

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної  
та транспортної інфраструктури

Кафедра електричного транспорту

**Модернізація підйомників для пасажирів з обмеженими  
можливостями на міському пасажирському транспорті**

**Бакалаврська кваліфікаційна робота**

**Здобувач:**

Костянтин СОЛОГУБ

гр. ЕТ 2022-1

**Керівник:**

Владислав СКУРІХІН

доцент, к.т.н.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
імені О. М. Бекетова

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної  
інфраструктури

Кафедра електричного транспорту


Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТ

 Микола ХВОРОСТ

«16» червня 2026 р.

## З А В Д А Н Н Я

до бакалаврської кваліфікаційної роботи

Сологуб Костянтин Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: Модернізація підйомників для пасажирів з обмеженими можливостями на міському пасажирському транспорті.

керівник бакалаврської кваліфікаційної

роботи Скуріхін Владислав Ігорович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом університету від « 22 » 05 2026 р. №440-03

2. Строк подання студентом роботи 14.06.2026р.

3. Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: Види та характеристики підйомників, конструкції кузовів з плануванням під підйомники.

4. Зміст бакалаврської кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Стан питання (огляд, аналіз, оцінка) Аналіз конструкцій підйомників для перевезення пасажирів з обмеженими можливостями на транспорті





4.2. Технічна частина (вибір параметрів, розробка конструкції, структурної та електричної принципової схем, створення алгоритмів роботи тощо) Вибір конструкції підйомника ліфтового типу

4.3. Розрахункова частина (розрахунок вузлів, метод розрахунку, алгоритм керування, програмне забезпечення) Розрахунок на міцність основних елементів конструкції

4.4. Охорона праці Вступ; Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів; Організаційно-технічні заходи по забезпеченню безпеки умов праці; Електробезпека; Пожежна безпека

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових слайдів) Класифікаційна схема пандусів-підйомників; Традиційна висувна конструкція пандусу; Вбудований ліфтовий підйомник; Рішення планувальної задачі; Розрахунок на міцність підйомника

6. Консультанти розділів бакалаврської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Владислав СКУРІХІН, доц.		
Антиплагіат	Вікторія ЛЕВЧЕНКО, інж.		
Нормоконтроль	Вячеслав ШАВКУН, доц.		

7. Дата видачі завдання 04.05.2026р

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Стан питання	12.05.2026	
2.	Технічна частина	19.05.2026	
3	Розрахункова частина	26.05.2026	
4.	Охорона праці	02.06.2026	
5.	Оформлення паперового та електронного варіантів роботи	09.06.2026	
6.	Підготовка доповіді та презентації	15.06.2026	

Студент

(підпис)

Сологуб Костянтин Юрійович  
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Скуріхін Владислав Ігорович  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дана бакалаврська робота спрямована на модернізацію існуючої конструкції підйомника-пандуса для пасажирів з обмеженими можливостями, що використовується на пасажирському транспорті. В основу розробки покладено концепцію ліфтового типу, що успішно використовується на закордонному транспорті. Конструктивно підйомник ліфтового типу становиться безпосередньо в кузові, тобто інтегрований в основу рами кузова.

У ході виконання роботи було проведено порівняльний аналіз сучасних вітчизняних та закордонних підйомників-пандусів, що дозволило виявити їхні технічні особливості. Запропонована конструкція демонструє вищу ефективність порівняно з традиційними аналогами та вирізняється підвищеною експлуатаційною надійністю, але є більш складною.

В бакалаврській роботі приділено значну увагу питанням охорони праці.

Сторінок 61, таблиць 2, рисунків 27, формул 20, літературних джерел 14.

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

Підйомник, пандус, пасажир з обмеженою можливістю, кузов, апарель, платформа, пружне навантаження, розрахунок на міцність, коефіцієнт динаміки, механічні напруги, момент опору, момент пружний.

## Зміст

Вступ.....	6
<b>1 Аналіз конструкцій підйомників для перевезення пасажирів з обмеженими можливостями на транспорті.....</b>	<b>6</b>
1.1 Досвід експлуатації підйомників – пандусів.....	6
1.2 Аналіз конструкцій існуючих підйомних пристроїв.....	9
<b>2. Вибір конструкції підйомника ліфтового типу.....</b>	<b>27</b>
2.1 Традиційна конструкція підйомника.....	27
2.2 Конструкція підйомника ліфтового типу.....	33
<b>3 Розрахунок на міцність основних елементів конструкції.....</b>	<b>35</b>
3.1 Розрахунок на міцність ліфтового підйомника.....	30
3.2 Розрахунок на міцність несучої конструкції кузова.....	38
4 Охорона праці.....	48
Висновки.....	61
Список використаних джерел.....	62

## Вступ

Пасажири з обмеженими можливостями довгий час перебували в стані відірваності від суспільства. Це обумовлювалося тим, що вони не могли пересуватися без сторонньої допомоги або спеціальних пристосувань. Отже їхні соціальні потреби виявлялися трохи защемленими. Дане положення полегшилося після того, як промисловість освоїла випуск кресел-каталок. Але це не вирішило проблеми переміщення інвалідів по сходам, подолання високих бортиків і т.п. крім того в умовах сучасного мегаполіса інвалідові, який користується тільки креслом-каталкой, навіть обладнаної яким не будь приводом, важко досягти окремих об'єктів через їхню далекість або складність шляху. У зв'язку із цим встає необхідність застосування транспорту, обладнаного спеціальними пристосуваннями, здатними забезпечити доступ інваліда в салон. Беручи до уваги те, що міський електротранспорт є найпоширенішим, у наших умовах, і, що забезпечує в чорті міста перевезення максимальної кількості пасажирів подібні пристрої необхідно розміщати саме на ньому [1].

В Україні, у цей час, подібні розробки перебувають у початковій стадії. Необхідність подібних розробок на наших підприємствах, що випускають рухомий склад, складається також у тім, що вони прагнуть випустити конкурентноспроможну продукцію, з якої можна вийти на міжнародний ринок, де системи, які полегшують посадку інвалідів користуються широким попитом.

**АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ** обумовлена доцільністю впровадження підйомника нової конструкції, який дозволить поліпшити комфортне пересування пасажирів з обмеженими можливостями та зменшити час пасажирообміну, що і зроблено в даній роботі.

# 1 Аналіз конструкцій підйомників для перевезення пасажирів з обмеженими можливостями на транспорті

## 1.1 Досвід експлуатації підйомників - пандусів

У сучасній практиці проектування громадського транспорту (автобусів, тролейбусів, трамваїв та залізничних вагонів) забезпечення безбар'єрного простору є обов'язковою вимогою. Для транспортних засобів, які не мають низького рівня підлоги, або для залізничного рухомого складу застосовуються спеціальні підйомні механізми. За конструктивним виконанням та кінематикою їх можна розділити на три основні типи [2]:

- Касетні (підлогові) підйомники інтегруються безпосередньо у конструкцію підлоги кузова або розміщуються у спеціальній закритій касеті під сходишками транспортного засобу.

У похідному положенні механізм повністю схований і не займає корисну площу салону. Під час активації касета висувається горизонтально за межі габаритів транспорту, після чого платформа опускається до рівня посадкової площадки (тротуару чи головки рейки).

Переваги: Максимальна економія простору всередині салону; захищеність від механічних пошкоджень у закритому стані.

Недоліки: Чутливість до забруднення, обмерзання та впливу дорожніх реагентів, оскільки касета розташована близько до проїжджої частини.

- Вертикальні (внутрішньосалонні) підйомники найчастіше використовуються у залізничних вагонах далекого прямування, міжміських автобусах або мінівенах, де висота підлоги значно перевищує рівень перону.

Механізм кріпиться всередині салону поблизу дверного отвору. Платформа повертається або відкидається назовні, після чого за допомогою вертикальних напрямних або ножичного механізму опускається до землі.

- Важільно-телескопічні підйомники базуються на системі шарнірних важелів (паралелограмного типу) з гідравлічним або електричним приводом. Вони можуть монтуватися як на задніх, так і на бокових дверях транспортних

засобів середнього класу.

Система важелів плавно виносить складену навпіл платформу за межі дверного отвору, розкладає її в горизонтальне положення та опускає на покриття.

*Закордонний досвід експлуатації пристроїв, що полегшують транспортування інвалідів у міському транспорті.*

Рухомий склад, обладнаний піднімальними пристроями, експлуатується в багатьох країнах світу. Наприклад, в 1990 році в Західному Берліні протягом року проводилася експериментальна експлуатація автобусів, пристосованих для перевезення пасажирів у кріслах-каталках. Чотири з цих машин мали в передній двері піднімальну платформу, а три - в'їзні рампи.

Бригади водіїв заносили в спеціальні списки, кількість чоловік перевезених у кріслах-каталках. Ця кількість коливалася між 5 й 28. Якщо виходити з того, що половина застосовуваних на цій лінії автобусів мала подібні пристрої, то розділивши навпіл вище названі числа, можна встановити ступінь використання цих пристроїв.

Витрати на підтримку їх у справному стані склали для кожного автомобіля 1200-2500 доларів США на рік.

Також протягом року було виявлено 26 несправностей, тобто 3,7 відмови на один автобус. Але варто враховувати, що ці установки, як для виготовлювача, так і для експлуатуючих підприємств ще нові, і не випробувані. Більшість несправностей незначні, вони стосувалися електроніки й гідравліки, і були ліквідовані у власних майстернях.

Є досвід експлуатації подібних пристроїв у Мюнхені. Тут у середньому перевозили по 3,7 пасажирів на день [3].

Міські автобуси з піднімальними пристроями для інвалідних колясок застосовуються в Гейдельберзі, Маркгренингені, в інших містах різних країн Європи й США. В автобусах виробництва Німеччини піднімальний пристрій монтується в задніх дверях, керування пристроєм здійснюється водієм автобуса. Загальна тривалість в'їзду, опускання й підйому досягає 15 хвилин.

У технічному відношенні піднімальні пристрої цілком прийнятні. Але необхідність водія залишати своє місце в кабіні й велика тривалість входу-виходу інвалідів є серйозним недоліком.

У деяких містах застосовуються спеціалізовані мікроавтобуси, оснащені піднімальними пристроями. Вони відіграють роль спеціальних таксі, і викликаються інвалідом якщо буде потреба за телефоном.

За час експлуатації даних пристроїв не було зареєстровано яких-небудь нещасних випадків з інвалідами яких транспортують, у результаті поломок.

У колишньому СРСР подібні розробки практично не проводилися, відома тільки конструкція, використовувана в авіатранспорті. На сучасному етапі в країнах СНД дані дослідження можливо проводяться, але відомості про них у пресі не зустрічаються.

В Україні КБ «Південне» провело розробку тролейбуса Т-3К, на одній із дверей якого є місце для розміщення підйомника. Але відомостей про нього також не вдалося знайти [1].

## 1.2 Аналіз конструкцій існуючих підйомних пристроїв

У світовій практиці, за останні кілька десятиліть, була розроблена досить велика кількість конструкцій, що забезпечують доступ людини з обмеженою рухливістю в салон транспортного засобу. Подібні розробки проводилися, як під егідою певних фірм, так і окремими розробниками. Всі вони домоглися певних результатів, найбільш типові з яких розглядаються нижче.

Одним з найпростіших пристосувань, але прямо не пов'язаних з рухомим складом, можна вважати бетонну тумбу з похилою поверхнею для в'їзду інваліда на колясці в салон екіпажу, що під'їхав [1].

Недоліком даного способу є необхідність точно підвести транспортний засіб до краю подібної рампи для її стикування із дверним прорізом, що вимагає від водія досить великої кваліфікації. Крім того, рампи такого принципу можуть бути використані тільки на лініях, що обслуговують рухомим складом з низьким рівнем підлоги, тому що в протилежному

випадку необхідно буде застосовувати додатковий пристрій для подолання прорізу між краєм рампи й верхнім шаблоном.

Достоїнствами даної конструкції є простота й відсутність механічних систем, що знімає необхідність періодичних оглядів.

Розглянемо ряд механічних конструкцій, розроблених різними фірмами.

1) Стационарний пантографний підйомник.

Даний пристрій був запатентований в 1993 році німецькою фірмою Gotthard. Її кінематична схема наведена на рис. 1.1 [5].

Підйомник складається з піднімальної платформи 1, поверхня якої збігається з рівнем підлоги, і двох ідентичних пантографних пристроїв, рознесених із двох сторін платформи. Кожен пантограф у свою чергу складається із двох планок 2 й 3, з'єднаних шарніром 4. У верхній частині планки 2 також є шарнір 5, жорстко з'єднаний із платформою. Планка 3 з'єднана шарніром 6 з кулаком 7, що вільно переміщається по штанзі 8. Переміщення платформи у вертикальному положенні здійснюється за допомогою електродвигуна 9 через редуктор 10. У нижній частині планки 2 є кулак 11, який переміщується в пазу 12. Вся конструкція поміщена під поверхню доріжки.

Механізм працює наступним чином. Після в'їзду інвалідної коляски на піднімальну платформу подається напруга на електродвигун, під впливом якого пантограф піднімає платформу нагору, і одночасно вперед для стикування із краєм кузова транспортного засобу. Після проїзду інваліда в салон напруга із двигуна знімається, і під дією сили ваги конструкція приходить у вихідне положення, тобто складається [5].

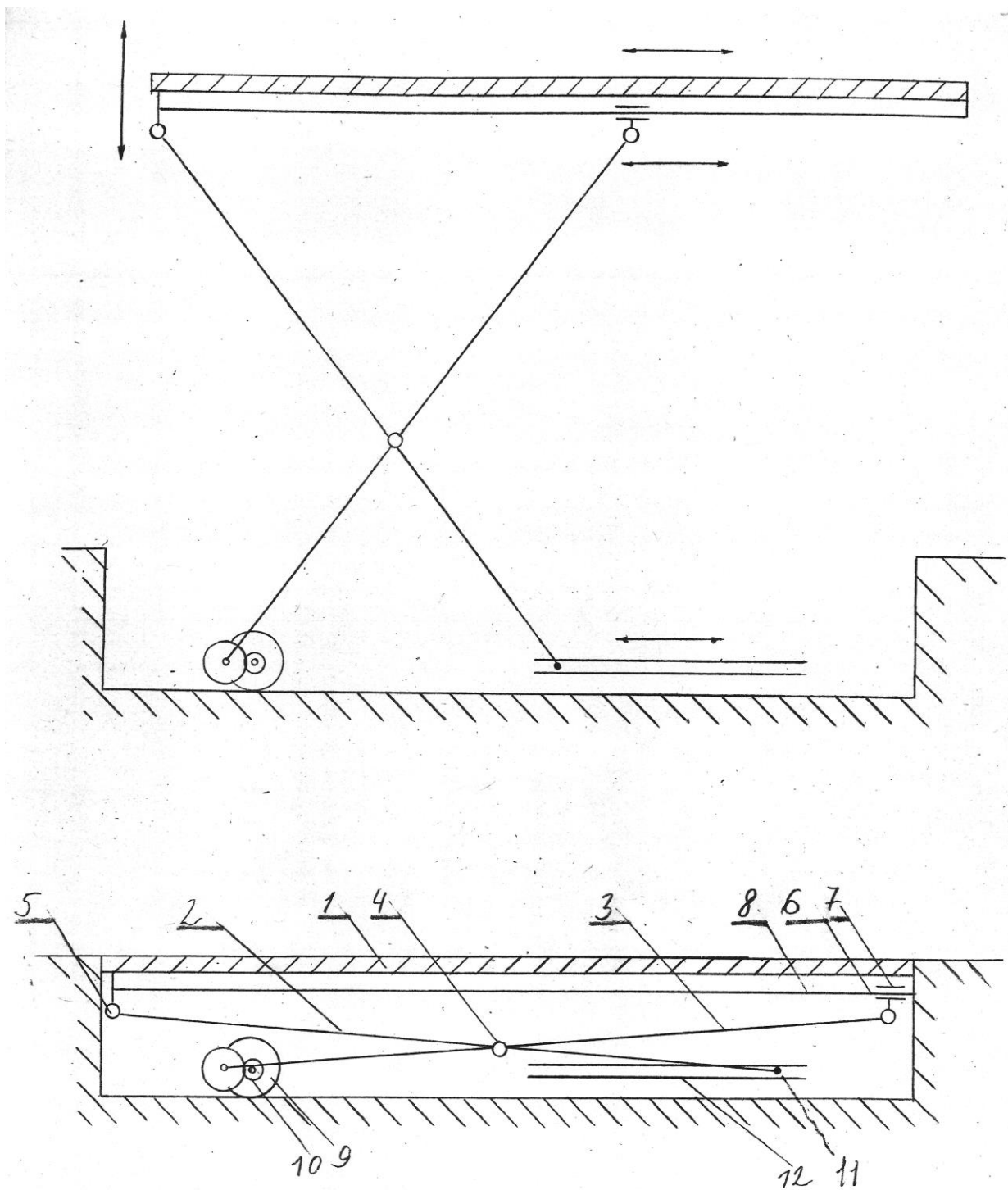


Рисунок 1.1 – Стационарний пантографний піднімач

Для керування поруч із платформою встановлюється стійка із кнопкою вимикання електродвигуна. Зняття напруги з електродвигуна робиться під впливом реле часу, по закінченні часу, достатнього для проїзду крісла з інвалідом до салону.

В іншому варіанті даний пристрій розміщують на колісній платформі,

що за сигналом інваліда транспортують на певну зупинку.

Недоліками такої конструкції можна вважати необхідність установки її на кожному зупинному пункті, що в масштабах великого міста досить дорого. Також як й у випадку з бетонною рамкою необхідна точність транспортного засобу при під'їзді до пристрою. Крім того для відводу дощових вод до поглиблення, у якому розташовується конструкція, необхідно проводити водостік до зливної каналізації.

Перевагою механізму є відносна простота.

## 2) Складні похилі ринви.

Дану конструкцію можна вважати однією з найпростіших, розташовуваних на самому транспортному засобі. Вона запатентована в 1990 році в Німеччині фірмою L.T.I.L.I.N.T.D, і являє собою дві ринви, кожна з яких складається із двох вхідних друг до друга частин. Ринви розміщені на ширині інвалідної коляски. У складеному стані вони розташовуються в спеціальних пазах нижче рівня підлоги. Звідки, при необхідності, висуваються вручну, і одним кінцем опираються на землю, а іншим на підлогу транспортного засобу [3].

Достоїнством такого механізму є максимальна простота конструкції, невибагливість і дешевина. Недолік - відсутність привода для автоматизованого приведення в розкритий стан.

## 3) В'їзна рампа.

В'їзна рампа запатентована в 1990 році фірмою Grunecker, Rinkelley, Stockmair Partner. Кінематична схема даної конструкції наведена на рис. 1.2 [3].

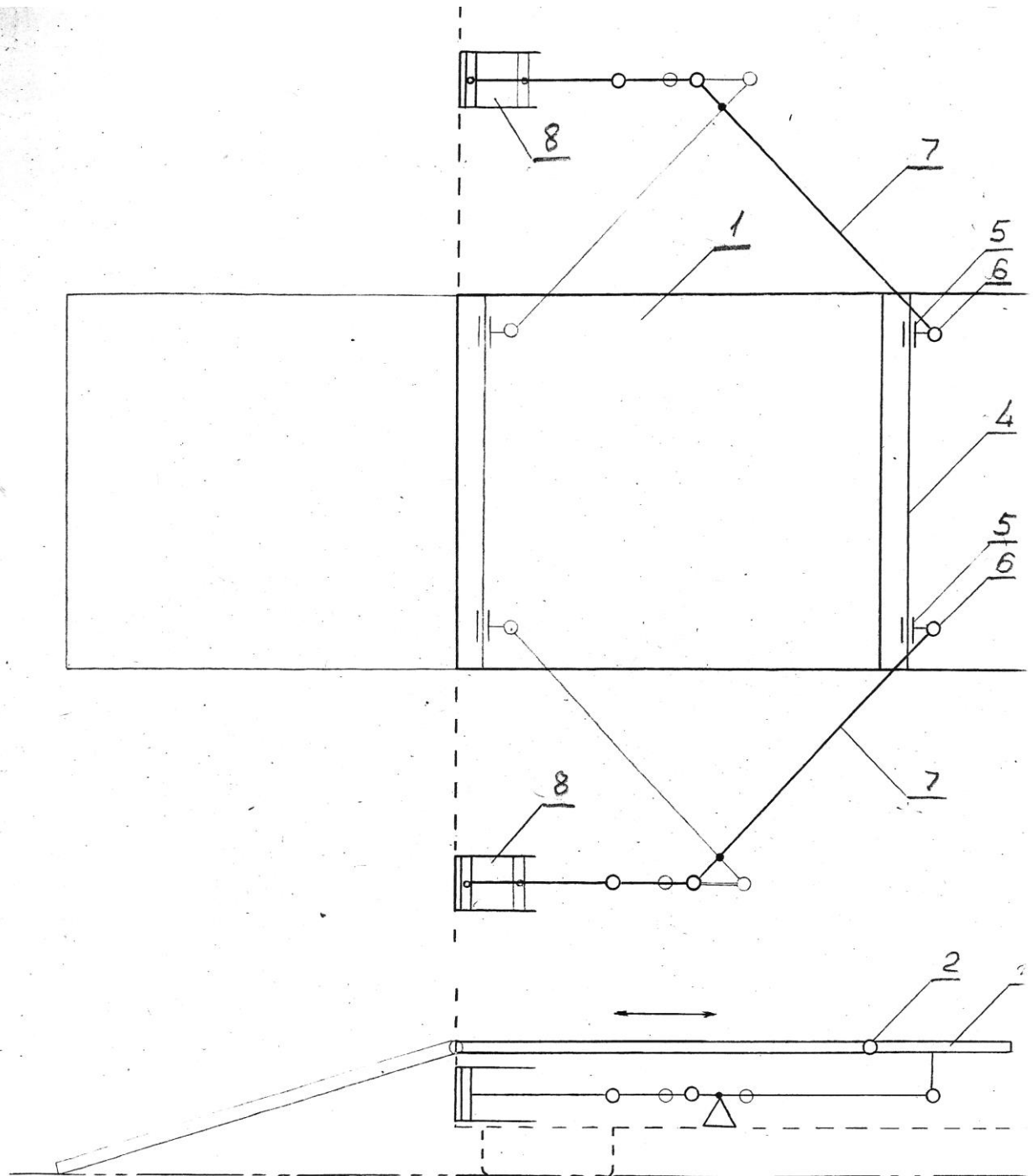


Рисунок 1.2 – В'їзна рампа

Пристрій складається з рампи 1, що за допомогою шарнірів 2, з'єднана з рознесеними напрямними 3. Напрямні з'єднані штангою 4, по якій ходять кулаки 5, кожен з яких за допомогою шарнірів 6 і важелів 7 з'єднані з гідроциліндрами 8. З'єднуючі важелі мають шарнірні опори 9 на раму екіпажа.

У складеному стані рампа розташовується під поверхнею підлоги

транспортного засобу. Якщо буде потреба вона під впливом зусиль від гідроциліндрів, що пересуваються через важелі 7, кінці яких через кулаки 9 на штангу, рамка висувається з кузова, під впливом сили ваги повертається щодо осі шарніра 2 й одним своїм кінцем стикається з поверхнею дороги. При цьому напрямні 3 пересуваються спеціальними пазами і залишаються в корпусі транспортного засобу. Рамка в розгорнутому стані зображена на рис. 2.2 тонкими лініями. Після проїзду інваліда рампа складається також під впливом гідроциліндрів у зворотній послідовності [5].

#### 4) Складена рампа.

Дана рампа запатентована тією же фірмою, що й проста рампа в 1990 році. Її кінематична схема представлена на рис. 1.3.

Вона складається із сегментів рампи 1 і 2, передній кінець останнього сегмента шарнірно з'єднаний з телескопічними важелями 3, які опираються на кузов за допомогою кульових шарнірів 4, і через також кульові шарніри 5 й 6 з'єднані з гідроциліндрами 7, що грають роль привода. Застосування кульових шарнірів обумовлене тим, що конструкційні елементи даного пристрою в трьох площинах. Кінець рампи, зверненої до кузова за допомогою шарнірів 8, з'єднується з напрямними 9.

У складеному стані така рампа перебуває на одному рівні з підлогою транспортного засобу, другий сегмент рампи при цьому розміщується під першим. При висуванні гідроциліндри тягнуть за важелі 3, які витягають другий сегмент рампи, що з'єднується з першим при повному розкритті, і також витягає його. При цьому телескопічні важелі подовжуються. Рампа з'єднана із транспортним засобом шарнірами 8, навколо осі яких під дією сили ваги вона стикається з дорогою. Рампа в розкритому стані позначена на рис. 2.3 тонкими лініями.

При складанні рампи всі операції повторюються у зворотному порядку.

В іншому варіанті привод складеної рампи подібний до простої рампи, але важелі-штовхачі опираються не на кулаки, а на додаткові штовхачі, які також з'єднані із другим сегментом шарнірами.



Складена рампа вигідно відрізняється від простої тим, що займає менше простору під підлогою транспортного засобу.

Недоліком обох рампових конструкцій є те, що вони можуть бути використані тільки на рухомому складі з низьким рівнем підлоги, тому що при використанні на транспорті зі звичайним рівнем підлоги рампи повинні мати досить велике подовження, що надає такій конструкції більшу громіздкість.

Позитивною стороною можна вважати простоту керування механізмом.

#### 4) Вбудований підйомник ліфтового типу.

Європатент на такий підйомник був отриманий фірмою VEHICULES в 1991 році. Схема конструкції представлена на рис. 1.4 [5].

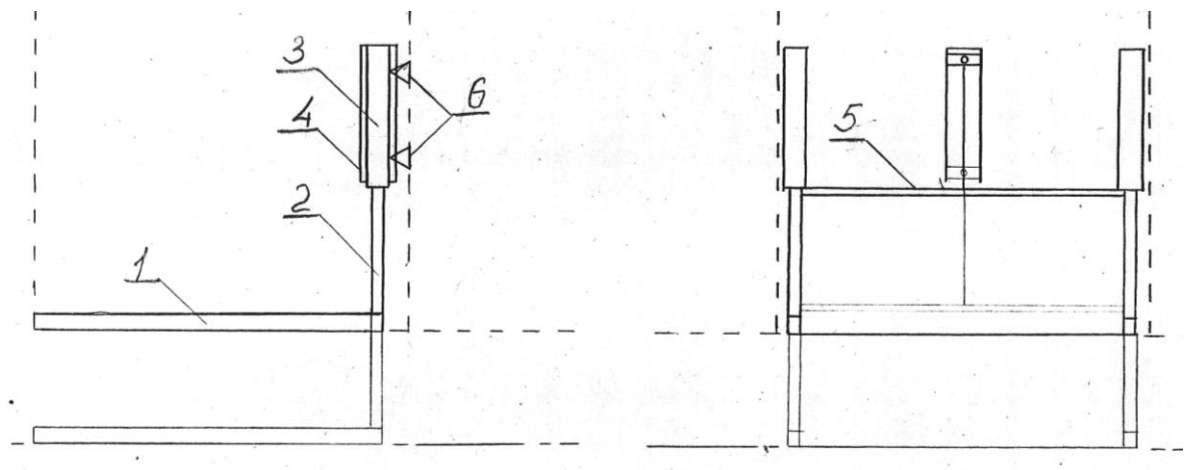


Рисунок 1.4 – Вбудований підйомник ліфтового типу

Вбудований ліфтовий підйомник складається з піднімальної платформи 1, що у вихідному стані являє собою сектор підлоги транспортного засобу. Платформа прикріплена до вертикальних напрямних стійок, які являють собою телескопічні пристрої, що складаються з піднімальної трубки малого діаметра 2, що вільно ходить у трубі великого діаметра 3. Для переміщення платформи у вертикальному напрямку є гідроциліндр 4, тяга якого кріпиться до поперечної планки 5, приєднаної до рухливих трубок обох телескопічних пристроїв.

Конструкція працює наступним чином. При необхідності гідроциліндр опускає піднімальну платформу, що лягає на дорогу прямо під кузовом рухомої одиниці. Інвалід на колясці в'їжджає на платформу, після чого вона піднімається до рівня підлоги транспортного засобу [5].

Нерухомі трубки телескопічного механізму мають у собі пристрої, що заклинюють рухомі трубки, тим самим, забезпечуючи нерухомість платформи. Це необхідно для забезпечення безпеки перевезення пасажирів.

Вся конструкція кріпиться за допомогою опор до бічної стінки кабіни водія.

Істотним недоліком даного пристрою є те, що для його установки необхідно зібрати несучі елементи рами рухливої одиниці безпосередньо перед дверима, що послабляє несучі можливості. Серед недоліків можна назвати також те, що даний підйомник можна використати тільки на транспорті з низьким рівнем підлоги, тому що в іншому випадку на двері з подібним пристроєм установка сходів буде проблематичною.

Перевагами є простота конструкції й порівняльна простота технічного обслуговування. Крім того, ліфтовий підйомник даного типу недорогий у порівнянні з іншими підйомниками, тому що містить мінімум деталей.

Дана конструкція громіздка, дорога, вимагає складного технічного огляду. Крім того конструкція підйомника розташована в салоні й створює незручності для звичайних пасажирів, хоча вона позбавлена ряду недоліків попереднього пристрою.

##### 5) Підйомник з ланцюговою стабілізацією платформи.

Такий підйомник фірма RICON CORPORATION запатентувала в 1994 році. Кінематична схема конструкції представлена на рис. 1.5 [5].

Пристрій складається з піднімальної платформи 1, на кінці якої є вал 2 із двома зірочками 3. До цього вала, за допомогою кулаків 4 кріпиться піднімальна рама 5, що у свою чергу, за допомогою кулаків 6 поворотно встановлена на висувній рамі 7. Висувна рама має кронштейни 8, на які нерухомо насаджені зірочки горизонтальної стабілізації платформи 9, вісь

яких збігається з поворотною віссю піднімальної рами 5. Зірочки 9 з'єднані ланцюгами із зірочками платформи 3. На висувній рамі є також серводвигун 10, на обертовий вал якого посаджена ведуча зірочка підйому платформи 11, з'єднаною ланцюгом з веденою зірочкою 12, насадженої на вал піднімальної рами. До цього вала за допомогою кулака 13 також кріпиться штовхач гідроциліндра 14, для розміщення якого у висувній рамі є проріз.

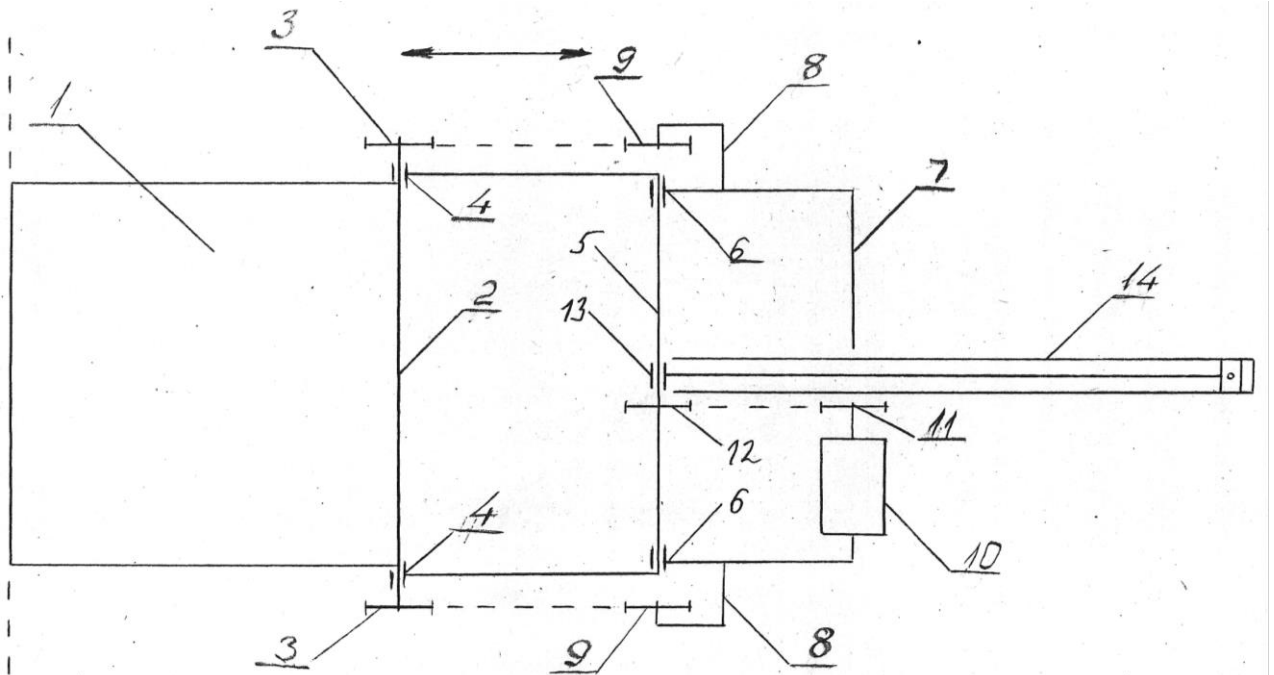


Рисунок 1.5 – Підйомник з ланцюговою стабілізацією платформи

Підйомник у складеному стані перебуває в прорізі влаштованому під днищем транспорту, як це показано на рис. 1.6. При необхідності гідроциліндр впливає через штовхач на піднімальну раму й висуває пристрій з положення під кузовом у висунуте положення. Далі відбувається включення серводвигуна, що за допомогою своєї провідної зірочки й веденої зірочки на валу поворотної рами, змушує її переміщатися проти годинної стрілки. При цьому піднімальна платформа опускається вниз до контакту з поверхнею дороги. Її горизонтальна стабілізація забезпечується зірочками 3, незмінне положення яких забезпечується за допомогою ланцюгового з'єднання із зірочками горизонтальної стабілізації 9. Після в'їзду коляски з

інвалідом на платформу серводвигун переміщає поворотну раму по годинній стрілці до стикування платформи з підлогою рухомої одиниці. Інвалід в'їжджає до салону екіпажу. Далі серводвигун переміщає платформу з поворотною рамою в горизонтальне положення й пристрій за допомогою гідроциліндра висувається під кузов транспортного засобу.

Як перевагу даної конструкції можна відзначити, що вона не займає місця в салоні екіпажа, досить швидко транспортує пасажирів усередину салону. Горизонтальна стабілізація піднімальної платформи проводиться без складних пристроїв.

Недоліки її в тім, що конструкція громіздка, вимагає застосування спеціальних пристосувань для контролю положення елементів пристрою. Крім того, вона складна, а значить дорога, тому що має велику кількість елементів.

б) Підйомник з паралелограмною стабілізацією платформи.

Дана конструкція запатентована в 1994 році фірмою RICON CORPORATION. Кінематична схема пристрою зображена на рис. 1.6 [5].

Підйомник складається з наступних елементів: піднімальна платформа 1, прикріплена до рухливої трубки 2, що вільно ходить у трубці великого діаметра 3. До неї також за допомогою планки 4 кріпиться гідроциліндр 5, тяга 6 якого може переміщати піднімальну платформу у вертикальному напрямку. До трубки 3 також шарнірно приєднується паралелограмний механізм, що складається з важелів 7 і 8, шарнірно закріплених за допомогою опор 9 до рами транспорту. Важелі 8 мають приводи від гідроциліндрів 10.

Механізм працює в наступній послідовності. У складеному стані він знаходиться в салоні екіпажа в положенні А. Для транспортування інваліда спочатку піднімальна платформа під дією тяги гідроциліндра, піднімається в положення В, далі починають діяти приводи паралелограмного механізму. Їхні важелі повертаються навколо нижніх осей і приводять платформу в положення С. Після чого гідроциліндр опускає платформу до рівня дороги в положення D. Після заїзду інваліда на піднімальну платформу пристрій у

зворотному порядку піднімає платформу в положення С, потім привод паралелограмних механізмів піднімає її до салону, і гідроциліндр опускає платформу до рівня підлоги.

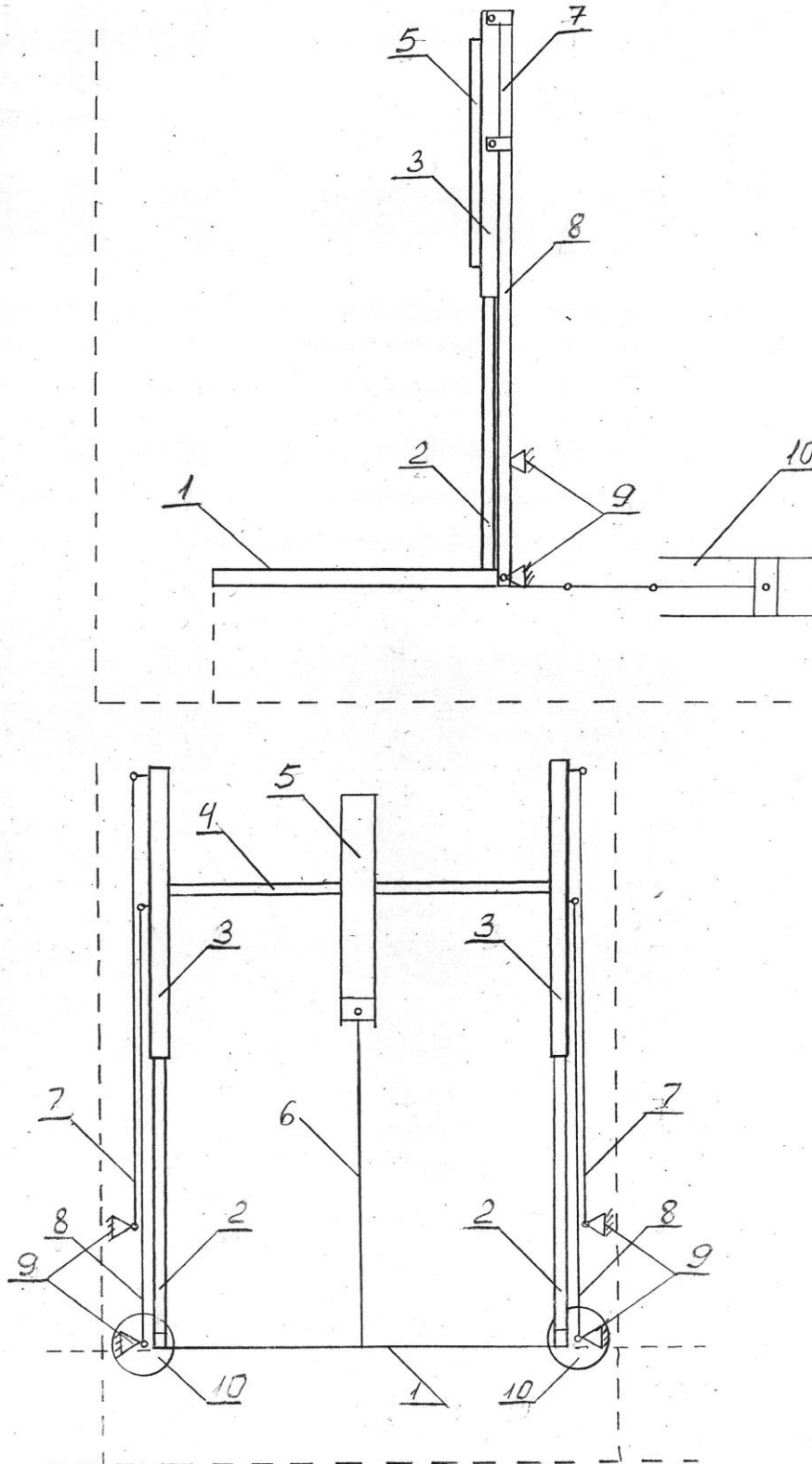


Рисунок 1.6 – Підйомник з паралелограмною стабілізацією платформи

Керування даним пристроєм не вимагає застосування складних електронних пристроїв, переміщення інваліда в салон транспорту здійснюється досить швидко, але елементи пристрою розташовуються в салоні, крім того, потрібен високий дверний проріз. Конструкція має складну кінематичну схему, велику кількість елементів, отже, система має низьку надійність.

7) Підйомник з падаючою платформою й рампою, що розкладається [5].

Кінематична схема такого підйомника наведена на рис. 2.8. Дана конструкція містить у собі рампу й піднімальну платформу. Платформа 1, за допомогою шарнірів, з'єднана з рознесеними важелями 2 й 3, у свою чергу шарнірно з'єднаними з опорами 4, закріпленими на рамі кузова. Важіль 3 має привод від гідроциліндра 5. Рампа являє собою шарнірно з'єднані площини щаблів 6,7,8 і 9. Сходи у свою чергу становлять рухливі паралелограми з рознесеними по обидві сторони штангами, що розкручуються, 10 і 11, з'єднаними шарнірами 12. Нижня штанга лежить на роликах 13, що забезпечують поздовжнє переміщення системи. Штанга 11 має на своєму кінці кулак 14, що ходить по напрямній 15. Площина щабля 7 також продовжена штангою 16, що має на кінці кулак 17, що ходить по напрямній 18.

У звичайному стані підйомник являє собою елемент підлоги зі сходами (рис. 1.7). При необхідності гідроциліндр штовхає важіль 3, внаслідок чого піднімальна платформа опускається вниз, кулаки щаблів 17 і штанг, що розкриваються, 14 ідуть по своїм напрямним і сходи розкриваються йдучи спочатку вперед, а після проходження шарніром 12 краю кузова вниз до повного розкриття. При цьому щаблі перетворюються в похилу рампу. Кулаки при повнім розкритті рампи сходяться в одній точці.

Інвалід в'їжджає по рампі й зупиняється на піднімальній платформі. Далі гідроциліндр витягає платформу назад до рівня підлоги, рампа складається у зворотному напрямку й перетворюється в щаблі.

Ця установка проста в керуванні, не має елементів у салоні, щаблі

дозволяють проходити звичайним пасажиром.

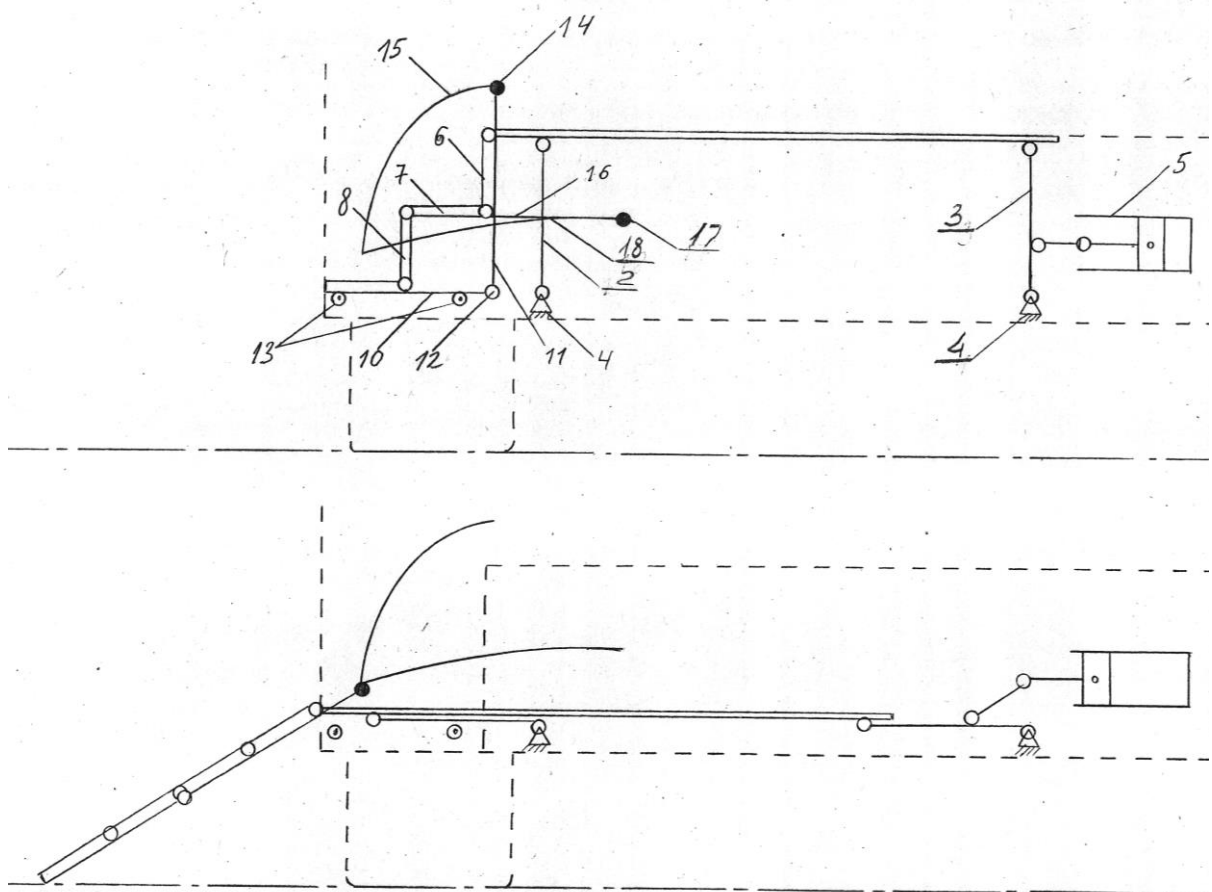


Рисунок 1.7 – Підйомник з падаючою платформою й рампою, що розкладається

*Систематизація засобів транспортування інвалідів до салону транспортного засобу.*

З докладного розгляду окремих варіантів існуючих конструктивних схем можна скласти структурну схему класифікації їх за рядом основних ознак.

Так, за розміщенням щодо транспортного засобу можна розділити на конструкції, що розташовані на рухомому складі й на зупинному пункті. До першого відносять конструкції на рис. 2.2 – 2.9, а до других бетонна рампа й конструкція рис. 1.8 [5].

Засоби, які монтують на транспорті у свою чергу, можна розділити на властиво підйомники, похилі рампи й змішані конструкції. Підйомники або піднімальні платформи, можна ще розділити на ліфтові підйомники, підйомники з ланцюговою стабілізацією платформи й з паралелограмною

стабілізацією платформи.

Для приводу розглянутих тут пристроїв можна застосовувати як гідро - або пневмоциліндри, так і електродвигуни. Використання гідроциліндрів пов'язане з необхідністю установки на транспорті додаткової гідросистеми або підключатися до існуючої, що працює в системі рульового керування. Очевидно, це можливо, оскільки система рульового керування, на зупинках не працює.

Тому застосування пневмоциліндрів не вимагає установки окремих систем, тому що на тролейбусах є досить потужна пневмережа. На трамваях же немає ні гідро- ні пневмереж, отже доцільно ставити підйомники із приводом від електродвигунів.

З перерахованого вище, можна зробити висновок, що при виборі приводів для проекрованої конструкції необхідно керуватися конкретними умовами на транспортних засобах, які конструюють.

Проаналізуємо такі способи керування піднімальними засобами. Можливі два варіанти керування, коли сам інвалід подає сигнал на надавання руху пристрою, або цим займається водій. У першому варіанті кнопка включення конструкції перебуває зовні на кузові транспорту. У цьому випадку інвалід під'їжджає до дверей, натискає кнопку й в'їжджає в салон. Цей метод підходить у випадку використання висувної рампи, тому що система її керування, як правило, проста. Для піднімальних платформ, внаслідок великої складності конструкції, доцільніше доручити керування водієві.

Необхідно також вирішити питання місця розташування інваліда в салоні транспортного засобу. У випадку, якщо передбачається велика кількість перевезень інвалідів, таких місць необхідно передбачити декілька. Ці місця доцільніше розташувати якнайближче до дверей, обладнаних підйомником. Так похилі рампи варто встановлювати на середні двері, і доручити керування ними самому інвалідові. Отже, місця для крісел-каталок необхідно обладнати навпроти середніх дверей. У випадку застосування

піднімальної платформи, за викладеними вище причинами, її встановлюють на передніх дверях так, що місця необхідно проектувати безпосередньо за нішами передніх коліс, що незручно, тому що в цьому випадку при посадці й висадженні інваліда між інвалідом і передніми дверима повинні звільнити прохід у мінімально короткий час. У випадку перевезення одного інваліда, він може увесь час поїздки залишатися на піднімальній платформі.

Зробимо вибір розглянутих пристроїв, стосовно до існуючих у нас умовах.

У нашій країні застосовується рухомий склад переважно з високим рівнем підлоги. Екземпляри з низьким рівнем підлоги хоча й проектуються, але серійне їхнє виробництво знаходиться у віддаленій перспективі. Отже застосування на нашому транспорті висувних похилих рамп недоцільно. Пристосування, що розміщаються на зупинних пунктах також важко застосовні, тому що вимагають великих капітальних витрат. Таким чином, коло розгляду різного роду піднімальних платформ звужується.

Як видно з опису викладених вище конструкцій недоліками ряду з них є велика громіздкість, складність і відповідно низька надійність.

Очевидно, з порівняння переваг і недоліків окремих конструкцій можна запропонувати конструкцію висувного паралелограмного підйомника, встановленого поруч із кабіною водія й керованого ним. Конструктивна схема такого підйомника представлена на рис. 1.8 [5].

Даний пристрій містить піднімальну платформу 1, закріплену на рознесеній рамі. Рама являє собою паралелограмні механізми, що складаються із планок 2 і 3. Механізми у свою чергу кріпляться до висувної рами 4, на якій розташовується їх висувач 5. На валу серводвигуна насаджена ведуча зірочка підйому платформи 6, з'єднаною ланцюгом з веденою зірочкою 6. Ведена зірочка кріпиться до вала, що з'єднує планки 3 паралелограмних механізмів. До рами приєднаний також гідроциліндр 8 і упори 9.

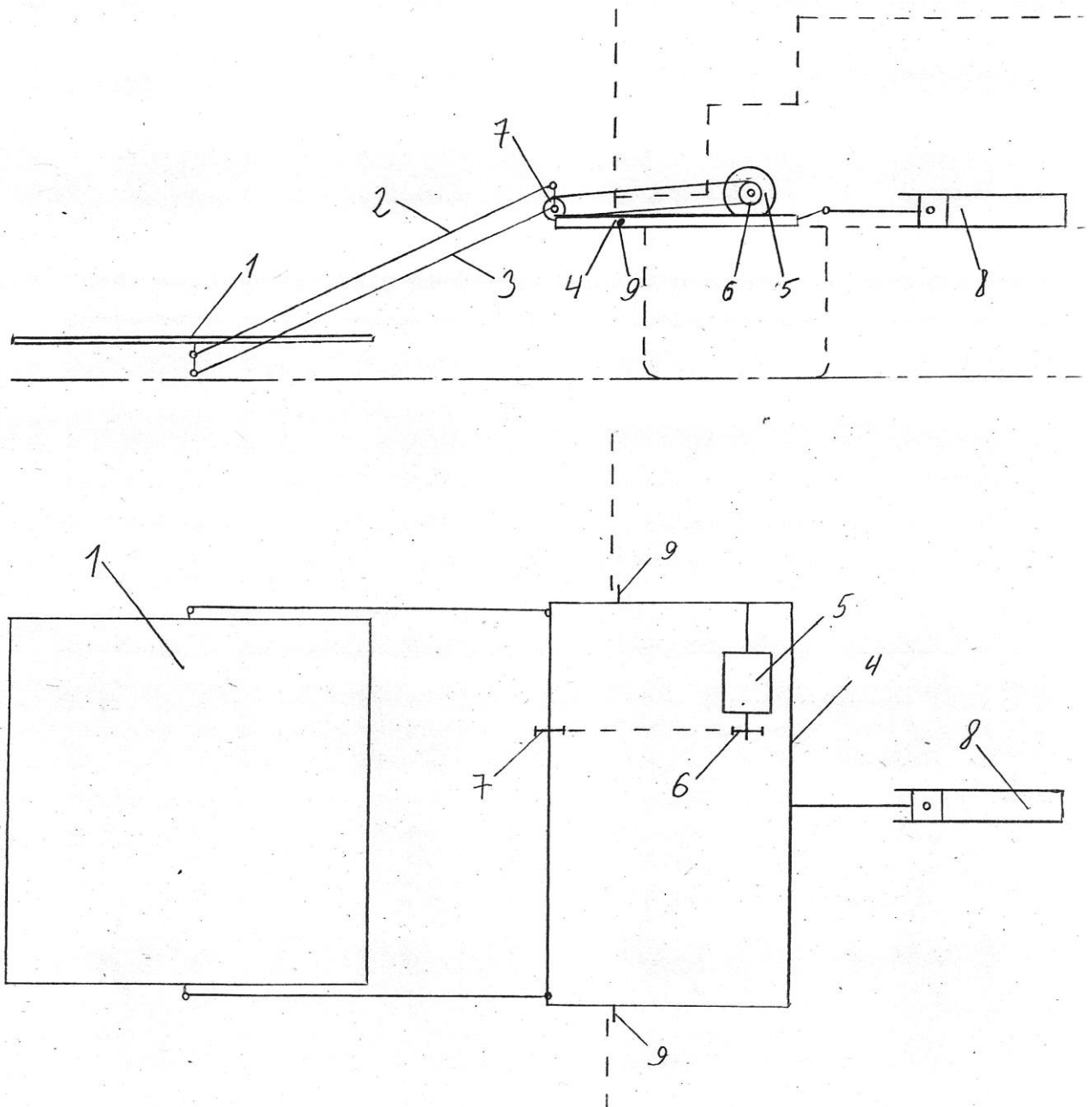


Рисунок 1.8 – Висувний паралелограмний підйомник

Пристрій працює наступним чином. У складеному стані він розташований в салоні екіпажу й при необхідності висувається назовні за допомогою гідроциліндра. Для пропуску паралелограмних механізмів у щаблях і підлозі екіпажа є спеціальні пази. Потім включається серводвигун, що за допомогою ланцюгової передачі виносить платформу із салону й опускає на дорожнє полотно. Після виїзду інваліда на платформу серводвигун обертанням у протилежну сторону переміщає платформу в салон. Далі циліндр вертає конструкцію в первісне положення.

Передбачається, що даний пристрій не буде мати виступаючих у салон елементів, не займе багато місця в кузові, буде простий у керуванні й безпечний в експлуатації.

## 2. Вибір конструкції підйомника ліфтового типу

### 2.1 Традиційна конструкція підйомника

Новий рухомий склад виготовляється за європейськими стандартами і відповідає всім нормам екології. Але найголовніше те, що він обладнаний місцем для інвалідів. Водій, під'їжджаючи до зупинки, натискає спеціальну кнопку, що опускає праву частину тролейбуса, потім виходить з нього і розправляє пандус, потім допомагає заїхати інваліду (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Заїзд інваліда в громадський транспорт і загальний вид пандуса

Усе займає не більше 2-3 хвилин. Притому це буде не на кожній зупинці, тому що поки наші інваліди не ризикують користуватися громадським транспортом. Та й місця для інвалідів у рухомому складі приділяються переважно на задній площадці. Крім пандуса в рухомому складі є спеціальні поручні для людей похилого віку, а також крісла з підлокітниками.

Подібний рухомий склад повинен рухатись маршрутами, що мають велику соціальну значимість, на його шляху проходження розташований центр соціальної допомоги родині, обласний реабілітаційний центр для дітей-інвалідів, керування соціального захисту по місту і залізничний вокзал.



Рисунок 2.2 – Виїзд інваліда з громадського транспорту



Рисунок 2.3 – Різновид конструкцій пандусів



Рисунок 2.4 – Устаткування громадського транспорту пандусами

Керівництво підприємства інформує людей з обмеженими можливостями здоров'я про те, що довідатися графік руху тролейбуса цікавлячого маршруту можна за телефоном диспетчерської служби.

У системі автоматизованого проектування КОМПАС-3Д були розроблені конструкції пандусів з урахуванням особливостей матеріалу, з якого вони можуть бути виготовлені.

На задній площадці тролейбуса встановлюються напрямні для заїзду інвалідної коляски (рис. 2.5), як вихідний матеріал використовується дюралюмінієвий швеллер 1915 440162 ДСТ 8617-81 довжиною 2,7 м. Направні укладаються в сталевий швеллер. Різниця у висоті підлоги усувається за допомогою піднімального механізму.

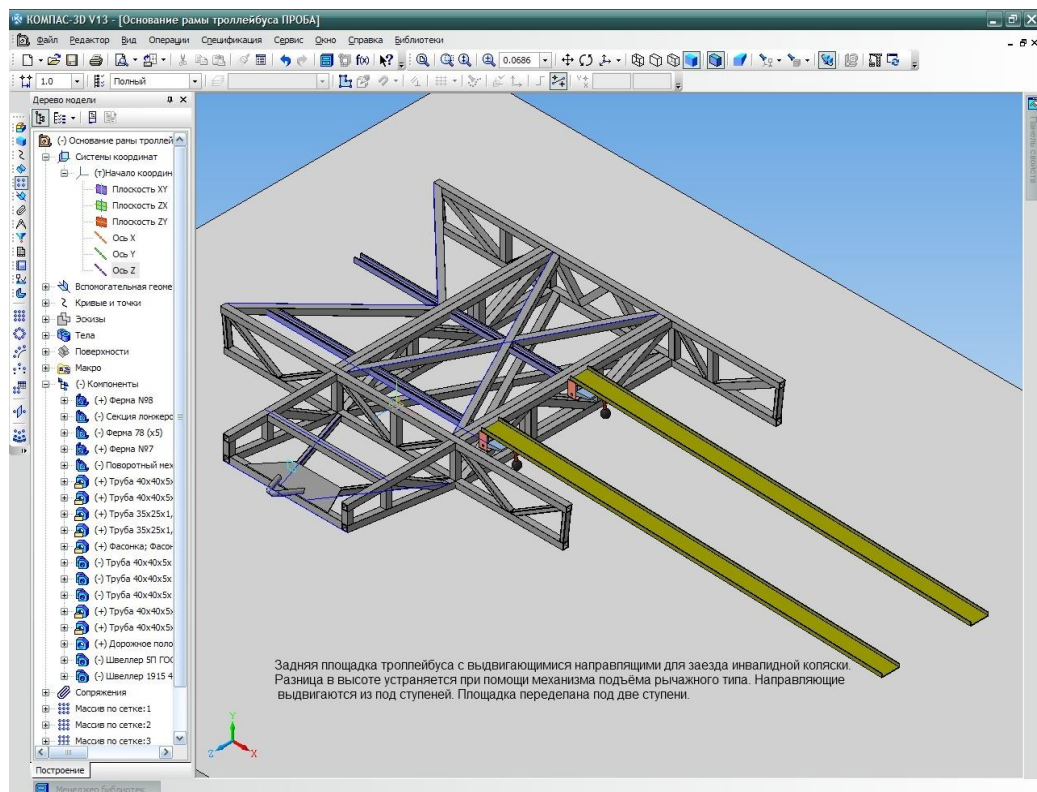


Рисунок 2.5 – Конструкція пандуса з напрямними, що висуваються

З метою зменшення довжини напрямних, що висуваються, розглянутий варіант направляючих полозів, що складаються (рис. 3.6).

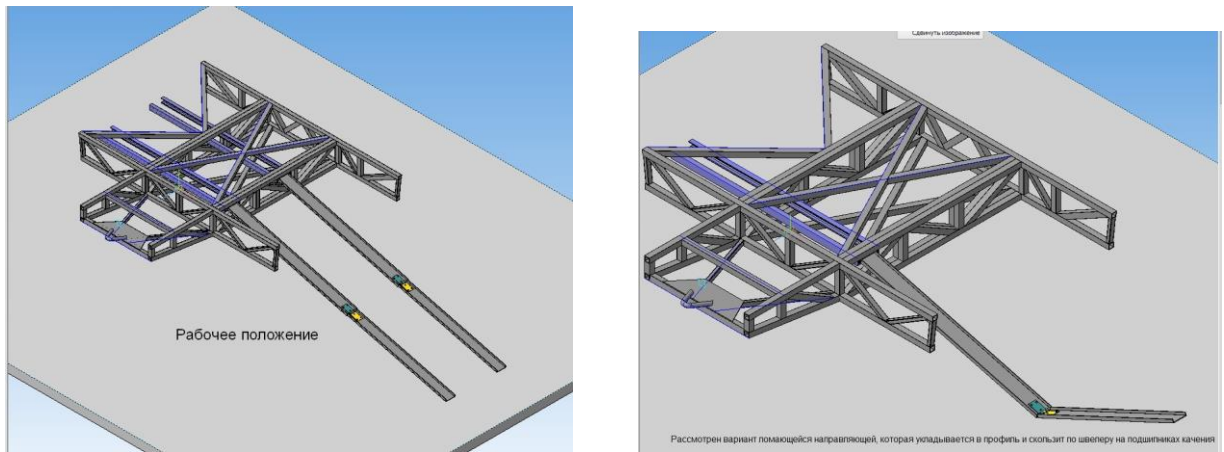


Рисунок 2.6 – Направляючі полози, що складаються

Розглядалися й інші варіанти модернізації тролейбуса (рис. 2.7).

Направляючі полози виготовляються зі сталевого гнучкого профілю з товщиною стінки 4 мм, довжиною не більш 1,5 м.

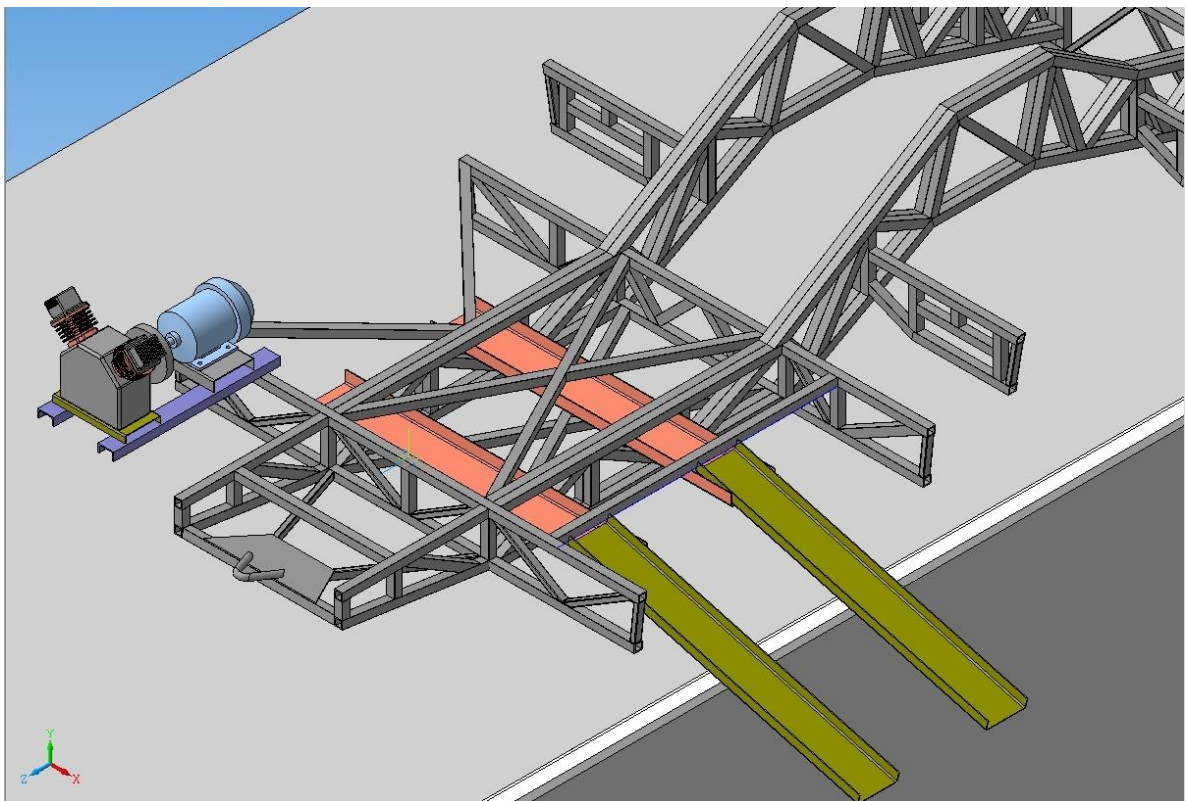


Рисунок 2.7 – Конструкція пандуса з напрямними, що висувуються, і розміщенням компресорної установки на задній площадці

Як альтернативний варіант, була розглянута площадка, що висувається, (рис. 2.8). Горизонтальне переміщення здійснюється за допомогою чотирьох кулькопідшипників, що сковзають по сталевому гнучому профілі. В розглянутому варіанті вибираємо:

1. 16 мм лист фанери
2. Встановлюємо з боків Z-образний сталевий профіль товщиною 4 мм
3. Кріпимо осі під підшипник по краях  $\varnothing = 12$  мм
4. Напресовуємо підшипник на кожну вісь
5. Майданчик з підшипниками з боків переміщається Z-образними напрямними
6. Плоскопаралельне переміщення площадки закінчується при торканні двох підшипників упора і під власною вагою переднє ребро площадки опускається на асфальт. Аналогічним образом площадка повертається до вихідного стану.

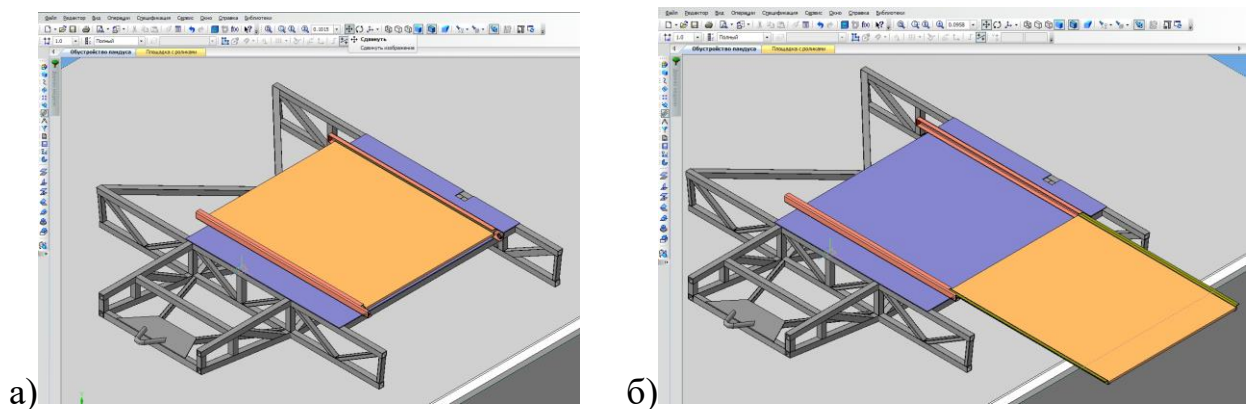


Рисунок 2.8 – Площадка, що висувається:

а) транспортне положення; б) робоче положення;

Рівень пандуса вирівнюється установкою додаткової підлоги, що складається з фанери і килимкової гуми (рис. 2.9).

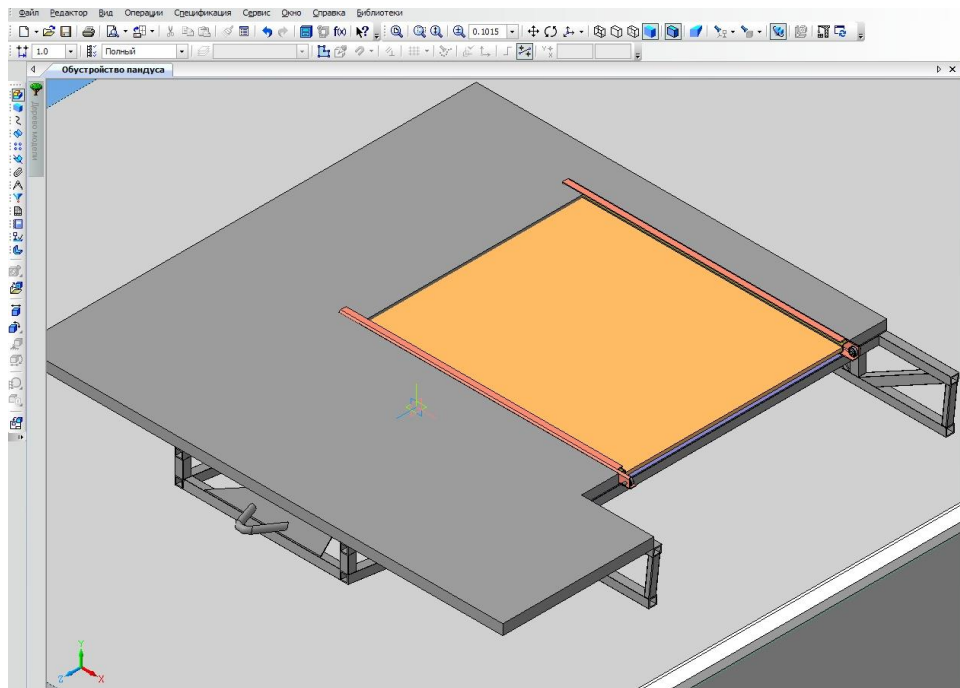


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд висувної площадки

Більш спрощена й економічно доцільна конструкція висувної площадки представлена на рис. 2.10 - 2.12. Місце під пандус зашивається сталевим листом товщиною 2 мм. Поверх листа приварюються два куточки 20x20 мм, торці яких заварюються. Лист фанери товщиною 14-16 мм переміщається куточковими напрямними.

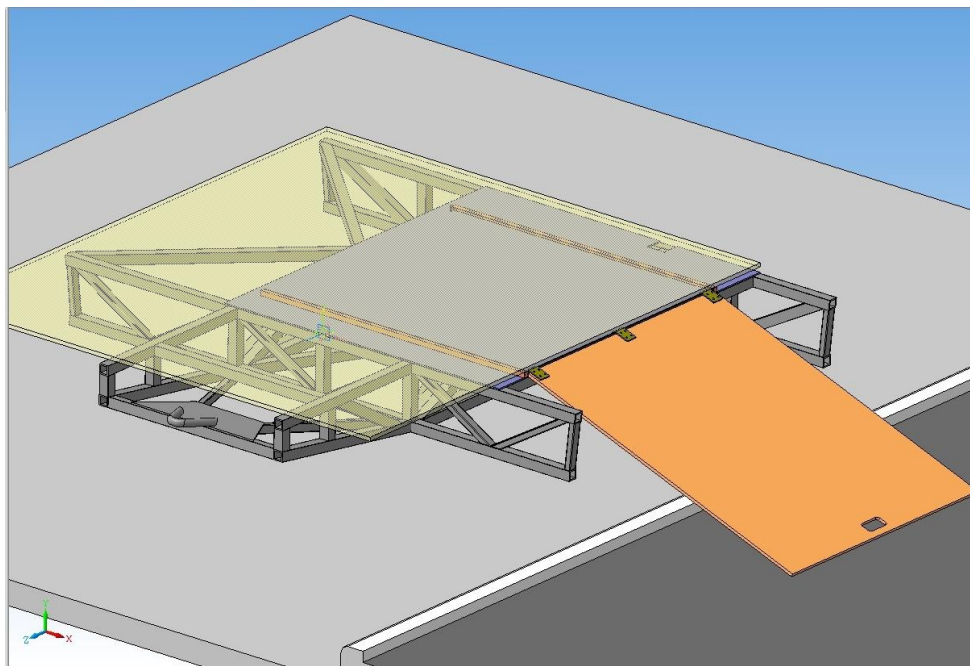


Рисунок 2.10 – Конструкція пандуса, що засувається під підлогу салону тролейбуса

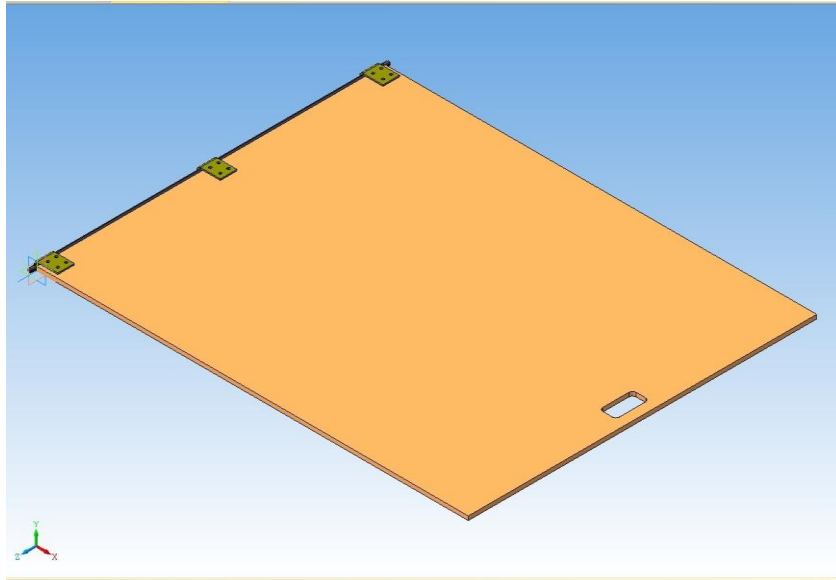


Рисунок 2.11 - Площадка, що висувається

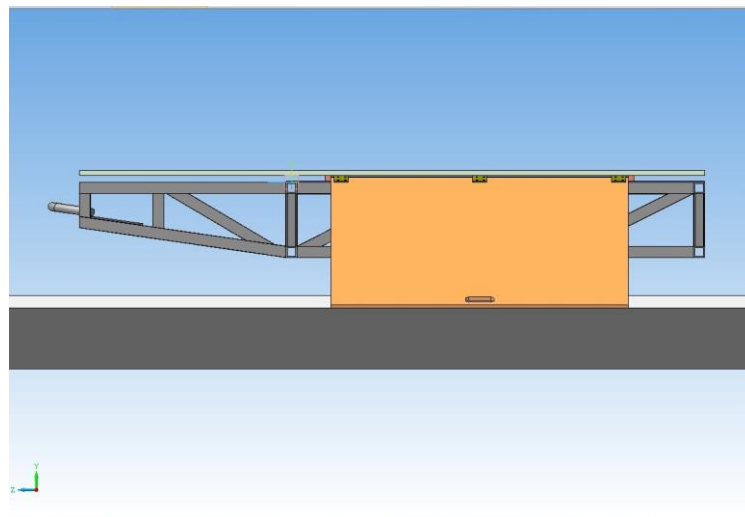


Рисунок 2.12 – Конструкція пандуса, що засувається під підлогу салону тролейбуса (вид збоку)

## 2.2 Конструкція підйомника ліфтового типу

Такий підйомник був запатентований в 1992 році фірмою MEIER. Кінематична схема представлена на рис. 2.5 [6].

Піднімальна платформа 1, конструкції кріпиться до гідроциліндрів 2, які являють собою вертикальні стояки, і, у свою чергу, за допомогою планки 3 прикріплюються до штовхача горизонтального гідроциліндра 4.

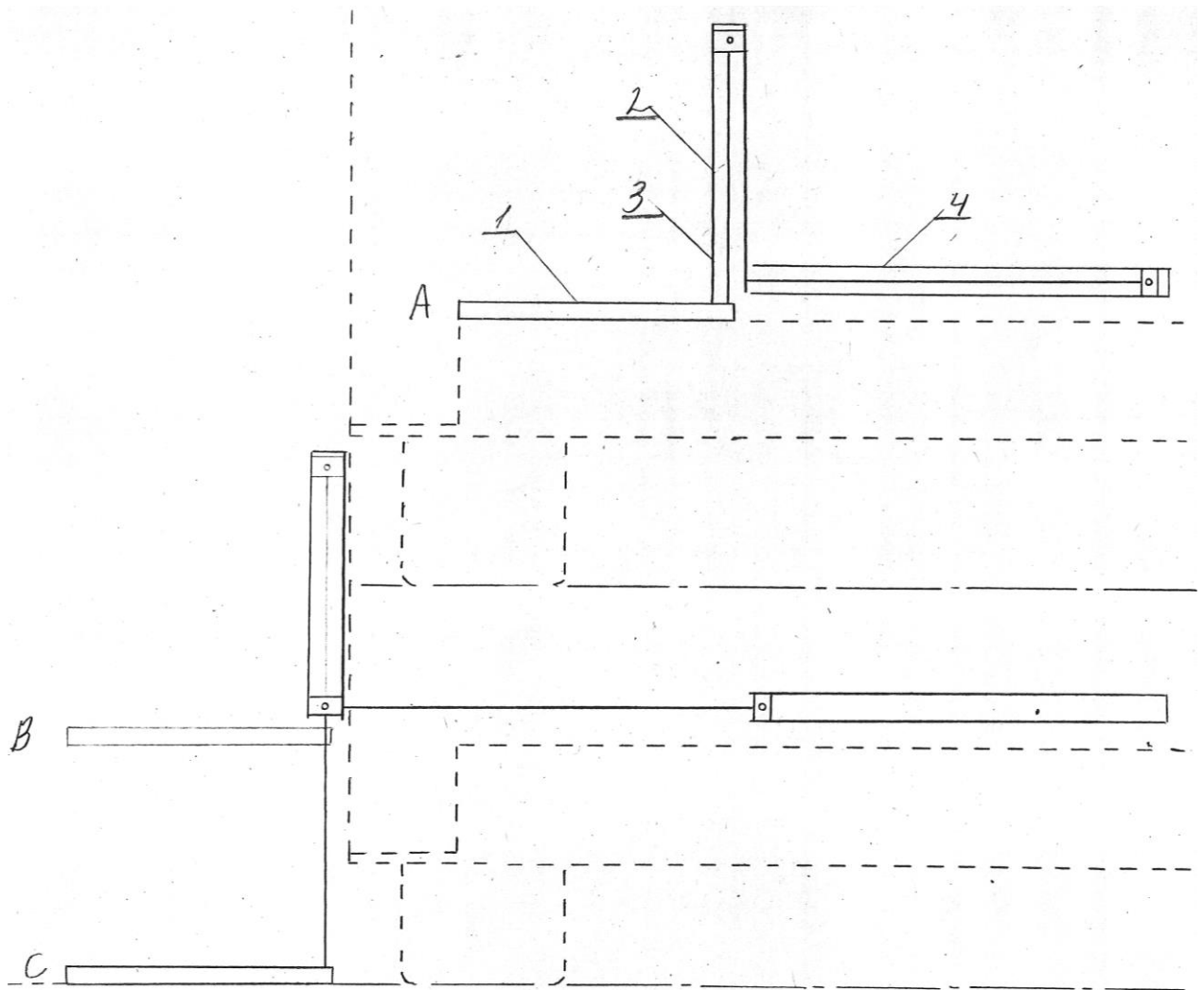


Рисунок 2.13 – Підйомник ліфтового типу, що висувається

Працює пристрій наступним чином. У складеному стані він перебуває в салоні в положенні А (рис. 2.13). При необхідності за допомогою горизонтального гідроциліндра піднімальна платформа висувається назовні, у положення В. Далі платформа під дією вертикальних циліндрів опускається до рівня дороги, у положення С. Складається підйомник у зворотному порядку, платформа підтягується нагору й засувається до салону екіпажу.

Горизонтальний циліндр може бути розміщений нижче рівня підлоги.

### 3 Розрахунок на міцність основних елементів конструкції

#### 3.1 Розрахунок на міцність ліфтового підйомника

Як видно з креслення апарель для посадки в тролейбусі людей з обмеженими фізичними можливостями складається з двох розсувних напрямних – основної і додаткової. Основна напрямна, як показано на рис. 3.1, приблизно, повинна бути «С» образного перерізу (гнутий профіль ДСТ 8282 - 57) для того щоб у неї могла всуватись додаткова такого ж чи швелерного перерізу.

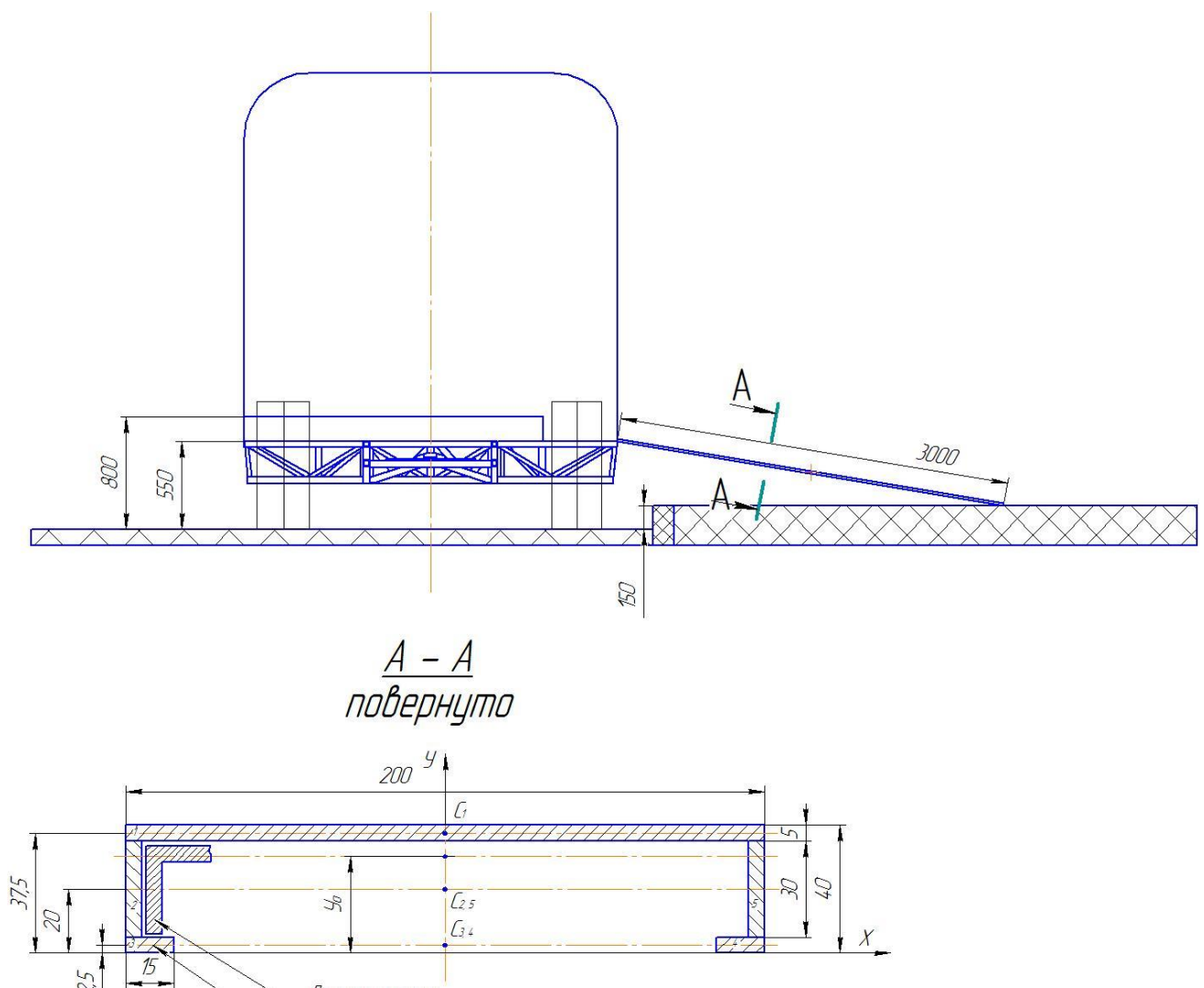


Рисунок 3.1 – Ескіз установки апарелі

Розрахунок на міцність напрямних ведеться на вигин, як балок, лежачих на двох опорах, при цьому повинно дотримуватися умова:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}} \cdot y_c}{I_{xc}} \leq [\sigma], \quad (3.1)$$

де  $\sigma$  – згинаюче напруження в небезпечному перерізі балки, (кг/мм<sup>2</sup>)

$M$  – згинальний момент у небезпечному перерізі, (кг·мм).

$y_c$  – координата центра ваги перерізу балки, (мм).

$I_{xc}$  – момент інерції перерізу щодо осі «х», (мм<sup>4</sup>).

$[\sigma] = 16 \text{ кг/мм}^2$  – допустимі напруження для сталі Ст3.

Згинальний момент у середині направляючої:

$$M_{\text{изг}} = P \cdot a = 75 \cdot 1500 = 112500, \text{ кг} \cdot \text{мм}$$

де  $P = 75 \text{ кг}$  – частина ваги пасажира і коляски, що діє на напрямну з умови того, що повна вага пасажира дорівнює 100 кг і коляски – 50 кг.

$a = 1500 \text{ мм}$  – відстань до середини направляючої, де діє максимальний згинальний момент.

Для визначення положення центра ваги перерізу розбиваємо його на частину прямокутників. Вони позначені цифрами 1, 2, 3, 4, 5.

Укажемо центри ваги простих фігур: точки  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$ .

Вибираємо систему координат. Вісь «х» проведемо через нижню частину грані перерізу, а вісь «у» сполучимо з віссю симетрії перерізу.

Визначаємо координати центрів ваги окремих фігур:

Точка  $C_1$ ;  $x_1 = 0$ ,  $y_1 = 40 - 2,5 = 37,5 \text{ мм}$ .

Точка  $C_{2,5}$ ;  $x_{2,5} = 0$ ,  $y_{2,5} = 5 + 15 = 20 \text{ мм}$ .

Точка  $C_{3,4}$ ;  $x_{3,4} = 0$ ,  $y_{3,4} = 5 - 2,5 = 2,5 \text{ мм}$ .

Обчислюємо площі окремих фігур:

$$A_1 = 200 \cdot 5 = 1000 \text{ мм}^2;$$

$$2A_2 = 2 \cdot 30 \cdot 5 = 300 \text{ мм}^2;$$

$$2A_3 = 2 \cdot 15 \cdot 5 = 150 \text{ мм}^2.$$

Тоді площа усієї фігури:

$$A = \Sigma A_n = 1450 \text{ мм}^2.$$

Статичні моменти площі перерізу координатних осей:

$$S_y = \Sigma A_n X_n = 0$$

$$S_x = \Sigma A_n y_n = 1000 \cdot 37,5 + 300 \cdot 2 + 150 \cdot 2,5 = 43875 \text{ см}^3$$

Тоді координати центра ваги перерізу будуть:

$$X_c = S_y/A = 0; \quad Y_c = 43875/1450 = 30,2 \text{ мм}.$$

Для кожної фігури проведемо центральні осі  $x_1, x_2, x_3, x_4$  і  $x_5$ , причому  $x_2$  і  $x_5$ , а також  $x_3$  і  $x_4$  – збігаються.

Проведемо головні центральні осі  $x_c$  і  $y_c$ .

Для визначення моменту інерції щодо осі  $x_c$  скористаємося формулою визначення моменту інерції щодо паралельних осей:

$$I_{xc} = I_{x1} + (37,5 - y_c)^2 A_1 + 2I_{x2} + (20 - y_c)^2 A_2 + 2I_{x3} + (2,5 - y_c)^2 A_3;$$

Момент інерції першої фігури дорівнює:

$$I_{xc1} = I_{x1} + (37,5 - y_c)^2 \cdot A_1 = 200 \cdot 53/12 + (37,5 - 30,2)^2 \cdot 1000 = 53717 \text{ мм}^4$$

Момент інерції другої і п'ятої фігур дорівнює:

$$I_{xc2,5} = 2I_{x2,5} + (20 - y_c)^2 \cdot A_2 = 2 \cdot 2d \cdot 303/12 + (20 - 30,2)^2 \cdot 300 = 33450 \text{ мм}^4$$

Момент інерції третьої і четвертої фігур:

$$I_{xc3,4} = 2ah^{3/12} + (2,5 - y_{uc})^2 \cdot A_3 = 2 \cdot 15 \cdot 53/12 + (2,5 - 30,2)^2 \cdot 150 = 137912 \text{ мм}^4$$

Тоді момент інерції всього перерізу буде:

$$I_{xc} = I_{xc1} + I_{xc2,5} + I_{xc3,4} = 53717 + 33450 + 137912 = 225079 \text{ мм}^4$$

Підставивши знайдені величини в умову міцності, одержимо:

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг} \cdot y_c}{I_{xc}} = \frac{112500 \cdot 30,2}{225079} = 15,09 \text{ кг/мм}^2$$

$$\sigma_{изг} \leq [\sigma]; 15,09 \leq [16].$$

Умова міцності при геометричних розмірах напрямних і матеріалі, з якого передбачається їх виготовити – дотримується.

### 3.2 Розрахунок на міцність несучої конструкції кузова

Відомо, що однією з головних тенденцій розвитку міського електричного транспорту є підвищення комфортності перевезення пасажирів. Особливе місце при цьому повинно бути відведено зниженню рівня підлоги салону рухомого складу і розробці заходів і пристроїв з перевезення пасажирів з обмеженими фізичними можливостями – пристроїв перевезення інвалідів (ППІ).

Облаштування таким пристроєм тролейбуса ЗиУ-9 передбачає розробку ряду конструктивних рішень, одним з яких є зниження рівня підлоги в місці розміщення ППІ. Це необхідне для зменшення кута нахилу посадочної

апараті з метою зменшення зусиль осіб, що супроводжують інваліда на візку.

З аналізу конструкції пасажирського приміщення і несучих частин рами кузова [3] витікає припущення про розміщення ППІ на задній накопичувальній площадці тролейбуса. Це можливо при зниженні її напружень на згин ( $\sigma_{зг}$ ) за максимальним згинаючим моментом ( $M_{зг}$ ). Останнє можливе при побудуванні епюри зміни згинаючих моментів за довжиною силового елемента. Побудування цих епюр виконується відомими з опору матеріалів методами, наприклад, "методом перерізів" [1].

На рис. 1 приведена силова розрахункова схема, на якій зображена епюра рівномірно розподіленого навантаження (поз. 5). При цьому епюра рівномірно розподіленого навантаження, тобто статичного навантаження від ваги пасажирів приведена до рівнодіючої сили  $P_{ст}$ . Поз. 6 показує форму епюри згинаючих моментів  $M_{зг}$ . З неї видно, що переріз максимального згинаючого моменту розташований у підставі консольної частини балки 1, де розташована її опора 2 на ходові частини.

Міцнісний розрахунок ведеться за класичною залежністю (3.1) опору матеріалів [1], коли згинаючі напруження  $\sigma_{зг}$  пропорційні максимальному згинаючому моменту  $M_{max}$  і діючому на розрахункову консольну балку і зворотно пропорційні моменту опору  $W$  даного перерізу:

$$\sigma_{maxi} = \frac{M_{maxi}}{W} \frac{kz}{cm^2} \quad (3.1)$$

Для визначення  $M_{max}$  і проведемо розрахунок сил, діючих на балку. Ці сили являють собою рівномірно розподілене за довжиною балки 1 навантаження і приведені, як вказано вище, до рівнодіючої  $P$ . Вони створюють згинаючий момент відносно опор 2 на плече  $0,5l$ , як це показано на епюрах 5,6.

Вважаючи, що на кузов тролейбуса крім статичного навантаження  $P_{ст}$  від ваги пасажирів при русі діють і динамічні навантаження  $P_{дин}$ , тобто є

необхідність врахувати і їх величину. Тому сумарне вертикальне навантаження на розглядуваний силовий елемент дорівнює:

$$P_{\Sigma} = P_{ст} + P_{дин} \quad (3.2)$$

Статичне, тобто рівномірно розподілене, навантаження від пасажирів на цілком заповненій задній площадці  $P_{ст}$  дорівнює:

$$P_{ст} = D \cdot Ш \cdot \gamma \cdot g, \text{ кг}, \quad (3.3)$$

де  $D = 2,2$  м – довжина накопичувальної площадки;

$Ш = 2,3$  м – ширина накопичувальної площадки;

$\gamma = 10$  пас/м<sup>2</sup> – коефіцієнт наповнення салону для міцнісних розрахунків

( $\gamma = 8$  пас/м<sup>2</sup> – наповнення в години "піків" [5];

$g = 70$  кг – вага одного пасажира.

Тоді  $P_{ст} = 2,2 \cdot 2,3 \cdot 10 \cdot 70 = 3542$  кг.

Динамічне навантаження  $P_{дин}$  у даному розрахунку з-за складності визначення його структурних складових може бути визначене з урахуванням так званого коефіцієнта динаміки  $K_d$  [2]. Даний коефіцієнт визначають за емпіричною формулою:

$$K_d = 1 + a + \frac{0,0IV}{f_{ст}}, \quad (3.4)$$

де  $a$  – коефіцієнт інерції, що дорівнює 0,1 для обресорених частин рухомого складу і 0,15 – для необресорених. Деталі кузова обресорені, тому приймаємо  $a = 0,1$ ;

$V$  – конструктивна швидкість тролейбуса, приймаємо  $V = 80$  км/год;  
 $f_{ст}$  – статичний прогин ресорного підвішування. Приймаємо  $f_{ст} = 20$  см.

$$\text{Тоді} \quad K_d = 1 + 0,1 + \frac{0,01 \cdot 80}{20} = 1,14.$$

Вертикальне динамічне навантаження:

$$P_{дин} = P_{ст} \cdot (K_d - 1) = 3542 \cdot (1,14 - 1) = 496 \text{ (кг)}. \quad (3.5)$$

В підсумку сумарне навантаження від пасажирів на задній площадці буде:

$$P_{\Sigma} = P_{ст} + P_{дин} = 3542 + 496 = 4038 \text{ кг.}$$

Вважаючи дане навантаження рівнодіючим, прикладеним посередині несучої балки (рис. 3.1) визначимо розрахунковий згинаючий момент  $M_{max}$  і відносно її підстави, тобто опори балки на ходові частини (поз. 2):

$$M_{max} = P_{\Sigma} \cdot 0,5l = 4038 \cdot 0,5 \cdot 220 = 444200 \text{ (кг} \cdot \text{см)}.$$

Наступним параметром (3.1), від якого залежать механічні напруження, є момент опору небезпечного перерізу  $W$ . Цей параметр є функцією геометричних розмірів небезпечного перерізу. Як зазначено вище, запропоновано застосувати підсилюючі накладки (рис. 3.2) з листової сталі, приваривши їх з боків лонжеронів. В перерізі це будуть чотири прямокутника як додаток до існуючих трубних конструкцій. Таким чином, момент опору отриманого прямокутного перерізу визначають за відомою формулою опору матеріалів [2]:

$$W = n \frac{bh^2}{6}, \text{ см}^3, \quad (3.6)$$

де  $n = 4$  – кількість листів (по два на кожен лонжерон);

$b$  – товщина листа, см;

$h$  – висота небезпечного перерізу лонжерону. Приймаємо за кресленням 30 см.

В даній формулі невідомою величиною є товщина листа " $b$ ", яку можна визначити з умови міцності даного вузла:

$$\sigma_i \frac{M_{maxi}}{W} \leq [\sigma], \quad (3.7)$$

де  $[\sigma] = 1600 \text{ кг/см}^2$  – допустимі напруження для конструкційної сталі загального призначення (сталь 3) [4].

Тоді необхідна товщина листа дорівнює:

$$b \geq \frac{M_{maxi} \cdot 6}{[\sigma] \cdot n \cdot h^2} = \frac{444200 \cdot 6}{1600 \cdot 4 \cdot 30^2} = 0,46 \text{ см}, \quad (3.8)$$

що ближче до найбільш розповсюдженої товщини сталевого листа 5 мм. Таку товщину листа можна запропонувати як один з варіантів модернізації, що проводиться.

Даний варіант підсилення рами можна вважати як можливий для застосування, але в роботі запропоновано більш раціональний другий варіант.

Приймаючи до уваги можливі перевантаження задньої площадки при повному її заповненні, як це зазначено вище ( $\gamma = 10 \text{ пас/м}^2$ ), є можливість розвантажити раму. Для цього пропонуємо зменшити кількість стоячих пасажирів за рахунок розміщення сидячих. Це можливо зробити встановивши ряд з чотирьох сидінь вздовж задньої торцевої стінки салону.

Якщо врахувати, що один сидячий пасажир займає приблизно  $0,32 \text{ м}^2$

(норми міського електричного транспорту), то площу, що займають стоячі пасажирів зменшимо на  $4 \cdot 0,32 = 1,28 \text{ м}^2$ . При цьому вага сидячих пасажирів на цій площадці буде  $4g = 4 \cdot 70 = 280 \text{ кг}$  замість ваги стоячих пасажирів на цій ще площі:  $1,28 \gamma g = 1,28 \cdot 10 \cdot 70 = 896 \text{ кг}$ .

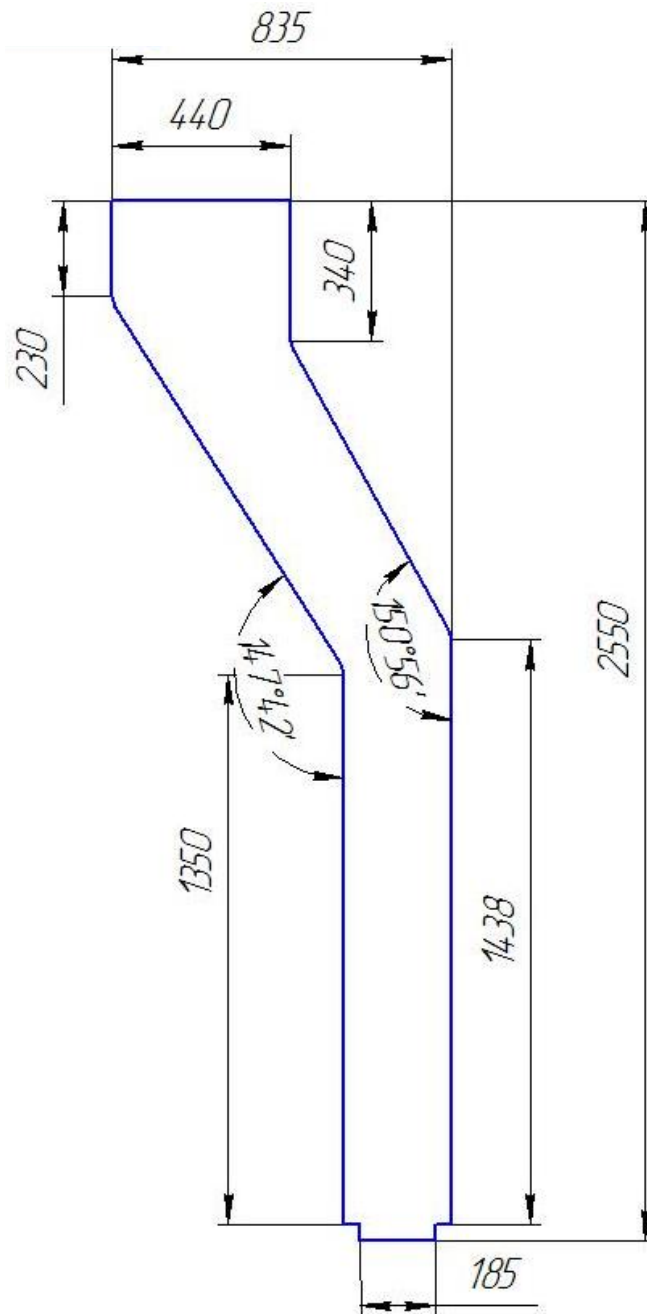


Рисунок. 3.2 – Підсилююча накладка

Таким чином запропоновані заходи дозволять зменшити сумарне діюче навантаження до рівня:

$$P_{\Sigma I} = P_{\Sigma} - 896 + 280 = 4038 - 616 = 3322 \text{ кг.}$$

В цьому ж варіанті розрахунку, з метою зниження площі перерізу підсилювачів, тобто товщини листової сталі, пропонуємо врахувати, що розміщення стоячих пасажирів на площадці, відведеній під сходи не прийнято на міському електричному транспорті. Це означає, що вага, яка раніше була врахована як корисна повинна бути також віднята із загальної ваги  $P_{\Sigma}$ .

$$P_{\text{ступ}} = Ш \cdot Д \cdot \gamma \cdot g = 40 \cdot 120 \cdot 10 \cdot 70 = 366 \text{ кг}$$

Таким чином

$$P_{\Sigma II} = P_{\Sigma I} - P_{\text{ступ}} = 3322 - 366 = 2956 \text{ кг.}$$

Тоді з (3.8) товщина листа підсилювача повинна бути  $\geq 0,34$  см.

Даний результат дозволяє рекомендувати з достатнім запасом міцності товщину листа встановлюваної накладки (рис. 3.2)  $b = 4$  мм.

Однак через ряд конструктивних і технологічних особливостей запропонованого останнього варіанту підсилення задньої частини рами тролейбуса (див. вище) науково-дослідницька група кафедри за узгодженням зі спеціалістами комунального підприємства "Міський тролейбус", м. Кривий Ріг пропонує наступний варіант.

Справа в тому, що в попередньому варіанті розрахунку прямокутні труби верхнього і нижнього поясів обох поздовжніх лонжеронів не враховувались як такі, що вичерпали свій ресурс і втратили свою несучу властивість. Передбачалось, що якщо і залишилась деяка міцність, то вона піде в запас.

За відомостями депо запропоновано дані труби замінити новими, тому є можливість врахувати їх в загальній силовій схемі рами (рис. 3.3) як несучі.

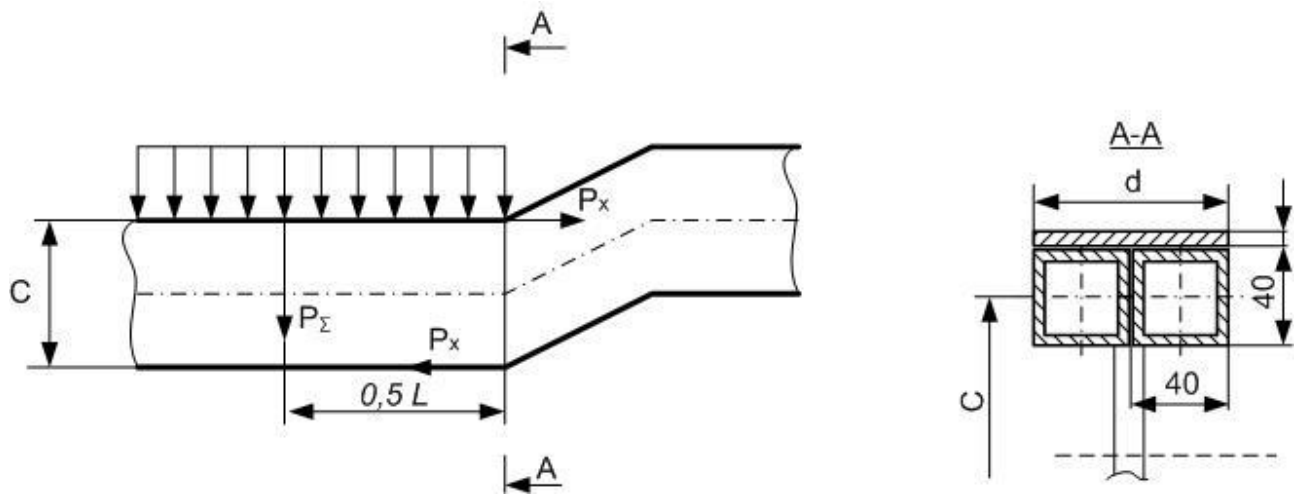


Рисунок 3.3 – Схема сил, діючих в задній частині рами тролейбуса

У зв'язку з цим нами запропоновано дещо іншу методику розрахунку на міцність даного вузла. Якщо в попередньому варіанті лонжерон розглянуто як консольну балку коробчастого перерізу (рис. 3.2), працюючу на згинаючий момент  $M_{i \max}$ , то в даному варіанті передбачено її розглядати як сукупність двох силових поясів (верхнього і нижнього), працюючих верхній на розтягування, нижній – на стиск. Механічні напруження при цьому будуть відрізнятися тільки напрямом дії, тобто знаком: в першому випадку плюс, в другому мінус.

Розглядаючи силову схему (рис. 3.3), слід зазначити, що на активний згинаючий момент  $M_{i \max}$  від сили  $P_{\Sigma}$  в небезпечному перерізі А-А в системі виникає реактивний момент пари сил  $P_p$ , тобто  $M_p = P_p C$ .

З умови рівноваги системи цієї частини тролейбуса в поздовжній вертикальній площині:

$$M_{i \max} = M_p \quad (3.9)$$

можна визначити необхідну величину реакції:

$$P_p = \frac{M_{\max i}}{C} = \frac{444200}{26} = 17085 \text{ кг.},$$

де з креслення лонжерона плече пари сил  $C = 26$  см.

Тоді механічні напруження в небезпечному перерізі визначимо з формули деформації деталі на розтягування:

$$\sigma = \frac{P_p}{F} = \frac{17085}{7,5} = 2278 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}, \quad (3.10)$$

де  $F$  – переріз двох прямокутних 40x40 труб з товщиною стінки 0,25 см (на рис. – суцільна лінія).

Такий рівень механічного напруження в небезпечному перерізі не задовольняє умови міцності:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (3.11)$$

де  $\sigma$  – допустимі напруження для матеріалу труб  $[\sigma] = 1600$  кг/см<sup>2</sup>.

В даному випадку потрібно збільшувати переріз, застосовувати більш міцну сталь для труб або зменшувати навантаження  $P_\Sigma$ . Оскільки останні два шляхи зниження напружень проблематичні, запропоновано використати перший. Для цього більш конструктивно і технологічно просто приварити за зовнішньою площиною верхнього і нижнього пояса лонжеронів накладки у вигляді смуги шириною  $b = 8$  см і товщиною  $\Delta$ .

Товщину накладки запропоновано визначити з формули:

$$\sigma = \frac{P_p}{F + b\Delta}, \quad (3.12)$$

звідки

$$\Delta = \frac{\frac{P_p}{[\sigma]} - F}{b} = \frac{\frac{17085}{1600} - 7,5}{8} = 0,39 \text{ см.}$$

За результатами розрахунку видно, що із застосуванням накладок товщиною мінімум 4 мм несуча система задньої частини кузова забезпечить міцність конструкції в цілому.

## 4 Охорона праці

### 4.1 Задачі розділу

У конституції України зазначено, що «Держава України піклується про поліпшення умов охорони праці, його наукової організації, про скорочення, а надалі і повному витисненні важкої фізичної праці на основі комплексної механізації й автоматизації виробничих процесів у всіх галузях народного господарства» [7].

У законі України «Про охорону праці» регламентується режим робочого часу і відпочинку робітників та службовців, трудові права громадян, гарантії і компенсації, трудова дисципліна, праця жінок, пільги для працюючих і службовців, що сполучають роботу з навчанням [8].

На підставі КЗОТа регламентуються спеціальними правами заходи щодо створення безпечних умов праці, попередженню нещасливих випадків і професійних захворювань [9].

Реальні виробничі умови характеризуються наявністю небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Тому особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню вимог виробничої санітарії, техніки безпеки і пожеаробезпеки.

Задачею розділа є розробка заходів, технічних рішень, вимог і інструкцій, що забезпечують безпечні умови праці, при роботі в цеху технічного обслуговування (ТО) тролейбусного депо.

### 4.2 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів в цеху тролейбусного депо

У депо на території цеху ТО проводиться діагностика і ремонт механічного устаткування.

На даному посту можуть мати місце наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори [10]:

- машини, що рухаються і механізми;
- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму;

- підвищений рівень вібрації;
- підвищена напруга електричного ланцюга, замикання якого може пройти через тіло людини;
- підвищена рухливість повітря.

Дані фактори обумовлені тим, що первинний контроль стану механічного устаткування відбувається безпосередньо в канаві цеху технічної діагностики, де робітник приймає рішення про необхідність ремонтних робіт. Такий контроль може виконуватися при поганих погодних умовах, у гучному приміщенні, наповненому машинами, що рухаються, і механізмами [10].

### **4.3 Розробка організаційних і технічних заходів для створення нешкідливих і безпечних умов праці в цеху механічного обладнання**

#### *4.3.1 Вимоги до планування*

Для реалізації діагностування механічного устаткування рухомого складу на лінії діагностики виділяється пост, на якому встановлюється відповідне устаткування (рис.4.1).

Розрахунок площі осадки ведемо з умов дотримання габаритних норм і розмірів.

Так як частина механічного устаткування розташовується таким чином, що його огляд, дефектацію і розбирання можна зробити тільки зі спеціальної оглядової канави, опишемо цю канаву.

Відстань між осями двох суміжних канав при відсутності в міжпуті колон приймається не менш 5000 мм; при наявності колон 5000 мм плюс ширина колон.

Відстань між стіною будинку і буфером тролейбуса не менш 2000 мм. Відстань між стіною і буфером при наявності сходів збільшується на довжину сходів і на зазор 500 мм між нижньою ступінню і буфером. Відстань між буферами тролейбусів, що стоять на канаві, не менш 1000 мм.

Відстань між стіною і віссю крайньої канави чи шляху повинно бути не менш 3000 мм, а при наявності в стіні проходу не менш 3500 мм (рис.4.2).

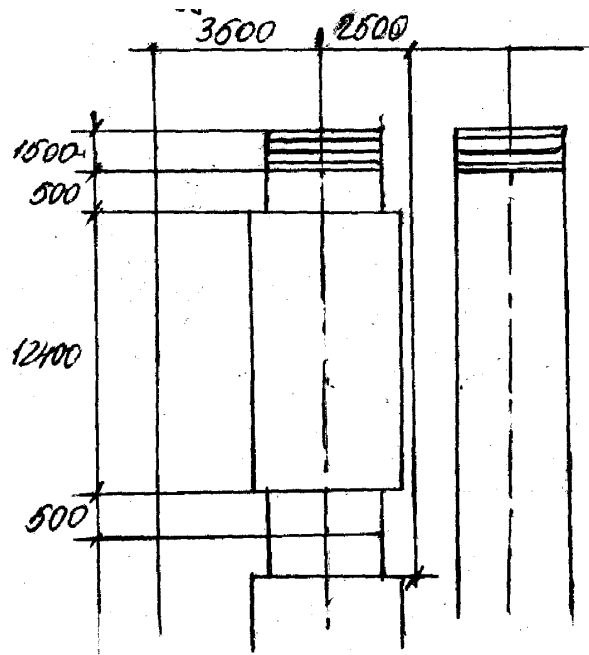


Рисунок 4.1 – План поста діагностування і ремонту механічного устаткування

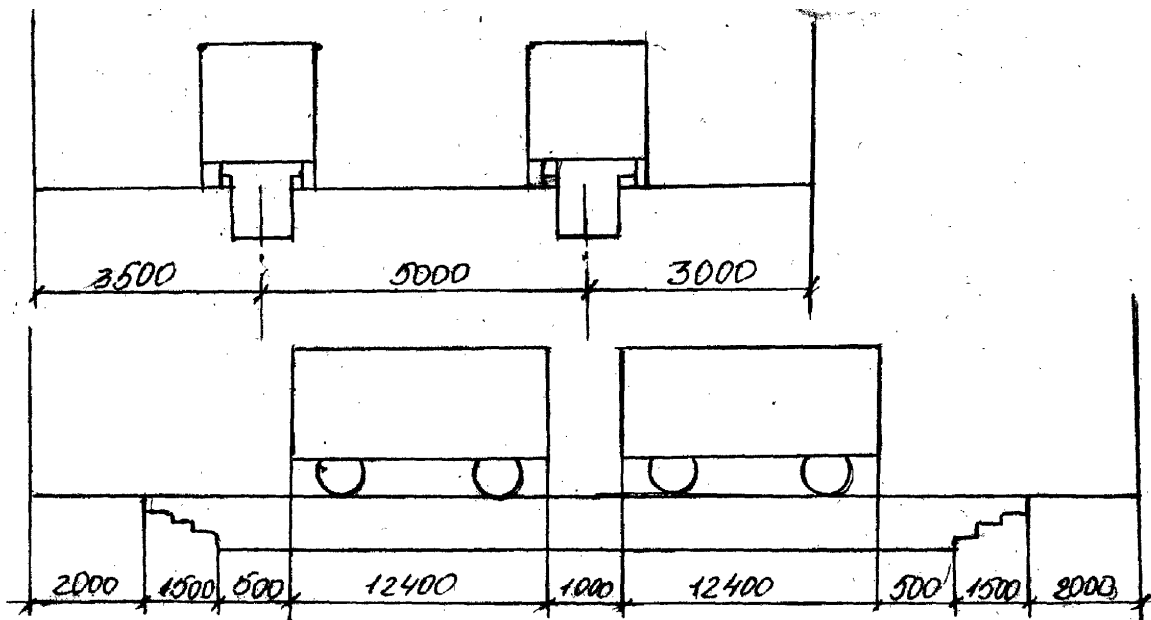


Рисунок 4.2 – Габаритні норми і розміри

Визначимо площу ділянки діагностування і ремонту механічного устаткування.

$$S = (3.5 + 2.5) \cdot (1.5 + 0.5 + 12.4 + 0.5) = 89.4 \text{ м}^2 .$$

Пульт керування з табло індикації розташовується в стіні за рахунок збільшеної відстані між віссю канави і стіни з прорізом.

#### 4.3.2 Мікроклімат повітря робочої зони

Мікроклімат виробничих приміщень визначають наступні параметри:

- температура повітря в приміщенні;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря.

Усі параметри мікроклімату встановлюються для робочої зони відповідно до вимог [11].

Оптимальні мікрокліматичні умови – це таке сполучення параметрів мікроклімату, що при тривалому і систематичному впливі на людину забезпечує збереження нормального функціонального і теплового стану організму і не викликають значної напруги теплорегуляційного апарата працюючого (табл.4.1).

Категорія робіт залежить від загальних енерговитрат організму. Робітники на посаді контролю і ремонту механічного устаткування відносяться до категорії важкої фізичної роботи, до цієї категорії відносяться роботи, пов'язані з ходьбою і перенесенням ваг [11].

Таблиця 4.1 – Оптимальні параметри повітря в робочій зоні

Період року	Температура повітря, °С	Швидкість руху повітря не більш, м/с
Холодний	17 – 19	0.2
Теплий	20 - 22	0.4

Оптимальні значення відносної вологості складає 40 – 60%. У цеху ТЕ спостерігається підвищена рухливість повітря через періодичність воріт профілакторію, що відкриваються, яке впливає на деяке зниження температури повітря.

#### 4.3.3 Освітлення ділянки контролю стану і ремонту механічного устаткування

Необхідне для ділянки природне освітлення забезпечується загальним природним освітленням цеху профілакторію.

Зробимо розрахунок штучного освітлення посту.

Освітлення, у якому знаходиться ділянка, відноситься до 1 групи приміщень по задачах значної роботи, тобто здійснюється розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих на робочу поверхню (табл.4.2).

Таблиця 4.2 – Показники приміщень 1 групи

Характеристики зорової роботи	Розряд зорової роботи	Подразряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристики фона	Нормована освітленість Е, лк
Середньої точності	IV	г	Середній	світлий	150

Коефіцієнт відображення для свіжопобілених стелі, стін і підлоги відповідно 70%, 50% і 30%.

Знаючи площу ділянки 89.4 м<sup>2</sup>, можемо зробити розрахунок якості необхідних світильників.

Визначаємо індекс приміщення по формулі:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (4.1)$$

де А – довжина приміщення, м; (А=14.9 м)

В – ширина приміщення, м; (В=6 м)

$h$  – розрахункова висота підвісу світильників, м, ( $h=4.5$  м).

$$i = \frac{14.9 \cdot 6}{4.5 \cdot (14.9 + 6)} = 0.95 .$$

Світловий потік лампи Г – 220 – 300  $\Phi=4600$  лм. Коефіцієнт запасу  $K_3 = 1.5$  і коефіцієнт рівномірності висвітлення  $Z = 1.15$ .

Необхідне число світильників визначаємо по формулі [12]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi \cdot \eta} , \quad (4.2)$$

$$n = \frac{150 \cdot 89.4 \cdot 1.5 \cdot 1.15}{4600 \cdot 0.51} = 9.86 \approx 10 \text{ шт.}$$

План розташування світильників на посту стану і ремонту механічного устаткування представлений на рис. 4.3.

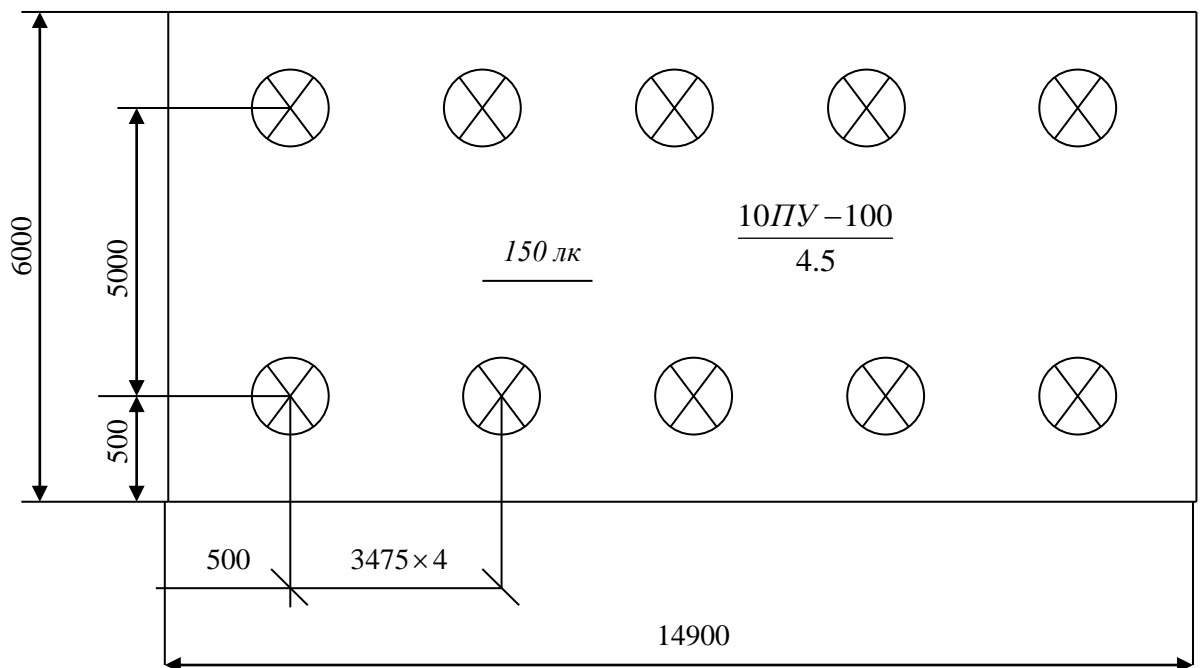


Рисунок 4.3 – План розташування світильників на посту контролю стану і ремонту механічного устаткування

#### 4.3.4 Електробезпека

Небезпека поразки струмом, а також його вага залежить від номінальної напруги. Цех ТО відноситься до приміщень підвищеної небезпеки. Робоча напруга в цеху до 1000 В.

Основними причинами поразки людей електричним струмом є випадковий дотик потерпілого до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, і випадкова поява напруги на конструктивних металевих частинах електроустаткування звичайно що не знаходяться під напругою.

З метою запобігання замикання струмоведучих частин на корпус, застосовують захисне заземлення.

Цех ТО відноситься до приміщень «особливо небезпечним», характеризується наявністю в цеху умов, що створюють небезпеку:

- вогкість, струмопровідні підлоги (металеві, залізобетонні, цегельні і т.п.);
- струмопровідний технологічний пил, що осідає на проводах і проникає усередину устаткування;
- заземлені металоконструкції будинку, верстатів, машин, механізмів і т.п., розташовані так, що людина може одночасно торкнутися їхніх струмоведучих частин електроустаткування.

#### *Розрахунок захисного заземлення*

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих струмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою внаслідок замикання на корпус і з інших причин (індуктивний вплив сусідніх струмоведучих частин, винос потенціалу, розряд блискавки і т.п.).

Визначимо кількість і параметри заземлювачів.

1.Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту по формулі:

$$P_{розр.} = \varepsilon \cdot \rho , \quad (4.3)$$

де  $P_{розр.}$  - розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м;

$\varepsilon$  - коефіцієнт сезонності;

$\rho$  - табличне значення питомого опору.

$$P_{розр.} = 1.1 \cdot 150 = 165 \text{ Ом} \cdot \text{м} .$$

Розрахуємо опір розтікання струму в одиночному трубчастому заземлювачі:

$$R_0 = \frac{\rho_{розр.}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right), \text{ Ом} \quad (4.4)$$

де  $R_0$  – опір розтіканню струму, Ом;

$l$  – довжина одиночного заземлювача , м;

$H$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, м;

$d$  – ширина одиночного заземлювача, м.

Підставимо у формулу (4.4) числові значення величин і одержимо:

$$R_0 = \frac{165}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0.05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2.3 + 3}{4 \cdot 2.3 - 3} \right) = 44.9 \text{ Ом}$$

Розраховуємо кількість паралельно з'єднаних одиночних заземлювачів, необхідних для забезпечення припустимих значень опору заземлення по наближеній формулі без обліку опору смуги зв'язку:

$$n_3 = \frac{R_0}{R_{дон} \cdot \eta} , \text{ шт.} \quad (4.5)$$

де  $n_3$  – кількість одиночних заземлювачів, шт.;

$R_{дон}$  – найбільший припустимий опір, Ом;

$\eta$  – коефіцієнт використання групового заземлення.

Підставимо числові значення величин у формулу (4.5), маємо:

$$n_3 = \frac{44.9}{4 \cdot 0.75} = 14.96 \approx 15 \text{ шт.}$$

Розраховуємо довжину горизонтальної сполучної смуги по формулі [13]:

$$l = a \cdot (n_3 - 1) \text{ ,м} \quad (4.6)$$

де  $l$  – довжина горизонтальної сполучної смуги, м;

$a$  – відстань між вертикальними заземлювачами, м.

Підставимо у формулу (4.6) числові значення й одержимо:

$$l = 3 \cdot (15 - 1) = 42 \text{ м.}$$

Визначаємо опір сполучної смуги по формулі:

$$R_n = \frac{\rho_{розр.}}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dh} \text{ ,Ом} \quad (4.7)$$

де  $R_n$  – опір сполучної смуги, Ом;

$h$  – глибина залягання смуги, м.

Підставляємо у формулу (4.7) числові значення величин:

$$R_n = \frac{165}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \ln \frac{3^2}{0.145 \cdot 0.8} = 38.1 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо результуючий опір електрода, що заземлює, з урахуванням сполучної смуги по формулі:

$$R_{ep} = \frac{R_0 \cdot R_n}{R_0 \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta \cdot \eta_3} \text{ Ом} \quad (4.8)$$

де  $R_{гр}$  – результуючий опір, Ом;

$\eta_n$  - коефіцієнт використання сполучної смуги.

Підставимо у формулу (4.8) числові значення величин, одержимо

$$R_{ep} = \frac{44.9 \cdot 38.1}{44.9 \cdot 0.3 + 38.1 \cdot 0.75 \cdot 15} = 3.8 \text{ , Ом.}$$

Приєднання електроустаткування до провідників, що заземлюють, виконується болтами чи зварюванням.

Особлива увага варто звернути на те, що кожний елемент, що заземлює, варто приєднувати до заземлювача чи пристроїв, що заземлюють, за допомогою окремого отвору.

Заземлені елементи не можна підключати послідовно до заземлюючого проводу. Опір заземлення в мережах з напругою до 1000 В відповідно до діючих правил повинний бути не більш 4 Ом.

При визначеному значенні вхідної величини (установки) захисне відключення спрацьовує і відключає електроустановку. Схема реагує на струм нульової послідовності. Датчиком у схемі служить трансформатор струму нульової послідовності (ТСНП). Вторинна обмотка дає сигнал на чи

реле підсилювач і при струмі нульової послідовності, рівному чи установці більшому, відбувається відключення установки.

Схеми цього типу здійснюють захист від глухих ( $I_{oc} < 30 \text{ мА}$ ) чи неповних замикань на землю ( $I_{oc} \leq 30 \text{ мА}$ ).

#### 4.4 Протипожежні заходи в цеху ТО

Протипожежні заходи в тролейбусному депо в основному зводяться до профілактичних заходів [14].

Територія підприємства, усі виробничі, службові, складські і допоміжні будівлі, приміщення повинні утримуватися в чистоті, систематично очищатися від відходів виробництва.

Металева стружка, промаслена дрантя і виробничі відходи повинні зберігатися в спеціальній тарі й у спеціально відведених місцях.

На сходових клітках будівель забороняється улаштувати виробничі, складські й інші приміщення, прокладати різного призначення трубопроводи, встановлювати устаткування, яке утрудняло би переміщення людей.

Під маршами сходових кліток першого, цокольного чи підвального поверху допускається розміщення тільки вузлів керування центральним опаленням і водопровідними вузлами.

У підвальних приміщеннях і цокольних поверхах виробничих і адміністративно-побутових будинків забороняється використовувати і зберігати вибухові речовини, балони з газом, целулоїд, кіноплівку, пластмасу, полімерні й інші матеріали підвищеної небезпеки [14].

У виробничих і адміністративно-господарських приміщеннях забороняється:

- установлювати на шляху евакуації виробниче устаткування, меблі й інші предмети;
- прибирати приміщення з застосуванням бензину, гасу й інших легкозаймистих і пальних рідин;

- залишати після закінчення роботи включеними в електромережу нагрівальні прилади;
- оббивати стіни приміщень пальними тканинами;
- розігрівати замерзлі труби різних систем пальними лампами й іншими способами з використанням відкритого вогню.

Цех ТО відноситься до категорії Д по пожеже- і вибухонебезпечності як виробництво, пов'язане з обробкою неспалених речовин і матеріалів у холодному стані.

У цеху ТО обладнаються протипожежні пости, де знаходиться необхідний пожежний інвентар, вогнегасники, шухляди з піском, тощо.

Відповідно до закону України «Про пожежну безпеку» забезпечення пожежної безпеки підприємств покладається на їхніх керівників і уповноважених ними осіб [14].

Керівники підприємств зобов'язані:

- розробляти заходи щодо забезпечення пожежної безпеки;
- забезпечувати дотримання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, виконання вимог органів пожежного нагляду;
- організовувати навчання працівників правилам пожежної безпеки;
- тримати в справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, устаткування й інвентар, не допускати їхнього використання не по призначенню;
- представляти за вимогою державної пожежної охорони зведення і документи про стан пожежної безпеки об'єктів і продукції;
- здійснювати заходи по впровадженню автоматичних засобів виявлення і гасіння пожеж;
- вчасно інформувати пожежну охорону про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання, а також про закриття доріг і проїздів на своїй території;
- проводити службові розслідування випадків пожеж.

При виявленні вогню чи пожежі необхідно викликати пожежну команду по телефону 01; почати гасити пожежу засобами які є в цеху, викликати на місце пожежі посадову особу; у випадку погрози для життя людей організувати їхній порятунок, використовуючи для цього всі сили і засоби; якщо є необхідність, викликати газорятувальну, медичну й інші служби.

#### 4.5 Висновки

У розділі відповідно до завдання:

- визначено задачі розділу;
- виявлено небезпечні і шкідливі виробничі фактори в цеху;
- на базі аналізу умов праці, небезпечних і шкідливих виробничих факторів розроблені заходи щодо забезпечення безпечних умов праці:
  - розглянуто мікроклімат робочого місця;
  - запропоновано заходи щодо зниження шуму і вібрації;
- розглянуто питання електробезпеки;
- зроблено розрахунок заземлення і захисного відключення електроустаткування;
- розроблено протипожежні заходи в цеху ТО.

Перераховані вище заходи сприяють забезпеченню здорових і безпечних умов праці.

## Висновки

В роботі проведено аналіз існуючих конструкцій і вибір проєктованого варіанту підйомника транспортного засобу для пасажирів з обмеженими можливостями. Розглянуто підйомники з пандусами, як вітчизняних, так і зарубіжних аналогів. Проведено планування салону і розрахунок основних та додаткових навантажень на ходові частини транспортного засобу.

Впроваджено підйомник транспортного засобу, який дозволить поліпшити комфортне пересування пасажирів з обмеженими можливостями та зменшити час пасажирообміну. Проведено розрахунок на міцність підйомника, результати розрахунків дозволяють стверджувати, що при дотриманні умов експлуатації забезпечується необхідний коефіцієнт запасу міцності, а виникаючі в елементах конструкції напруження не перевищують допустимих значень для обраних матеріалів.

Розглянуті питання з охорони праці. Визначені завдання розділу, проведений аналіз умов праці, виявлені небезпечні та шкідливі фактори у цеху. Виконана розробка організаційних і технічних заходів для створення нешкідливих і безпечних умов праці.

## Список використаних джерел

1. Далека В.Х., Рухомий склад міського електричного транспорту. Механічна частина. В.Х. Далека, М.В. Хворост, В.І. Скуріхін, Д.І. Скуріхін. // Навчальний посібник. – Х.: ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 2018. 370 стор.
2. <https://simbo.ua/ua/podemniki-i-pandusy>
3. [Primedia eLaunch LLC](https://www.primedia.com.ua/eLaunch/LLC) 10.05.2020 р. ISBN: 9781649458681, 1649458681 р.25.
4. Скуріхін І.Л., Коваленко А.В. Механічне обладнання рухомого складу міського електротранспорту: навчальний посібник – Х.: ХНАМГ, 2012.
5. <https://podemniki.com.ua/products/pandus-dlya-invalidiv>.
6. <http://ukrainaplast.com.ua/windows/glasspack>.
7. Конституція України.
8. Закон «Про охорону праці» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
9. Правила техніки безпеки на міському електричному транспорті. – К.: Транспорт, - 2006. – 160 с.
10. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва.
11. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
12. ДБН В. 2.5-28-2018. “Природне та штучне освітлення”.
13. Основи охорони праці: Підручник / За ред, К.Н. Ткачука. - К., "Основа", 2003.
14. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.