

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «**Удосконалення конструкції причепа для  
транспортування контейнерів 1СС**»

Виконав: студент групи Ат-42сп

Спеціальності 274 Автомобільний транспорт  
(шифр і назва)

Марко ГАЦ  
(ім'я та прізвище)

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
(нак. ступінь, вчене звання)

Олексій ШВЕЦЬ  
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Освітній ступінь «Бакалавр»  
Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри  
машинобудування  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ (підпис)

професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ  
(прізвище та ініціали)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

\_\_\_\_\_ Гацу Марку Васильовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення конструкції причепа для транспортування контейнерів 1СС»

Керівник роботи к.т.н, доцент Швець Олексій Петрович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЛНУП від 27 листопада 2023 року №641/к-с

2. Строк подання студентом роботи до 20 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: довідкова література, технічні характеристики контейнеровозів та причепів до них, характеристики вантажних контейнерів, характеристики металів для виготовлення металоконструкцій, методики та правила виконання вантажно-розвантажувальних операцій з контейнерами, методики розрахунку кінематичних та геометричних параметрів вантажопідйомних машин, інструкції з охорони праці, методики визначення показників економічної ефективності.

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

4.1. Аналіз процесу транспортування вантажних контейнерів; 4.2. Удосконалення конструкції причепа для транспортування контейнерів 1СС; 4.3. Охорона праці; 4.4. Визначення собівартості модернізації причепа.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта    | Підпис, дата   |                  | Відмітка про виконання |
|---------|--|----------------|------------------|------------------------|
|         |  | Завдання видав | завдання прийняв |                        |
| 1, 2, 4 | Швець О.П.<br>доцент каф.<br>машинобудування |                |                  |                        |
| 3       | Городецький І.М.<br>доц. каф. ФІМтаБВ        |                |                  |                        |

7. Дата видачі завдання “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи   | Строк виконання етапів роботи | Відмітка про виконання |
|-------|---|-------------------------------|------------------------|
| 1     | Аналіз процесу транспортування вантажних контейнерів                  | 28.12.23                      |                        |
| 2     | Удосконалення конструкції причепа для транспортування контейнерів 1СС | 16.02.23                      |                        |
| 3     | Охорона праці   | 12.04.24                      |                        |
| 4     | Визначення собівартості модернізації причепа                          | 10.05.24                      |                        |
| 5     | Оформлення пояснювальної записки                                      | 30.05.24                      |                        |
| 6     | Оформлення графічної частини  | 17.06.24                      |                        |

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис )

Гац М.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

Швець О.П.  
(прізвище та ініціали)

## УДК 629.114.3

Гац М.В. «Удосконалення конструкції причепа для транспортування контейнерів 1СС»: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 60 с.

Табл. 16; рис. 34; бібліогр. джерел 22., Дод. 1.

Проведено аналіз видів та конструкцій вантажних контейнерів та видів автотранспорту, який забезпечує їх перевезення. Проаналізовано способи, технології та технічні засоби, які використовуються під час завантаження контейнерів на автомобільний транспорт та розвантаження їх на місцях складування.

Розглянуто конструкцію базової моделі автомобільного напівпричепа-контейнеровоза марки 9454М та запропоновано його обладнання навантажувальним механізмом, який приводиться в дію за допомогою гідравлічного приводу. Сформовано завдання на конструктивне удосконалення, кінематичні параметри підйомного механізму, розраховано параметри та підібрано необхідні для нього гідравлічні циліндри.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання навантажувальних робіт.

Розраховано основні затрати на модернізацію причепа та визначено економічну ефективність удосконалення.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ВСТУП  | 6  |
| 1 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖНИХ КОНТЕЙНЕРІВ                             | 7  |
| 1.1 Типи вантажних контейнерів та їх характеристики                                | 7  |
| 1.2 Особливості конструкції напівпричепів для транспортування контейнерів          | 12 |
| 1.3 Класифікація контейнеровозів   | 14 |
| 1.4 Аналіз технологій завантаження контейнерів на автотранспорт                    | 19 |
| 2 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИЧЕПА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ 1СС            | 24 |
| 2.1 Аналіз базової моделі напівпричепа-контейнеровоза                              | 24 |
| 2.2 Формування завдання на конструктивне удосконалення                             | 27 |
| 2.3 Визначення кінематичних характеристик вантажопідйомного пристрою               | 27 |
| 2.4 Визначення швидкостей поворотної стріли  | 30 |
| 2.5 Визначення швидкостей вантажної стріли   | 35 |
| 2.5 Змашування третьових поверхонь   | 35 |
| 2.6 Опис конструкції та основних вузлів вантажопідіймального пристрою              | 39 |
| 2.7 Розрахунок робочих параметрів гідроприводу та гідроциліндрів                   | 43 |
| 3 ОХОРОНА ПРАЦІ  | 47 |
| 3.1 Загальні вимоги до безпечної експлуатації контейнеровозів                      | 47 |
| 3.2 Основні джерела небезпеки під час експлуатації контейнеровозів                 | 48 |
| 3.3 Послідовність підготовки та безпечної експлуатації напівпричепа-контейнеровоза | 49 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 3.4 | Моделювання процесів формування та виникнення<br>травмонебезпечних ситуацій | 50 |
| 4   | ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИЧЕПА                                | 53 |
| 4.1 | Визначення вартості основних матеріалів                                     | 53 |
| 4.2 | Визначення вартості покупних виробів  | 54 |
| 4.3 | Вартість від повернення відходів  | 55 |
| 4.4 | Розрахунок заробітної плати робітників                                      | 56 |
| 4.5 | Розрахунок цехових та загальнозаводських витрат                             | 56 |
| 4.6 | Визначення повної собівартості та економічної ефективності                  | 57 |
|     | ВИСНОВКИ И ПРОПОЗИЦІЇ   | 58 |
|     | БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК   | 59 |
|     | ДОДАТКИ   | 61 |

## ВСТУП

Контейнерні перевезення є одним із найбільш затребуваних видів перевезень вантажів, особливо при перевезеннях кількома видами транспорту та, насамперед, у міжнародному експортно-імпортному та транзитному сполученнях. Габарити контейнера суворо регламентовані міжнародними стандартами контейнерних перевезень, що пов'язано з габаритами транспортних засобів, пристроями кріплення контейнерів, умовами штабелювання при перевезенні та зберіганні.

Нині істотна частка внутрішніх контейнерних перевезень на невеликі відстані посідає перевезення автомобільним транспортом. Дані перевезення виконуються спеціалізованими транспортними компаніями, що мають в наявності автомобільні причепи різної вантажопідйомності, оснащені пристроями для надійного кріплення контейнера, що перевозиться, до рами автомобіля або причепа (напівпричепа).

При використанні контейнерів, особливо великогабаритних і важких, велике значення набуває якість проведення вантажно-розвантажувальних робіт. Далеко не всі споживачі послуг контейнерних перевезень мають у своєму розпорядженні стаціонарні або мобільні підйомні пристрої та кваліфікованих операторів цих пристроїв, внаслідок чого споживачам доводиться нести додаткові витрати, пов'язані з орендою або придбанням додаткового вантажопідіймального обладнання.

У зв'язку з вищесказаним, особливої актуальності набуває пошук комплексного вирішення питань зберігання, перевезення та перевантаження контейнерів. У кваліфікаційній роботі розглянуто можливість суміщення автомобільним напівприцепом функцій транспортного та вантажопідіймального обладнання за рахунок дооснащення спеціалізованим вантажопідйомним пристроєм.

## 1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖНИХ КОНТЕЙНЕРІВ

Для транспортування габаритних і об'ємних вантажів автомобільним транспортом використовують вантажні контейнери. Автомобільними шляхами вантажні контейнери перевозять на причепах та напівпричепах-контейнеровозах. Проаналізуємо, які види і типи контейнерів та напівпричепів контейнеровозів існують, їхні основні особливості, переваги та недоліки.

### 1.1. Типи вантажних контейнерів та їх характеристики

Стандартні контейнери, які використовують для зберігання і транспортування сухих вантажів, придатні для перевезень різними видами транспорту. Вони є герметично закриті контейнери з усіх боків, однак на відміну від рефрижераторних, не обладнані внутрішньою системою охолодження або обігріву. Найбільш поширеними є стандартні 20 і 40 футові контейнери, які ще називають морськими. Максимальна вага вантажу для таких контейнерів відповідно становить 28230 кг та 26700 кг.

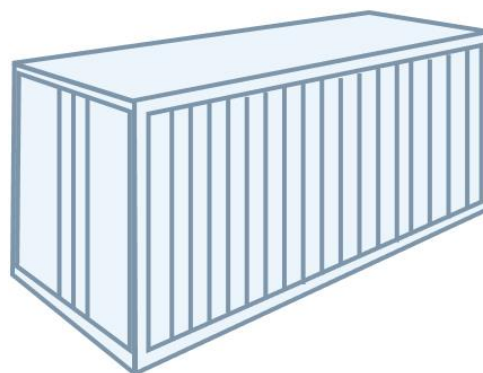


Рисунок 1.1– Стандартний контейнер

Таблиця 1.1 – Розміри вантажних контейнерів, м [13]

| Розміри контейнера | Довжина |        | Висота |       | Ширина |       |
|--------------------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|
|                    | 20 ф    | 40 ф   | 20 ф   | 40 ф  | 20 ф   | 40 ф  |
| Всередині          | 5,89    | 12,029 | 2,39   | 2,392 | 2,35   | 2,350 |
| Двері              | -       | -      | 2,29   | 2,392 | 2,34   | 2,340 |



Висококубові контейнери подібні до стандартних контейнерів, але мають дещо більшу висоту. Наявність додаткового простору дозволяє розміщувати в них великі предмети, наприклад важке обладнання та верстати. Кріпильні кільця в таких контейнерах прикріплені на передній кришці, рейках і вздовж кутових стійок.

Габаритні розміри висококубового контейнера з максимальною вагою 26460 кг наведені в таблиці 1.2.

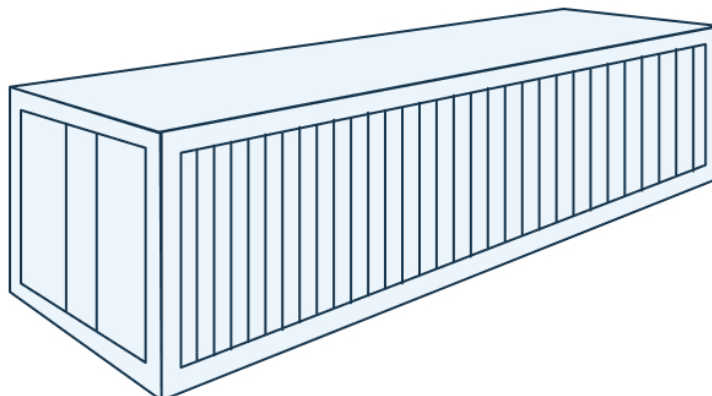


Рисунок 1.2 – Висококубовий контейнер

Таблиця 1.2 – Розміри висококубового контейнера, м [13]

| Розміри контейнера | Довжина | Висота | Ширина |
|--------------------|---------|--------|--------|
| Всередині          | 12,024  | 2,697  | 2,350  |
| Двері              |         | 2,597  | 2,340  |

Вантажний контейнер з відкритим верхом має знімний дах і двері з обох боків. Це дозволяє легко завантажувати, розвантажувати і транспортувати предмети в середині контейнера. Зазвичай їх використовують для розміщення негабаритних вантажів. Для захисту вантажу зверху контейнер накривають брезентом.

Максимальна вантажо-підйомність таких контейнерів з відкритим може коливатися від 28000 кг (20ф) до 30000 кг (40ф).

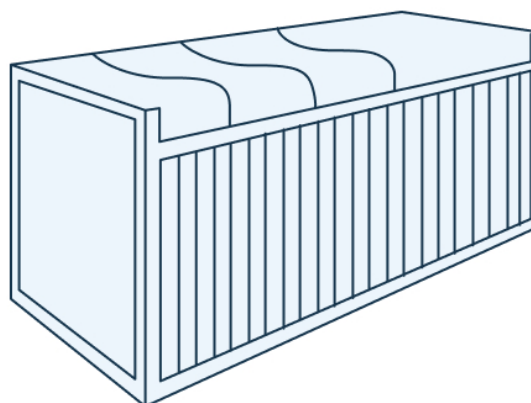


Рисунок 1.3 – Контейнер з відкритим верхом

Таблиця 1.3. – Розміри контейнерів з відкритим верхом, м [13]

| Розміри контейнера | Довжина |        | Висота |       | Ширина |       |
|--------------------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|
|                    | 20 ф    | 40 ф   | 20 ф   | 40 ф  | 20 ф   | 40 ф  |
| Всередині          | 5,888   | 12,029 | 2,315  | 2,326 | 2,345  | 2,342 |
| Двері              |         |        | 2,184  | 2,274 | 2,286  | 2,341 |

Платформовий контейнер дозволяє завантажувати вантажі зверху або з боків. Таке компонування є зручним за необхідності завантаження вантажів з нестандартними розмірами. Цей тип контейнера виготовляється зі знімними торцевими дверима ("розбірними") або фіксованими торцевими дверима ("нерозбірними"). До його бічних рейок і підлоги монтуються кріпильні кільця, які забезпечують належну фіксацію вантажу.

Такий тип контейнерів часто використовують для перевезення промислових труб, автобусів і човнів. Вантажопідйомність такого 20-футового контейнера сягає до 21500 кг, а 40-футового - до 40800 кг.

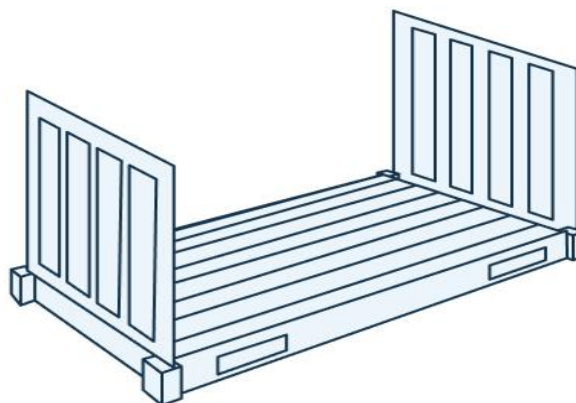


Рисунок 1.4 – Платформовий контейнер

Таблиця 1.4 – Розміри платформових контейнерів, м [13]

| Розміри контейнера | Довжина |        | Висота |       | Ширина |       |
|--------------------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|
|                    | 20 ф    | 40 ф   | 20 ф   | 40 ф  | 20 ф   | 40 ф  |
| Всередині          | 5,698   | 11,832 | 2,255  | 1,981 | 2,230  | 2,228 |

Контейнер-платформа має одноповерхову конструкцію без даху та бічних дверей. Його сталевий каркас і дерев'яна основа забезпечують високу вантажопідйомність, що дозволяє зосереджувати важкі вантажі на невеликій площі.

Такий контейнер ідеально підходить для транспортування важких вантажів з нестандартними розмірами, які можуть не помістатися в будь-який інший тип контейнера. Максимальна вага вантажу для 20-футового контейнера-платформи становить 27960 кг, а для 40-футового - 39300 кг.

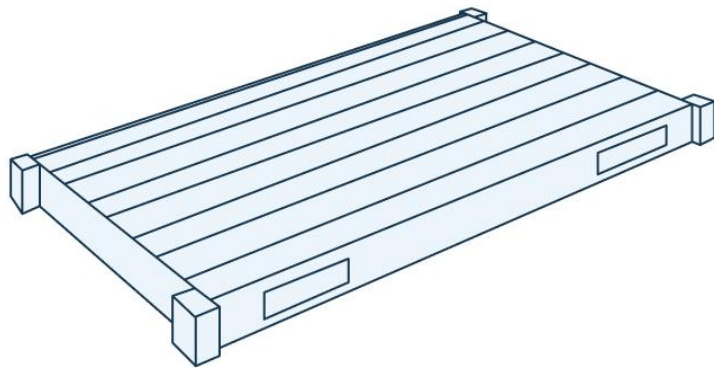


Рисунок 1.5 – Контейнер-платформа

Таблиця 1.5 – Розміри контейнерних платформ, м [13]

| Розміри контейнера | Довжина |        | Висота |       | Ширина |       |
|--------------------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|
|                    | 20 ф    | 40 ф   | 20 ф   | 40 ф  | 20 ф   | 40 ф  |
| Всередині          | 6,058   | 12,192 | 0,370  | 0,648 | 2,438  | 2,245 |

Рефрижераторні контейнери з регульованою температурою призначені для транспортування на великі відстані свіжих і заморожених продуктів, здатних швидко псуватися. Такі контейнери здатні не знижувати і не підвищувати температуру товару, а підтримують попередньо задану низьку температуру. Під час транспортування контейнер-рефрижератор має бути під'єднаний до бортової електромережі транспортного засобу.

При його завантаженні необхідно передбачити у верхній його частині достатньо місця для припливу повітря. Максимальна висота вантажу вказується на його бічних стінках.

Вантажопідйомність 20-футового контейнера-рефрижератора становить 21450 кг, а для 40-футового - 26630 кг.

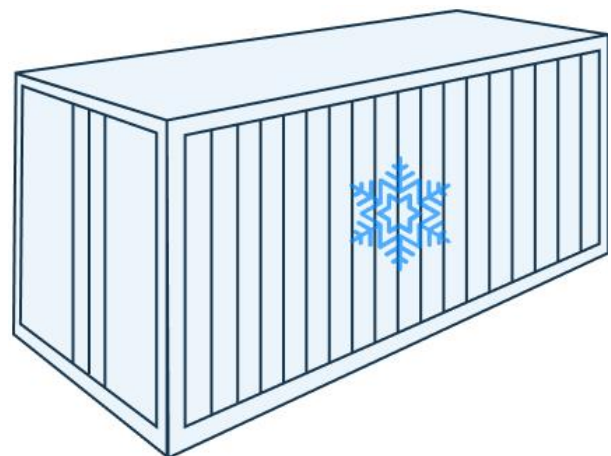


Рисунок 1.6 – Контейнер-рефрижератор

Таблиця 1.6 – Розміри контейнерів-рефрижераторів, м [13]

| Розміри контейнера | Довжина |        | Висота |       | Ширина |       |
|--------------------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|
|                    | 20 ф    | 40 ф   | 20 ф   | 40 ф  | 20 ф   | 40 ф  |
| Всередині          | 5,724   | 11,840 | 2,014  | 2,120 | 2,286  | 2,286 |
| Двері              |         |        | 2,067  | 2,195 | 2,286  | 2,286 |

Контейнер для сипких вантажів обладнаний трьома завантажувальними засувками на даху (Ø 455 мм), кріпильні кільця на верхніх рейках, а також кишені в нижній частині для вил навантажувачів.

Такі контейнери доступні в 20-футовому виконанні з максимальною вагою 21550 кг.

Таблиця 1.7 – Розміри контейнера для сипких матеріалів, м [13]

| Розміри контейнера | Довжина | Висота | Ширина |
|--------------------|---------|--------|--------|
| Всередині          | 5,934   | 2,340  | 2,358  |
| Двері              |         | 2,292  | 2,335  |

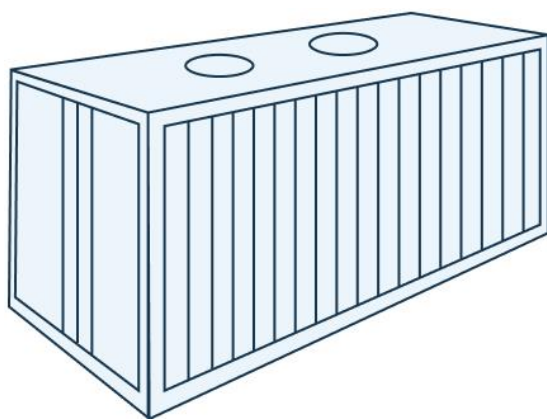


Рисунок 1.7 – Контейнер для сипких матеріалів

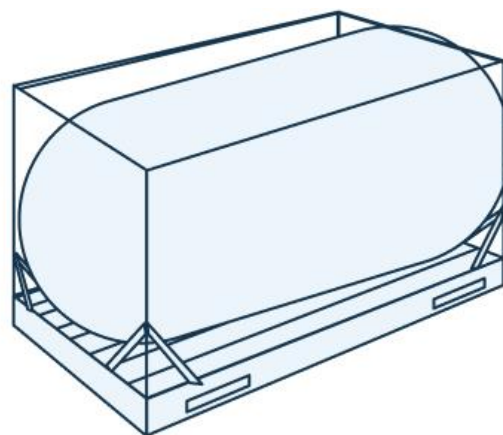


Рисунок 1.8 – Контейнер-цистерна

Контейнер-цистерна використовується для транспортування рідин. Залежно від рідини, яка транспортується, контейнер може бути ізольованим або

з підігрівом. Давачі температури використовуються для точного контролю температури вантажу. Вони розраховані на тиск до 3 бар. Для надійного транспортування цистерна контейнера повинна бути заповнена не менше як на 80 %, але не більше 95% її місткості.

Крім 20-футових, контейнери-цистерни випускаються 10-футовими і 30-футовими. Їх максимальна вантажопідйомність може становити 26290 кг.

Таблиця 1.9 – Розміри контейнера-цистерни, м [13]

| Розміри контейнера | Довжина | Висота | Ширина |
|--------------------|---------|--------|--------|
| Всередині          | 6,058   | 2,438  | 2,438  |

Габаритні розміри контейнерів визначають тип, вантажопідйомність транспортного засобу (причіпа, напівпричіпа), а також спосіб їх завантаження та кріплення на вантажній платформі.

## 1.2. Особливості конструкції напівпричіпів для транспортування контейнерів

Напівпричіп для транспортування контейнерів являє собою відкриту вантажну платформу на колісному шасі [18].

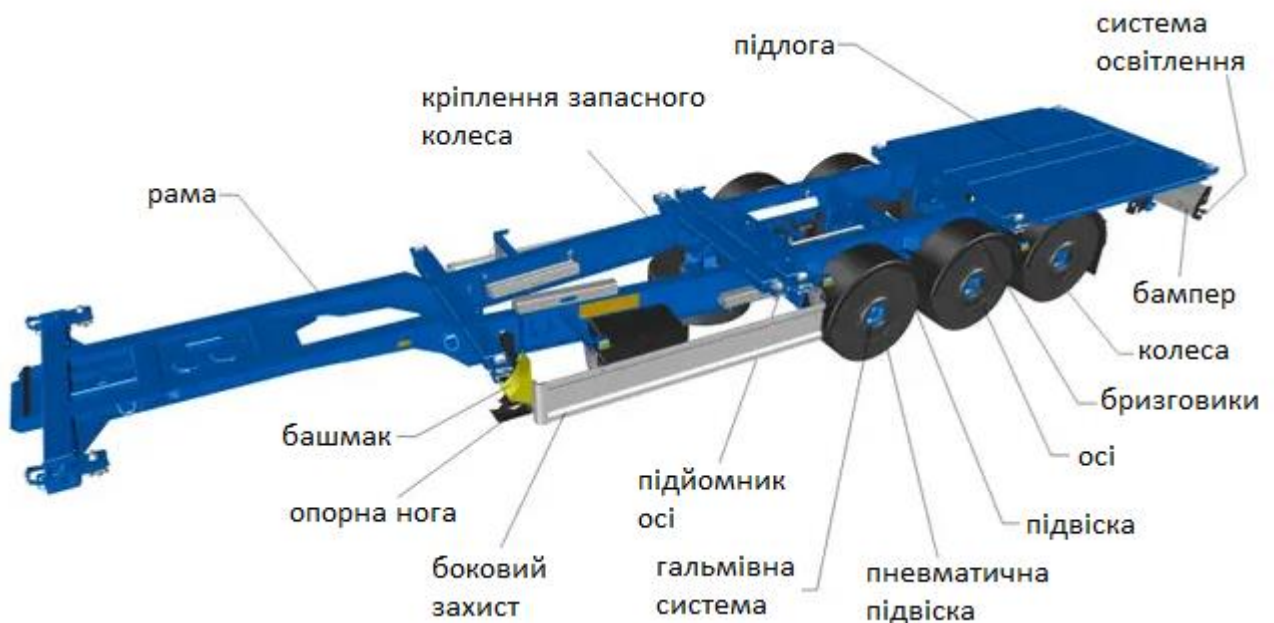


Рисунок 1.9 – Напівпричіп контейнеровоз Wielton NS 3 P20

Він складається з таких основних функціональних вузлів:

- зварна рама з високоміцної сталі;
- зчіпний пристрій (шворінь);
- осі, деякі з яких можуть бути підйомними;
- навісне обладнання (ящики, бічний і задній захист);
- пневмообладнання;
- електрообладнання.

Рама є основним несучим елементом напівпричепа. Уздовж неї розташовані спеціальні балки з контейнерними замками за допомогою яких відбувається надійна фіксація контейнерів на платформі та унеможлиблюється їх мимовільне зміщення в процесі транспортування [10].



Рисунок 1.10 – Основні системи напівпричепа-контейнеровоза

Рама контейнеровозів випускається у двох виконаннях - цілісному і розсувному. Розсувна конструкція є більш універсальною, оскільки дозволяє транспортувати контейнери різних розмірів та дає змогу розширити перелік транспортованих вантажів.

Настил підлоги в задній частині напівпричепа виконують з листового металу, який має протиковзку текстуру. Підлога дає можливість застосувати



автонавантажувачі для вивантаження центральностоячих контейнерів безпосередньо з напівпричепа.

Існують варіації контейнеровозів, обладнаних кількома гідравлічними платформами-ліфтами, встановленими у задній частині напівпричепа. Це спрощує завантаження контейнерів у випадку відсутності вантажної рампи.

### 1.3. Класифікація контейнеровозів

Напівпричепа для транспортування контейнерів відрізняються між собою за низкою технічних характеристик: габаритними розмірами, кількістю осей, висотою платформи і висотою шасі. Розглянемо основні з них та визначимо, в чому їхні особливості.

Згідно стандартів ГОСТ, всі вантажні контейнери поділяють за масою на три категорії [4, 22]:

- малотоннажні - від 2,5 до 5 т;
- середньотоннажні - від 5 до 10 т;
- великотоннажні - від 10 т.

У більшості країн світу застосовується інша класифікація, згідно якої за основний параметр контейнера використовується його довжина. Наприклад, існують 10-, 20-, 30-, 40-, 45-футові вантажні контейнери.

Згідно з вимогами стандарту ISO 668:2013, кожному виду контейнерів присвоюється буквено-цифровий код. Найбільшого поширення в міжнародних перевезеннях набули 20- і 40-футові контейнери. В таблиці 1.8 представлено їхні різновиди та основні технічні параметри.

Контейнеровози випускаються виробниками в різних модифікаціях. Це дає змогу використовувати їх для транспортування практично будь-яких видів вантажів у контейнерах. Їхні конструктивні та експлуатаційні параметри забезпечать необхідну високу ефективність і безпеку перевезення вантажів на великі відстані.

Таблиця 1.8 – Стандартні характеристики вантажних контейнерів [17]

| Маркування | Тип                    | Зовнішні габарити, мм | Мінімальні внутрішні габарити, мм | Повна маса, т | Гранична вага вантажу, т |
|------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------------|
| 1A         | Низький 40-футовий     | 12192x2438x2438       | 11998x2197x2330                   | 30,48         | 26,78                    |
| 1AA        | TEU 40-футовий         | 12192x2591x2438       | 11998x2350x2330                   | 26,58         | 66,6                     |
| 1AAA       | HC 40-футовий          | 12192x2896x2438       | 11998x2655x2330                   | 26,33         | 72,0                     |
| 1C         | Низький 20-футовий     | 6058x2438x2438        | 5867x2197x2330                    | 28,4          | 30,6                     |
| 1CC        | Стандартний 20-футовий | 6058x2591x2438        | 5867x2350x2330                    | 28,23         | 32,7                     |

За кількістю осей напівпричепи для перевезення контейнерів мають кілька різновидів: дво-, три- і чотиривісні. Самі осі бувають окремими або формувати 3 чи 4-осний візок. Це впливає на показники вантажопідйомності напівпричепи.



а)



б)



в)

Рисунок 1.11 – Види напівпричепів-контейнеровозів

а – двовісний; б – тривісний; в - чотиривісний



Напівпричепи-контейнеровози, оснащені чотиривісним візком можуть випускатися у виконанні «3+1». В такому виконанні одна вісь візка є винесеною. Коли контейнеровоз не завантажений, то деякі осі можуть підніматися за допомогою гідравлічного приводу. У більшості базових комплектацій контейнеровозів підйомними роблять першу (винесена) і четверта осі. Однак можлива комплектація напівпричепів, у яких підйомними можуть бути перші дві осі [20, 22].



а)



б)



в)

Рисунок 1.12 – Напівпричепи-контейнеровози з платформами:  
а – чотиривісний; б – тривісний; в – тривісний низькопрофільний

Залежно від висоти розташування платформи розрізняють два основні типи напівпричепів контейнеровозів – стандартні та низькопрофільні. Моделі напівпричепів в стандартному виконанні застосовуватися для транспортування 20- або 40-футових контейнерів типу Dry Van з висотою 2591 мм. Низькопрофільні напівпричепи призначені для перевезення контейнерів великих розмірів (High Cube, High Cube Pallet Wide), які мають висоту 2896 мм. При установці контейнера на такий напівпричіп загальна висота вантажу не перевищуватиме 4000 мм, що є гранично дозволеною висотою згідно з правилами дорожнього руху. Вимоги стандартів до напівпричепів, які використовуються для перевезення контейнерів наведені в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 - Стандартні напівпричепи для перевезення контейнерів [11]

| Характеристика                             | Значення |
|--|----------|
| <b>Стандартні</b>                          |          |
| Габаритні розміри, мм                      |          |
| довжина                                    | 12500    |
| ширина                                     | 2500     |
| висота                                     | 1400     |
| Значення граничної вантажопідйомності, ф/т | 40/34    |
| Кількість вміщуваних контейнерів, шт.      |          |
| 20-футових                                 | 2        |
| 40-футових                                 | 1        |
| <b>Низькопрофільні</b>                     |          |
| Габаритні розміри, мм                      |          |
| довжина                                    | 12650    |
| ширина                                     | 2500     |
| висота                                     | 1100     |
| Значення граничної вантажопідйомності, ф/т | 40/34    |
| Кількість вміщуваних контейнерів, шт.      |          |
| 20-футових                                 | 2        |
| 40-футових                                 | 1        |

На світовому ринку представлено безліч брендів, чий напівпричіп користуються довірою великих логістичних компаній. Серед них Kögel Trailer GmbH & Co.KG. (Кегель, Німеччина), Wielton S. A. (Велтон, Польща), Wilhelm Schwarzmüller (Шварцмюллер, Австрія).

Успіх логістики багато в чому залежить від правильності вибору складу автопоїздів. Низька власна вага і спеціальна конструкція шасі дають змогу транспортувати більше вантажів за один рейс, водночас не порушуючи правил дорожнього руху і вимог вагового контролю.

Фірмою SERIN був створений напівпричіп для контейнерів, в якому з метою забезпечення максимальної ефективності та гнучкості під час перевезенні

вантажів забезпечена можливість за необхідності збільшувати його корисну площу до 25 %. Цього досягається за рахунок зміни довжини вантажної платформи (рис. ). Крім того напівпричіп-контейнеровоз оснащений додатковими вузлами, такими як бічний захист, виготовлений з високоміцних компонентів, ящик для інструментів, колісний кошик для зберігання запасних коліс, бічні та передні сигнальні лампи. Електрична система з світлодіодними ліхтарями та різними типами роз'ємів дозволяє легко підключатися до будь-якого тягача.



Рисунок 1.13 – Розсувний напівпричіп-контейнеровоз SERIN

Напівпричіп-контейнеровоз SERIN завдяки своїм характеристикам та надійності є оптимальним варіантом для перевезення контейнерів на великі відстані.

#### 1.4. Аналіз технологій завантаження контейнерів на автотранспорт

Існує багато різноманітних способів завантаження контейнерів на автомобільний транспорт. Для їх реалізації використовується різне обладнання: козлові крани типу «судно-берег» (STS), річстакери, навантажувачі з вертикальним завантаженням, самонавантажувальні платформи (контейнеровози) та багато іншого. Однак транспортні підприємства не завжди володіють таким обладнанням або не мають доступу до вантажних майданчиків.

Першою та найважливішою умовою завантаження контейнера на автотранспорт є необхідність розмістити причіп у спеціально відведеному місці. Потім контейнер завантажується на причіп за допомогою вилкового навантажувача, бічного навантажувача, річстрака або іншого обладнання. Після цього контейнер закріплюється на платформі напівпричепа за допомогою поворотних замків та проводиться ретельна перевірка безпеки.

Майданчик для виконання процесу завантаження контейнера повинен бути поруч із контейнером, який планується завантажити на причіп. Тягач з напівприцепом слід розташувати у вказаному на майданчику місці. Перед початком навантаження коробка перемикачів передач повинна бути переведена на стоянкову передачу, стоянкове гальмо причепа також повинно бути включеним. Причіп завжди повинен залишатися прикріпленим до тягача. Для додаткової безпеки слід використовувати протидкатні упори. Причіп, тягач та прилеглу територію оглядають на наявність перешкод.

На малих підприємствах та складах для роботи з контейнерами часто використовують вилкові навантажувачі. Вони є універсальним та економічним обладнанням, яке використовується для виконання складських операцій. Основне їх призначення – піднімати важкі вантажі та переміщати їх на невеликі відстані.

Під час підйому 20-футових та 40-футових контейнерів оператор навантажувача вставляє вила в кишені контейнерах. Номінальна вантажопідйомність навантажувача повинна відповідати вазі завантаженого контейнера. Зручно використовувати подовжувачі вил для збільшення їх

досяжності. Також важливою є ретельна перевірка розподілу ваги всередині контейнера перед навантаженням його на причіп [22].

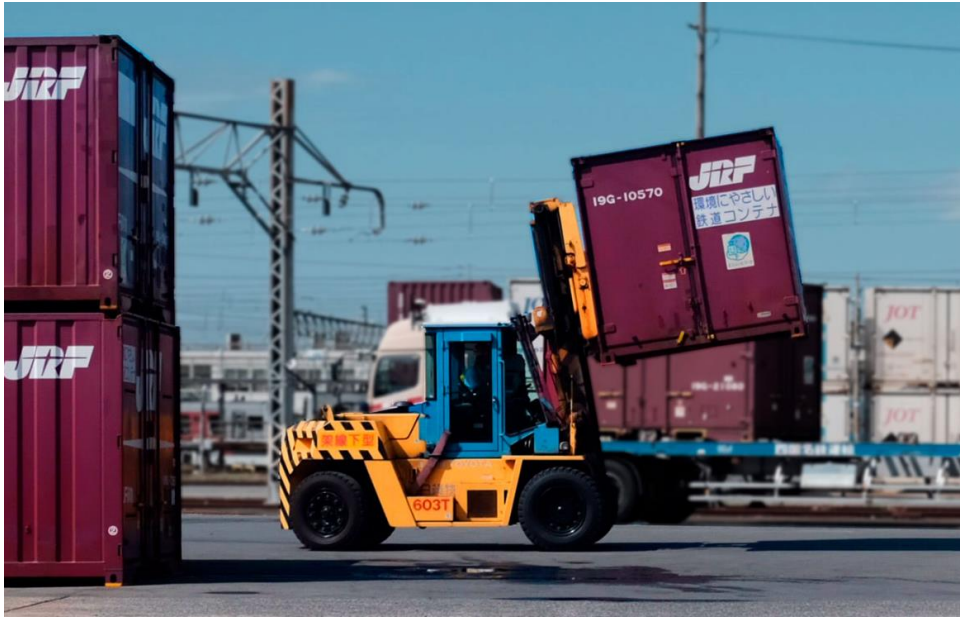


Рисунок 1.14 – Транспортування контейнера вилковим навантажувачем

Гідравлічні контейнерні домкрати призначені для підйому контейнерів і найкраще підходять для невеликих дворів з обмеженим простором.



Рисунок 1.15 – Завантаження контейнера гідравлічним контейнерним домкратом

Перед встановленням контейнерних домкратів контейнер повинен стояти на рівній поверхні. На кожен кут контейнера встановлюється по одному



домкрату, тому на підйом може затратитись більше часу. Як тільки контейнер підійметься на необхідну висоту, причіп можна подавати під нього. Далі контейнерні домкрати опускають контейнер на причіп.

Однією з найбільших переваг контейнерних домкратів є те, що вони можуть працювати від звичайного джерела електроенергії або генераторів що підвищує їх універсальність та доступність.

Бічні навантажувачі – це причепи, оснащені двома підйомними кранами. Вони можуть безпечно завантажувати та вивантажувати контейнери із поверхні майданчика за 3-4 хвилини.



Рисунок 1.16 – Напівпричеп-контейнеровоз з бічним навантажувачем

Перед початком завантаження тягач повинен припаркувати причіп з бічним завантажувачем поруч із контейнером. Далі водій повинен задіяти стабілізуючі опори та закріпити навісне обладнання за кожен кутовий елемент контейнера.

Під час завантаження контейнерів автокрани працюють аналогічно як і бічні навантажувачі. Однак замість двох бічних кранів автокран має лише одну стрілу, розташовану ближче до кабіни вантажівки. Таке обладнання є типовим для бортових вантажівок, але не для контейнерних причепів [3].



Рисунок 1.17 – Завантаження контейнера автокраном

Після розміщення крана поруч із контейнером, потрібно розгорнути аутригери, щоб запобігти перекиданню вантажівки. Потім контейнер чіпляють гаками за кожен кут його верхньої частини.

Річстакер – це транспортний засіб, який може піднімати контейнер за допомогою телескопічної стріли. Вони розроблені спеціально для переміщення контейнерів і дозволяють штабелювати приблизно 3-4 контейнери у висоту та 2 у глибину.



Рисунок 1.18 – Штабелювання контейнерів річстакером



Річстакер більш типові для підприємств, які мають контейнерні майданчики та оперують великою кількістю контейнерів.

Навантажувач з верхнім завантаженням схожий на річстакер, але не має телескопічної стріли. Через це він може працювати тільки з одним рядом контейнерів за раз, однак має набагато більший діапазон штабелювання до 6 контейнерів [3].



Рисунок 1.19 – Завантаження контейнерів верхнім завантажувачем

Верхні завантажувачі не є такими поширеними, як річстакери через обмеження по глибині штабелювання. Здебільшого їх використовують на контейнерних майданчиках у портах.

Після встановлення контейнера на платформу напівпричепи його слід закріпити на ній так, щоб він не рухався під час транспортування. Для кріплення усі контейнери мають вісім сталевих кутників. Чотири з них розташовані по нижніх кутах контейнера, а чотири – по верхніх. За їх допомогою можна легко фіксувати контейнери за допомогою поворотних замків.

Кожен тягач-контейнеровоз має по чотири поворотні замки. Під час завантаження кутові відливки опираються на поворотні замки на кожному куті причепа. Після встановлення контейнера повертають важіль поворотного замка на 90 градусів та фіксують його на місці. Таким чином контейнер буде зафіксований по кожному з його кутів і надійно з'єднаний з причепом.



## 2. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИЧЕПА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ КОНТЕЙНЕРІВ 1СС

### 2.1. Аналіз базової моделі напівпричепа-контейнеровоза

Напівпричіп марки 9454М призначений для транспортування крупнотоннажних контейнерів по дорогах I - IV категорій. Його технічні характеристики наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики напівпричепа 9454М [18]

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Маса вантажу, яку можна перевезти, кг               | 25000                 |
| Маса спорядженого напівпричепа, не більше, кг       | 3400                  |
| Повна маса напівпричепа, не більше, кг              | 28400                 |
| Розподіл повної маси:                               |                       |
| - на візок напівпричепа, кг                         | 17750                 |
| - на зчіпний пристрій, кг                           | 10650                 |
| Навантажувальна висота, мм                          | 1295                  |
| Габарит вантажу, що піднімається, мм                |                       |
| - довжина   | 6059                  |
| - ширина  | 2438                  |
| - висота  | 2591                  |
| Кількість осей/коліс                                | 2/8                   |
| Основний тягач (висота сідло-зчіпного пристрою, мм) | КАМАЗ-54115<br>(1280) |
| Колія коліс, мм                                     | 1820                  |
| Марка осі   | HZFSLU 12010          |
| Марка шин   | 11,00 R20             |
| Габаритні розміри, не більше, мм                    |                       |
| - довжина   | 13400                 |
| - ширина  | 2500                  |
| - висота  | 3910                  |

## Компонування напівпричепа з наведено на рисунку 2.1.

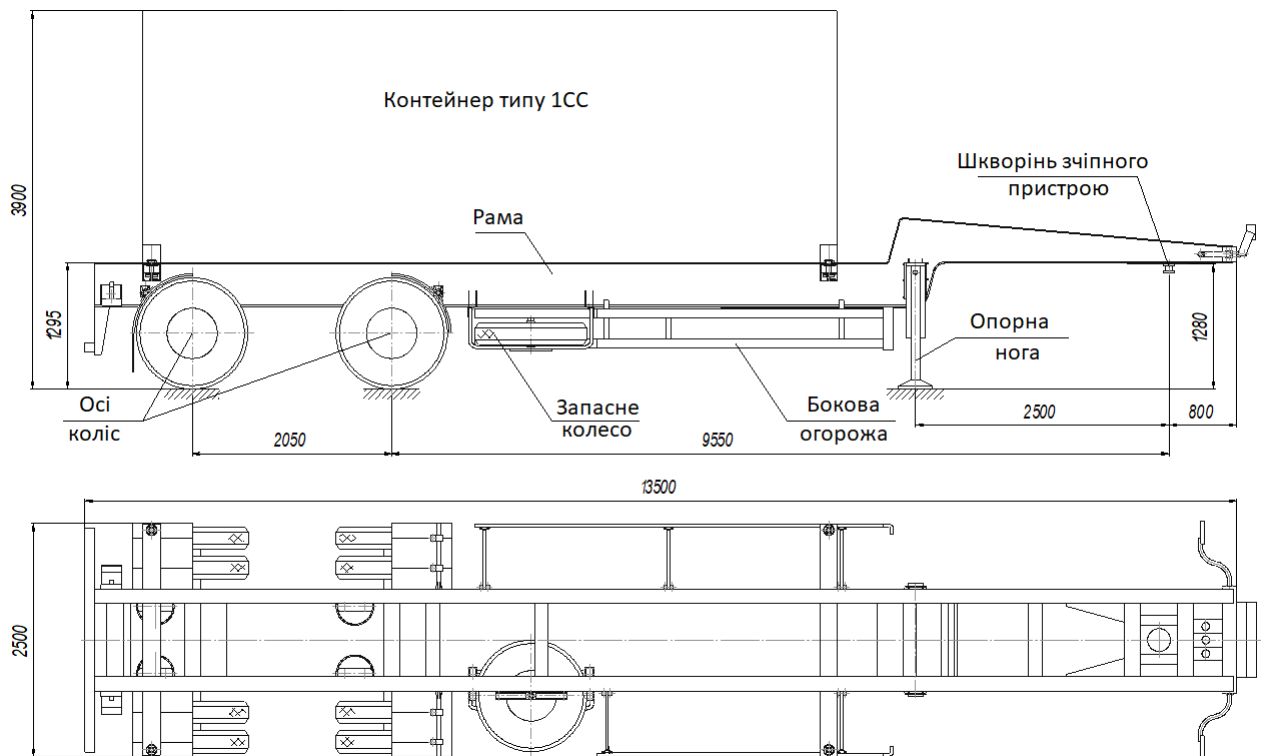


Рисунок 2.1 - Загальний вигляд напівпричепа-контейнеровоза моделі 9454М

Напівпричіп складається з таких основних частин: рами; бокового огородження; осей, підвіски, коліс, брызковиків; опорної ноги. У комплекту також входять противідкатні упори та запасне колесо.

Зварна рама напівпричепа складається з двох повздовжніх лонжеронів і зв'язаних з ними поперечок. Лонжерони рами мають вигляд зварних балок двотаврового перерізу змінної висоти. В передній частині рама вигнута вгору. Поперечки коробчастого перерізу виконані з гнутого профілю та встановлені всередині рами. На двох найдовших поперечках, які проходять через лонжерони і виступають за їх межі, встановлені чотири поворотні замки, які призначені для кріплення контейнера на рамі.

Знизу передньої вигнутої частини рами приварений надсідловий лист із встановленим гніздом шкворня, до якого болтами кріпиться зчпний шворінь. На передній поперечці рами напівпричепа встановлений кронштейн, на якому монтуються з'єднувальні елементи гальмівного керування, антиблокувальної системи та електрообладнання.

В задній частині рами напівпричепа до нижніх полиць повздовжніх лонжеронів приварені пластини, посилені ребрами жорсткості, до яких монтується пневматичні балони підвіски. Крім того, в задній частині рами створені місця для установки двох противідкатних упорів і кронштейни для монтажу заднього захисного пристрою і спеціальної панелі зі встановленими на ній приладами освітлення і світлової сигналізації.

На лонжеронах рами прикручені дві пластини, які призначені для монтажу на них опорних ніг та кронштейни для кріплення бічного захисту та бризковиків. Крім цього, на рамі кріпляться ресивери і вузли пневмоприводу гальмівного керування та тримача запасного колеса. Бризковики напівпричепа пластикові, монтується на кронштейнах в задній частині рами за допомогою хомутів.

Ходова частина напівпричепа складається з двох одновісних парноколісних агрегатів виробництва фірми ВРW, оснащених пневматичною підвіскою.

Підвіска напівпричепа складається з чотирьох чверть-еліптичних дволистових ресор і чотирьох пневмобалонів. Вуха передніх частин закріплені в кронштейнах підвіски за допомогою ресорних пальців, встановлених у гумометалевих втулках. Між щоками кронштейнів і вухами ресор встановлені захисні шайби, які оберігають щоки кронштейнів від стирання.

Гасіння коливань напівпричепа відбувається за допомогою чотирьох амортизаторів, які кріпляться до накладок ресор та кронштейнів підвіски

Живлення пневмобалонів підвіски здійснюється від пневматичного приводу робочої та стоянкової гальмівних систем напівпричепа.

Напівпричіп оснащений опорним пристроєм (ногою) фірми НААСОН моделі 2000 S/LF. Він призначений для утримання від'єданого від тягача напівпричепа у горизонтальному положенні, а також для виконання їх зчеплення та розчеплення.

Опорний пристрій складається з двох опорних ніг, виконаних у вигляді гвинтових домкратів та з'єднаних між собою проміжним валом. Права опора оснащена двошвидкісним редуктором, за допомогою якого можна здійснювати прискорений підйом і опускання плит опорних ніг.

Напівпричіп обладнаний робочою та стоянковою гальмівними системами. Робоча гальмівна система виконана за двопровідною схемою з пневматичним приводом гальмівних механізмів. Привід стоянкової гальмівної системи також пневматичний.

## 2.2. Формування завдання на конструктивне удосконалення

В цілому, існуюча конструкція напівпричепа-контейнеровозу відрізняється високою надійністю і безпекою. Найбільш трудомісткою і небезпечною операцією під час експлуатації напівпричепа є навантаження чи розвантаження контейнерів з використанням різноманітних вантажопідйомних пристроїв.

З метою підвищення безпеки та зниження трудомісткості завантажувально-розвантажувальних робіт пропонується оснастити напівпричіп-контейнеровоз вантажопідйомним пристроєм, розрахованим на підймання контейнера типу ІСС з максимальною масою до 25 т.

Для вирішення поставленої мети необхідно виконати наступні етапи проектування:

- розробити структурну схему та визначення геометричних розмірів ланок вантажного пристрою;
- побудувати план положень ланок вантажопідйомного пристрою;
- визначити кінематичних характеристик механізму;
- розрахунок та вибір гідравлічних циліндрів вантажного пристрою;
- конструювання вузлів вантажопідйомного пристрою.

## 2.3. Визначення кінематичних характеристик вантажопідйомного пристрою

Завданням розрахунку є визначення швидкостей переміщення ланок механізму вантажопідйомного пристрою.

Структурна схема вантажопідйомного пристрою (рис. 2.2) включає: нерухому основу вантажного модуля (точки О4 і О5); поворотну стрілу (ланка 3)

і вантажну стрілу (ланка 6), а також корпуси та штоки привідних гідроциліндрів (ланки 1, 2, 4 та 5).

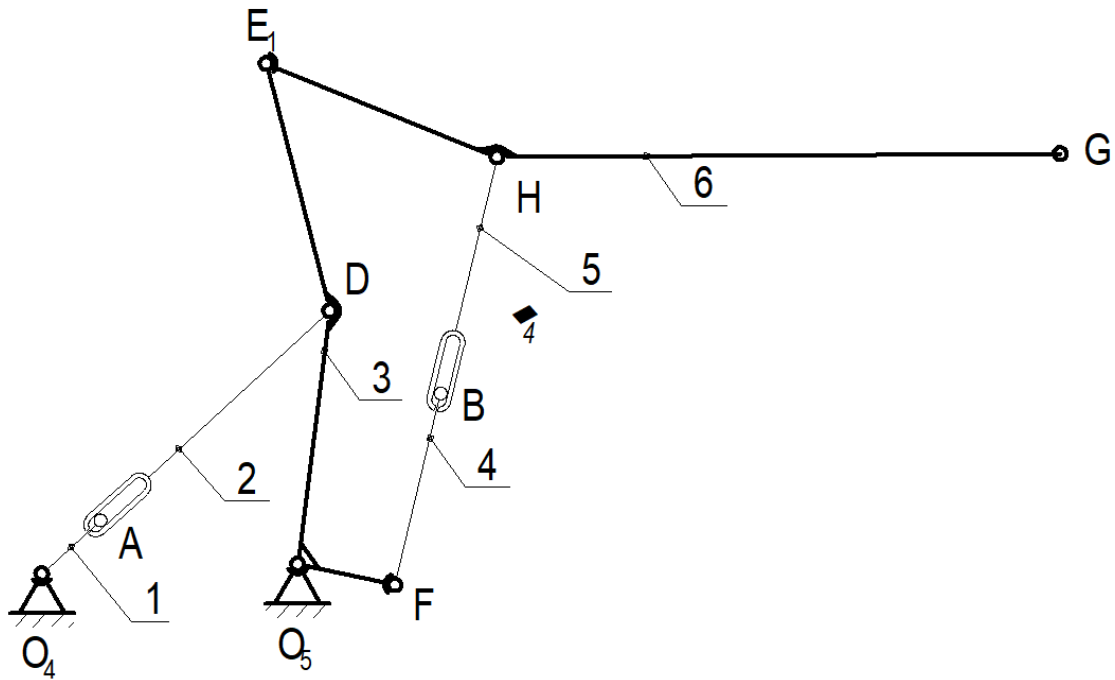


Рисунок 2.2 – Структурна схема механізму підйомника

Конструктивно в точці  $G$  буде знаходитися місце кріплення траверси з вантажними стропами. У процесі роботи точка  $G$  ланки 3 буде здійснювати рух по кривій, близькій до дуги кола (точки  $G1 \dots G6$ ), таким чином, що траєкторія руху основи контейнера буде перетинатися елементами рами напівпричепа. Точка  $G1$  має відповідати вихідному положенню точки підвісу контейнера в початковий момент його навантаження. Точка  $G6$  має розташовуватися симетрично до осі рами напівпричепа і відповідає положенню торкання фітингів контейнера опорних цапф елементів кріплення на рамі. Точки  $G2 \dots G5$  – проміжні точки.

Завантажувальний механізм приводиться в рух за допомогою двох плунжерних гідравлічних циліндрів: гідроциліндра приводу поворотної стріли (ланок 1 і 2) з площею плунжера  $F_A$  та гідроциліндра приводу вантажної стріли (ланки 4 та 5) з площею плунжера  $F_B$ .

За своєю структурою підйомник являє собою систему з двома привідними ланками. Однак, враховуючи те, що обидва привідні гідравлічні циліндри працюють синхронно від спільного силового гідравлічного насоса, який має

витрату робочої рідини  $Q_{роб}$ , то швидкості переміщення їх плунжерів (точки А і В на рис. 2.2) можна пов'язати між собою співвідношенням:

$$Q_{роб} = const = V_A \cdot F_A = V_B \cdot F_B. \quad (2.1)$$

З цього виразу можна визначити швидкість  $V_B$  через іншу швидкість  $V_A$  за формулою:

$$V_B = V_A \cdot \frac{F_A}{F_B}, \quad (2.2)$$

Синтез проектованого механізму підйомника полягає в підборі співвідношень розмірів поворотної стріли (ланка 3) і вантажної стріли (ланка 6), а також співвідношень відповідних площ плунжерів гідравлічних циліндрів  $F_A$  і  $F_B$ , які б задовольняли задану траєкторію точки  $G$ .

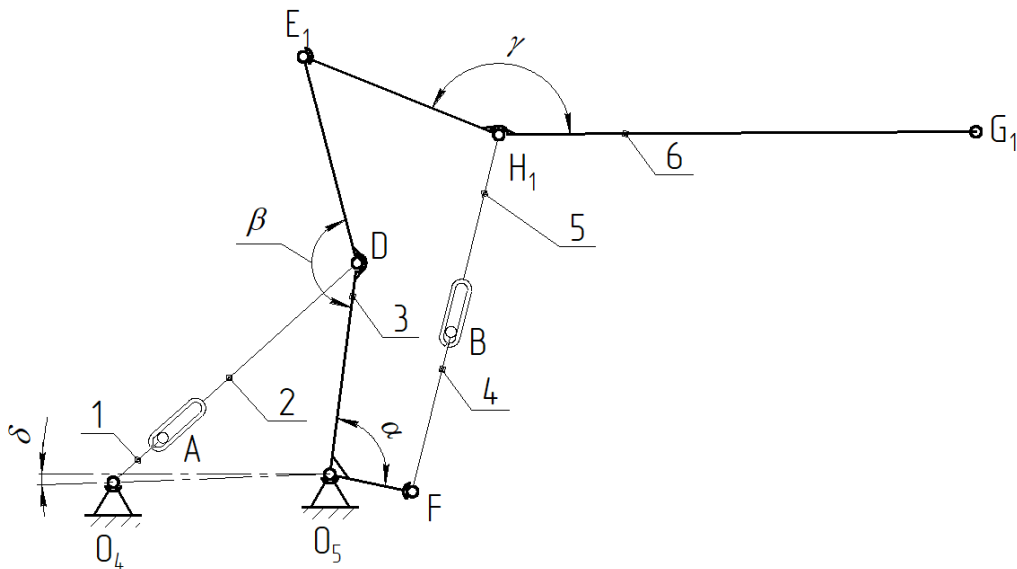


Рисунок 2.3 – Геометричні характеристики розташування ланок механізмів підйомника

Аналітичний розв'язок такої задачі є складним, оскільки множина вихідних даних породжує множину кінцевих результатів. Тому вирішити задачу методом послідовних наближень буде простіше. Для цього слід почергово варіювати одним з геометричних параметрів, залишаючи незмінними всі інші. В результаті такого наближення було отримано наступні розміри ланок підйомного механізму (рис. 2.3):  $\alpha = 95^\circ$ ;  $\beta = \gamma = 158^\circ$ ;  $\delta = 2^\circ$ ;  $O_4O_5 = 800$  мм;  $O_5D = DE = 795$  мм;  $O_5F = 312$  мм;  $EH = 778$  мм;  $HG = 1762$  мм. При заданому наборі

геометричних розмірів ланок для відтворення потрібної траєкторії руху необхідним є співвідношення площ плунжерів гідравлічних циліндрів:

$$F_A/F_B = 0,1863.$$

Побудову планів положень ланок (рис. 2.4) починають з викреслювання вихідного положення. Далі викреслюються проміжні та кінцеве положення механізму.

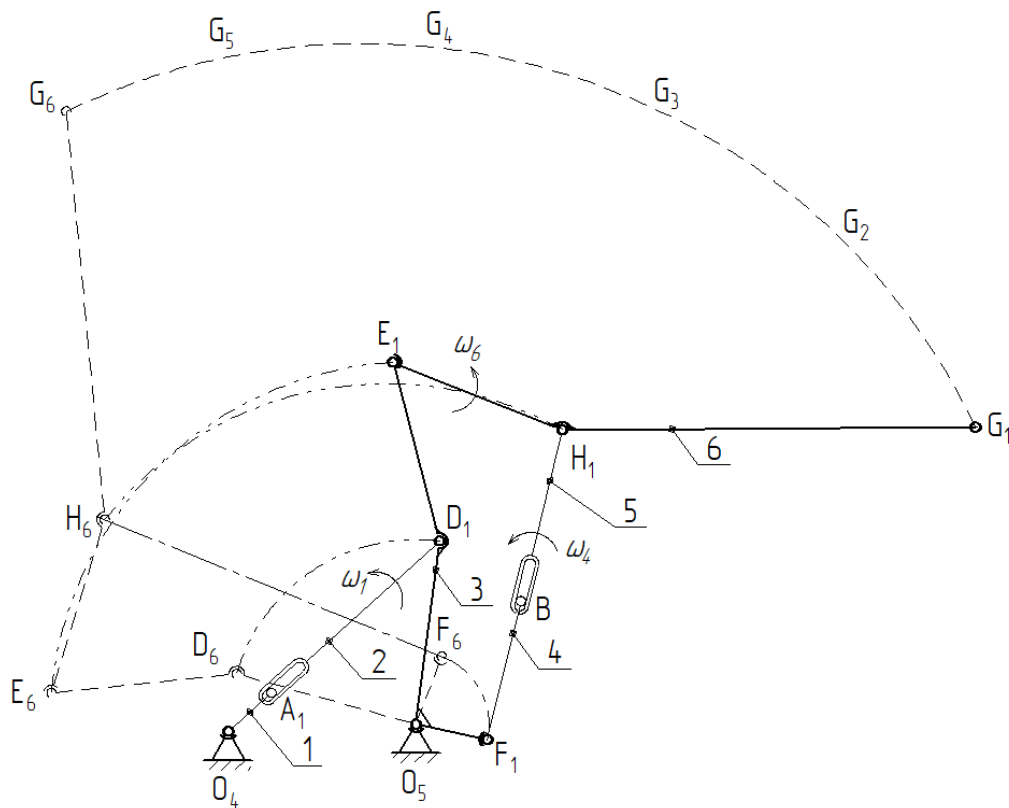


Рисунок 2.4 – План положень ланок вантажопідйомного пристрою напівпричепи

Під час побудови приймали до уваги ставлення площ  $F_A/F_B = 0,1863$ . Це означає, що при переміщенні плунжера  $A$  гідроциліндра на деяку величину « $x$ » плунжер  $B$  переміститься відповідно на величину « $0,1863 \cdot x$ ». Побудови виконували методом засічок. Штрихпунктирні лінії на рис. 2.4 відображають траєкторії переміщення точок ланок механізму.

#### 2.4. Визначення швидкостей поворотної стріли

Для визначення лінійних і кутових швидкостей переміщення точок ланок задамося швидкостями переміщення привідних ланок (плунжерів  $A$  і  $B$ ). Так як в

процесі роботи механізму обидва його циліндри працюють синхронно, то швидкість плунжера  $A$  можна визначити із співвідношення:

$$V_A = \frac{O_4D_1 - O_4D_6}{T} = \frac{1,217 - 0,25}{120} = 0,0081 \text{ м/с} \quad (2.3)$$

де  $O_4D_1 = 1,217 \text{ м}$  – довжина гідроциліндра при перебуванні механізму в початковому положенні;

$O_4D_6 = 0,25 \text{ м}$  - довжина гідроциліндра при перебуванні механізму в кінцевому положенні;

$T = 120 \text{ с}$  – час роботи механізму, необхідний для завантаження контейнера.

Для визначення швидкостей переміщення точок ведених ланок механізму скористаємося графоаналітичним методом, який полягає у розв'язуванні систем векторних рівнянь за допомогою планів швидкостей (рис. 2.5).

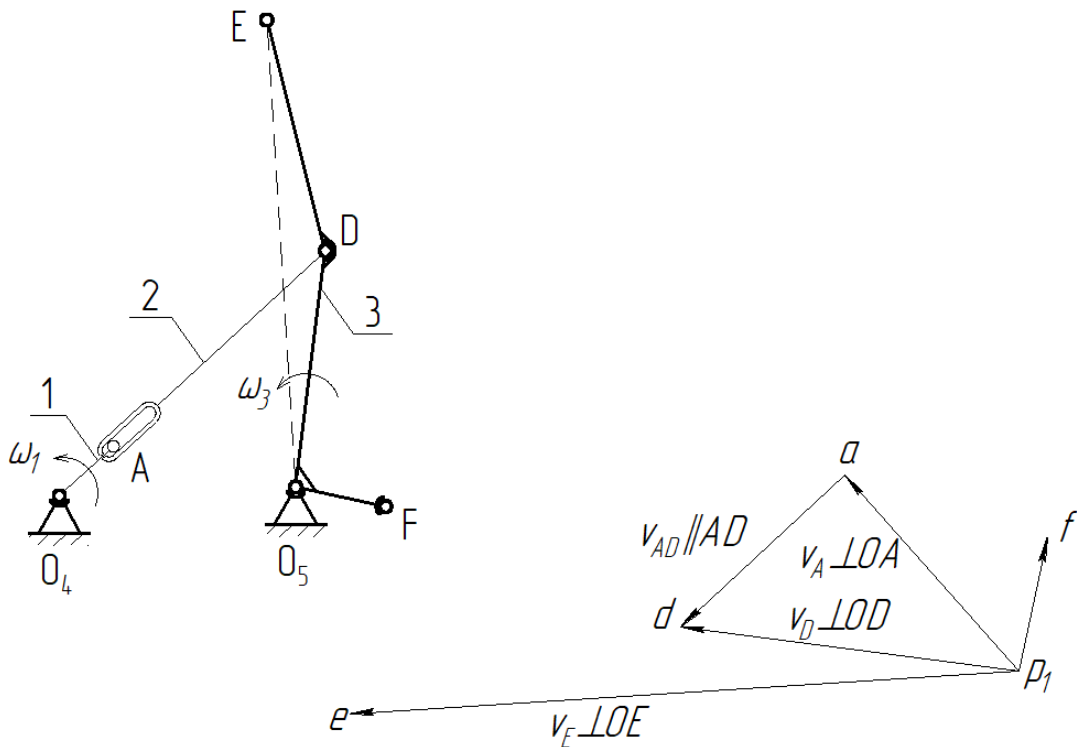


Рисунок 2.5 – План швидкостей поворотної стріли (ланка 3)

Виконаємо послідовний розрахунок кінематичних характеристик ланок вантажопідійомного пристрою для положень з 1 по 6 згідно з планом, наведеним на рис. 2.4.

Вектори швидкостей точок ланок на плані будуємо в заданому масштабі. Для побудови плану швидкостей слід вибрати масштабний коефіцієнт  $\mu_V$ . Він



вибирається таким чином, щоб елементи векторної діаграми плану швидкостей було зручно вимірювати. Приймаючи довжину вектора  $V_A$  на плані швидкостей, рівною 50 мм (відрізок  $p_1a$ ) визначимо масштабний коефіцієнт:

$$\mu_V = \frac{V_A}{p_1a} = \frac{0,0081}{50} = 0,0001612 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}} \quad (2.4)$$

Розрахований масштабний коефіцієнт  $\mu_V = 0,0001612 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$  дозволяє перетворити скалярне значення швидкості в довжину направленої вектора зі співвідношення: довжина вектора 1 мм відповідає швидкості переміщення 0,0001612 м/с.

Виконаємо побудову плану швидкостей першого положення механізму підйомника. На самому початку побудови в довільному місці аркуша проводять вектор  $V_{AD}$  довжиною 50 мм паралельно осі гідравлічного циліндра приводу поворотної стріли (ланка 2) в напрямку від точки  $D$  до точки  $A$ . В результаті побудови отримуємо точку « $a$ » і точку « $d$ » на плані швидкостей. Положення точки  $p_1$ , яка відповідає опорі, знайдемо розв'язавши векторне рівняння:

$$\vec{V}_A + \vec{V}_{AD} = \vec{V}_D \quad (2.5)$$

Тоді довжина вектора  $V_A$  на плані швидкостей (відрізок  $p_1a$ ) буде становити:

$$bh = \frac{V_B}{\mu_V} = \frac{0,0015}{0,0001612} = 9,315 \text{ мм}$$

Графічне рішення рівняння полягає в тому, що через точку « $a$ » проводять пряму, перпендикулярну осі гідроциліндра поворотної стріли (ланка 2), а з точки « $d$ » - пряму, перпендикулярну до відрізка  $O_5D$ , який відповідає поворотній стрілі (ланка 3). Точка перетину цих прямих дасть точку  $p_1$  (поліс плану швидкостей), яка відповідатиме нерухомій ланці та є початком векторів  $V_A$  і  $V_D$ . Таким чином, нам стають відомими напрямки цих векторів швидкостей, а також їх довжина на плані. Абсолютні значення швидкостей  $V_A$  і  $V_D$  відносно нерухомої ланки можна визначити з добутку довжин відповідних відрізків з плану на масштабний коефіцієнт:

$$V_A = p_1a \cdot \mu_V = 58,6243 \cdot 0,0001612 = 0,00945 \text{ м/с} \quad (2.6)$$

$$V_D = p_1d \cdot \mu_V = 77,0507 \cdot 0,0001612 = 0,01242 \text{ м/с} \quad (2.7)$$

де  $p_1a = 58,6243$  мм - довжина вектора  $V_A$  на плані швидкостей;

$p_1d = 77,0507$  мм – довжина вектора  $V_D$  на плані швидкостей.

Знаючи лінійну швидкість точки  $A$ , яка належить поворотній стрілі (ланка 3), можна знайти кутову швидкість цієї ланки:

$$\omega_3 = \frac{V_D}{O_5D} = \frac{0,01242}{0,795} = 0,01562 \text{ c}^{-1} \quad (2.8)$$

Швидкості точок  $E$  і  $F$ , які належать ланці 3, знайдемо із співвідношень

$$V_E = \omega_3 \cdot O_5E = 0,01562 \cdot 1,56 = 0,02437 \text{ м/с} \quad (2.9)$$

$$V_F = \omega_3 \cdot O_5F = 0,01562 \cdot 0,312 = 0,00487 \text{ м/с} \quad (2.10)$$

Визначимо довжини відповідних векторів  $V_E$  та  $V_F$  на плані швидкостей:

$$p_1e = \frac{V_E}{\mu_V} = \frac{0,02437}{0,0001612} = 151,2 \text{ мм} \quad (2.11)$$

$$p_1f = \frac{V_F}{\mu_V} = \frac{0,00487}{0,0001612} = 30,2 \text{ мм} \quad (2.12)$$

Вектор швидкості  $V_E$  довжиною 151,2 мм відкладемо на схемі механізму з точки  $p_1$  перпендикулярно до відрізка  $O_5E$ , а вектор  $V_F$  довжиною 30,2 мм – перпендикулярно до відрізка  $O_5F$ . Таким чином будуть визначені всі необхідні кінематичні характеристики поворотної стріли (ланка 3), план швидкостей якої наведено на рис. 2.5.

## 2.5 Визначення швидкостей вантажної стріли

Розглянемо рух вантажної стріли підйомного механізму (ланка 6) відносно поворотної стріли (ланка 3). План швидкостей руху вантажної стріли показано на рис. 2.6.

Швидкість плунжера гідроциліндра  $B$  в зі співвідношення  $F_A/F_B$  становитиме:

$$F_A/F_B = V_A/V_B = 0,1863$$

Тоді

$$V_B = V_A \cdot \frac{F_A}{F_B} = 0,0081 \cdot 0,1863 = 0,0015 \text{ м/с} \quad (2.13)$$

Довжину відповідного вектора  $\vec{V}_B$  визначимо із співвідношення

$$bh = \frac{V_B}{\mu_V} = \frac{0,0015}{0,0001612} = 9,315 \text{ мм} \quad (2.14)$$

де  $V_B = 0,0015$  м/с - абсолютне значення швидкості точки  $B$ .

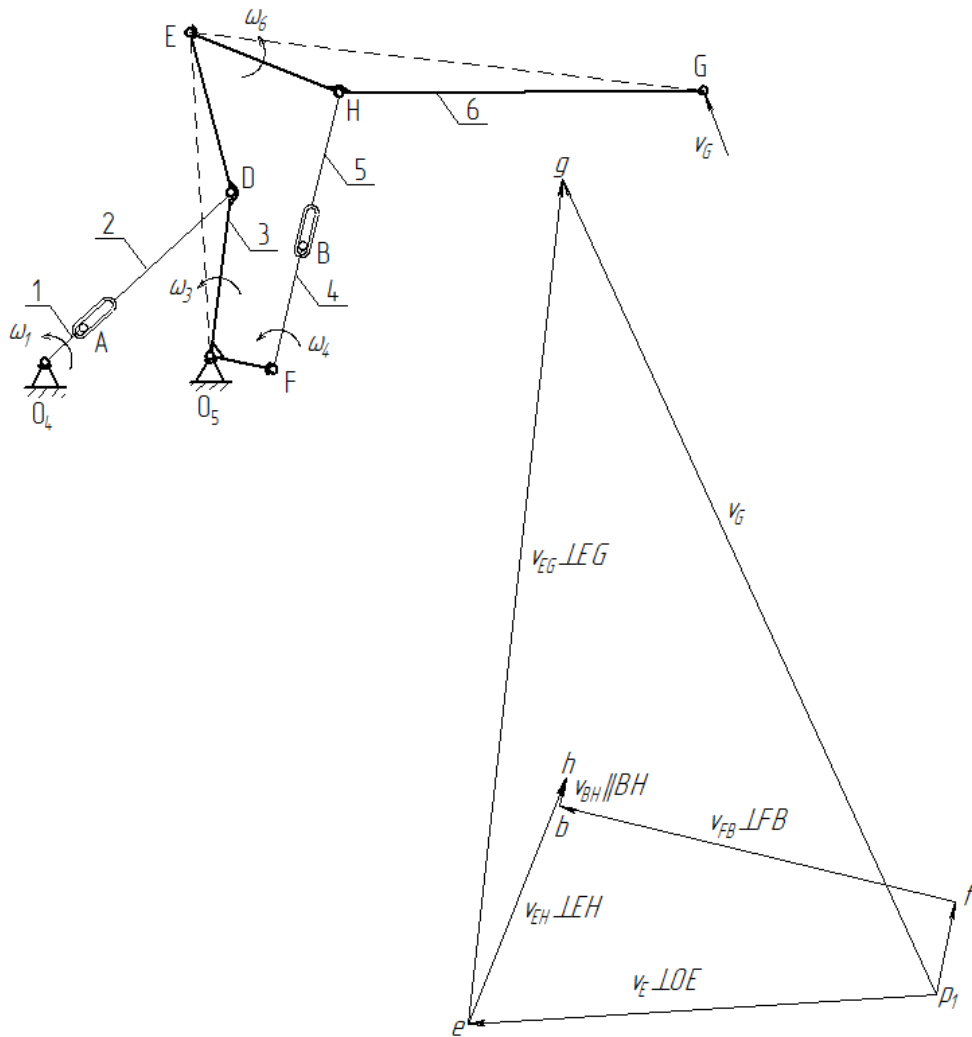


Рисунок 2.6 – План швидкостей переміщення вантажної стріли (ланка 6)

Для побудови плану швидкостей переміщення вантажної стріли (ланка 6) скористаємося векторним рівнянням:

$$\vec{V}_E + \vec{V}_{EH} = \vec{V}_F + \vec{V}_{FB} + \vec{V}_{BH} \quad (2.15)$$

У цьому рівнянні визначеним є вектор  $\vec{V}_{BH}$  (швидкість плунжера другого гідроциліндра).

На початковому етапі побудови плану швидкостей через точку «e» плану швидкостей ланки 3 проводимо лінію вектора  $\vec{V}_{EH}$  паралельно до ділянки  $EH$  вантажної стріли (ланка 6). Через точку «f» проведемо лінію вектора  $\vec{V}_{FB}$ ,

перпендикулярно до ділянки  $FB$ . Далі побудуємо вектор  $\overrightarrow{V_{BH}}$  довжиною 9,315 мм, який перетинає вектори  $\overrightarrow{V_{EH}}$  і  $\overrightarrow{V_{FB}}$  в точках «b» і «h» і спрямований паралельно до осі гідравлічного циліндра (ланки 2) вантажної стріли в напрямку від точки  $B$  до точки  $H$ .

Довжини векторів  $\overrightarrow{V_{EH}}$  і  $\overrightarrow{V_{FB}}$  знаходять шляхом їх вимірювання, а абсолютні значення швидкостей відносно нерухомої ланки – множенням звимірених довжин на масштабний коефіцієнт:

$$V_{EH} = eh \cdot \mu_V = 84,9025 \cdot 0,0001612 = 0,0138 \text{ м/с} \quad (2.16)$$

$$V_{FB} = fb \cdot \mu_V = 131,4148 \cdot 0,0001612 = 0,0213 \text{ м/с} \quad (2.17)$$

де  $eh = 84,9025$  мм - довжина вектора  $\overrightarrow{V_{EH}}$  на побудованому плані швидкостей;

$fb = 131,4148$  мм – довжина вектора  $\overrightarrow{V_{FB}}$  на побудованому плані швидкостей.

Знаючи лінійну швидкість  $V_{EH}$  можна визначити кутову швидкість вантажної стріли (ланка б) відносно шарніра  $E$ :

$$\omega_6 = \frac{V_{EH}}{EH} = \frac{0,0138}{0,778} = 0,0177 \text{ с}^{-1} \quad (2.18)$$

де  $EH = 778$  мм = 0,778 м - відстань між центрами осі шарніра  $E$  та віссю шарніра кріплення гідравлічного циліндра до вантажної стріли.

На плані швидкостей побудуємо вектор  $\overrightarrow{V_{EG}}$ .

Абсолютне значення швидкості обертового руху точки  $G$  відносно шарніра  $E$  можна знайти зі співвідношення:

$$V_{EG} = \omega_6 \cdot EG = 0,0177 \cdot 2,5 = 0,0442 \text{ м/с} \quad (2.19)$$

де  $EG = 2500$  мм = 2,5 м – відстань між центром осі кріплення шарніра  $E$  та точкою  $G$  (місце кріплення вантажної траверси).

Початок вектора  $\overrightarrow{V_{EG}}$ . Буде знаходитися в точці «e», а напрямок буде перпендикулярним до відрізка  $EG$  на плані. Довжину цього вектора можна визначити зі співвідношення:

$$eg = \frac{V_{EG}}{\mu_V} = \frac{0,0442}{0,0001612} = 272,7148 \text{ мм} \quad (2.20)$$

На плані швидкостей переміщення вантажної стріли (ланки б) побудуємо вектор  $\overrightarrow{V_G}$  з'єднавши точку «p<sub>1</sub>» з кінцем вектора  $\overrightarrow{V_{EG}}$  (точкою g).

Довжину вектора  $\vec{V}_G$  зможна знайти вимірявши довжину відрізка  $eg$ , а абсолютні значення швидкості відносно нерухомої ланки – множенням виміряної довжини на масштабний коефіцієнт:

$$V_G = eg \cdot \mu_V = 287,9123 \cdot 0,0001612 = 0,0466 \text{ м/с} \quad (2.21)$$

де  $eg = 287,9123$  мм - довжина вектора  $\vec{V}_G$  на плані швидкостей;

$\mu_V = 0,0001612$  - масштабний коефіцієнт.

Таким чином ми визначили всі необхідні кінематичні характеристики вантажної стріли підйомного механізму (ланки б), план швидкостей якої наведено на рис. 8.

Аналогічно визначали швидкісні характеристики ланок вантажопідйомного пристрою для положень 2...6. Отримані значення кутових та лінійних швидкостей для кожного положення елементів вантажопідйомного пристрою зведено в таблицю 2.2.

Таблиця 2 – Кінематичні характеристики ланок підйомного механізму

| Найменування   | Позначення | Положення ланок механізму |        |        |        |        |        |
|--|------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  |            | 1                         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| 1  | 2          | 3                         | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| Швидкість руху плунжера гідравлічного циліндра поворотної стріли відносно корпусу, м/с                         | $V_{AD}$   | 0,0081                    | 0,0081 | 0,0081 | 0,0081 | 0,0081 | 0,0081 |
| Лінійна швидкість точки А під час повороту гідравлічного циліндра поворотної стріли відносно точки $O_4$ , м/с | $V_A$      | 0,0095                    | 0,0067 | 0,0048 | 0,0033 | 0,0021 | 0,0011 |
| Лінійна швидкість точки D під час повороту поворотної стріли відносно точки $O_5$ , м/с                        | $V_D$      | 0,0124                    | 0,0105 | 0,0094 | 0,0088 | 0,0084 | 0,0082 |

Продовження таблиці 2.2

| 1   | 2          | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
|---|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Кутова швидкість поворотної стріли (ланки 3), $c^{-1}$  | $\omega_3$ | 0,0156 | 0,0132 | 0,0118 | 0,0110 | 0,0105 | 0,0103 |
| Лінійна швидкість переміщення точки E під час повороту поворотної стріли відносно точки O <sub>5</sub> , м/с                    | $V_E$      | 0,0244 | 0,0206 | 0,0185 | 0,0172 | 0,0164 | 0,0160 |
| Лінійна швидкість переміщення точки F під час повороту поворотної стріли відносно точки O <sub>5</sub> , м/с                    | $V_F$      | 0,0049 | 0,0041 | 0,0037 | 0,0034 | 0,0033 | 0,0032 |
| Швидкість переміщення плунжера гідравлічного циліндра вантажної стріли відносно корпусу, м/с                                    | $V_{BH}$   | 0,0015 | 0,0015 | 0,0015 | 0,0015 | 0,0015 | 0,0015 |
| Лінійна швидкість руху точки B під час повороту гідравлічного циліндра вантажної стріли відносно точки F поворотної стріли, м/с | $V_{FB}$   | 0,0213 | 0,0184 | 0,0170 | 0,0164 | 0,0161 | 0,0161 |
| Лінійна швидкість переміщення точки H під час повороту вантажної стріли відносно точки E поворотної стріли, м/с                 | $V_{EH}$   | 0,0138 | 0,0118 | 0,0107 | 0,0101 | 0,0097 | 0,0095 |

Продовження таблиці 2.2

|   |            |        |        |        |        |        |        |
|---|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Лінійна швидкість переміщення точки $H$ під час повороту вантажної стріли відносно точки $E$ поворотної стріли, м/с | $V_{EH}$   | 0,0138 | 0,0118 | 0,0107 | 0,0101 | 0,0097 | 0,0095 |
| Кутова швидкість переміщення вантажної стріли (ланки 6), с-1  | $\omega_6$ | 0,0177 | 0,0152 | 0,0138 | 0,0129 | 0,0125 | 0,0122 |
| Лінійна швидкість руху точки $G$ під час повороту вантажної стріли відносно точки $E$ поворотної стріли, м/с        | $V_{EG}$   | 0,0442 | 0,0379 | 0,0345 | 0,0324 | 0,0311 | 0,0305 |
| Сумарна швидкість точки $G$ відносно землі, м/с   | $V_G$      | 0,0466 | 0,0408 | 0,0378 | 0,0362 | 0,0355 | 0,0354 |

За результатами аналізу отриманих результатів можна зробити висновок, що найбільші лінійні швидкості всіх частин механізму діють в першому положенні вантажопідйомного механізму - в початковий момент відриву вантажу з поверхні землі. Далі швидкості руху поступово зменшуються, досягаючи мінімуму в проміжку між четвертим і п'ятим положеннями ( в найвищій точці траєкторії центру траверси). Після цього, лінійні швидкості починають дещо зростати.

В результаті кінематичного розрахунку були встановлені розміри та швидкості (лінійні та кутові) переміщення ланок підйомного механізму. Отримані дані будуть використовуватися як вихідні для визначення необхідних параметрів гідравлічного приводу вантажопідйомного пристрою.

## 2.6. Опис конструкції та основних вузлів вантажопідіймального пристрою

Передній (рис. 2.7) та задній модулі вантажопідіймального пристрою контейнерного напівпричепа конструктивно однакові і відрізняються один від одного тільки розташуванням оголовки вантажної стріли. Кожен з цих модулів складається з основи 1, опори 2, поворотної стріли 3, вантажної стріли 4, гідравлічних циліндрів: опори 9, поворотної 8 та вантажної 7 стріли.

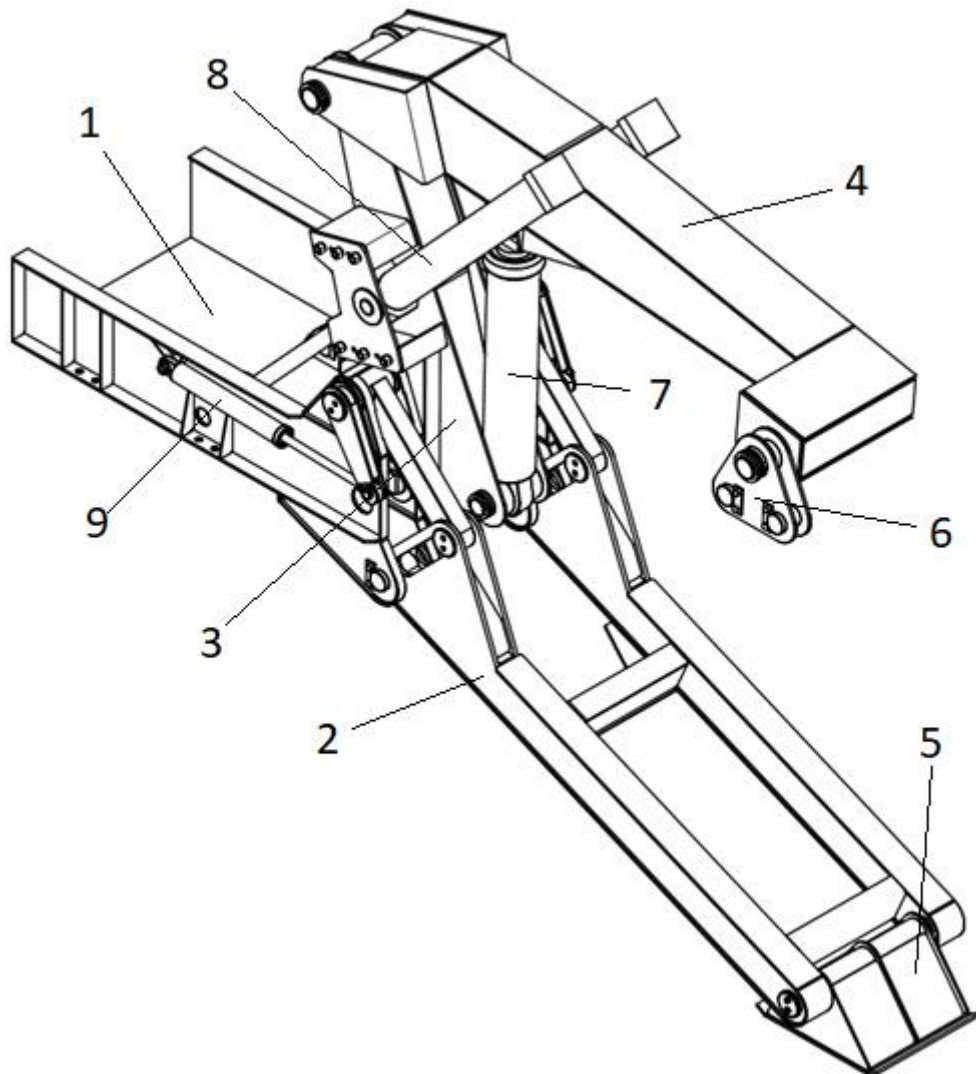


Рисунок 2.7 – Загальний вигляд модуля вантажопідіймального пристрою

Основа (рис. 2.8) призначена для монтажу на ній поворотної та вантажної стріли, опори та гідравлічних циліндрів, які їх приводять в дію. Вона виконана у вигляді лотка, закритого в нижній частині опорним листом, а з боків - Т-подібними ребрами, привареними до нього.



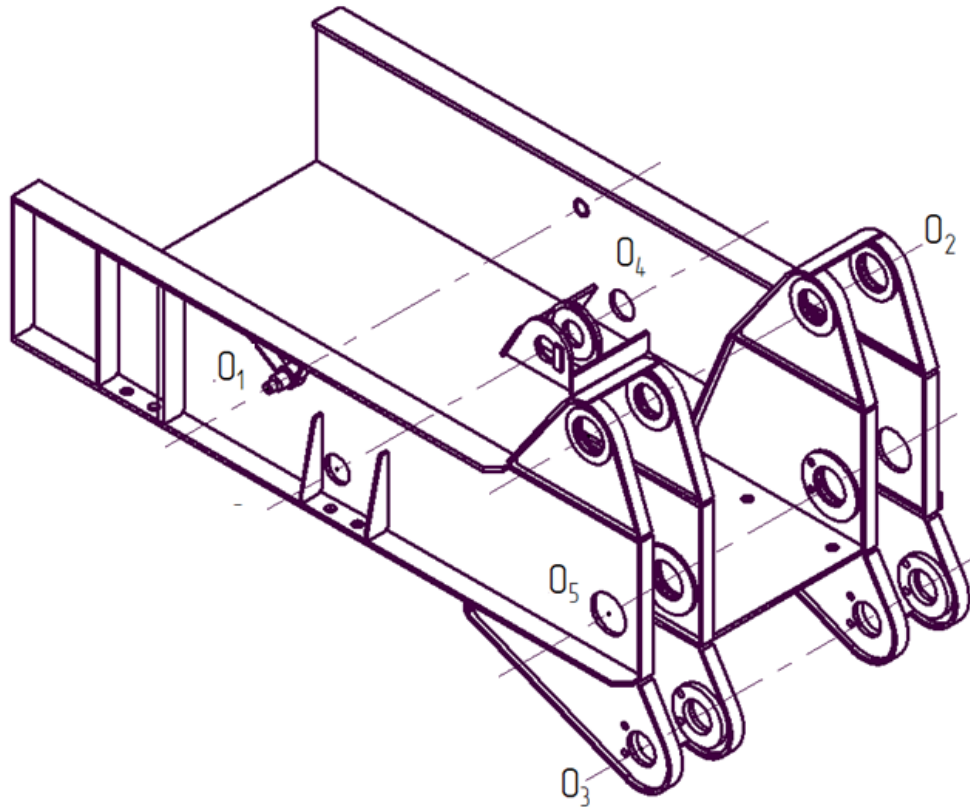


Рисунок 2.8 – Основа вантажного модуля

До нижньої поверхні опорного листа приварені дві пари кронштейнів, виконаних у вигляді вух та призначені для кріплення в їх отворах опори  $O_3$ .

До верхніх полиць Т-подібних ребер приварені схожі кронштейни, які призначені для кріплення до них поворотної осі опори  $O_2$ . Крім того, на внутрішній поверхні опорної плити, змонтований кронштейн для встановлення поворотної стріли  $O_5$ . З зовнішньої сторони Т-подібних ребер виконані кронштейни для кріплення гідроциліндрів поворотної стріли  $O_4$ . Також в бічні ребра вварені два пальці на яких кріпляться гідроциліндрів опори  $O_1$ .

Опора (рис. 2.9) призначена для забезпечення стійкості напівпричепа під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт з контейнерами. Це зварна конструкція, виконана з двох коробчастих балок, з'єднаних між собою поперечками.

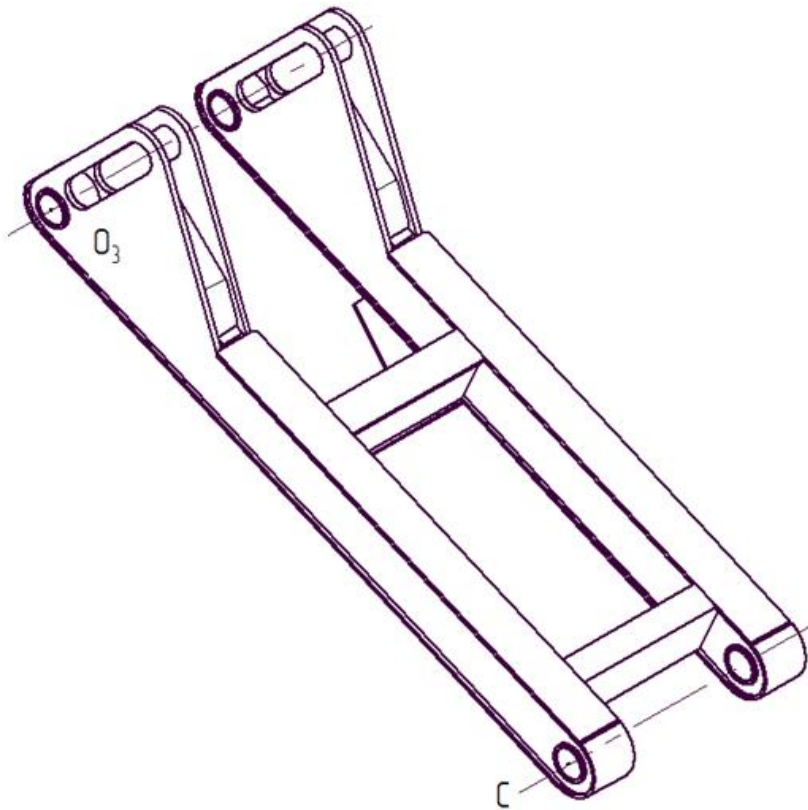


Рисунок 2.9 – Опора

Опора з'єднується з основою модуля шляхом приєднання до нижніх вух за допомогою поворотної осі  $O_3$ . У щоках опори виконані продовгуваті прорізи, в яких переміщуються пальці приводних важелів, які забезпечують можливість повороту опори. У нижній частині опори виконані отвори С для кріплення опорної підшви (рис. 2.10).

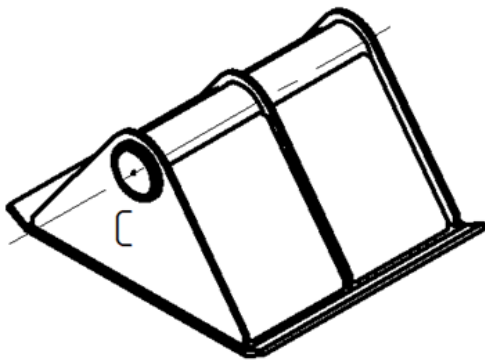


Рисунок 2.10 – Опорна підшва

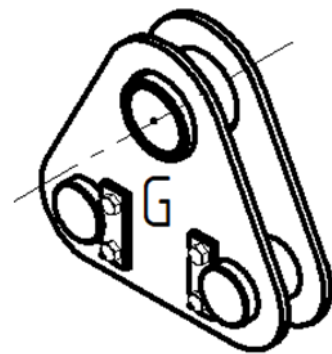


Рисунок 2.11 – Траверса

Поворотна стріла (рис. 2.12) призначена для приведення модуля вантажопідйомного пристрою в робоче та транспортне положення, а також встановлення вантажного контейнера на раму напівпричепа.

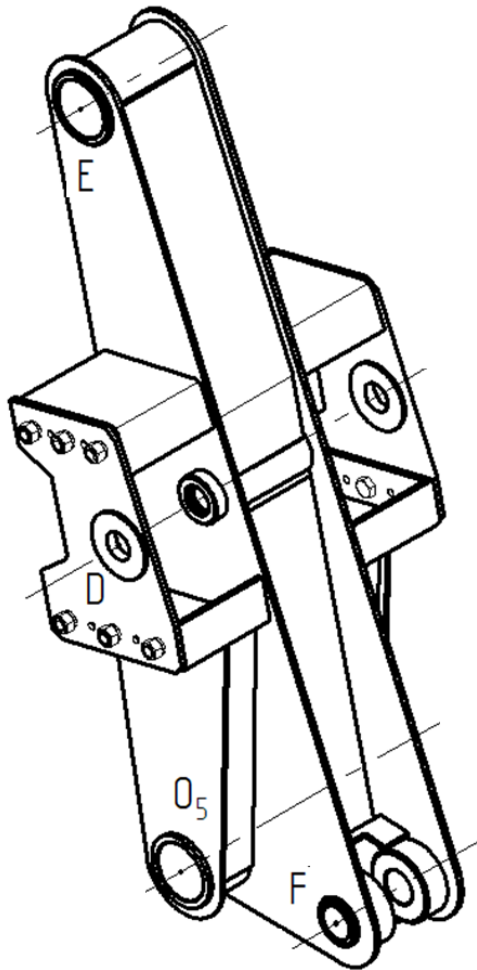


Рисунок 2.12 – Поворотна стріла

На іншому кінці вантажної стріли виконано кронштейн, до якого кріпиться траверса (рис. 2.11), призначена для кріплення вантажних строп *G*. Під час монтажу вантажопідйомного пристрою на платформі півпричепа траверси передньої та задньої вантажних стріл повинні бути обернені всередину та дивитися один на одного.

Стріла має зварну конструкцію коробчастого перерізу. На її поверхні є отвори для її з'єднання з основою модуля *O<sub>5</sub>*, вантажною стрілою *E* та гідравлічним циліндром вантажної стріли *F*. Також на ній приварені вуха для з'єднання поворотної стріли з її приводними гідроциліндрами *D*.

Вантажна стріла (рис. 2.13) призначена для підймання та опускання контейнера. Вантажна також має зварну конструкцію коробчастого типу. На одному її кінці є отвори для з'єднання з поворотною стрілою *E*. Знизу стріли приварене вуха для кріплення гідравлічного циліндра керування нею *H*.

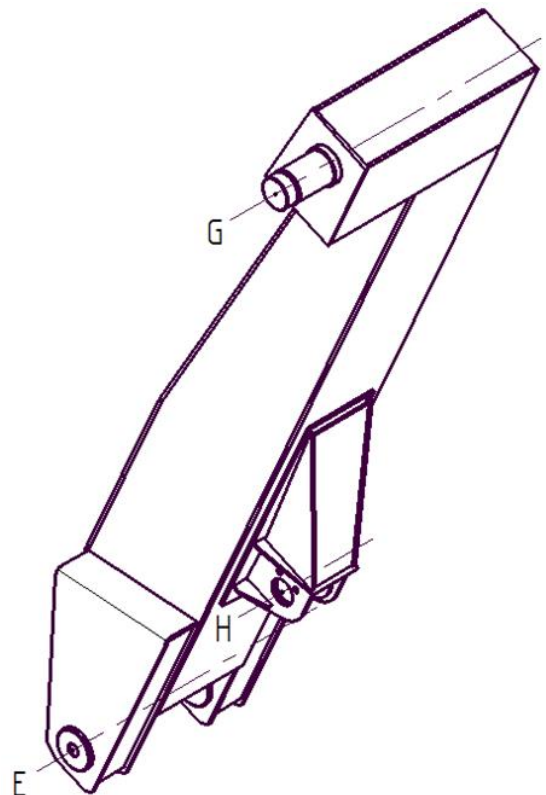


Рисунок 2.13 – Вантажна стріла

Загальне компонування напівпричепа, обладнаного вантажопідйомним пристроєм для завантаження чи розвантаження контейнерів показано на рисунку 2.14.

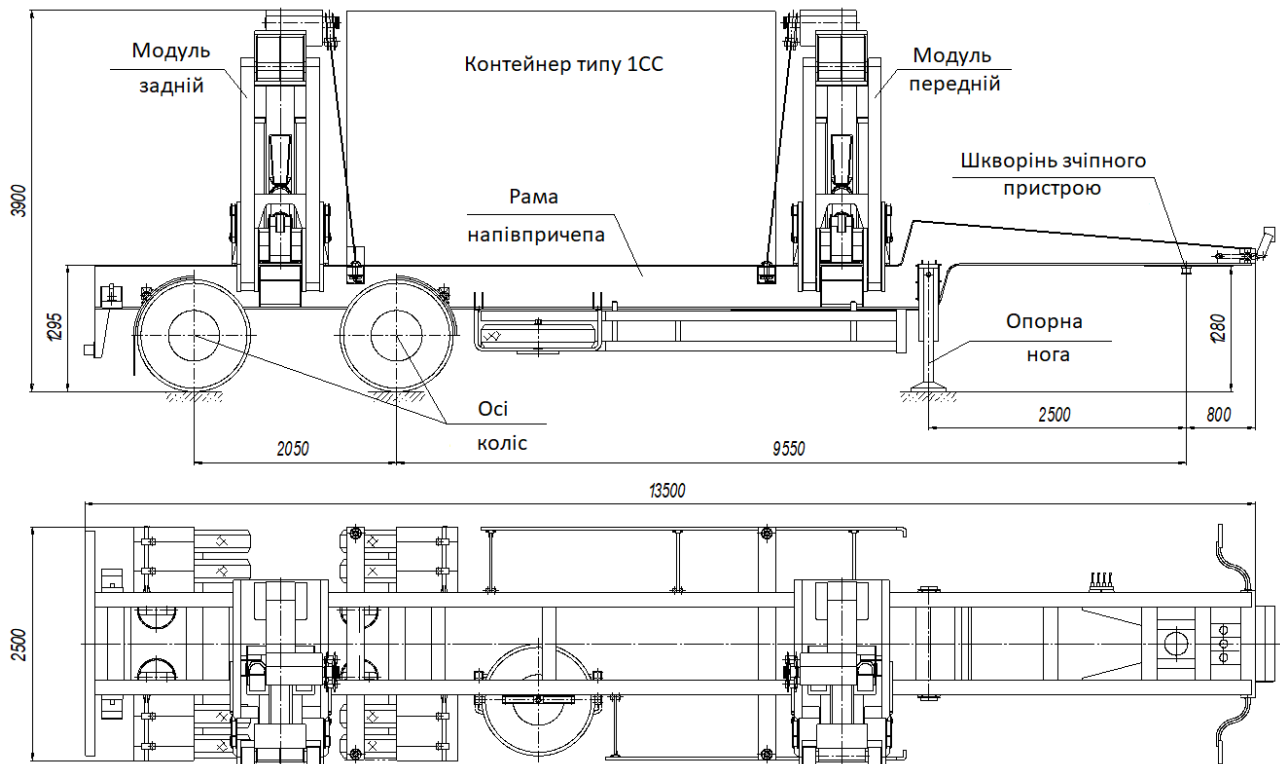


Рисунок 2.14 – Компонування напівпричепа-контейнеровоза з гідравлічним навантажувальним пристроєм

## 2.7 Розрахунок робочих параметрів гідроприводу та гідроциліндрів

Для прикладу наведемо методику розрахунку параметрів гідроциліндра підйому поворотної стріли. Для цього складемо розрахункову схему даного механізму (рисунок 2.15).

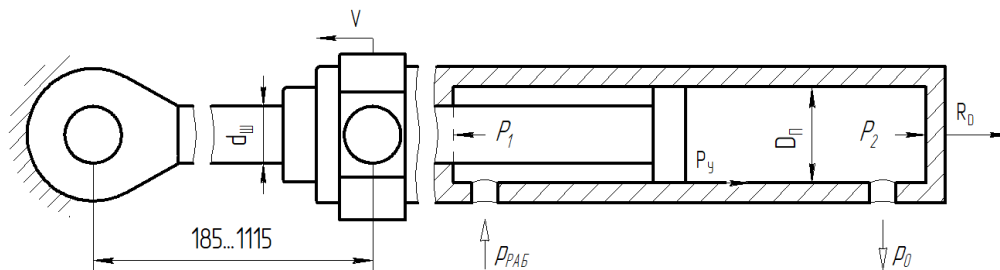


Рисунок 2.15 – Розрахункова схема гідроциліндра підйому поворотної стріли

Шток даного гідроциліндра має бути шарнірно закріплений до нерухомої рами, а цапфа корпусу шарнірно з'єднана з поворотною стрілою. Для вибору стандартного циліндра необхідно обґрунтувати такі геометричні параметри: діаметр поршня  $D_{\text{П}}$ , діаметр штока  $d_{\text{Ш}}$  та хід його корпусу  $S$ .

Хід циліндра можна визначити користуючись планом положень механізму:

$$H = L_{MAX} - L_{MIN} = 1220 - 250 = 970 \text{ мм}, \quad (2.22)$$

де  $L_{MAX} = 1220$  мм – максимальна довжина гідроциліндра;

$L_{MIN} = 250$  мм – мінімальна довжина гідроциліндра.

Площі поперечного перерізу порожнин гідроциліндра визначатимуться за формулами:

- штокова порожнина

$$F_1 = 0,25 \cdot \pi \cdot (D_{\text{П}}^2 - d_{\text{Ш}}^2) \cdot n \quad (2.23)$$

- поршнева порожнина

$$F_2 = 0,25 \cdot \pi \cdot D_{\text{П}}^2 \cdot n \quad (2.24)$$

де  $n$  - кількість гідроциліндрів, які працюють паралельно.

Для розрахунку геометричних параметрів гідроциліндра складемо рівняння балансу сил, які будуть діяти на корпус вздовж його осі.

$$P_1 - P_2 = P_T + R_D, \quad (2.25)$$

де  $P_1$  - сила дії робочого тиску в штоковій порожнині;

$P_2$  – сила дії протитиску в поршневій порожнині;

$P_T$  – сила тертя у sprzęженнях поршня та корпусу;

$R_D = 58,9 \text{ т} = 577200 \text{ Н}$  – необхідне технологічне зусилля.

Подамо сили  $P_1$  і  $P_2$  через площі поперечного перерізу порожнин, робочий тиск та тиск гідравлічного опору в лінії зливу:

$$P_1 = p_1 \cdot F_1$$

$$P_2 = p_0 \cdot F_2 \quad (2.26)$$

де  $p_1$  – робочий тиск в системі;

$F_1$  – площа перерізу штокової порожнини гідроциліндра;

$p_0$  – тиск у зливальній лінії гідросистеми;

$F_2$  – площа перерізу поршневої порожнини гідроциліндра.

Задамося відношенням діаметра штока до діаметра поршня гідроциліндра:

$$k = \frac{d_{\text{Ш}}}{D_{\text{П}}} \Rightarrow d_{\text{Ш}} = k \cdot D_{\text{П}} \quad (2.27)$$

Тоді площу перерізу штокової порожнини гідроциліндра можна визначити за формулою:

$$F_1 = 0,25 \cdot \pi \cdot D_{\text{П}}^2 \cdot (1 - k^2) \cdot n \quad (2.28)$$

Силу тертя в усіх ущільненнях  $P_T$  наближено можна прийняти рівною 25% від технологічного зусилля  $R_D$ :

$$P_T = 0,25 \cdot R_D \quad (2.29)$$

Рівняння балансу сил, які будуть діяти на корпус з урахуванням прийнятих співвідношень матиме вигляд:

$$p_1 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D_{\text{П}}^2 \cdot (1 - k^2) \cdot n - p_0 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D_{\text{П}}^2 \cdot n = 1,25 \cdot R_D \quad (2.30)$$

З рівняння () можна визначити діаметр поршня:

$$D_{\text{П}} = \sqrt{\frac{5 \cdot R_D}{\pi \cdot n \cdot [p_1 \cdot (1 - k^2) - p_0]}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 577200}{3,14 \cdot 2 \cdot [25 \cdot (1 - 0,5^2) - 0,196]}} = 157,3 \text{ мм}$$

де  $n = 2$  – кількість гідроциліндрів, які працюють паралельно;

$p_1 = 25$  МПа - робочий тиск в системі [7];

$k = 0,5$  - відношення діаметрів штока та поршня гідроциліндра;

$p_0 = 0,196$  МПа - тиск гідравлічного опору в лінії зливу [7].

Діаметр штока становитиме:

$$d_{\text{Ш}} = D_{\text{П}} \cdot k = 157,3 \cdot 0,5 = 78,7 \text{ мм} \quad (2.31)$$

За результатами розрахунків розмірів гідроциліндра для механізму підйому поворотної стріли за каталогом фірми «АПРЕЛЬ» вибираємо циліндр марки НСС.60.25.860 – 01 з наступними характеристиками:

- діаметр поршня  $D_{\text{П}} = 160$  мм;

- діаметр штока  $d_{\text{Ш}} = 80$  мм;

- хід поршня  $S = 1000$  мм.

Аналогічно виконуємо розрахунок параметрів інших гідроциліндрів.

Отримані результати заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики гідравлічних циліндрів вантажопідйомного механізму напівпричепа

| Марка  | Параметри гідроциліндра |                |      | Кількість |
|--|-------------------------|----------------|------|-----------|
|  | $D_{\text{п}}$          | $d_{\text{ш}}$ | $S$  |           |
| Гідроциліндр механізму підйому поворотної стріли |                         |                |      |           |
| НСС.60.25.860 – 01                               | 160                     | 80             | 1000 | 2         |
| Гідроциліндр механізму підйому вантажної стріли  |                         |                |      |           |
| НСС.60.25.860 – 01                               | 160                     | 80             | 1000 | 1         |
| Гідроциліндр підіймання опори                    |                         |                |      |           |
| НСС.60.25.860 – 01                               | 60                      | 30             | 500  | 4         |

Вуха гідроциліндра підйому вантажної стріли шарнірно закріплена до поворотної стріли (корпус прийнято вважати умовно нерухомим), а шток шарнірно з'єднаний з вантажною стрілою.

Корпуси гідроциліндрів підіймання опор кріпляться до рами причепа шарнірно, а їх штоки рухомими шарнірами з'єднуються з осями важелів опор.

### 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 3.1 Загальні вимоги до безпечної експлуатації контейнеровозів

Транспортні засоби для перевезення контейнерів виробляються згідно прийнятих правил техніки та визначених вимог техніки безпеки. Однак будь-яке використання їх не за призначенням може бути пов'язано з загрозою для життя як самого користувача, так і інших осіб чи ушкодження транспортного засобу та інших матеріальних цінностей.

Контейнеровози призначені виключно для використання їх за призначенням з метою перевезення вантажів згідно з інструкцією, а також у відповідно до вимог правил транспортування. Вимога використання за призначення передбачає крім всього іншого дотримання всіх приписів та вказівок, представлених як у інструкції з експлуатації, так і інструкції з експлуатації та технічного обслуговування автотранспортних підприємств. Якщо на підприємстві, де експлуатується напівпричіп планується внести якісь додаткові зміни в конструкцію свого транспортного засобу, то необхідно завчасно звернутися за консультацією на завод-виготівник або в будь-яку офіційну автомайстерню даної компанії.

Монтаж обладнання на транспортному засобі або кузові до нього дозволений тільки за погодження з підприємством-виробником або його авторизованою майстернею.

Будь-яке використання, що виходить за межі запропонованого використання для транспортування, вважається використанням не за призначення, як, наприклад, перевезення людей, а також транспортування вантажів, що підпадають під особливі приписи, наприклад, перевезення тварин, транспортування змінних кузовів та контейнерів. Крім того, до використання з порушенням призначеної мети відноситься перевищення законодавчо встановлених меж ваги, навантаження на вісь та на опору, а також всіх розмірів.



До експлуатації та технічного обслуговування транспортних засобів та напівпричепів, а також їх елементів управління допускаються особи, які добре ознайомлені з наступними документами [17]:

- з інструкцією з експлуатації,
- з роботою відповідного транспортного засобу, а також тягача, до якого він відноситься,
- з інструкціями з експлуатації та технічного обслуговування підприємств-субпостачальників,
- із правилами дорожнього руху (ПДР) і порядком допуску рухомого складу до руху по дороги та вулиці (ПДПСДДУ),
- з усіма відповідними приписами з охорони праці та попередження нещасних випадків, а також іншими приписами з техніки безпеки, виробничої медицині та правилами безпеки дорожнього руху.

### 3.2 Основні джерела небезпеки під час експлуатації контейнеровозів

- Зчіпка причепа або сидельного причепа з тягачем, а також відчеплення від нього: категорично забороняється перебувати у небезпечній зоні!
- Їзда з незафіксованими опорними пристроями. Необхідно виконувати подвійну фіксацію опорних пристроїв!
- Рух із предметами, які лежать на даху контейнера: сніг, лід, гілки дерев тощо!
- Забезпечення габаритної висоти на шляху транспортування, а також при завантаженні та розвантаженні!
- Перевищення гранично допустимого значення загальної ваги або одностороннє навантаження через неправильно виконане навантаження!
- Неправильно закріплені або повністю незакріплені вантажі та/або елементи кузова!
- Незамкнені бортові стінки та двері!
- Під час руху заднім ходом необхідно спостерігати за простором ззаду!
- Надмірне скручування при маневрування!





- Перевантаження транспортного засоби, осей та гальм!
- Перевантаження внаслідок використання невідповідного типу коліс чи розміру шин!
- Використання коліс з невідповідним значенням глибини запресування, одностороннім биттям або відцентровим дисбалансом.
- Перевантаження внаслідок нераціональної та неакуратної їзди або неправильною експлуатації транспортного засоби.
- Ударне та імпульсне навантаження на осі.
- Швидкість, вибрана без урахування якості дорожнього покриття, при русі транспортного засобу з вантажем, особливо, на кривих.
- Транспортний засіб, зупинений на нерівній, нетвердої поверхні, може перекинутися чи загрузнути.

### 3.3 Послідовність підготовки та безпечної експлуатації напівпричепа-контейнеровоза

- Перевірити стан тягової сідельної цапфи та опорно-зчіпного пристрою.
- Перевірити зазор між тягачем та сідельним причепом.
- Змастити опорно-зчіпне пристрій достатньою кількістю мастила.
- Зафіксувати опорно-зчіпне пристрій належним чином.
- Підключити зчіпні головки гальмівної системи.
- Підключити електричні з'єднання.
- Відпустити гальмо і рушати з місця лише після досягнення робочого тиску в гальмівній системі.
- Осушити розширювальний бачок пневмосистеми.
- Ввести та зафіксувати опорні пристосування.
- Перевірити колеса на відсутність дефектів шин та ободів.
- Перевірити тиск повітря в шинах, включаючи запасне колесо.
- Перевірити момент затягування гайок коліс.
- У новому автомобілі після пробігу 50 км та після першого рейсу з вантажем необхідно підтягувати гайки коліс

- Встановити пневматичну підвіску у ходове положення.
- Зафіксувати положення запасного колеса, кріплення запасного колеса, засобів підйому та підкладних клинів.
- Застопорити контейнер та зафіксувати фіксатори.
- Опустити та затягнути всі вільні фіксатори контейнера.
- Перевірити фіксатори контейнера на надійність кріплення.
- У разі невикористання засунути передній/задній висувний механізм та висувний протипідкатний брус. Впевнитися в тому, що передній/задній висувний механізм та висувний протипідкатний брус заблоковані.
- Перевірити світлові прилади транспортного засобу, замінити дефектні лампи розжарювання.
- Зафіксувати та закріпити вантаж.
- Дотримуватись визначеного значення максимальної дозволеної маси.

Для безпечної експлуатації на вузлах та деталях контейнерів і напівпричепів, які їх транспортують можуть бути нанесені попереджуючі символи [10]:

|   |                  |   |
|---|------------------|---|
|  | <i>Небезпека</i> | Знак попереджає про безпосередню небезпеку, яка створює загрозу для життя та здоров'я людини. |
|  | <i>Обережно</i>  | Знак попереджає про можливість виникнення небезпечної ситуації                                |
|  | <i>Обережно</i>  | Знак вказує на можливе спричинення матеріальної шкоди   |
|  | <i>Вказівка</i>  | Знак вказує на важливі поради під час експлуатації, а також на іншу корисну інформацію        |

### 3.4 Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій

Кожний небезпечний виробничий фактор незалежно від його виду, рівня та інших властивостей має певну зону своєї дії. Якщо розміри цієї зони мають чітко

фіксовані значення. То її можна вважати постійною. Якщо в процесі роботи така зона може змінюватися внаслідок зміни рівня небезпечного фактора, його переміщень у просторі, то вона буде змінною.

У деяких випадках (аварійна ситуація) небезпечний виробничий фактор може значно виходити за межі визначеної (фіксованої) зони. При цьому небезпека травмування працюючого виникає уже за межами небезпечної зони, що була встановлена заздалегідь. Ось чому кожний працюючий на конкретній машині чи на певному робочому місці завжди повинен добре знати про таку небезпеку.

Під час роботи з напівпричепами-контейнеровозами постійні небезпечні зони виникають під час комплектування автопоїзда, його обслуговування, завантаження та розвантаження, а також під час руху транспортного засобу.

У процесі роботи внаслідок порушення нормативних вимог охорони праці, допущення помилок, виникає можливість потрапляння людини в небезпечну зону. Дія, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, вважається небезпечною. Під роботи з напівпричепом попадання в небезпечну зону може бути внаслідок відсутності попереджувальних знаків небезпечних місць, відсутності страхувальних упорів, несправностей гальмівної системи, порушення відповідних правил експлуатації причепа і його обладнання.

Робота машини може супроводжуватися небезпечними умовами, яка визначається недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання, низьким рівнем організації праці [6].

Вищенаведені явища, що формують небезпечну ситуацію мають певну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і їх наслідки - аварія (А), травма (Т) належать до випадкових явищ. Виявити їх завчасно і попередити ці наслідки вдається не завжди.

У зв'язку з цим необхідно моделювати процеси формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків, і на підставі їхнього аналізу попереджувати існуючі і потенційні небезпеки.

Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій під час транспортування контейнерів й експлуатації напівпричепів та визначення заходів з їх запобігання наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

## Моделювання процесів виникнення травмонебезпечних ситуацій

| Вид робіт, склад агрегату  | Виробнича небезпека  |   |  | Можливі наслідки | Заходи запобігання небезпечним ситуаціям   |
|--|--|---|--|------------------|--|
|  | Небезпечна умова (НУ)  | Небезпечна дія (НД)   | Небезпечна ситуація (НС)   |                  |  |
| З'єднання напівпричепа з тягачем   | Несправний проти-відкатний брус НУ <sub>1</sub>  | Використання напівпричепа з несправним (проти-відкатним брусом НД                               | Під час зєднання з тягачем причеп не загальмований НС <sub>1</sub> . Відбувається відкочування причепа НС <sub>2</sub> , в зоні напівпричепаз знаходиться людина НС <sub>3</sub> . | Аварія, травма   | Противідкатний брус та стоянкова гальмівна система напівпричепа повинні бути справними.  |
| Модель процесу НУ <sub>1</sub> →НД→НС <sub>1</sub> →НС <sub>2</sub> →НС <sub>3</sub> →А, Т |  |   |  |                  |  |
| Транспортування контейнера   | На платформі напівпричепа встановлений контейнер з високим розміщенням центра ваги НУ <sub>1</sub> . | Під час транспортування шофер перевищує дозволена швидкість руху на поворотах НД <sub>1</sub> . | Можлива втрата рівноваги й перекидання автомобіля НС <sub>1</sub>  | Аварія           | Під час руху слід дотримуватись дозволеної швидкості руху. При транспортуванні вантажів з високим розташування центра ваги по схилах та на поворотах необхідно зменшувати швидкість руху автопоїзда аж до мінімальної. |
| Модель процесу НУ <sub>1</sub> →НД <sub>1</sub> →НС <sub>1</sub> →А                        |  |   |  |                  |  |

Завдяки моделювання процесу виникнення травмонебезпечної ситуації чи аварії вдається визначити найбільш небезпечні фактори та умови, які до них призводять та забезпечити в наступному їх попередження.

#### 4. ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИЧЕПА

Собівартість обладнання напівпричепа механізмом для завантаження контейнерів включатиме в себе наступні статті:

- основні конструкційні матеріали;
- покупні вироби;
- транспортно-заготівельні витрати;
- поворотні відходи;
- основна зарплата працівників;
- додаткова зарплата працівників;
- нарахування на заробітну плату;
- цехові витрати;
- загальнозаводські витрати;
- позавиробничі витрати.

##### 4.1 Визначення вартості основних матеріалів

Вартість конструкційних матеріалів визначатиметься за формулою:

$$C_{OM} = C_{OM} \cdot K_{OM}; \quad (4.1)$$

де  $C_{OM}$  - ціна одного кілограма матеріалу, грн.;

$K_{OM}$  - норма витрати матеріалу, кг.

Вартість прокату круглого перерізу сталі 20 діаметром 105 мм становитиме:

$$C_{OM} = 62 \cdot 86,94 = 5390,28 \text{ грн.}$$

Вартість інших матеріалів визначаємо за формулою (5.1) та заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Затрати на конструкційні матеріали, грн

| Матеріал          | $C_{OM}$ , грн/кг | $K_{OM}$ , кг | $C_{OM}$ , грн |
|-------------------|-------------------|---------------|----------------|
| 1                 | 2                 | 3             | 4              |
| Сталь 20 Ø 105 мм | 62                | 86,94         | 5390,28        |
| Сталь 20 Ø 95 мм  | 62                | 13,23         | 820,26         |
| Сталь 20 Ø 70 мм  | 62                | 33,08         | 2050,96        |

## Продовження таблиці 4.1

| 1                          | 2      | 3       | 4         |
|----------------------------|--------|---------|-----------|
| Сталь 20 Ø 50 мм           | 62     | 13,23   | 820,26    |
| Сталь листова 10ХСНД 16 мм | 58,96  | 97,02   | 5720,3    |
| Сталь листова 10ХСНД 12 мм | 58,96  | 1079,27 | 63633,76  |
| Сталь листова 10ХСНД 10 мм | 58,96  | 779,98  | 45987,62  |
| Сталь листова 10ХСНД 8 мм  | 58,96  | 122,47  | 7220,83   |
| Сталь листова 10ХСНД 6 мм  | 58,96  | 15,44   | 910,34    |
| Кріпильні вироби           | 113,52 | 19,7    | 2236,34   |
| Зварювальні матеріали      |        |         | 6322,4    |
| Лако-фарбові матеріали     |        |         | 1780,32   |
| Консерваційні матеріали    |        |         | 329,51    |
| Інші матеріали             |        |         | 542,5     |
| Всього                     |        |         | 143765,68 |

## 4.2 Визначення вартості покупних виробів

Вартість покупних виробів визначаємо за загальною формулою:

$$C_{\text{пв}} = C_{\text{пв}} \cdot K_{\text{пв}}; \quad (4.2)$$

де  $C_{\text{пв}}$  - ціна одиниці покупного виробу, грн.;

$K_{\text{пв}}$  - необхідна кількість покупних виробів, шт.

Результати розрахунків вартості покупних виробів представлені в табл.

4.2.

Таблиця 4.2 - Вартість покупних виробів

| Найменування                     | Кількість | Ціна за штуку,<br>грн | Вартість, грн |
|----------------------------------|-----------|-----------------------|---------------|
| Гідроциліндр НСJ.140.25.830 – 01 | 4         | 9000                  | 36000         |
| Гідроциліндр НСС.60.25.860 – 01  | 2         | 7600                  | 15200         |
| Гідроциліндр НСJ.30.25.360 – 01  | 4         | 6300                  | 25200         |
| Комплект гідрообладнання         | 1         | 14500                 | 14500         |
| Рукави високого тиску            | 10        | 1240                  | 12400         |
| Разом                            |           | 103300                | 188700        |

Транспортно-заготівельні витрати приймемо рівними 7 % від вартості конструкційних матеріалів, покупних та комплектуючих виробів [9]. Тоді

$$C_{ТВ} = (C_{ОМ} + C_{ПВ}) \cdot 0,07 \quad (4.3)$$

$$C_{ТВ} = (143765,68 + 1103300) \cdot 0,07 = 17294,6 \text{ грн.}$$

#### 4.3. Вартість від повернення відходів

Вартість від повернення відходів визначимо за формулою

$$C_{ПВ} = C_{В} \cdot (K_{ОМ} - M_{В}); \quad (4.4)$$

де  $C_{В}$  - ціна одного кілограма відходів, грн;

$K_{ОМ}$  - норма витрати матеріалу, кг.;

$M_{В}$  – чиста вага виробу, кг.

Вартість зворотних відходів прокату круглого діаметром 105 мм зі сталі 20 буде становити:

$$C_{ПВ} = 4,5 \cdot (86,94 - 48,3) = 173,78 \text{ грн.}$$

Вартість відходів інших матеріалів визначаємо за формулою (4.4) та заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3– Вартість відходів конструкційних матеріалів, грн

| Матеріал                   | $C_{ОМ}$ ,<br>грн/кг | $K_{ОМ}$ , кг | $M_{В}$ , грн |        |
|----------------------------|----------------------|---------------|---------------|--------|
| Сталь 20 Ø 105 мм          | 4,5                  | 86,94         | 48,3          | 173,78 |
| Сталь 20 Ø 95 мм           |                      | 13,23         | 12,6          | 2,84   |
| Сталь 20 Ø 70 мм           |                      | 33,08         | 31,5          | 7,11   |
| Сталь 20 Ø 50 мм           |                      | 13,23         | 12,6          | 2,84   |
| Сталь листова 10ХСНД 16 мм |                      | 97,02         | 92,4          | 20,79  |
| Сталь листова 10ХСНД 12 мм |                      | 1079,27       | 1004,82       | 335,03 |
| Сталь листова 10ХСНД 10 мм |                      | 779,98        | 745,98        | 153    |
| Сталь листова 10ХСНД 8 мм  |                      | 122,47        | 113,4         | 40,82  |
| Сталь листова 10ХСНД 6 мм  |                      | 15,44         | 14,7          | 3,33   |
| Всього                     |                      |               |               |        |



Визначаємо загальну вартість основних матеріалів та купівельних виробів з урахуванням транспортно-заготівельних витрат за вирахуванням вартості відходів:

$$C_M = C_{OM} + C_{ПВ} + C_{Т-З} - C_{ВО}, \quad (4.5)$$

$$C_M = 143765,68 + 103300 + 17294,6 - 739,54 = 263620,74 \text{ грн}$$

#### 4.4 Розрахунок заробітної плати робітників

Основна заробітна плата робітників формується з тарифної частини основної заробітної плати та доплат (50% до тарифної заробітної плати).

Тарифний фонд основної заробітної плати відповідно до тарифних ставок та норм часу становить 68120 грн.

Основна заробітна плата виробничих робітників (тариф + доплати) складе:

$$Z_{OCH} = 68120 \cdot 1,5 = 102180 \text{ грн.}$$

Прийmemo додаткову заробітну плату робітників рівною 30% від основної, тоді:

$$Z_{ДОП} = Z_{OCH} \cdot 0,3 = 102180 \cdot 0,3 = 30654 \text{ грн.}$$

Приймаємо нарахування на заробітну плату рівними 26 % від основної та додаткової заробітної плати [9], тоді:

$$Z_{НАР} = (Z_{OCH} + Z_{ДОП}) \cdot 0,26, \quad (4.6)$$

$$Z_{НАР} = (102180 + 30654) \cdot 0,26 = 34536,84 \text{ грн.}$$

#### 4.5 Розрахунок цехових та загальнозаводських витрат

Прийmemo цехові витрати рівними 250 % від основної заробітної плати робітників, тоді:

$$P_{Ц} = Z_{OCH} \cdot 2,5, \quad (4.7)$$

$$P_{Ц} = 102180 \cdot 2,5 = 255450 \text{ грн.}$$

Приймавши загальнозаводські витрати рівними 185 % від основної заробітної плати робітників, отримаємо:

$$P_3 = Z_{OCH} \cdot 1,85, \quad (4.8)$$

$$P_3 = 102180 \cdot 1,85 = 189033 \text{ грн.}$$

#### 4.6 Визначення повної собівартості та економічної ефективності

Виробнича собівартість навантажувального механізму визначається за формулою:

$$C_B = C_{OM} - C_{ПВ} + C_{ПВ} + C_{Т-з} + Z_{ОСН} + Z_{ДОП} + Z_{НАР} + P_{Ц} + P_3, \quad (4.9)$$

$$C_B = 143765,68 - 739,54 + 103300 + 17294,6 + 102180 + 30654 + \\ + 34536,84 + 255450 + 189033 = 875474,58 \text{ грн}$$

Приймаємо позавиробничі витрати рівними 1,2 % від виробничої собівартості, тоді:

$$P_{ПВ} = C_{ПВ} \cdot 0,012, \quad (4.10)$$

$$P_{ПВ} = 875474,58 \cdot 0,012 = 10505,69 \text{ грн.}$$

Повна собівартість становить:

$$C_{ПОВН.} = C_B + P_{ПВ}, \quad (4.11)$$

$$C_{ПОВН.} = 875474,58 + 10505,69 = 885980,27 \text{ грн.}$$

Враховуючи ринкову вартість контейнеровозів з боковим навантаженням (30500...65900 \$) при курсі валют 40 грн/\$ економічну ефективність розробки можна визначити з виразу:

$$E = 30500 \cdot 40 - 885980,27 = 334019,73 \text{ грн}$$

У відсотковому еквіваленті це становитиме 27 %.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Для підприємств, які здійснюють перевозяться вантажних контейнерів автомобільним транспортом існує необхідність мати в наявності не тільки транспортні засоби (контейнеровози), а й навантажувальне обладнання, яке дозволяє встановлювати та знімати контейнери з автомобільних причепів.

Для завантаження контейнерів на транспорт і його розвантаження застосовуються спеціальні вилкові навантажувачі, гідравлічні контейнерні домкрати, гідрофіковані механізми бічного навантаження, автомобільні та інші види кранів, річстакери, верхні завантажувачі тощо. Експлуатація цього обладнання вимагає більших матеріальних, грошових та трудових затрат.

Запропоноване удосконалення вантажного причепа для перевезення контейнерів передбачає можливість суміщення в автомобільному напівпричепі функцій транспортного та вантажопідйомного обладнання за рахунок його дооснащення спеціалізованим вантажопідйомним пристроєм.

Виконаний в роботі кінематичний розрахунок і конструювання вузлів і деталей вантажопідйомного пристрою для напівпричепа-контейнеровозу моделі 9454М, призначеного для транспортування великотоннажних контейнерів 1СС дозволив отримати вихідні дані для розрахунку і вибору гідравлічних циліндрів.

Спроектований вантажопідйомний пристрій може бути встановлений на базовий напівпричіп з мінімальною зміною його конструкції (збереглася кількість колісних осей, основні габаритні розміри тощо).

Порівняння вартості спроектованого пристрою з вартістю нового контейнеровоза з вантажопідйомним пристроєм дає можливість зробити висновок про економічну доцільність і затребуваність серійного виробництва модернізованого напівпричепа.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бабенко Д. В., Доценко Н. А., Горбенко О. А. Теорія механізмів і машин: практикум для навчання в умовах інформаційно-освітнього середовища: навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2019. 168 с.
2. Бондарєв В.С., Дубинець О.І., Колісник М.П. та ін Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних та транспортуючих машин: Підручник. Київ: Вища школа, 2009. 734 с.
3. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення. Навчальний посібник. Київ: Видавничий Дім "Слово", 2010. 408 с.
4. Вільковський Є. К., Кельман І. І., Бакуліч О. О. Вантажознавство (вантажі, правила перевезень, рухомий склад). Львів: «Інтелект-Захід», 2007. 496 с.
5. Вірник М. М., Булига Ю. В. Теорія механізмів і машин. Лабораторний практикум. Вінниця: ВНТУ, 2004. 100 с.
6. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР "Магістр" студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
7. Журавель Д.П., Петренко К.Г. Гідравліка. Методичні вказівки до самостійної роботи «Розрахунок гідроприводу». Таврійський державний агротехнологічний університет, 2019. – 52 с.
8. Заховайко О.П. Теорія механізмів і машин. Курс лекцій для студентів спеціальності „Динаміка і міцність машин”. Київ: НТУУ "КПІ", 2010. 243 с.
9. Іванілов О. С. Економіка підприємства: підруч. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 728 с.
10. Інструкція з експлуатації шасі для перевезення ISO контейнерів. Режим доступу: <http://komver.com.ua/pdf/kontshassi.pdf>
11. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2002. 164 с

12. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. Київ: Либідь, 2006. 400 с.
13. Контейнери. Режим доступу: <https://mokavto.com.ua/index.php/typography/kontejneri>
14. Лаврухін О.В., Котенко А.М., Розсоха О.В., Ковальов А.О., Богомазова Г.Є. Вантажні перевезення: Конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2016. Ч. 2. 100 с.
15. Мороз М. М., Загорянський В. Г. Проектування транспортно-технологічних систем вантажних перевезень: навч. Посібник. Кременчук: КНУ імені Михайла Остроградського, 2021. 205 с.
16. Пістун І.П., Березовецький А.П., Городецький І.М. Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник. Львів: «Тріада плюс», 2009. 320 с.
17. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні. Київ: Державтотрансндріпроект, 1998. 129 с.
18. Причепи для перевезення контейнерів. Режим доступу: <https://sltgroup.pl/uk>
19. Ремарчук М.П., Суранов О.В. Методичні вказівки для виконання розрахункової роботи з дисципліни «Гідравлічний привод БКВРМ». Харків: УДАЗТ, 2014. 25 с.
20. Савельєва І. В., Дрожжин О. Л. Контейнерна транспортнотехнологічна система як засіб реалізації інтермодального перевезення. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2014. № 1. С. 12–16.
21. Сукач О.М., Миронюк О.С., Паславський Р.І., Шевчук В.В. Методичні рекомендації для виконання кваліфікаційних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. 50 с.
22. Транспортні технології в системах логістики. Підручник. За заг. ред. Дмитриченко М.Ф. Київ: ІНФОРМАВТОДОР, 2007. -676 с.

## ДОДАТКИ









