. пособие : В 2ч. Ч.1: Полувагоны и крытые вагоны/ М.И. Харитонов, В.Н. Панкин. – Хабаровск: Изд–во ДВГУПС, 2004г. (с.31,32)], конструкція якого складається з модуля екіпажної частини, що містить два двовісних візка, автозчепного модуля, модуля гальмового обладнання, модуля рами з хребтовою та шворневими балками, модуля розвантажувального устаткування і модуля кузова, який складається з двох вертикальних бокових і двох похилих торцевих стін, що містять обшиву і каркас.

Недоліки даного пристрою полягають у наступному: напіввагони-хопери для гарячих окатишів та агломерату даної моделі характеризуються недостатньою вантажопідйомністю, що обумовлює при їх експлуатації на мережах залізниць збільшення собівартості вантажоперевезень і зменшення рентабельності роботи та конкурентоспроможності залізничного транспорту.

Найбільш близьким до об'єкта, що заявляється є залізничний напіввагон-хопер чотиривісний для гарячих окатишів та агломерату [вагон-хопер чотиривісний для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749 Технічні умови ТУУ35.2.–01124454-035:2005], конструкція якого складається з модуля екіпажної частини, що містить два двовісних візка, автозчепного модуля, модуля гальмового обладнання, модуля рами з хребтовою та

шворневими балками, модуля розвантажувального устаткування з розвантажувальним валом та системою змащування підшипниковых вузлів, модуля кузова, який містить дві вертикальні бокові стіни, що мають обшиву і каркас, який складається з верхнього та нижнього обв'язувань, розкосів, з'єднувальних балок що зв'язують нижнє обв'язування та кінцеві балки модуля рами, і дві похилі торцеві стіни, що мають обшиву і каркас, який складається з верхнього та нижнього обв'язувань, горизонтальних поясів.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату полягають у наступному: в основу вузла хребтової балки входять два гарячекатаних швелера №45, які є дефіцитною продукцією та мають велику вартість, шворнева балка виконана з верхнім листом товщиною 16 мм, обшива бокових та торцевих стін модуля кузова виконана з листа товщиною 6мм, верхнє та нижнє обв'язування, горизонтальні пояси, розкоси, з'єднувальні балки виконані з двох зварених між собою швелерів, розвантажувальний модуль має розвантажувальний вал круглого суцільного перетину та систему змащування підшипниковых вузлів, що обумовлює збільшення витрат коштів на виготовлення та ремонт залізничного напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату і визначає його збільшену матеріалоємність і відповідно зменшену вантажопідйомність. Okрім того висока матеріалоємність напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату обумовлює підвищені витрати паливно-енергетичних ресурсів тягового рухомого складу на переміщення вантажних поїздів.

В основу винаходу поставлено задачу зниження трудомісткості виготовлення та ремонту залізничного напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату, а також зниження матеріалоємності і збільшення вантажопідйомності за рахунок удосконалення конструкції основних елементів модулів рами, кузова, розвантажувального устаткування при виконанні умов міцності та експлуатаційної надійності.

Поставлена задача вирішується тим, що в залізничному напіввагоні-хопері для гарячих окатишів та агломерату, конструкція якого складається з модуля екіпажної частини, що містить два двовісних візка, автозчепного

модуля, модуля гальмового обладнання, модуля рами з хребтовою та шворневими балками, модуля розвантажувального устаткування з розвантажувальним валом та без системи змащування, модуля кузова, який містить дві вертикальні бокові стіни, що мають обшиву і каркас, який складається з верхнього та нижнього обв'язувань, розкосів, з'єднувальних балок що зв'язують нижнє обв'язування та кінцеві балки модуля рами, і дві похилі торцеві стіни, що мають обшиву і каркас, який складається з верхнього, нижнього обв'язувань та горизонтальних поясів, двотаври №45 вузла хребтової балки мають зварювальну конструкцію з вертикальної стінки та двох горизонтальних полиць, верхній лист шворневої балки виконано з листа сталі товщиною 10мм, обшива бокових та торцевих стін модуля кузова виконана з листа товщиною 5мм, верхні та нижні обв'язування, горизонтальні пояси, розкоси, виконані з труби квадратного перетину, з'єднувальні балки що зв'язують нижнє обв'язування та кінцеві балки модуля рами виконані з одного швелеру, розвантажувальний вал виконано з труби круглого перетину, у підшипникові вузли модуля розвантажувального устаткування встановлюються замість системи змащування втулки з композитного матеріалу.

Введення нових ознак при взаємодії з відомими забезпечують зниження витрат коштів на виготовлення та ремонт напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату, а також зменшення матеріалоємності напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату і відповідне збільшення вантажопідйомності при забезпеченні умов його міцності та експлуатаційної надійності.

На фіг. А. 1 показаний загальний вид запропонованого напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату; на фіг. А.2 – переріз А-А з фіг. А.1, що відповідає перетину хребтової балки модуля рами напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату з запропонованим зварювальним виконанням двотавра №45; на фіг. А. 3 – перерізи Б-Б, В-В, Г-Г, Е-Е, Ж-Ж з фіг. А. 1, що відповідають запропонованій формі перерізу відповідно: розкосів 8, верхнього обв'язування 13 бокових стін, нижнього обв'язування

12 бокових стін, горизонтальних поясів 9, верхнього обв'язування 10 торцевих стін; на фіг. А. 4 – переріз Д-Д з фіг. А.1, на якому показано переріз запропонованої конструкції з одного швелеру з'єднувальних балок що зв'язують нижнє обв'язування та кінцеві балки рами; на фіг. А.5 показано фрагмент хребтової балки з шворневою балкою верхній лист якої запропоновано виконувати з листа товщиною 10мм; на фіг. А.6 показано фрагмент модуля розвантажувального устаткування напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату запропонованої конструкції без системи змащування підшипниковых вузлів; на фіг. А.7 показано підшипниковий вузол модуля розвантажувального устаткування з вставками з композитного матеріалу; на фіг. А.8 – переріз розвантажувального валу модуля розвантажувального устаткування запропонованої конструкції у вигляді труби круглого перетину.

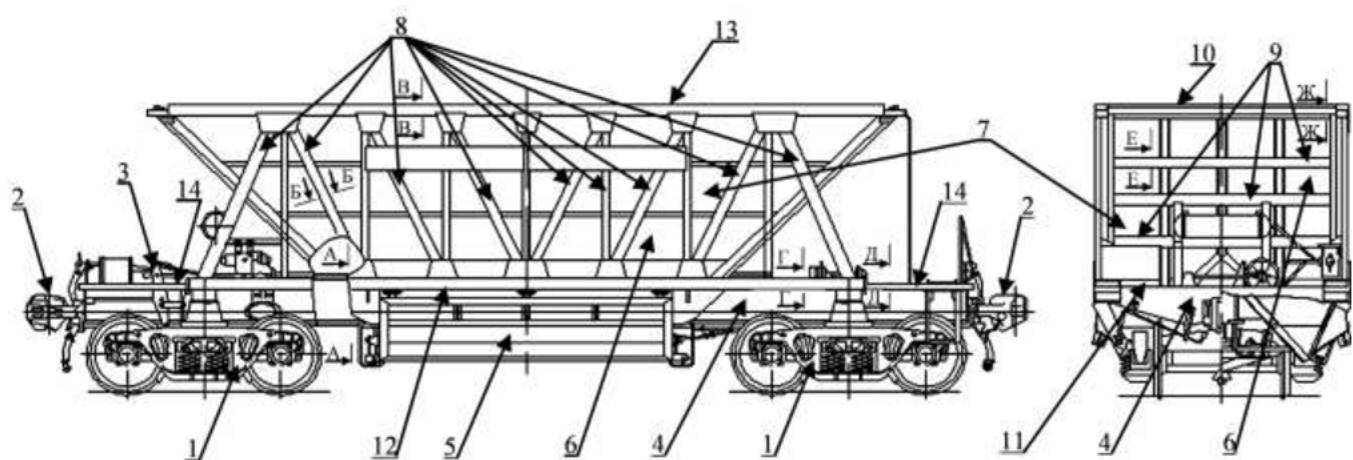
Запропонований залізничний напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату (фіг. А.1) складається з модуля екіпажної частини 1, що містить два двовісних візка, автозчепного модуля 2, модуля гальмового обладнання 3, модуля рами 4 з хребтовою балкою (переріз на фіг. А.2), двутаври №45-ті якої мають зварювальну конструкцію 15 з вертикальної стінки 16 та двох горизонтальних полиць 17 та шворневої балки (фіг. А.5) з верхнім листом товщиною 10мм 18, модуля розвантажувального устаткування 5 (фіг. А.1) з розвантажувальним валом 19 (фіг. А.6) з перерізом у вигляді труби круглого перетину (фіг. А.8) та підшипниковими вузлами 20 (фіг. А.6) з вставками з композитних матеріалів 21 замість системи змащування (фіг. А.7), модуля кузова 6 (фіг. А.1) обшива 7 бокових та торцевих стін якого виконана з листа товщиною 5 мм, верхнє 13, нижнє 12 обв'язування, розкоси 8 стін бокових, верхнє 10, нижнє 11 обв'язування, горизонтальні пояси 9 стін торцевих виконано з труби квадратного перетину (фіг. А.3), з'єднувальні балки 14 (фіг. А.1) що зв'язують нижнє обв'язування та кінцеві балки модуля рами виконано з одного швелеру переріз якого показано на (фіг. А.4).

Запропонований залізничний напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату працює таким чином. Для формування вантажного залізничного

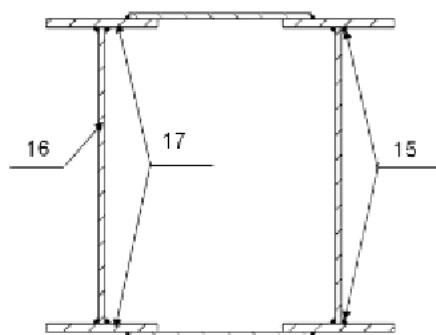
потягу напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату з'єднується з заднім вагоном і переднім вагоном (або локомотивом) через модуль автозчепного пристрою 2, та з гальмівною магістраллю потягу через модуль гальмівного обладнання 3 (фіг. А.1). Внаслідок завантаження кузова 6 насипним вантажем температурою до 700°C, відповідні навантаження через кришки люків модуля розвантажувального устаткування 5 передаються на модуль рами 4 та даліше на осі колісних пар двох двовісних віzkів модуля екіпажної частини 1. При цьому насипний вантаж також розподілено діє через обшиву 7 на каркаси бокових та торцевих стін, до складу яких входять верхні 13, 10, нижні 12, 13 обв'язування, розкоси 8, горизонтальні пояси 9. В процесі руху вантажного потягу найбільші навантаження на елементи конструкції напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату виникають в екстремальних ситуаціях. Наприклад, суттєві інерційні навантаження при екстреному гальмуванні, що діють на обшиву та каркас передньої за рухом торцевої стіни, а також на хребтову балку модуля рами 4 і незначною мірою на з'єднувальні балки 14 що зв'язують нижні обв'язування та кінцеві балки модуля рами. Вивантаження напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату здійснюється при відкритті розвантажувальних люків, що здійснюється в наслідок повороту на 160° розвантажувального валу у підшипникових вузлах з вставками з композитного матеріалу, які забезпечують необхідні характеристики тертя без системи змащування.

Використання двотаврів №45 запропонованої зварювальної конструкції забезпечить суттєве зниження витрат коштів на виготовлення напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату при забезпеченні умов його міцності та експлуатаційної надійності. Використання у якості верхнього листа шворневої балки стального листа товщиною 10 мм, виконання обшиви бокових та торцевих стін з листа товщиною 5 мм, відсутність системи змащування підшипниківих вузлів, виконання верхніх, нижніх обв'язувань, розкосів стін бокових, верхніх, нижніх обв'язувань, горизонтальних поясів стін торцевих з труб квадратного перетину, виконання з'єднувальних балок з одного швелеру дає можливість суттєво зменшити матеріалоємність і

відповідно збільшити вантажопідйомність напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату при забезпеченні умов його міцності та експлуатаційної надійності. До того ж виконання верхніх, нижніх обв'язувань, розкосів стін бокових, верхніх, нижніх обв'язувань, горизонтальних поясів стін торцевих з труб квадратного перетину дозволить зменшити протяжність зварювальних швів напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату майже на 200м, а також поряд з відсутністю системи змащування, значно сприятимуть зниженню витрат коштів на виготовлення та ремонт напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату.

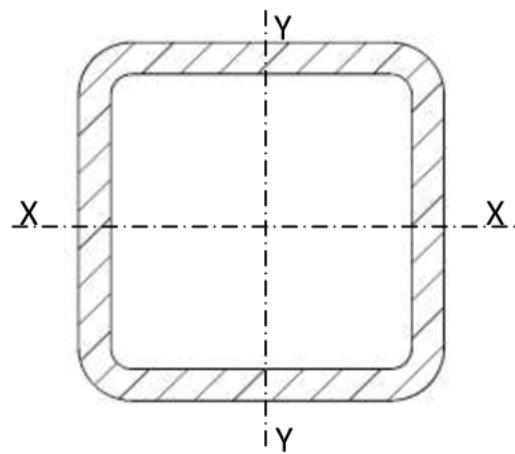


Фіг. А.1



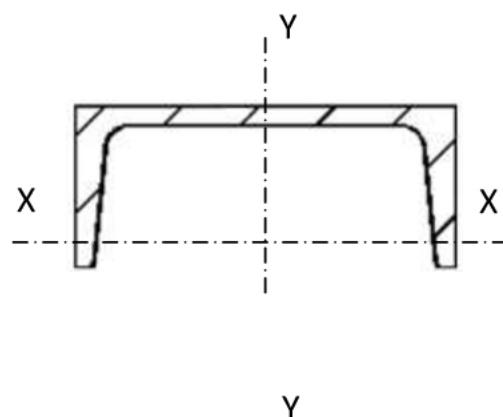
Фіг. А.2

Б – Б, В – В, Г – Г, Е – Е, Ж – Ж
(поворнуто)

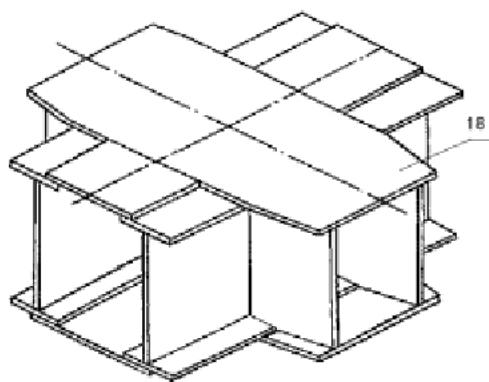


Фіг. А.3

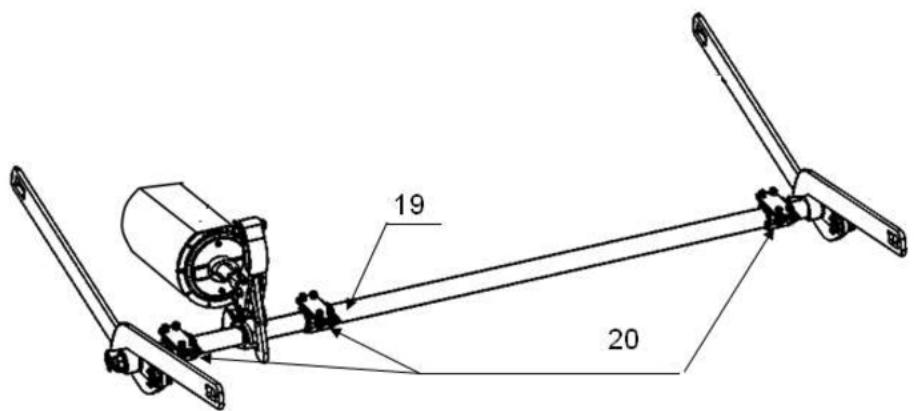
Д – Д



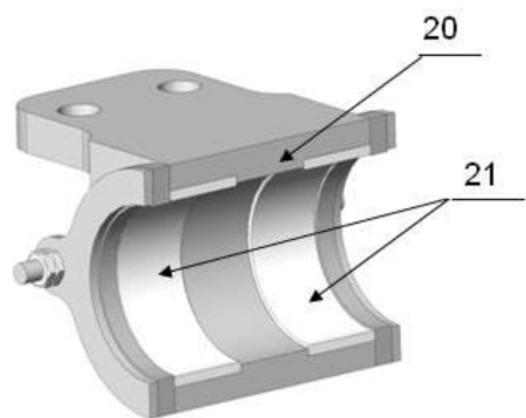
Фіг. А.4



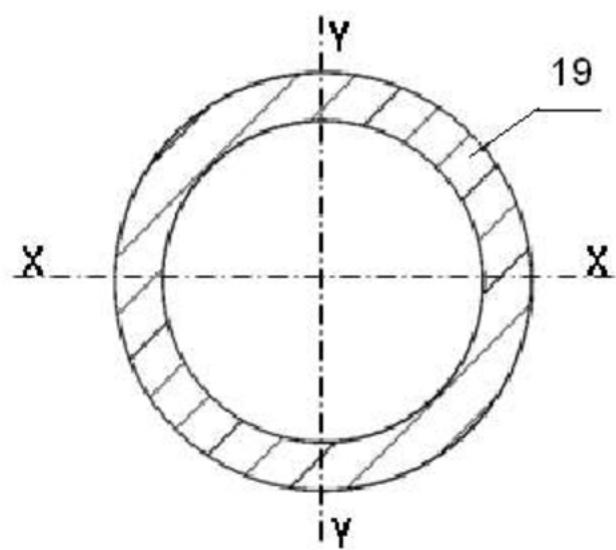
Фіг. А.5



Фіг. А.6



Фіг. А.7



Фіг. А.8

ДОДОТАК Б

ЗАЛІЗНИЧНИЙ НАПІВВАГОН-ХОПЕР ДЛЯ ГАРЯЧИХ ОКАТИШІВ ТА АГЛОМЕРАТУ (ЗАЯВКА НА ПАТЕНТ № 2)

Корисна модель відноситься до вагонобудування та може бути використана для здійснення залізничних перевезень гарячих окатишів і агломерату з температурою до 700°C з місця виробництва на приймальні бункери доменної печі.

Відомий залізничний спеціалізований напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату [модель 22-471, див.: Грузовые вагоны: Ч.1 (полувагоны и крытые вагоны): Учебное пособие на проведение лабораторной работы/ М.И. Харитонов, В.Н. Панкин. – Хабаровск: Изд – во ДВГУПС, 2003.- с.35], конструкція якого складається з модуля екіпажної частини, що містить два двовісних візка, автозчепного модуля, модуля гальмового обладнання, модуля рами з хребтовою та шворневими балками, модуля розвантажувального устаткування і модуля кузова, який складається з двох вертикальних бокових і двох похилих торцевих стін, що містять обшиву і каркас.

Недоліки даного пристрою полягають у наступному: спеціалізовані напіввагони-хопери для гарячих окатишів та агломерату даної моделі 22-471 характеризуються недостатньою вантажопідйомністю, що обумовлює при їх експлуатації на мережах залізниць збільшення собівартості вантажопривезень і зменшення рентабельності роботи та конкурентоспроможності залізничного транспорту.

Найбільш близьким до об'єкта, що заявляється є залізничний напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату [вагон-хопер чотиривісний для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749 Технічні умови ТУУ35.2.–01124454-035:2005], конструкція якого складається з

модуля екіпажної частини, що містить два двовісних візка, автозчепного модуля, модуля гальмового обладнання, модуля рами з хребтовою та шворневими балками, модуля розвантажувального устаткування, модуля кузова, який містить дві вертикальні бокові стіни, що мають обшиву і каркас, який включає верхнє та нижнє обв'язування, вертикальні та похилі стійки, розкоси, і дві похилі торцеві стіни, що мають обшиву і каркас, який складається з верхнього та нижнього обв'язувань, горизонтальних поясів, поздовжніх стійок.

Причини, що перешкоджають одержанню необхідного технічного результату полягають у наступному: в основу вузла хребтової балки входять два гарячекатаних двотавра №45, які є дефіцитною продукцією та мають великі матеріалоємність та вартість, шворнева балка виконана з верхнім листом товщиною 16 мм, обшива бокових та торцевих стін модуля кузова виконана з листа товщиною 6 мм, верхнє та нижнє обв'язування, горизонтальні пояси, вертикальні та похилі стійки, розкоси, поздовжні стійки виконані з двох зварених між собою відповідних швелерів, які характеризуються підвищеною матеріалоємністю та збільшеною трудомісткістю виготовлення та ремонту. Висока матеріалоємність залізничного напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату обумовлює зменшену вантажопідйомність та підвищені витрати паливно-енергетичних ресурсів тягового рухомого складу на переміщення вантажних поїздів.

В основу винаходу поставлено задачу зниження матеріалоємності і збільшення вантажопідйомності залізничного напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату, а також зниження трудомісткості його виготовлення та ремонту за рахунок удосконалення конструкції модулів рами та кузова, на основі виконання їх як зчленованих несучих оболонок, які по конфігурації повторюють осі несучих елементів типової конструкції, і з'єднуються методами навішування та зварювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в залізничному напіввагоні-хопері для гарячих окатишів та агломерату, конструкція якого складається з

модуля екіпажної частини, що містить два двовісних візка, автозчепного модуля, модуля гальмового обладнання, модуля рами з хребтовою та шворневими балками, модуля розвантажувального устаткування, модуля кузова, який містить дві вертикальні бокові стіни, що мають обшиву і каркас, який складається з верхнього та нижнього обв'язувань, вертикальних та похилих стійок, розкосів, і дві похилі торцеві стіни, що мають обшиву і каркас, який складається з верхнього, нижнього обв'язувань, горизонтальних поясів та поздовжніх стійок, рама, стіни бокові та торцеві виконані із зчленованих несучих оболонок, які по конфігурації повторюють осі несучих елементів типової конструкції, і з'єднуються методами навішування та зварювання.

Введення нових ознак при взаємодії з відомими забезпечують зниження матеріалоємності і збільшення вантажопідйомності залізничного напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату, а також зниження трудомісткості його виготовлення та ремонту при виконанні умов міцності та експлуатаційної надійності.

На фіг. Б. 1 показаний загальний вид запропонованого залізничного напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату; на фіг. Б.2 – стіна бокова залізничного напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату; на фіг. Б. 3 – рознесені несучі оболонки стіни бокою; на фіг. Б. 4 – стіна торцева залізничного напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату; на фіг. Б. 5 показано рознесені несучі оболонки стіни торцевою; на фіг. Б. 6 показано модуль рами залізничного напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату; на фіг. Б. 7 - рознесені несучі оболонки рами.

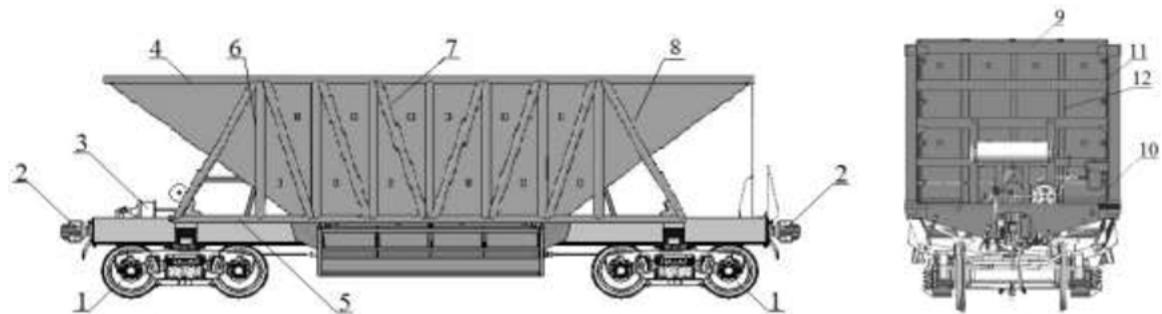
Запропонований залізничний напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату (фіг. Б.1) складається з модуля екіпажної частини 1, що містить два двовісних візка, автозчепного модуля 2, модуля гальмівного обладнання 3, модуля кузова, до складу якого входять стіни бокові (фіг. Б. 2), які складаються (фіг. Б. 3) із зовнішньої несучої оболонки 13 та внутрішньої несучої оболонки 14, які по конфігурації повторюють осі несучих елементів

типовій конструкції, і включають (фіг. Б.1) верхнє 4 та нижнє 5 обв'язування, вертикальні 6, похилі 7 стійки та розкоси 8, і стіни торцеві (фіг. Б.4), які складаються (фіг. Б.5) із зовнішньої несучої оболонки 15 та внутрішньої несучої оболонки 16, які по конфігурації повторюють осі несучих елементів типової конструкції, і включають (фіг. Б.1) верхнє 9 та нижнє 10 обв'язування, горизонтальні пояси 11 та похилі стійки 12, а також модуля рами (фіг. Б.6), який складається (фіг. Б.7) із зовнішньої несучої оболонки 17 та внутрішньої несучої оболонки 18, які по конфігурації повторюють осі несучих елементів типової конструкції, і включає (фіг. Б.6) балку хребтову 19, балки шворневі 20, балки кінцеві 21, балки проміжні поперечні 22..

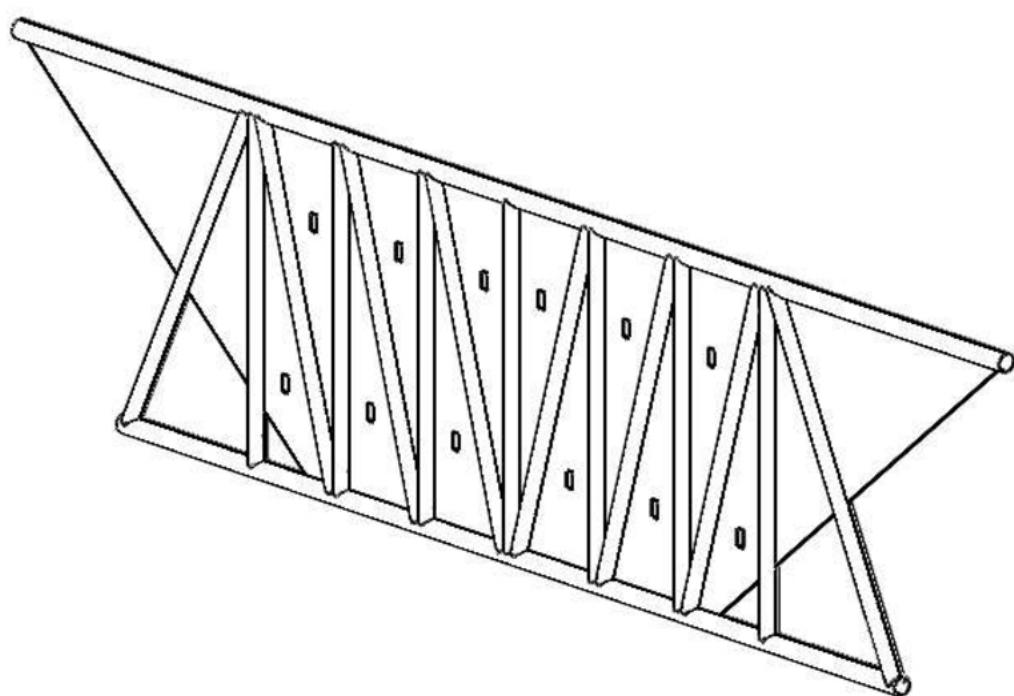
Запропонований залізничний напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату працює таким чином. Для формування вантажного залізничного потягу залізничний напіввагон-хопер для гарячих окатишів та агломерату з'єднується з заднім вагоном і переднім вагоном (або локомотивом) через модуль автозчепного пристрою 2, та з гальмівною магістраллю потягу через модуль гальмівного обладнання 3 (фіг. Б.1). Внаслідок завантаження кузова насипним вантажем температурою до 700°C, відповідні навантаження передаються на модуль рами (фіг. Б.6) та далі на осі колісних пар двох двовісних віzkів модуля екіпажної частини 1 (фіг. Б.1). При цьому насипний вантаж також розподілено діє на бокові та торцеві стіни, які виготовлено із зчленованих несучих оболонок, які по конфігурації повторюють осі несучих елементів типової конструкції, та з'єднуються методами навішування та зварювання. В процесі руху вантажного потягу найбільші навантаження на елементи конструкції залізничного напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату виникають в екстремальних ситуаціях. Наприклад, суттєві інерційні навантаження при екстреному гальмуванні, що діють на передню за рухом торцеву стіну, а також на хребтову балку модуля рами. Вивантаження залізничного напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату здійснюється при відкритті розвантажувальних люків.

Виконання модуля рами, стін бокових, стін торцевих залізничного напіввагона-хопера для гарячих окатишів та агломерату із зчленованих

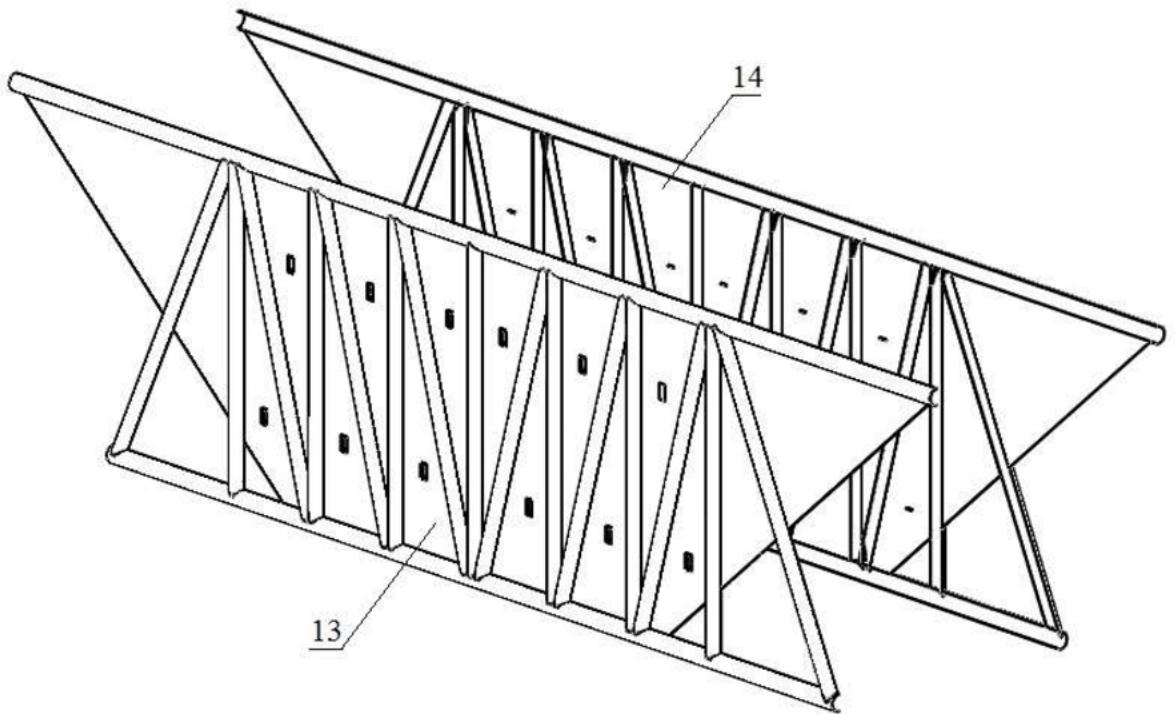
несучих оболонок, які по конфігурації повторюють осі несучих елементів типової конструкції, та з'єднуються методами навішування та зварювання забезпечить зниження матеріалоємності і збільшення вантажопідйомності залізничного напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату, а також зниження трудомісткості його виготовлення та ремонту при виконанні умов міцності та експлуатаційної надійності.



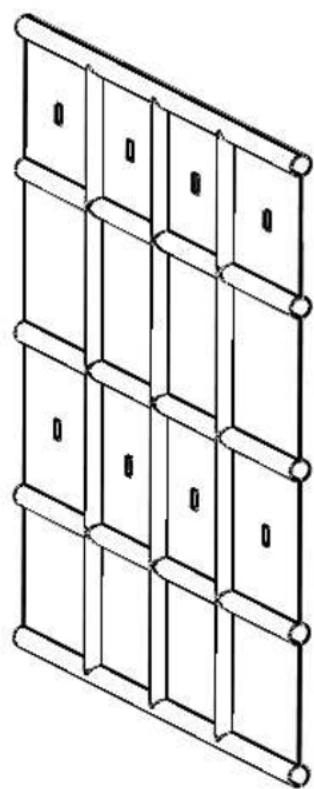
Фіг. Б. 1



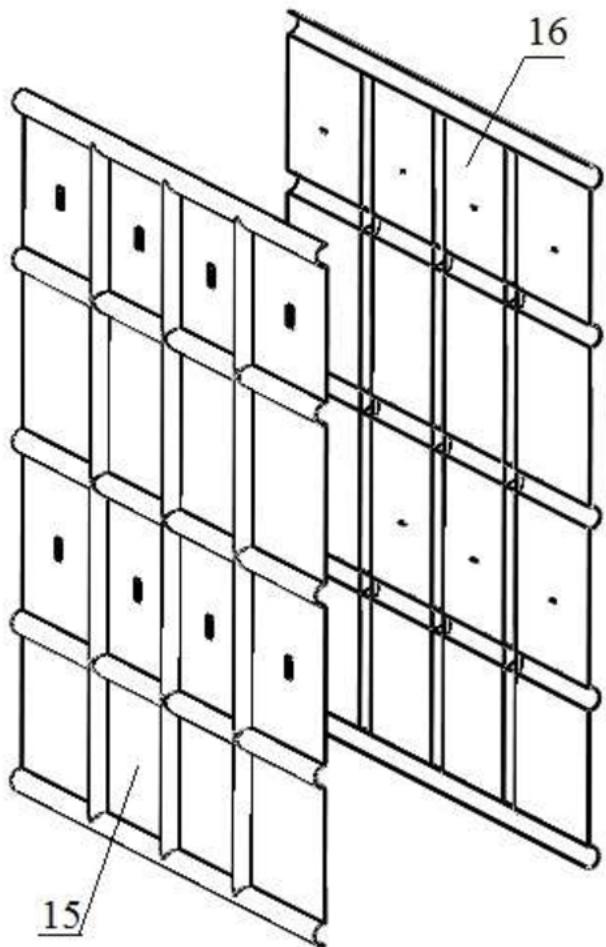
Фіг. Б. 2



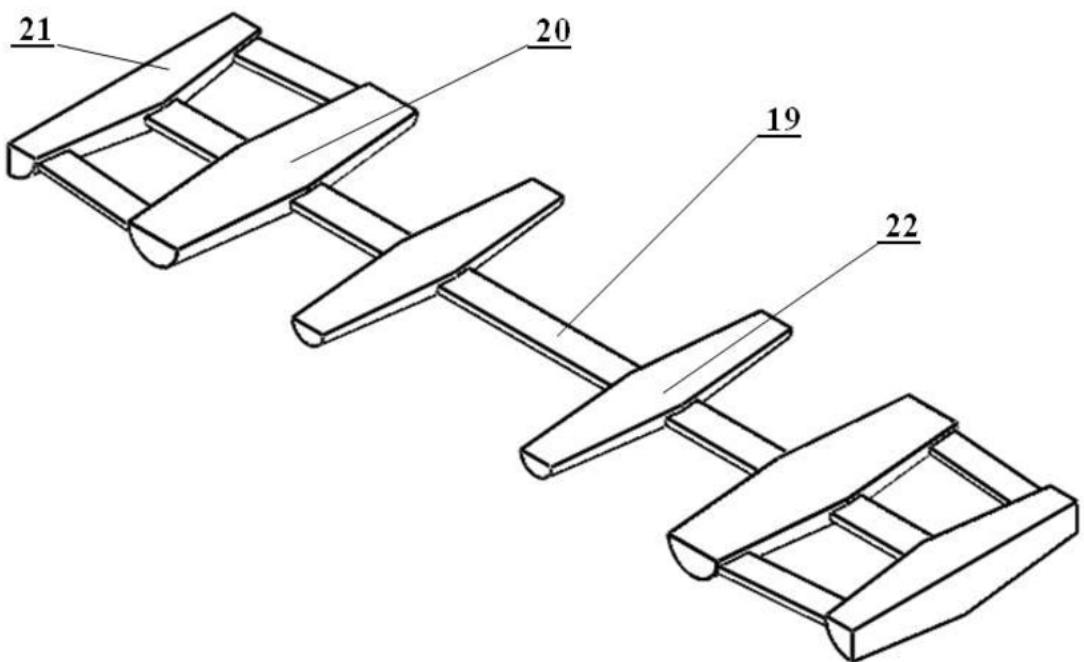
Фіг. Б. 3



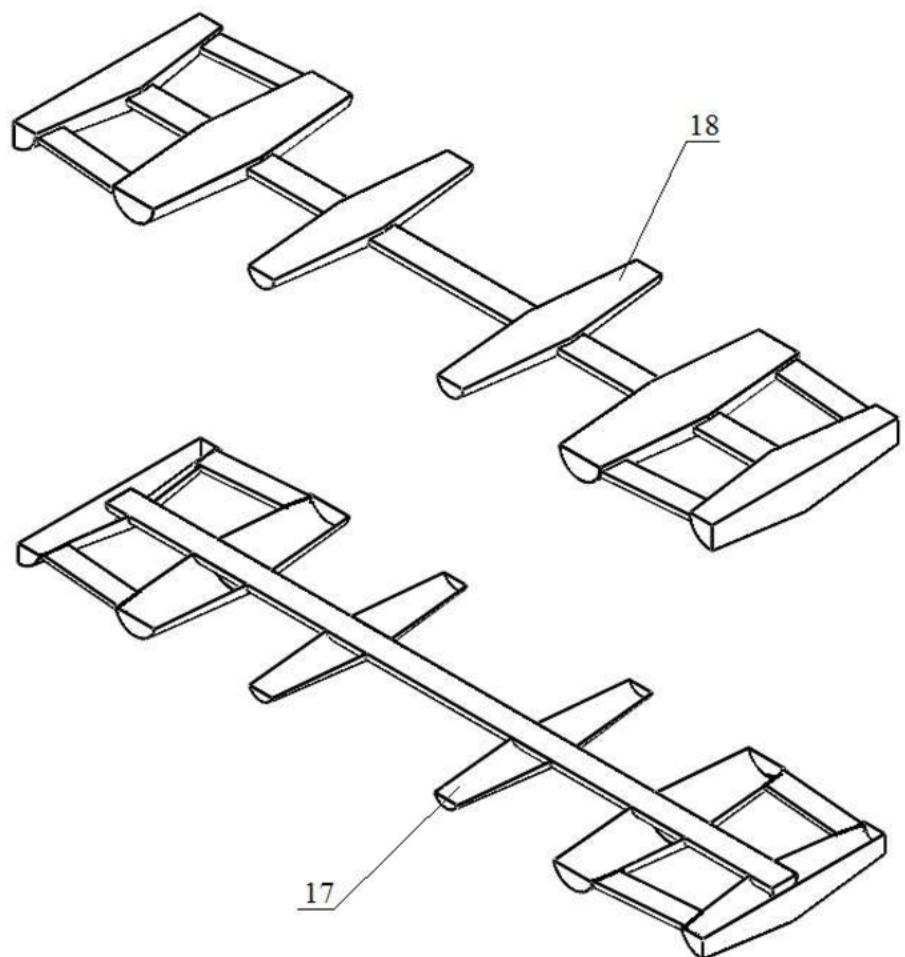
Фіг. Б. 4



Фіг. Б. 5



Фіг. Б. 6



Фіг. Б. 7