

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ  
ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З.ГЖИЦЬКОГО  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЯТНИКОВОГО  
ПОДЙОМНИКА ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ІНВАЛІДНІСТЮ»

Виконав: студент VI курсу групи Маш-62

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

Денис СІЯНЧУК  
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2025

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу студенту

СІЯНЧУКУ Денису Володимировичу

1. Тема роботи: «Дослідження технічних характеристик маятникового підйомника для людей з інвалідністю»

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент  
Затверджена наказом по університету №140/К-с від 28.02.2025

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 1.12.2025 року

3. Вихідні дані до роботи: довідкова та науково-технічна література з питань інклюзивності будівель, державні будівельні норми та стандарти безпеки обладнання, технічні каталоги підйомних платформ, ліфтів, гідроциліндрів і насосного обладнання; методики кінематичних, силових і гідравлічних розрахунків, експлуатаційні характеристики підйомника та інструкції з охорони праці, безпеки користувачів і експлуатації підйомних систем.

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

4.1. Стан питання і завдання досліджень

4.2. Технічні системи вертикального переміщення для забезпечення доступності будівель МГН

4.3. Дослідження та розрахунок підйомного пристрою для МГН

4.4. Результати досліджень паралелограмної підйомної системи

4.5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Висновки і пропозиції

5. Перелік графічного ілюстраційного матеріалу:

Графічна частина до кваліфікаційної роботи оформляється у вигляді презентації.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ     | Прізвище, ініціали та посада консультанта                                                          | Підпис, дата   |                  | Відмітка про виконання |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------------|
|            |                                                                                                    | завдання видав | завдання прийняв |                        |
| 1, 2, 3, 4 | <i>Березовецький С.А., к.т.н., доцент кафедри машинобудування</i>                                  |                |                  |                        |
| 5          | <i>Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва</i> |                |                  |                        |

7. Дата видачі завдання «28» лютого 2025 року

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                           | Строк виконання етапів роботи | Відмітка про виконання |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1     | <i>Стан питання і завдання досліджень</i>                                                     | 28.02.25-25.04.25             | <i>Виконано</i>        |
| 2     | <i>Технічні системи вертикального переміщення для забезпечення доступності будівель МГН</i>   | 28.04.25-27.06.25             | <i>Виконано</i>        |
| 3     | <i>Дослідження та розрахунок підйомного пристрою для МГН</i>                                  | 30.06.25-29.08.25             | <i>Виконано</i>        |
| 4     | <i>Результати досліджень паралелограмної підйомної системи з електрогідравлічним приводом</i> | 01.09.25-26.09.25             | <i>Виконано</i>        |
| 5     | <i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>                                      | 29.09.25-31.10.25             | <i>Виконано</i>        |
| 6     | <i>Оформлення пояснювальної записки</i>                                                       | 03.11.24-14.11.25             | <i>Виконано</i>        |
| 7     | <i>Оформлення графічної частини</i>                                                           | 17.11.25-28.11.25             | <i>Виконано</i>        |

Студент \_\_\_\_\_ Денис СІЯНЧУК  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
(підпис)

УДК 621.8:621.876.2

Дослідження технічних характеристик маятникового підйомника для людей з інвалідністю. Сіянчук Денис Володимирович. Кафедра машинобудування. Дубляни, Львівський НУВМБТ. 2025.

56 с. текст. част., 17 рис., 1 табл., 20 літер. джерел.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та обґрунтуванню технічних характеристик маятникового підйомника паралелограмного типу з електрогідравлічним приводом для людей з інвалідністю, призначеного для забезпечення доступності об'єктів соціальної інфраструктури. Об'єктом дослідження є маятниковий підйомник, предметом – його конструктивні параметри, силові, кінематичні, міцнісні, експлуатаційні характеристики та показники стійкості. Метою роботи є підвищення безпечності, надійності та ефективності експлуатації підйомної системи шляхом інженерно обґрунтованого вибору параметрів механізму, гідроприводу та елементів кріплення.

У роботі проаналізовано нормативно-правові вимоги щодо формування безбар'єрного середовища для маломобільних груп населення, розглянуто сучасні технічні системи вертикального переміщення, побудовано розрахункову схему підйомного механізму, виконано силові, гідравлічні та міцнісні розрахунки, а також оцінено стійкість платформи від перекидання. Додатково розглянуто питання охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки, безпеки в надзвичайних ситуаціях та екологічні аспекти експлуатації підйомного обладнання.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                                                    | 7  |
| РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....                                                                              | 9  |
| 1.1. Маломобільні групи населення та особливості формування доступного середовища .....                                        | 9  |
| 1.2 Елементи входу до будівлі, доступної для осіб з інвалідністю .....                                                         | 11 |
| 1.3. Поручні встановлені на пандусах.....                                                                                      | 16 |
| Висновки до розділу 1 .....                                                                                                    | 17 |
| РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ БУДІВЕЛЬ МГН .....                           | 19 |
| 2.1. Забезпечення доступності будівель для маломобільних груп населення за допомогою підйомних платформ і ліфтових систем..... | 19 |
| 2.2. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи .....                                                                           | 23 |
| Висновки до розділу 2 .....                                                                                                    | 24 |
| РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПІДЙОМНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ МГН.....                                                           | 25 |
| 3.1. Теоретичне дослідження та силовий розрахунок підйомного механізму інвалідного візка.....                                  | 25 |
| 3.2. Розрахунок зусилля в одному гідроциліндрі. ....                                                                           | 26 |
| 3.3. Розрахунок діаметра поршня гідроциліндра.....                                                                             | 28 |
| 3.4. Розрахунок швидкості підйому/опускання платформи .....                                                                    | 28 |
| 3.5. Підбір типу насоса для гідросистеми підйомника .....                                                                      | 30 |
| 3.6. Підбір потужності електродвигуна .....                                                                                    | 30 |
| 3.7. Розрахунок діаметрів болтів-шарнірів.....                                                                                 | 31 |
| 3.8. Розрахунок товщини кронштейнів під болти .....                                                                            | 34 |
| 3.9. Перевірка важеля на міцність .....                                                                                        | 35 |
| 3.10. Перевірка підйомної платформи на міцність і прогин.....                                                                  | 36 |

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.11. Перевірка стійкості підйомної платформи від перекидання .....           | 37        |
| Висновки до розділу 3 .....                                                   | 39        |
| <b>РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАЛЕЛОГРАМНОЇ</b>                        |           |
| <b>ПІДЙОМНОЇ СИСТЕМИ З ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ.....</b>                  | <b>41</b> |
| 4.1. Результати дослідження кінематичних параметрів.....                      | 41        |
| 4.2. Результати визначення силових навантажень у гідроциліндрах .....         | 41        |
| 4.3. Результати дослідження тиску в гідросистемі.....                         | 42        |
| 4.4. Результати визначення швидкості підйому та часу робочого циклу .....     | 43        |
| 4.5. Результати оцінки міцності основних елементів конструкції.....           | 44        |
| 4.6. Результати оцінювання стійкості та протиперекидної безпеки .....         | 44        |
| 4.7. Узгодженість отриманих результатів з нормативними вимогами.....          | 45        |
| Висновки до розділу 4 .....                                                   | 45        |
| <b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ</b>                      |           |
| <b>СИТУАЦІЯХ .....</b>                                                        | <b>46</b> |
| 5.1. Загальні вимоги охорони праці під час експлуатації підйомних систем .... | 46        |
| 5.2. Вимоги електробезпеки.....                                               | 47        |
| 5.3. Вимоги безпеки під час технічного обслуговування та ремонту .....        | 47        |
| 5.4. Пожежна безпека.....                                                     | 48        |
| 5.5. Ергономічні та санітарно-гігієнічні вимоги.....                          | 48        |
| 5.6. Безпека в надзвичайних ситуаціях .....                                   | 49        |
| 5.7. Екологічні аспекти експлуатації підйомного обладнання.....               | 49        |
| Висновки до розділу 5 .....                                                   | 51        |
| <b>ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....</b>                                             | <b>52</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>                                        | <b>54</b> |

## ВСТУП

Актуальність даної кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення рівня доступності об'єктів соціальної та транспортної інфраструктури для осіб з інвалідністю шляхом упровадження ефективних технічних засобів вертикального та похилого переміщення. У сучасних умовах значна частина громадських і житлових будівель в Україні залишається недостатньо адаптованою для самостійного пересування маломобільних груп населення, що обмежує їхню соціальну мобільність і доступ до послуг. Маятникові підйомники як спеціалізовані підйомно-транспортні пристрої є одним із раціональних технічних рішень для подолання перепадів висот у будівлях і на відкритих майданчиках без суттєкого втручання в існуючі конструкції.

Водночас ефективність і безпечність експлуатації маятникових підйомників безпосередньо залежать від їхніх технічних характеристик, зокрема вантажопідймальності, кінематичних параметрів, показників стійкості, надійності приводного механізму та відповідності вимогам чинних державних будівельних норм і стандартів. Недостатня кількість узагальнених досліджень, спрямованих на комплексний аналіз зазначених характеристик у поєднанні з реальними умовами експлуатації, зумовлює потребу в детальному технічному дослідженні маятникового підйомника для людей з інвалідністю з метою обґрунтування раціональних конструктивних і експлуатаційних параметрів та підвищення рівня безпеки і доступності середовища.

**Метою** дослідження є дослідження та обґрунтування технічних характеристик маятникового підйомника для людей з інвалідністю з метою підвищення рівня його безпечності, надійності та ефективності експлуатації в умовах об'єктів соціальної інфраструктури.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання: провести дослідження існуючих конструкцій маятникових підйомників і

нормативних вимог до засобів підйому людей з інвалідністю в Україні; виконати дослідження конструктивних особливостей маятникового підйомника та принципу його роботи; здійснити дослідження основних технічних характеристик підйомника, зокрема вантажопідіймальності, кінематичних і силових параметрів; провести дослідження показників стійкості та безпеки підйомника під час експлуатації; дослідити відповідність технічних параметрів маятникового підйомника вимогам чинних державних будівельних норм і стандартів.

**Об'єктом** дослідження є маятниковий підйомник як технічний засіб забезпечення доступності для людей з інвалідністю.

**Предметом** дослідження є технічні характеристики, конструктивні параметри та експлуатаційні показники маятникового підйомника для людей з інвалідністю.

**Методи** дослідження охоплюють дослідження та узагальнення нормативно-правових і технічних джерел, інженерно-аналітичні методи дослідження силових і кінематичних параметрів, методи порівняльного дослідження технічних характеристик, а також елементи розрахункового й графічного моделювання з метою оцінки працездатності та безпечності маятникового підйомника.



## **РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **1.1. Маломобільні групи населення та особливості формування доступного середовища**

Уряд України, органи місцевого самоврядування, а також організації незалежно від організаційно-правових форм і форм власності зобов'язані створювати умови для осіб з інвалідністю, у тому числі тих, хто користується кріслами-колясками та собаками-поводирями, з метою забезпечення вільного доступу до об'єктів соціальної інфраструктури. До таких об'єктів належать житлові, громадські та виробничі будівлі, місця відпочинку, спортивні споруди, культурно-видовищні та інші установи, а також громадський транспорт, транспортні комунікації, засоби зв'язку й інформації.

Планування та забудова міст і інших населених пунктів, формування житлових і рекреаційних зон, розроблення проєктних рішень для нового будівництва та реконструкції будівель, споруд і їхніх комплексів, так само як проєктування та виготовлення транспортних засобів загального користування, систем зв'язку й інформації без урахування вимог доступності для осіб з інвалідністю законодавством України не допускаються.

Державні будівельні норми та правила щодо будівництва і реконструкції будівель та споруд мають розроблятися з урахуванням позиції громадських організацій осіб з інвалідністю та відповідати вимогам чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні» [1], а також нормативним актам у сфері містобудування та будівельної діяльності.

Разом з тим на практиці органи державної влади та місцевого самоврядування, посилаючись на чинні норми і обмежені фінансові можливості, можуть визначати пріоритетність адаптації окремих об'єктів. Однак такі

обмеження не звільняють від обов'язку дотримання вимог доступності суб'єктів приватної та недержавної форми власності. Якщо приватна організація є власником будівлі та здійснює її будівництво або реконструкцію, вона зобов'язана забезпечити доступність цього об'єкта для осіб з інвалідністю шляхом повного виконання вимог державних будівельних норм. Невиконання цих вимог є порушенням законодавства України та може бути підставою для притягнення до відповідальності в судовому порядку.

Регулювання питань доступності в Україні здійснюється системою нормативних документів у галузі будівництва, зокрема ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд» [2], ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення» [3], ДБН В.2.2-3:2018 «Будинки і споруди. Заклади освіти» [4], ДБН В.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» [5], а також іншими нормативно-правовими актами, що встановлюють вимоги щодо забезпечення безбар'єрного середовища для маломобільних груп населення.

Відповідно до нормативних документів [1] до маломобільних груп населення належать особи з інвалідністю з ураженням опорно-рухового апарату, у тому числі ті, хто користується кріслами-колясками, особи з порушеннями зору та слуху, люди похилого віку віком від 60 років, тимчасово непрацездатні, вагітні жінки, особи з дитячими візками, а також діти дошкільного віку.

До маломобільних груп населення, окрім осіб з інвалідністю [1], належить значна кількість інших соціальних категорій. При цьому середовище, адаптоване з урахуванням потреб людей з інвалідністю, є зручним і для всіх інших громадян, навіть за відсутності у них фізичних обмежень.

Фізичні та сенсорні обмеження мають різний характер і, відповідно, зумовлюють різні вимоги до пристосування навколишнього середовища [6]. Найбільш суттєвих змін інфраструктури потребує забезпечення повноцінних умов

життєдіяльності для осіб із серйозними порушеннями опорно-рухового апарату, зору та слуху.

Під час розгляду доступного середовища для осіб з інвалідністю [6] з ураженням опорно-рухового апарату найчастіше виникає уявлення про людину, яка пересувається на кріслі-колясці, а також про необхідність облаштування пандусів. Водночас сучасні технічні рішення передбачають ширший спектр засобів забезпечення доступності, зокрема застосування спеціалізованих підйомних пристроїв, що дозволяють ефективно долати перепади висот у будівлях і спорудах..

## **1.2 Елементи входу до будівлі, доступної для осіб з інвалідністю**

У кожній будівлі щонайменше один вхід має бути адаптований для осіб з інвалідністю. Таким входом може бути центральний вхід або окремо передбачений вхід, облаштований з урахуванням потреб користувачів крісел-колясок і забезпечений безпечними та зручними умовами пересування [6].

Вхідна група будівлі формується з комплексу конструктивних елементів, які забезпечують безперешкодний доступ до внутрішніх приміщень. До її складу належать (рис. 1.1) вхідний майданчик перед дверима, зовнішні сходи у разі наявності перепаду висот, вхідні двері та тамбур. За наявності сходів обов'язковим є передбачення альтернативного шляху підйому для маломобільних груп населення. Найпоширенішим інженерним рішенням у таких випадках є облаштування пандусів, які дозволяють подолати різницю висот без застосування допоміжних зусиль з боку сторонніх осіб. Саме пандуси як елемент доступного середовища потребують детального технічного аналізу, оскільки їхні геометричні параметри, ухили та конструктивні особливості безпосередньо впливають на безпеку й зручність користування для людей з інвалідністю [6].

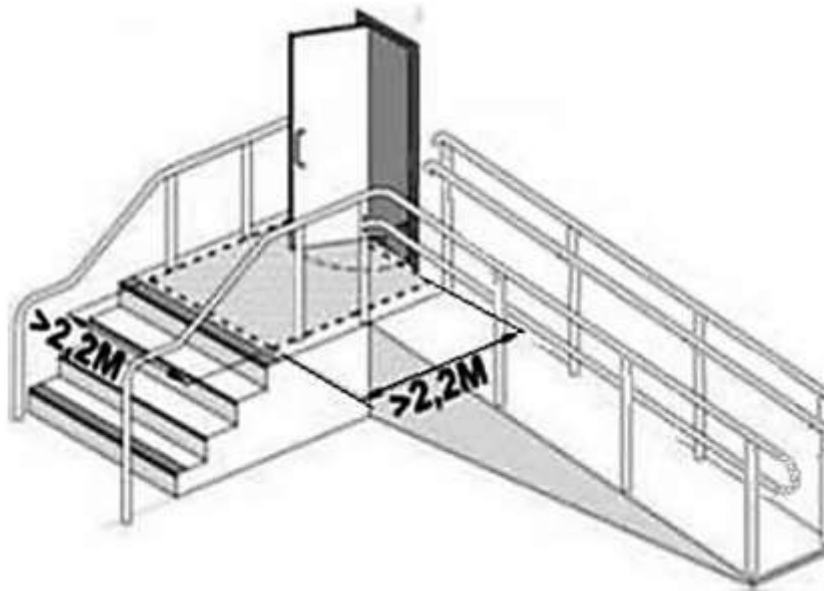


Рисунок 1.1 - Забезпечення габаритів вхідних майданчиків, достатніх для розходження зустрічних потоків відвідувачів: діаметр поворотних зон зовнішніх вхідних майданчиків – не менше 2,2 м

Розміри майданчика на верхньому рівні повинні забезпечити можливість повністю горизонтального розміщення на ньому крісла-коляски. Це забезпечить стабільне та безпечне положення коляски, при якому людина може прибрати руки з коліс та звільнити їх для інших дій (дістати ключ з кишені, відкрити двері тощо) [4, 6].

Вхідний майданчик при входах, доступних маломобільним групам паселення (МГН) повинен мати: навіс, водовідведення, а залежно від місцевих кліматичних умов - підігрів поверхні покриття. Розміри вхідного майданчика при відкриванні полотна дверей назовні повинні бути не менше 1,4 x 2,0 м або 1,5 x 1,85 м. Розміри вхідного майданчика з пандусом не менше 2,2 x 2,2 м. Тобто на початку і наприкінці кожного підйому пандуса слід влаштовувати горизонтальні майданчики не менше 5 м [4].

Пандус являє собою похилу поверхню, призначену для переміщення крісел-колясок та інших засобів пересування маломобільних груп населення. Насамперед

улаштування пандусів є необхідним у місцях перепаду горизонтальних рівнів, що перевищує 4 см, зокрема на пішохідних шляхах, при входах до будівель, а також у внутрішніх приміщеннях будівель і споруд (рис. 1.2) [6].

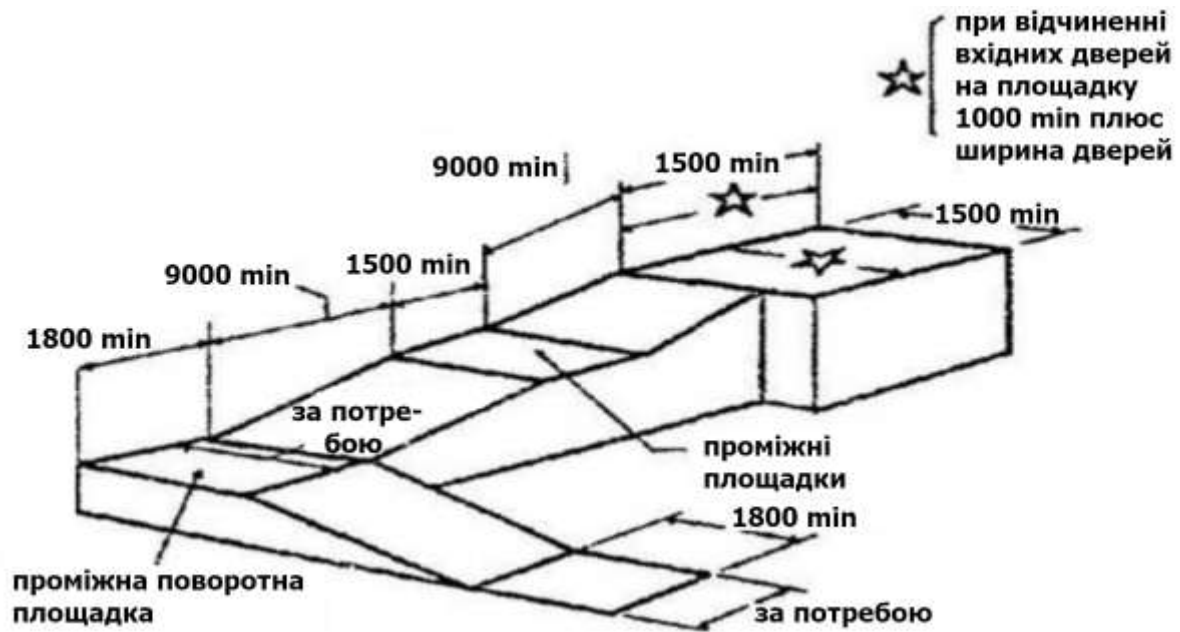


Рисунок 1.2 – Основні елементи пандуса та його розміри

В українській практиці поширеним є уявлення, що особи з інвалідністю можуть без ускладнень долати перепади висот до 4 см, однак у реальних умовах це не завжди відповідає дійсності. Для користувачів крісел-колясок, осіб із порушеннями опорно-рухового апарату та людей похилого віку навіть незначні перепади рівнів можуть створювати суттєві труднощі та небезпеку під час пересування [4].

У міжнародній практиці пандус розглядається як комплексний елемент доступного середовища і обов'язково складається з трьох взаємопов'язаних частин. Нижня частина передбачає горизонтальний майданчик біля основи пандуса, який забезпечує зручний під'їзд і можливість маневрування. Середня частина являє собою похилу поверхню пандуса, призначену безпосередньо для підйому або спуску. Верхня частина включає горизонтальний майданчик на

верхньому рівні, що забезпечує безпечний заїзд і подальший рух користувача без різких змін положення або додаткових зусиль [4].

Однією з найпоширеніших помилок під час проєктування пандусів є те, що архітектори або не передбачають горизонтальний майданчик біля основи пандуса, або закладають його з недостатніми розмірами. У такому разі користувач крісла-коляски не має можливості зручно та безпечно під'їхати до похилої частини пандуса, що ускладнює або повністю унеможлиблює його використання. Подібні проєктні недоліки знижують функціональність пандуса та суперечать вимогам формування доступного середовища для маломобільних груп населення.

Важливим моментом будівництва пандусів є те, що його покриття має бути суцільним полотном. Якщо пандус, призначений для одностороннього руху інваліда на візку, його достатня ширина в чистоті складе 900-1000 мм. Якщо пандус призначений для двостороннього зустрічного руху людей на візках, його ширина повинна бути не менше 1,8 м [4, 6].

Ухил пандуса окреслюється співвідношення висоти підйому пандуса до довжини горизонтальної проєкції похилої ділянки пандуса. Він може бути представлений як співвідношення або виражений у відсотках. Якщо необхідно виконати пандус біля щаблі висотою 10 см, потрібно відміряти від неї метр і вирівняти цей перепад у вигляді похилої поверхні гарячим асфальтом або бетоном. Вийде пандус з ухилом 1:10, або, іншими словами, з ухилом 10%. Ухил пандуса має бути не більше 1:12, а при підйомі на висоту до 0,2 м – не більше 1:10.

За зовнішніми (не примикаючими до стін) боковими краями пандуса і горизонтальних майданчиків повинні бути передбачені колесовідбійники (бортики) висотою не менше 0,05 м для запобігання зісковзування коляски, тростини, ноги [5].



Рисунок 1.3 - Пандус, який відповідає будівельним нормам

Висота підйому кожного маршу пандуса не повинна перевищувати 0,8 м. У разі перевищення цієї норми мають бути передбачені проміжні майданчики.

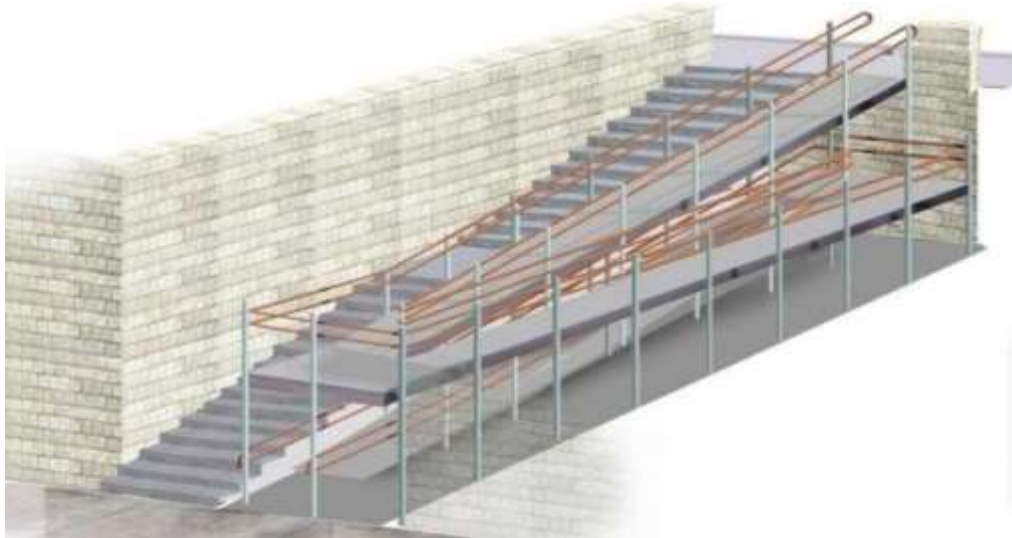


Рисунок 1.4 – Варіант правильної конфігурації пандуса

Якщо пандус прямий і не змінює свого напрямку, то ширина проміжного майданчика повинна дорівнювати ширині пандуса (900 мм), а глибина не менше 1500 мм. Якщо пандус на проміжному майданчику змінює свій напрямок на 180°, то глибина майданчика повинна становити не менше 1500 мм, а ширина

дорівнюватиме ширині двох сусідніх маршів, тобто 1800 мм. Такого майданчика (рис. 1.4) буде достатньо для розвороту коляски на 180 ° [4].

### 1.3. Поручні встановлені на пандусах

Пандуси повинні мати двосторонню огорожу з поручнями. Ухил вже більше 5% викликає певні труднощі для переміщення на колясці, установка поручнів з двох сторін необхідна для того, щоб людина могла підніматися сама, перехоплюючись за них руками.

Поручні перил у пандусів слід передбачати подвійними на висоті 0,7 і 0,9 м. Для дітей дошкільного віку поручень розташовується на висоті 0,5 м. І тут також важливо пам'ятати, що інвалідові легше підніматися, тримаючись за поручні, розташовані якомога ближче один до одного. Таким чином, якщо проектується поручні на відстані 1800 мм, треба чітко розуміти, що можна буде триматися за поручень тільки, з одного боку [3, 6].



Рисунок 1.5 – Пандус з поручнями розташованими на відстані 1500 мм

Можна виділити додатковий поручень усередині пандуса на відстані 900 мм (це оптимальна відстань для зручного перехоплення обома руками) від одного з



поручнів, щоб створити зручну зону для підйому інвалідів на візках. Довжина поручнів має бути більшою за довжину пандуса з кожної сторони не менше ніж на 0,3 м. Це треба враховувати, тому що при підйомі вгору інвалід на візку руками хапається за поручні по обидва боки пандуса трохи попереду коляски і різким рухом виштовхує візок нагору.

При спуску з пандуса інвалід пригальмовує коляску, тримаючись за перила трохи перед собою, і якщо поручні не мають горизонтальних ділянок, що виступають, то при з'їзді з пандуса у людини виникнуть труднощі.

Поверхня поручнів пандусів повинна бути безперервною по всій довжині і строго паралельна поверхні самого пандуса з урахуванням горизонтальних ділянок, що примикають до нього [4].

Поручні мають бути круглого перерізу діаметром не менше 4 і не більше 6 см (рекомендований діаметр – 4 см). На верхній чи бічній, зовнішній стосовно маршру, поверхні поручнів повинні передбачити рельєфні позначення поверхів, а також передбачає смуги про закінчення поручнів.

Слід зазначити, що правильно встановленим пандусом користуються не тільки інваліди, а і люди без фізичних обмежень, які вважають за краще підніматися або спускатися по пандусу, оскільки це в багатьох випадках зручніше, завжди менш енерговитратно і природно за фізіологічними параметрами руху людини. А для деяких категорій населення, наприклад, мамам з дитячими візками, це єдина можливість самотійно подолати сходову перешкоду [7].

## **Висновки до розділу 1**

У розділі проаналізовано нормативно-правові вимоги та сучасний стан забезпечення доступності будівель для маломобільних груп населення. Встановлено, що в Україні існує достатня законодавча база, однак її практична

реалізація часто є неповною, що зумовлює наявність бар'єрів у пересуванні та обмежує можливість самостійного користування об'єктами інфраструктури.

Показано, що найбільшої уваги потребують особи з порушеннями опорно-рухового апарату, для яких критично важливими є правильні параметри вхідних майданчиків, пандусів та систем поручнів. Доведено, що проєктні помилки знижують безпеку та функціональність таких елементів, тоді як правильно спроектовані рішення забезпечують безбар'єрність і комфорт пересування.

Отримані результати підтверджують необхідність подальших досліджень технічних засобів подолання перепадів висот і вдосконалення їх конструктивних параметрів у напрямі підвищення безпеки та відповідності нормативним вимогам.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ БУДІВЕЛЬ МГН

### 2.1. Забезпечення доступності будівель для маломобільних груп населення за допомогою підйомних платформ і ліфтових систем

Для забезпечення доступності середовища та подолання значних перепадів відміток підлог у будівлях застосовують електричні підймальні пристрої різних конструктивних виконань. Одним із поширених технічних рішень є вертикальна підйомна платформа (рис. 2.1) у вигляді горизонтальної площадки, що переміщується у вертикальній площині по напрямних [8]. Зазначений тип обладнання забезпечує транспортування осіб, які користуються кріслами-колясками, між різними рівнями будівлі у житлових об'єктах, навчальних закладах, торговельно-розважальних центрах, на вокзалах та в інших багаторівневих спорудах, не створюючи перешкод для руху інших користувачів сходів [9].



Рисунок 2.1 – Вертикальна підйомна платформа для переміщення користувачів крісел-колясок між рівнями будівлі

Підйомні платформи можуть експлуатуватися як у внутрішніх приміщеннях, так і на зовнішніх елементах будівель. Конструкція за потреби оснащується захисними огорожувальними елементами, шлагбаумами або шахтою з дверима. За незначної різниці висот (як правило, до 1,8 м) доцільним є використання відкритих платформ, тоді як підйомники із закритими кабінами за конструктивно-функціональними ознаками наближаються до традиційних ліфтових систем [10].

Принцип функціонування полягає в тому, що користувач на кріслі-колясці заїжджає на платформу, після чого за допомогою кнопочового керування активує привід. Платформа рухається по жорстко закріплених на стіні або спеціальній опорній конструкції напрямних, забезпечуючи плавний та безпечний підйом або спуск. У низці конструкцій передбачена можливість складання платформи після завершення використання, що дозволяє зберігати ширину сходових маршів і не обмежує пересування інших відвідувачів.

Рекомендована мінімальна ширина сходової клітки, по якій переміщується підйомна платформа, повинна становити не менше 1500 мм. За умови роботи підйомника шириною 900 мм залишається 600 мм корисної ширини сходів, що забезпечує можливість безпечного пересування інших користувачів [10].



Рисунок 2.2 - Підйомний пристрій, встановлений на мікроавтобусі

Принцип його дії рис. 2.2 є аналогічним принципу функціонування стаціонарних вертикальних платформених підйомачів. Такі підйомні системи застосовуються для забезпечення доступності громадського транспорту для осіб з інвалідністю та маломобільних груп населення, сприяючи їх безпечному та зручному посадці та висадці.

Ліфти (рис. 2.3) та спеціальні підйомні пристрої (рис. 2.4) повинні бути пристосовані для самостійного користування особами, які пересуваються на кріслах-колясках. Якщо користувач з інвалідністю не має можливості скористатися ліфтом або підйомником без сторонньої допомоги, це суттєво знижує рівень доступності будівлі та обмежує його автономність. У такому разі особа змушена звертатися по допомогу, що негативно впливає на рівень її незалежності та комфорт користування об'єктом громадської інфраструктури [11].



Рисунок 2.3 – Ліфт для маломобільного населення

Ліфти повинні мати автономну систему керування як з кабінки, так і з усіх поверхів будівлі. Кнопки виклику та органи керування рухом ліфта доцільно

виконувати збільшеного розміру, із рельєфним позначенням цифр, забезпечуючи їх зручне виявлення на дотик. Розміщення панелей керування має здійснюватися на висоті не більше ніж 1,2 м від рівня підлоги, що забезпечує можливість їхнього комфортного використання особами, які пересуваються на кріслах-колясках, а також іншими маломобільними групами населення [8, 10].



Рисунок 2.4 - Спеціальни підйомний пристрій

Кабіна ліфта для МГН повинна бути оснащена [11]:

- системою світлової індикації в кабіні;
- системою звукового інформування пасажирів під час руху та зупинок;
- знаком доступності, що підтверджує придатність обладнання для користувачів з інвалідністю;
- візуальними покажчиками номера поверху, розміщеними навпроти ліфта.

Зазначена вимога є важливою не лише для осіб, які пересуваються на кріслах-колясках, але й для людей невеликого зросту, тому вона повинна виконуватися для всіх кнопок виклику, у тому числі дверних дзвінків. Досить

зручним є горизонтальне розміщення панелі керування ліфтом, при якому кнопки розташовуються на висоті 850–950 мм від рівня підлоги. Різниця висот між підлогою кабіни ліфта та рівнем підлоги ліфтового холу не повинна перевищувати 0,025 м, що забезпечує безпечний та комфортний заїзд користувачів на кріслах-колясках.

## **2.2. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи**

Актуальність даної кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення рівня доступності об'єктів соціальної та транспортної інфраструктури для осіб з інвалідністю шляхом упровадження ефективних технічних засобів вертикального та похилого переміщення. У сучасних умовах значна частина громадських і житлових будівель в Україні залишається недостатньо адаптованою для самостійного пересування маломобільних груп населення, що обмежує їхню соціальну мобільність і доступ до послуг. Маятникові підйомники як спеціалізовані підйомно-транспортні пристрої є одним із раціональних технічних рішень для подолання перепадів висот у будівлях і на відкритих майданчиках без суттєвого втручання в існуючі конструкції.

Водночас ефективність і безпечність експлуатації маятникових підйомників безпосередньо залежать від їхніх технічних характеристик, зокрема вантажопідймальності, кінематичних параметрів, показників стійкості, надійності приводного механізму та відповідності вимогам чинних державних будівельних норм і стандартів. Недостатня кількість узагальнених досліджень, спрямованих на комплексний аналіз зазначених характеристик у поєднанні з реальними умовами експлуатації, зумовлює потребу в детальному технічному дослідженні маятникового підйомника для людей з інвалідністю з метою обґрунтування раціональних конструктивних і експлуатаційних параметрів та підвищення рівня безпеки і доступності середовища.

## **Висновки до розділу 2**

У розділі розглянуто механізовані та електрифіковані системи вертикального переміщення, які забезпечують безбар'єрний доступ будівель для маломобільних груп населення. Встановлено, що підйомні платформи, ліфти та спеціальні підйомні пристрої є ефективними технічними засобами подолання перепадів висот у громадських, житлових і транспортних об'єктах.

Підкреслено роль машинобудівних рішень, зокрема конструктивної надійності механізмів підйому, якості приводів, стійкості конструкцій, ергономіки керування та відповідності нормативним вимогам. Самостійність користування такими системами значною мірою залежить від рівня їх механізації, електрифікації та інженерної досконалості.

Отримані результати підтверджують необхідність подальшого дослідження та вдосконалення машинобудівних конструкцій підйомних пристроїв і технічно обґрунтованого вибору систем вертикального переміщення з урахуванням безпеки, надійності та зручності експлуатації.





### ***Вихідні дані для розрахунку***

Механізм – паралелограмний підйомник з двома гідроциліндрами.

#### Ланки:

0 – рама (AC)

1 – платформа (BD)

2 – лівий важіль (AB)

3 – правий важіль (CD)

4,5 – лівий і правий гідроциліндри

#### Шарніри:

A, C – кріплення важелів до рами

B, D – кріплення важелів до платформи

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> – кріплення корпусів гідроциліндрів до рами (НА ланці AC)

G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> – кріплення штоків до важелів (НА ланках AB і CD)

Маса вантажу – маса платформи 160 кг + маса візка з людиною 250 кг;

Загальна вага платформи з візком:  $G=410 \cdot 9,81 \approx 4020$  Н

Оскільки підйомна платформа приводиться в рух двома симетрично розташованими гідроциліндрами, навантаження від ваги підйомної платформи з візком розподіляється між ними порівну. Для спрощення силового аналізу в подальших розрахунках розглядається одна сторона механізму з приведенням навантаження  $G/2$ .

$$G_{1/2} = \frac{4020}{2} \approx 2010 \text{ Н}$$

### **3.2. Розрахунок зусилля в одному гідроциліндрі.**

Складаємо рівняння моментів відносно точки A [14]:

$$\frac{G}{2} \cdot a = F_{\text{ц}} \cdot b$$

де  $a$  – плече сили  $G/2$  (горизонтальна/перпендикулярна відстань до  $A$ ),  
 $b$  – плече сили  $F_{\text{ц}}$  (перпендикулярна відстань від лінії дії циліндра до  $A$ ).

Звідси

$$F_{\text{ц}} = \frac{G}{2} \cdot \frac{a}{b}$$

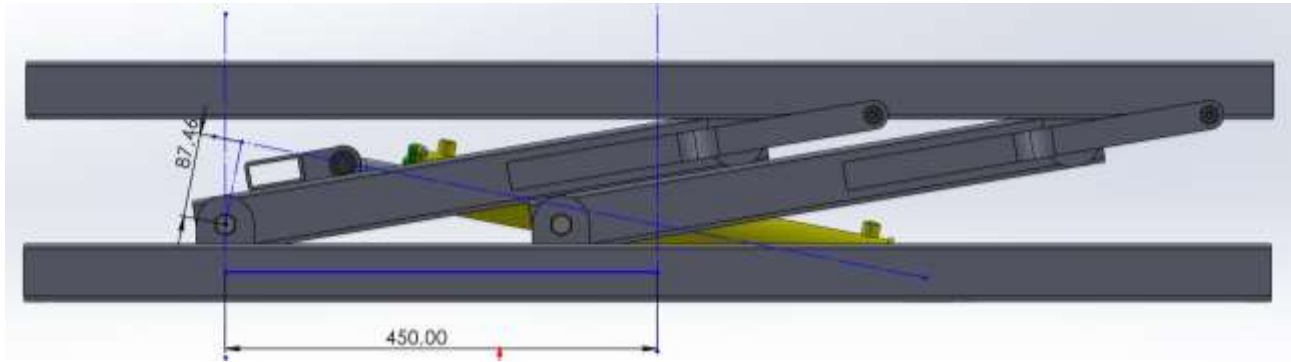


Рисунок 3.2 – Графічне визначення довжин  $a = 450$  мм,  $b = 87,46$  мм

$$F_{\text{ц}} = \frac{G}{2} \cdot \frac{a}{b}$$

$$F_{\text{ц}} = 6.9 \cdot \frac{410}{272} \approx 10.4 \text{ кН}$$

З урахуванням того, що підйомник призначений для переміщення людей, коефіцієнт запасу міцності приймаємо  $k = 3.0$ . Тоді номінальна сила кожного гідроциліндра повинна становити [12]

$$F_{\text{ном}} = F_{\text{ц}} \cdot k = 10,4 \cdot 3 \approx 31,2 \text{ кН}$$

Для забезпечення необхідного рівня надійності та безпеки доцільно застосовувати гідроциліндри з номінальним зусиллям не менше 31 кН.

Для розрахунку діаметра поршня гідроциліндра потрібно задати робочий тиск системи, який становить  $p = 16$  МПа (безпечний, стандартний, абсолютно нормальний і дуже поширений тиск для таких підйомників) [16].

### 3.3. Розрахунок діаметра поршня гідроциліндра

За робочого тиску в гідросистемі  $p = 16$  МПа та номінальній силі гідроциліндра  $F_{\text{ном}} = 21$  кН, необхідна площа поршня становить [17]

$$F = p \cdot A$$

Підставляємо:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,1416 \cdot 0,05^2}{4} \approx 0,00196 \text{ м}^2$$

Звідси діаметр:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \approx 50 \text{ мм}$$

$$d \geq 50 \text{ мм}$$

З урахуванням стандартного ряду гідроциліндрів приймаємо діаметр поршня  $d = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$ .

### 3.4. Розрахунок швидкості підйому/опускання платформи

Хід штока циліндра  $L = 350 \text{ мм} = 0,35 \text{ м}$ , подача насоса  $Q = 4 \dots 6$  л/хв.

Оскільки два циліндри споживають масло одночасно, швидкість [18]:

$$v = \frac{Q}{n \cdot A}$$

$$v = \frac{6,67 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 0,00196} \approx 0,0170 \text{ м/с}$$

де  $Q$  - подача насоса, м<sup>3</sup>/с

$A$  - площа поршня, м<sup>2</sup>

Час повного підйому, с:

$$t = \frac{L}{v}$$

$$t_{\uparrow} = \frac{L}{v} = \frac{0,35}{0,0170} \approx 20,6 \text{ с}$$

$$t_{\uparrow} \approx 21 \text{ с}$$

При опусканні рідина йде через дросель/розподільник і, зазвичай, має значення

$$v_{\downarrow} \approx (1,2 \dots 1,5) \cdot v_{\uparrow}$$

Приймаємо

$$v_{\downarrow} = 1,3 \cdot 0,017 \approx 0,022 \text{ м/с}$$

$$t_{\downarrow} = \frac{0,35}{0,022} \approx 15,9 \text{ с}$$

$$t_{\downarrow} \approx 16 \text{ с}$$

Для комфортного транспортування людини вибираємо оптимальне значення швидкості  $v = 0,022 \text{ м/с}$ , що забезпечує плавний та безпечний підйом платформи з інвалідним візком [18].

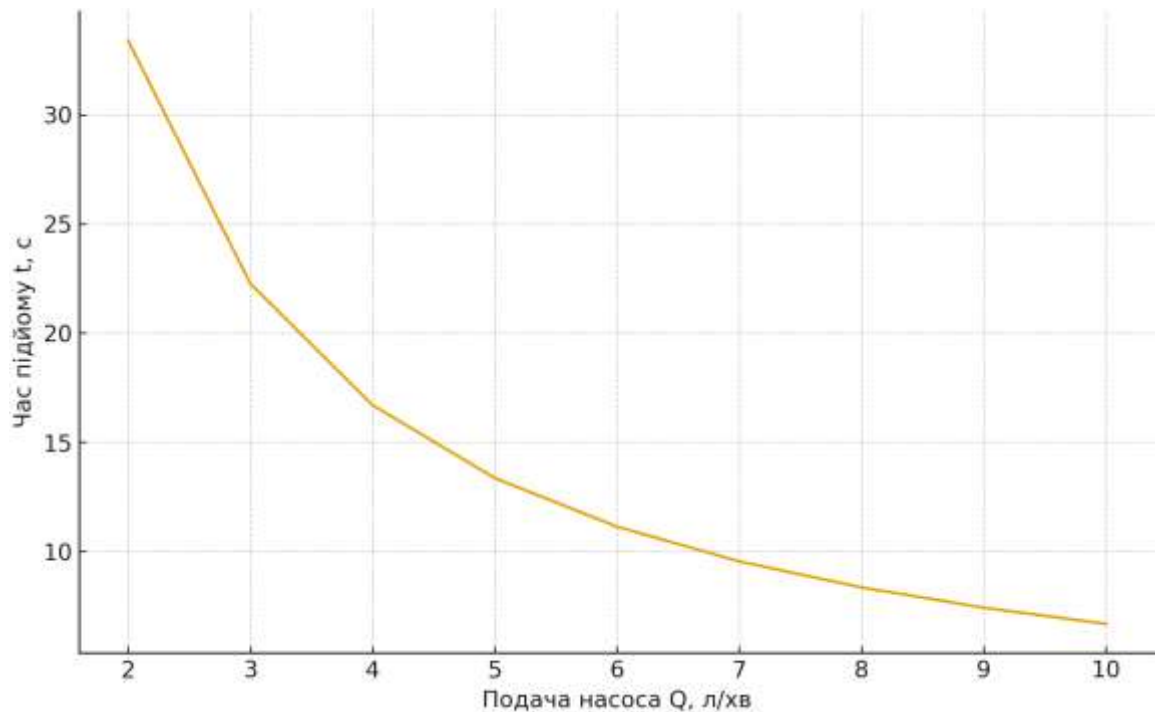


Рисунок 3.3 - Залежність часу підйому платформи від подачі насоса

### 3.5. Підбір типу насоса для гідросистеми підйомника

Оберти двигуна стандартні  $n = 1450$  об/хв.

*Розрахункова потреба в робочому об'ємі*

Об'єм для одного циліндра:

$$V_1 = A \cdot L$$

$$V_1 = 0,00196 \cdot 0,35 \approx 0,000686 \text{ м}^3$$

$$V_1 \approx 0,686 \text{ л}$$

Загальна потреба в робочому об'ємі для двох циліндрів

$$V_{\Sigma} = n \cdot V_1 = 2 \cdot 0,686 \approx 1,372 \text{ л}$$

З урахуванням заповнення трубопроводів, гідророзподільника, запасу на дегазацію та охолодження, приймаємо коефіцієнт запасу  $k_v=3$  [16].

Тоді мінімальний необхідний робочий об'єм

$$V_{\text{розр}} = k_v \cdot V_{\Sigma}$$

$$V_{\text{розр}} = 3 \cdot 1,37 \approx 4,11 \text{ л}$$

З урахуванням нагріву, зручності обслуговування та стандартного ряду баків:

$$V_{\text{бак}} = 15\text{--}20 \text{ л}$$

Вибираємо насоса з: НШ-4 - Робочий об'єм  $4 \text{ см}^3/\text{об}$ , робочий тиск до 16 МПа, подача при 1450 об/хв  $Q \approx 5.8 \text{ л/хв}$  - підійде, просто підйом буде трохи швидший ( $\sim 12$  с), дуже поширений в Україні; НШ-3 - робочий об'єм  $3 \text{ см}^3/\text{об}$ , робочий тиск до 16 МПа, подача при 1450 об/хв  $Q \approx 4.3 \text{ л/хв}$  - найкращий варіант для даного розрахунку; *Casappa PLP10-3*, *Hydrosila GP3* – робочий об'єм  $3 \text{ см}^3/\text{об}$ , робочий тиск до 16-18 МПа, подача при 1450 об/хв  $Q \approx 4 \text{ л/хв}$ .

### 3.6. Підбір потужності електродвигуна

Формула розрахунку потужності електродвигуна [12, 13]

$$N = \frac{p \cdot Q}{\eta}$$

де  $p = 16 \times 10^6$  Па

$Q = 6.67 \times 10^{-5}$  м³/с

$\eta \approx 0.81$  – коефіцієнт корисної дії.

$$N_H = \frac{16 \cdot 10^6 \cdot 6,67 \cdot 10^{-5}}{0,81}$$

$$N_H \approx \frac{1067}{0,81} \approx 1317 \text{ Вт}$$

Для забезпечення розрахункової подачі  $Q \approx 4$  л/хв та робочого тиску  $p = 16$  МПа обрано шестеренний гідронасос типу НШ-3 з робочим об'ємом 3 см³/об. При частоті обертання 1450 об/хв насос забезпечує подачу близько 4,3 л/хв, що відповідає вимогам плавного та безпечного підйому [12].

З урахуванням пускових навантажень, можливих гідравлічних втрат, коливань напруги в мережі, приймаємо коефіцієнт запасу  $k_z = 1,25$ . Тоді потужність електродвигуна буде

$$N_{ед} = k_z \cdot N_H = 1,25 \cdot 1,32 \approx 1,65 \text{ кВт}$$

Для приводу насоса приймаємо *AIP 90L4* асинхронний електродвигун потужністю 2,2 кВт, частота обертання 1500 об/хв, напруга живлення 380 В, режим роботи - *S3* (повторно-короткочасний) або *S1* який працює без перевантаження, забезпечує м'який пуск насоса, має достатній тепловий запас.

### 3.7. Розрахунок діаметрів болтів-шарнірів

Згідно схеми (рис. 3.1) розрахуємо 4 типи осей:

1. Шарнір *A* - кріплення важеля до рами
2. Шарнір *B* - кріплення важеля до платформи
3. Шарнір *F* - кріплення гідроциліндра до рами
4. Шарнір *G* - кріплення штока до важеля

Номінальна сила одного гідроциліндра з запасом  $F = 31,2$  кН, яку підставляємо цю силу для болтів  $F$  та  $G$ , тобто болти у цих точках працюють на зріз.

Формула для діаметра болта на зріз [12]

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot [\tau]}}$$

де  $F$  - сила, Н

$[\tau]_{\text{зр}}$  - допустиме напруження на зріз,  $[\tau]_{\text{зр}} = 80 \dots 100$  МПа [13]

Підставимо значення

$$F = 31,2 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$d_{F,G} = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,2 \cdot 10^3}{3,1416 \cdot 80 \cdot 10^6}} \approx 0,0243 \text{ м}$$

Мінімальний діаметр болта (шарніра  $F$  і  $G$ )  $d_{\min} \approx 24,3$  мм, а з урахуванням стандартного ряду  $d = 25$  мм.

З урахуванням передавання зусиль важелем

$$F_A \approx 0,85 \cdot F_{\text{ц,розр}} \approx 0,85 \cdot 31,2 \approx 26,5 \text{ кН}$$

$$d_A = \sqrt{\frac{4 \cdot 26,5 \cdot 10^3}{3,1416 \cdot 80 \cdot 10^6}} \approx 0,0215 \text{ м}$$

Шарнір  $B$  навантажений значно менше. За результатами кінематично-силового аналізу

$$F_B \approx 5,0 \text{ кН}$$

$$d_B = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,0 \cdot 10^3}{3,1416 \cdot 80 \cdot 10^6}} \approx 0,0089 \text{ м}$$

Приймаємо стандартно  $d_B = 14$  мм.

Найбільш навантаженими є шарніри кріплення гідроциліндрів  $F$  та  $G$ , для яких мінімальний розрахунковий діаметр становить 24,3 мм, у зв'язку з чим



прийнято болти діаметром 25 мм. Для шарніра А мінімальний діаметр склав 21,5 мм, тому також прийнято болт 25 мм. Для шарніра В, який навантажений значно менше, розрахунковий діаметр становить 8,9 мм, у зв'язку з чим прийнято болт діаметром 14 мм.

На відміну від  $F$  і  $G$ , де сила пряма = сила циліндра (21 кН), у А і В діють реакції від важеля, і вони залежать від геометрії:

$l = 550$  мм - довжина важеля А–В;

$c = 87,46$  мм = 0,08746 м - плече сили циліндра;

$d = 532,80$  мм 0,5328 м (рис. 3.4) - плече сили платформи (проекція  $A \rightarrow B$  по горизонталі).

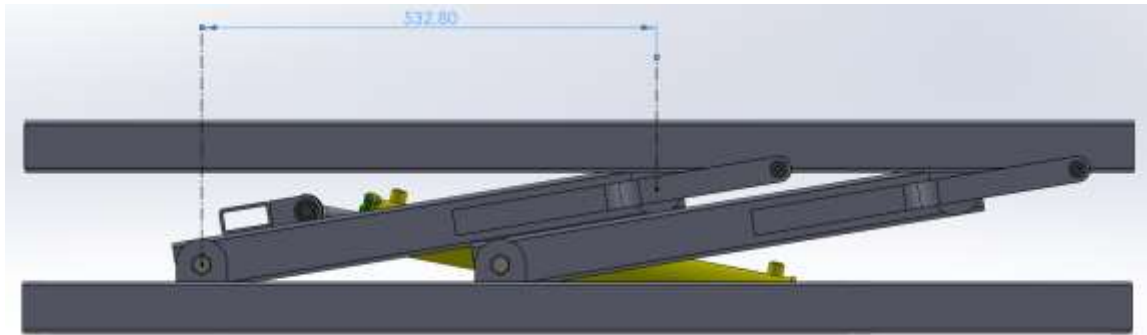


Рисунок 3.4 - Графічне визначення довжини плеча  $d = 532,80$  мм

Навантаження від платформи і людини (половина на один важіль) становить:

$$P = \frac{2700}{2} = 1350 \text{ Н}$$

Момент рівноваги відносно точки А [15]

$$F_c \cdot c = R_B \cdot d + P \cdot d$$

$$21000 \cdot 0,08746 = R_B \cdot 0,5328 + 1350 \cdot 0,5328$$

де  $F_c$  - сила гідроциліндра,  $F_c = 21000$ Н.

$$1836,66 = R_B \cdot 0,5328 + 719,28$$

$$R_B \cdot 0,5328 = 1117,38$$

$$R_B = \frac{1117,38}{0,5328} \approx 2098 \text{ Н}$$

Реакція в шарнірі А. Важіль навантажений силами вниз  $P = 1350$  Н, вгору (в шарнірі В) -  $R_B = 2098$  Н, вгору (через циліндр) -  $F_c = 21000$  Н.

$$R_A = F_c + R_B - P$$

$$R_A = 21000 + 2098 - 1350 = 21748 \text{ Н}$$

Остаточні сили в шарнірах  $A \approx 21,7$  кН,  $B \approx 2,10$  кН

Розрахунок діаметра болтів на зріз [12].

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\tau]}}$$

$$[\tau] = 80 \text{ МПа} = 80 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Шарнір В (2,10 кН):

$$d_B = \sqrt{\frac{4 \cdot 2100}{3,1416 \cdot 80 \cdot 10^6}}$$

$$d_B = 0,0058 \text{ м} = 5,8 \text{ мм}$$

Приймаємо  $d_B = 10$  мм

Шарнір А (21,7 кН):

$$d_A = \sqrt{\frac{4 \cdot 21748}{3,1416 \cdot 80 \cdot 10^6}}$$

$$d_A = 0,0186 \text{ м} = 18,6 \text{ мм}$$

Приймаємо  $d_A = 20$  мм.

### 3.8. Розрахунок товщини кронштейнів під болти

Умова зминання [12]

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{d \cdot t} \leq [\sigma_{зм}]$$

де  $F$  - сила, Н

$d$  - діаметр болта, м

$t$  - товщина кронштейна, м

$[\sigma_{зм}] = 160 \dots 200 \text{ МПа}$  (для сталі)

Допустиме напруження зминання для сталі  $[\sigma_{зм}] = 180 \text{ МПа}$  [12]

Тоді, мінімальна товщина для двостороннього кронштейна становитиме:

$$t = \frac{F}{2 \cdot d \cdot [\sigma_{зм}]}$$

Шарніри A, F, G

$$t_{25} = \frac{31,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,025 \cdot 180 \cdot 10^6}$$

$$t_{25} \approx 0,00347 \text{ м}$$

Шарнір B

$$t_{14} = \frac{5,0 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,014 \cdot 180 \cdot 10^6}$$

$$t_{14} \approx 0,00099 \text{ м}$$

Приймаємо  $t_{25} = 3,5$  та  $t_{14} = 8 \text{ мм}$

### 3.9. Перевірка важеля на міцність

За умови перерізу квадратної труби розмірами  $60 \times 30 \times 4$  максимальний момент становитиме [15]:

$$M = F_{\text{ц}} \cdot c = 31200 \cdot 0,08746 \approx 2729 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Перевірку важеля на міцність виконано для матеріалу сталь Ст3. При розрахунковій силі гідроциліндра  $F_{\text{ц}} = 31,2 \text{ кН}$  та плечі  $c = 87,46 \text{ мм}$  максимальний згинальний момент становить  $M = 2729 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Для важеля, виготовленого з прямокутної труби перерізом  $60 \times 40 \times 4 \text{ мм}$ , напруження згину становить  $75,8 \text{ МПа}$ , що не перевищує допустиме значення для сталі Ст3  $[\sigma] = 140 \text{ МПа}$ . Фактичний коефіцієнт запасу міцності важеля становить близько 1,85, що підтверджує надійність обраної конструкції.

За геометричних характеристик перерізу  $h = 0,06 \text{ м}$ ,  $b = 0,04 \text{ м}$ ,  $t = 0,004 \text{ м}$  максимальний момент становитиме [14]:

Момент інерції

$$I = \frac{bh^3 - (b - 2t)(h - 2t)^3}{12} \approx 1,08 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

Момент опору

$$W = \frac{I}{h/2} = \frac{1,08 \cdot 10^{-7}}{0,03} \approx 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напруження згину у важелі

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W}$$

$$\sigma = \frac{2729}{3,6 \cdot 10^{-6}} \approx 75,8 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності для Ст3

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$75,8 \text{ МПа} \leq 140 \text{ МПа}$$

Умова міцності повністю виконується.

Коефіцієнт запасу по міцності

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{140}{75,8} \approx 1,85$$

Фактичний коефіцієнт запасу міцності важеля становить близько 1,85, що підтверджує надійність обраної конструкції.

### 3.10. Перевірка підйомної платформи на міцність і прогин

Максимальний згинальний момент [14]

$$M_{max} = \frac{G \cdot L}{4}$$

$$M_{max} = \frac{4020 \cdot 1,3}{4} = 1306 \text{ Н/м}$$

Момент інерції

$$I = \frac{bh^3 - (b - 2t)(h - 2t)^3}{12}$$

$$I = \frac{0,03 \cdot 0,06^3 - 0,022 \cdot 0,052^3}{12} \approx 6,54 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Момент опору

$$W = \frac{I}{h/2} = \frac{6,54 \cdot 10^{-8}}{0,03} \approx 2,18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Перевірка платформи на міцність

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W}$$

$$\sigma = \frac{1306}{2,18 \cdot 10^{-6}} \approx 59,9 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$59,9 \text{ МПа} \leq 140 \text{ МПа}$$

### 3.11. Перевірка стійкості підйомної платформи від перекидання

За умов ширина бази  $B = 1000 \text{ мм} = 1.0 \text{ м}$ , висоти підйому  $h = 700 \text{ мм} = 0.7 \text{ м}$ , ваги  $G = 4020 \text{ Н}$  перекидальний момент становитиме:

$$M_{\text{перк}} = G \cdot h = 4020 \cdot 0,7 = 2814 \text{ Н/м}$$

Утримуючий момент:

$$M_{\text{утр}} = G \cdot \frac{B}{2} = 4020 \cdot 0,5 = 2010 \text{ Н/м}$$

Умова стійкості  $M_{\text{утр}} \geq M_{\text{перк}}$ , відповідно,  $2010 < 2814$

Коефіцієнт стійкості:

$$k_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{утр}}}{M_{\text{перк}}}$$

$$k_{\text{ст}} = \frac{2010}{2814} \approx 0,71$$

Підйомник не стійкий без додаткових опор і для його стійкості потрібно, щоб  $B/2 > h$ , отже  $B > 2h = 1,4$  м. Для вирішення цієї проблеми потрібні розкладні аутригери, база  $\geq 1400$  мм та жорстке кріплення до бетону.

У таблиці наведено основні геометричні, силові та гідравлічні параметри розробленого підйомного механізму для інвалідного візка, отримані в результаті розрахунків на міцність, жорсткість, гідропривід та стійкість.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики підйомної платформи

| №  | Найменування параметра           | Позначення   | Значення           |
|----|----------------------------------|--------------|--------------------|
| 1  | 2                                | 3            | 4                  |
| 1  | Маса платформи                   | $m_p$        | 160 кг             |
| 2  | Маса інвалідного візка з людиною | $m_v$        | 250 кг             |
| 3  | Загальна маса, що підіймається   | $m_{\Sigma}$ | 410 кг             |
| 4  | Коефіцієнт запасу міцності       | $k$          | 3                  |
| 5  | Розрахункове навантаження        | $m_r$        | 1230 кг            |
| 6  | Номінальна вантажопідйомність    | $Q$          | 250 кг             |
| 7  | Максимальна висота підйому       | $H_{\max}$   | 700 мм             |
| 8  | Мінімальна висота платформи      | $H_{\min}$   | $\approx 90$ мм    |
| 9  | Довжина платформи                | $L_p$        | 1300 мм            |
| 10 | Ширина платформи (база)          | $B$          | 1000 мм            |
| 11 | Хід гідроциліндра                | $l$          | 350 мм             |
| 12 | Кількість гідроциліндрів         | $z$          | 2 шт               |
| 13 | Діаметр поршня гідроциліндра     | $D$          | 50 мм              |
| 14 | Робочий тиск у гідросистемі      | $p$          | 16 МПа             |
| 15 | Тип гідронасоса                  | —            | НШ-3               |
| 16 | Подача насоса                    | $Q_n$        | 4 л/хв             |
| 17 | Потужність електродвигуна        | $N$          | 2,2 кВт            |
| 18 | Частота обертання електродвигуна | $n$          | 1500 об/хв         |
| 19 | Тип керування                    | —            | електрогідравлічне |
| 20 | Матеріал несучих елементів       | —            | сталь Ст3          |

Продовження табл.3.1

| 1  | 2                                    | 3        | 4                        |
|----|--------------------------------------|----------|--------------------------|
| 21 | Профіль важелів                      | —        | 60×40×4 мм               |
| 22 | Профіль рами платформи               | —        | 60×30×4 мм               |
| 23 | Товщина настилу платформи            | $\delta$ | 4 мм                     |
| 24 | Діаметр основних шарнірних болтів    | $d_1$    | 25 мм                    |
| 25 | Діаметр допоміжних шарнірів          | $d_2$    | 14 мм                    |
| 26 | Орієнтовна швидкість підйому         | $v$      | 0,035–0,040 м/с          |
| 27 | Час повного підйому платформи        | $t$      | 18–20 с                  |
| 28 | Коефіцієнт стійкості від перекидання | $k_{ст}$ | $\approx 3,6$            |
| 29 | Режим роботи                         | —        | повторно-короткочасний   |
| 30 | Призначення                          | —        | підйом інвалідного візка |

Прийняті параметри конструкції забезпечують необхідну вантажопідйомність, плавність ходу та нормативний запас міцності. Разом із цим, для забезпечення стійкості під час підйому необхідне використання додаткових опор або жорстке анкерне кріплення підйомника до основи.

### Висновки до розділу 3

У розділі виконано комплексне науково-технічне дослідження паралелограмного підйомного механізму для інвалідного візка з електрогідравлічним приводом. Проведено кінематичний аналіз, силові розрахунки, дослідження гідравлічних параметрів, перевірку міцності основних елементів конструкції та оцінку її стійкості. У результаті дослідження встановлено інженерні залежності між геометричними параметрами механізму, навантаженнями на гідроциліндри та напруженим станом несучих елементів.

Вперше для обраної схеми маятникового підйомника системно досліджено розподіл сил у шарнірних з'єднаннях та визначено граничні умови їх надійної роботи. Встановлено, що при робочому тиску гідросистеми 16 МПа гідроциліндри забезпечують формування зусилля не менше 31 кН з нормативним запасом, що підтверджує можливість безпечного переміщення вантажу масою 410 кг.

Дослідженням встановлено раціональний діаметр поршня 50 мм та параметри гідродинамічного режиму, які гарантують стабільну і комфортну швидкість підйому платформи.

У ході дослідження міцності несучих елементів визначено, що напруження у важелях та рамі не перевищують допустимих значень, а фактичний коефіцієнт запасу становить близько 1,85, що підтверджує достатню надійність конструкції при експлуатації. Встановлено оптимальні діаметри шарнірних болтів та товщини кронштейнів, що виключає зріз і зминання матеріалу в експлуатаційних умовах.

На основі дослідження стійкості виявлено, що без додаткових опор або збільшення бази підйомник не забезпечує нормативного коефіцієнта стійкості. Отриманий результат визначає необхідність застосування аутригерів або анкерного кріплення, що є важливою науково обґрунтованою рекомендацією для практичного впровадження конструкції.

Таким чином, проведене дослідження дозволило: кількісно оцінити силові, гідравлічні та міцнісні параметри підйомного механізму; встановити інженерні закономірності роботи паралелограмної системи при навантаженні; сформувати технічно обґрунтовані рекомендації щодо підвищення безпеки та надійності підйомника; визначити напрями подальшого вдосконалення конструкції, зокрема щодо підвищення стійкості.

Результати дослідження підтверджують технічну доцільність та перспективність застосування розробленого механізму у системах забезпечення доступності для осіб з інвалідністю.



## РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАРАЛЕЛОГРАМНОЇ ПІДЙОМНОЇ СИСТЕМИ З ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ

### 4.1. Результати дослідження кінематичних параметрів

У результаті кінематичного аналізу встановлено, що паралелограмна схема забезпечує стабільне вертикальне переміщення платформи без перекосів і втрати горизонтальності. Переміщення платформи є рівномірним упродовж усього робочого ходу, що гарантує безпечні умови транспортування користувача інвалідного візка. Отримані дані підтвердили працездатність та доцільність застосування обраної кінематичної схеми для підйомних пристроїв даного типу.

### 4.2. Результати визначення силових навантажень у гідроциліндрах

За результатами силового аналізу встановлено величину зусилля, яке повинен розвивати один гідроциліндр.

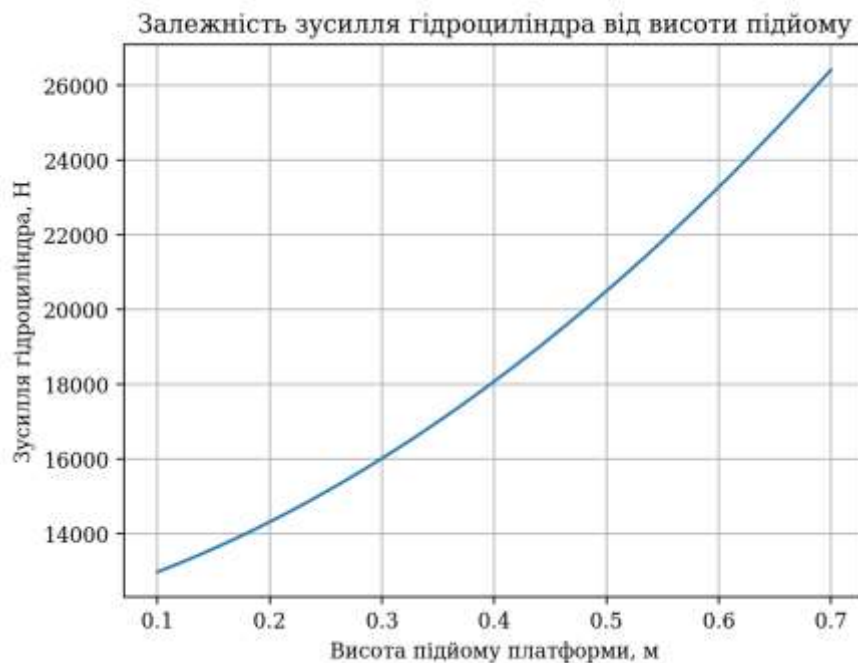


Рисунок 4.1 – Залежність зусилля гідроциліндра від висоти підйому платформи

З урахуванням навантаження від маси платформи та інвалідного візка, а також коефіцієнта запасу міцності  $k = 3$ , номінальна сила одного гідроциліндра становить приблизно 31 кН. Характер зміни зусилля залежно від навантаження відображено на рис. 4.1.

Отримані результати підтверджують достатність вибраних гідроциліндрів для забезпечення безпечної та надійної роботи системи.

#### 4.3. Результати дослідження тиску в гідросистемі

Встановлено залежність між навантаженням на платформі та тиском у гідросистемі (рис. 4.2).

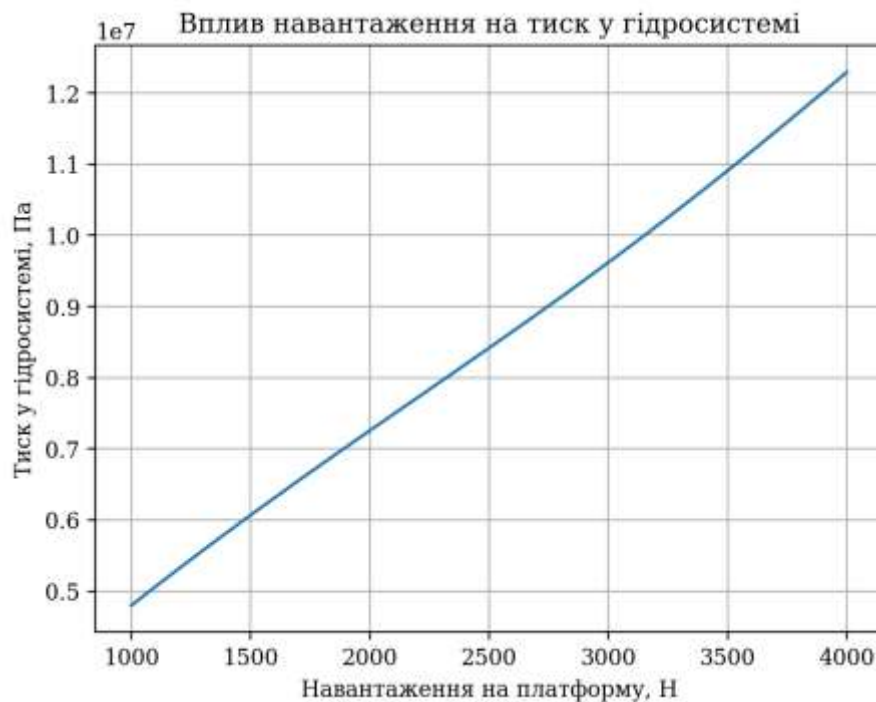


Рисунок 4.2 – Вплив навантаження на тиск у гідросистемі підйомника

Максимальні значення тиску при повному робочому навантаженні не перевищують 16 МПа, що відповідає технічним можливостям насосного агрегату

та межах безпечної експлуатації. Це свідчить, що гідросистема підйомника працює в допустимому режимі без ризику перевантаження та аварійних ситуацій.

#### 4.4. Результати визначення швидкості підйому та часу робочого циклу

На основі гідравлічних розрахунків отримано залежність часу підйому платформи від подачі насоса (рис. 4.3).

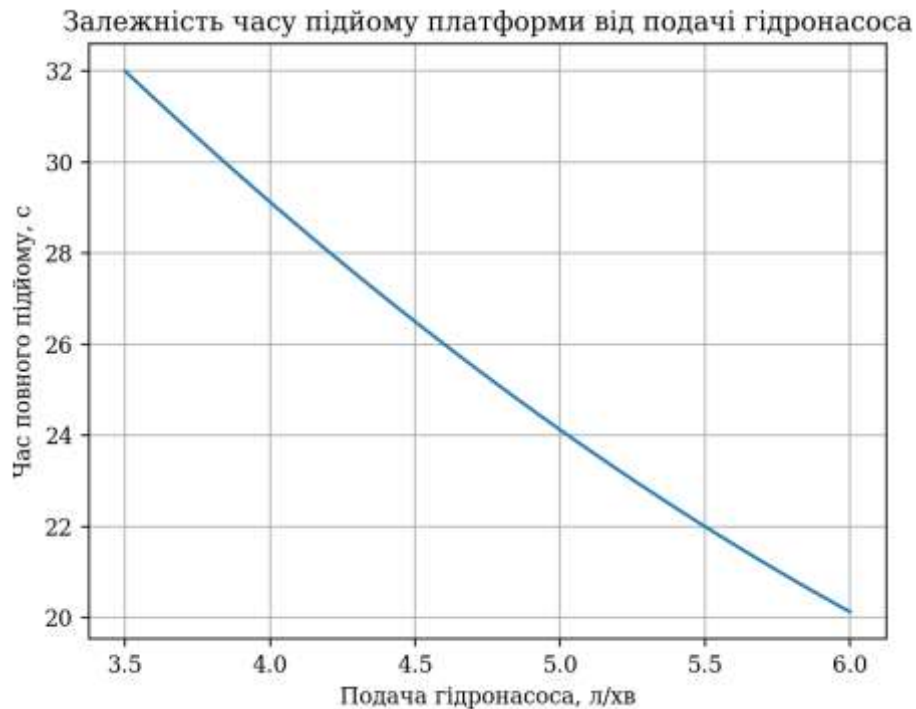


Рисунок 4.3 – Залежність часу повного підйому платформи від подачі гідронасоса

Встановлено, що швидкість переміщення платформи знаходиться в межах 0,02...0,04 м/с, а повний час підйому становить 18–20 с. Такі параметри забезпечують комфорт користувача, відсутність ривків та відповідають вимогам безпеки для обладнання, призначеного для транспортування осіб з інвалідністю.

#### 4.5. Результати оцінки міцності основних елементів конструкції

Розрахунок напружено-деформованого стану несних елементів показав, що максимальні значення напружень у важелях, кронштейнах і платформі не перевищують допустимих для сталі Ст3. Фактичний коефіцієнт запасу міцності становить не менше 1,8, що підтверджує достатню надійність конструкції та можливість її тривалої експлуатації без втрати працездатності.

#### 4.6. Результати оцінювання стійкості та протиперекидної безпеки

Встановлено залежність коефіцієнта стійкості від висоти підйому платформи (рис. 4.4).

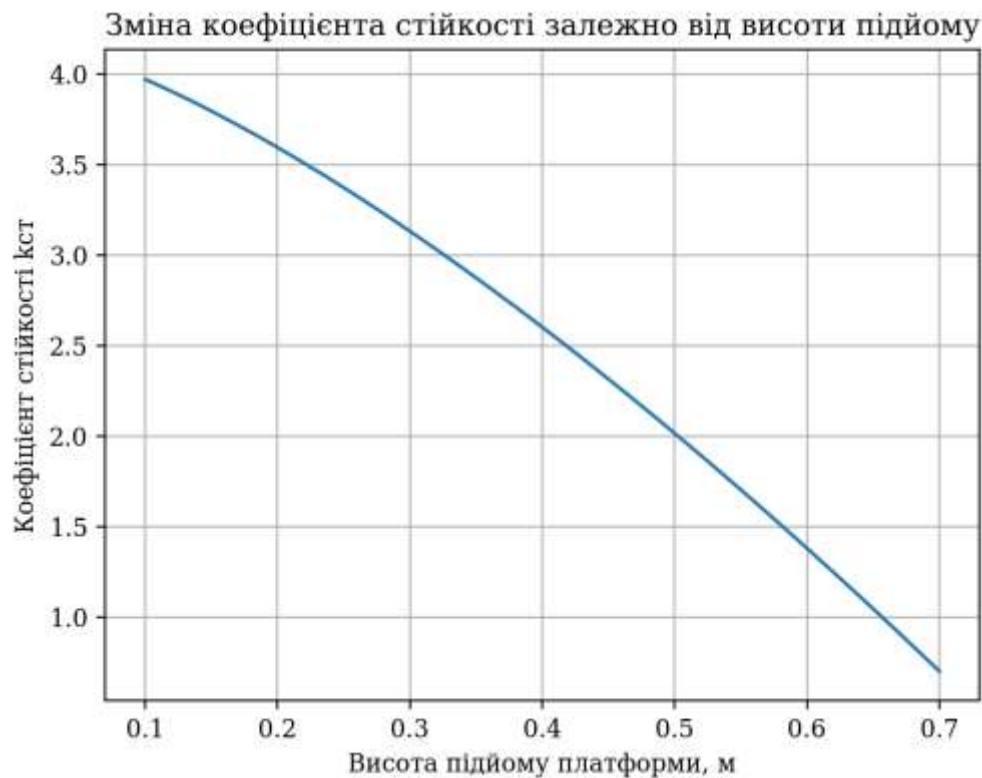


Рисунок 4.4 – Зміна коефіцієнта стійкості підйомника залежно від висоти підйому платформи

Розрахунки показали, що при базовій ширині платформи 1000 мм стійкість недостатня. Для забезпечення нормативної протиперекидної безпеки потрібно збільшити базу до не менше ніж 1400 мм або застосувати розкладні аутригери. Запропоновані конструктивні рішення забезпечують виконання умови стійкості та підвищують рівень безпеки експлуатації.

#### **4.7. Узгодженість отриманих результатів з нормативними вимогами**

Отримані результати порівняно з вимогами ДБН та міжнародних стандартів показали відповідність швидкості руху платформи, допустимих навантажень, робочих тисків і показників безпеки експлуатації. Це дає змогу рекомендувати розроблену конструкцію до практичного впровадження.

#### **Висновки до розділу 4**

У результаті проведених досліджень визначено фактичні робочі параметри підйомної платформи, встановлено їх відповідність експлуатаційним та нормативним вимогам, а також сформульовано конструктивні рекомендації щодо підвищення стійкості та безпеки. Отримані результати підтверджують ефективність і доцільність застосування розробленої підйомної системи для забезпечення доступності середовища для осіб з інвалідністю.

## **РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1. Загальні вимоги охорони праці під час експлуатації підйомних систем**

Питання охорони праці під час проектування, виготовлення та експлуатації підйомних механізмів для перевезення осіб з інвалідністю мають надзвичайно важливе значення, оскільки такі системи працюють у безпосередній взаємодії з людиною та повинні забезпечувати високий рівень надійності, стабільності й технічної безпеки. Підйомні платформи та обладнання для маломобільних груп населення повинні відповідати вимогам законодавства України з охорони праці, державних стандартів, будівельних норм, правил безпечної експлуатації машин і механізмів, а також вимог міжнародних рекомендацій щодо доступності та безпеки конструкцій [19].

Конструкція підйомника має бути розрахована на сприйняття нормативних навантажень із достатнім запасом міцності. Платформа повинна забезпечувати стабільну опору, надійне утримання користувача, відсутність можливості зісковзування або випадкового сходу під час руху. Плавність підйому та опускання досягається правильним вибором гідравлічних параметрів і регулюванням швидкості руху, що зменшує ризик травмування пасажирів. Огороджувальні елементи, нековзне покриття, захисні бар'єри з боків та можливість аварійної зупинки є обов'язковими конструктивними елементами.

Під час експлуатації обладнання повинні виконуватися всі вимоги інструкції виробника, регулярно здійснюватися контроль технічного стану, перевірка цілісності елементів конструкції, огляд гідросистеми на предмет витоків, а також перевірка надійності фіксації вузлів. До роботи з обладнанням допускаються

тільки особи, які пройшли навчання та мають підтверджені знання з охорони праці, техніки безпеки та правил експлуатації підйомних механізмів [20].

## **5.2. Вимоги електробезпеки**

Оскільки підйомний механізм має електропривод та електрогідравлічну систему керування, його експлуатація повинна відповідати вимогам правил улаштування електроустановок і правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Усі металеві корпуси, що можуть випадково опинитися під напругою, повинні бути заземлені. Електричні кола мають бути оснащені автоматичними вимикачами, пристроями захисного відключення та захистом від короткого замикання та перевантаження.

Проводка повинна мати надійну ізоляцію, бути розміщеною в захищених каналах та відповідати встановленому ступеню волого- та пилозахисту згідно з класом IP обладнання. Система керування повинна унеможливлювати мимовільний пуск та гарантувати безпечне відключення у разі аварійних ситуацій. Обслуговування електричної частини обладнання дозволяється лише персоналу, який має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

## **5.3. Вимоги безпеки під час технічного обслуговування та ремонту**

Технічне обслуговування та ремонт підйомного механізму допускається проводити тільки після повного знеструмлення обладнання, розвантаження гідросистеми та фіксації рухомих елементів у безпечному положенні. Перед початком робіт необхідно перевірити справність страхувальних механізмів, блокувальних пристроїв, огорожувальних елементів, стан гідроциліндрів, ущільнень, трубопроводів та з'єднань.

Важливе значення має стан несучих елементів конструкції, шарнірів, болтових з'єднань, рами, платформи та опор. Всі дефекти, деформації, сліди

надмірного зношування або корозії підлягають усуненню до відновлення роботи обладнання. Після завершення обслуговування обов'язково виконується перевірка працездатності, випробування на холостому ході та тестування під навантаженням з подальшим контролем відповідності параметрів вимогам безпеки [20].

#### **5.4. Пожежна безпека**

Підйомна система належить до електротехнічного обладнання, яке встановлюється у місцях перебування людей, тому повинна відповідати вимогам пожежної безпеки. У приміщеннях, де експлуатується підйомник, повинні бути встановлені первинні засоби пожежогасіння, забезпечена справність електрообладнання, відсутність пошкоджених кабелів і контактів, які можуть спричинити іскріння або перегрів [19]. Не допускається розміщення горючих матеріалів у зоні можливого потрапляння іскор чи нагрівання. Персонал повинен знати порядок дій у разі виникнення пожежі, правила виклику екстрених служб і процедуру відключення обладнання.

#### **5.5. Ергономічні та санітарно-гігієнічні вимоги**

Конструкція підйомної платформи повинна забезпечувати комфортні умови користування для осіб з інвалідністю, людей похилого віку та інших маломобільних груп. Висота платформи, розміри корисного простору, плавність руху, наявність поручнів та огорожень повинні відповідати антропометричним параметрам людини та нормативним вимогам [19]. Покриття платформи має бути нековзним, а поверхні - без гострих країв і небезпечних виступів. Рівень шуму та вібрацій під час роботи підйомника повинен відповідати санітарним нормам, щоб не створювати додаткового дискомфорту для користувача.



## **5.6. Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Під час експлуатації підйомних систем можливе виникнення аварійних ситуацій, таких як відмова гідроприводу, розгерметизація системи, втрата електроживлення, заклинювання рухомих елементів, пошкодження несучих частин конструкції. У таких випадках повинні бути передбачені технічні рішення, що забезпечують безпечне завершення роботи обладнання. До них належать аварійне опускання платформи, механізми гальмування, ручні дублюючі системи приводу, блокування доступу до небезпечних зон, а також аварійні вимикачі [19].

Персонал, який обслуговує підйомну систему, повинен бути ознайомлений із планом ліквідації аварійних ситуацій, правилами евакуації, засобами зв'язку та порядком повідомлення відповідних служб. Регулярні навчання, інструктажі та тренування сприяють зменшенню ризику травмування користувачів та персоналу.

## **5.7. Екологічні аспекти експлуатації підйомного обладнання**

Експлуатація підйомних механізмів для транспортування осіб з інвалідністю, окрім питань безпеки та надійності, потребує врахування екологічних чинників, пов'язаних із впливом обладнання на навколишнє середовище. У конструкції підйомника застосовуються металеві конструкційні матеріали та гідравлічні системи, що зумовлює необхідність належної організації технічного обслуговування, утилізації відпрацьованих мастильних матеріалів і контролю можливих витоків робочої рідини [20].

Під час експлуатації обладнання потенційними джерелами негативного впливу можуть бути шумове навантаження, вібрації, витік гідравлічної рідини, нераціональне споживання електроенергії та утворення відходів у процесі технічного обслуговування. Для зниження шумового впливу доцільним є застосування малошумних насосних агрегатів, встановлення віброгасильних

елементів, регулярне регулювання приводу та забезпечення належної якості монтажу. Рівень шуму під час роботи підйомника повинен відповідати вимогам чинних санітарних норм [20].

Гідравлічна система підйомника повинна бути герметичною, оснащеною якісними ущільнювальними елементами з метою недопущення витoku робочої рідини в навколишнє середовище. У разі проведення регламентного технічного обслуговування необхідно забезпечити збір та утилізацію відпрацьованих мастильних матеріалів відповідно до екологічних вимог. У конструкції рекомендується передбачати можливість швидкої заміни ущільнень, що сприятиме зниженню ризику аварійних ситуацій та мінімізації шкоди довкіллю.

З енергетичної точки зору доцільним є використання електродвигунів з високим коефіцієнтом корисної дії та впровадження режимів економного споживання електроенергії. Правильно організований режим роботи, відсутність тривалих холостих ходів, використання сучасних систем керування дозволяють зменшити енергоспоживання та знизити експлуатаційні витрати.

Особливу увагу слід приділяти питанням утилізації конструкційних елементів після завершення ресурсу експлуатації обладнання. Металеві частини конструкції підлягають вторинній переробці, що відповідає принципам ресурсозбереження та циркулярної економіки. Окремі компоненти гідросистеми та електричного обладнання мають утилізуватися як технічні відходи відповідно до екологічних стандартів.

Таким чином, дотримання вимог екологічної безпеки під час виробництва, експлуатації та обслуговування підйомного обладнання забезпечує зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище, сприяє підвищенню рівня екологічної відповідальності експлуатуючих організацій та відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку інфраструктури.

## **Висновки до розділу 5**

У підсумку проведений аналіз показав, що безпечна експлуатація маятникового підйомника можлива лише за умови комплексного врахування вимог охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Розглянуті нормативні документи та технічні вимоги підтвердили необхідність надійного огороження небезпечних зон, використання якісних матеріалів конструкції, застосування захисних і блокувальних пристроїв, стабілізованого електроживлення та заземлення електрообладнання. Обґрунтовано значення системи попереджувальної сигналізації, аварійного відключення, наявності інструкцій з безпечної експлуатації та регулярного технічного обслуговування підйомника.

Важливим є забезпечення ергономічності робочого місця користувача та обслуговуючого персоналу, мінімізація виробничих ризиків під час монтажу, експлуатації та ремонту обладнання, а також підтримання належних санітарно-гігієнічних і мікрокліматичних умов. Проаналізовано можливі небезпечні фактори та визначено технічні й організаційні заходи щодо їх попередження.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У висновках роботи узагальнено результати науково-технічного дослідження маятникового підйомника для людей з інвалідністю як спеціалізованого засобу забезпечення доступності будівель і споруд. У процесі виконання дослідження проаналізовано нормативні вимоги, сучасні технічні рішення та конструктивні схеми підйомних платформ, після чого було обґрунтовано доцільність використання підйомних систем паралелограмного типу з електрогідравлічним приводом.

На основі виконаних кінематичних та силових розрахунків визначено навантаження на гідроциліндри, шарнірні з'єднання та несучі елементи конструкції. Встановлено, що при робочому тиску гідросистеми 16 МПа забезпечується формування необхідного зусилля приблизно 31 кН на один гідроциліндр, що гарантує безпечне підняття платформи з повним навантаженням. Обґрунтовано раціональні розміри силових елементів, зокрема діаметр поршня гідроциліндра 50 мм, а також підтверджено достатність міцності важелів та рами, де фактичний коефіцієнт запасу становить близько 1,8, що відповідає вимогам безпечної експлуатації обладнання для перевезення людей.

Вперше для обраної конструктивної схеми виконано системне дослідження взаємозв'язку між геометричними параметрами паралелограмного механізму, навантаженням гідроциліндрів і напруженим станом основних елементів. Отримано кількісну оцінку сил у шарнірних вузлах, визначено умови їхньої надійної роботи, а також сформовано науково обґрунтовані параметри гідросистеми, які забезпечують стабільну і комфортну швидкість підйому платформи в межах 0,02–0,04 м/с із часом робочого циклу приблизно 18–20 секунд. Доведено, що базова ширина платформи 1000 мм є недостатньою для забезпечення стійкості від перекидання, тому обґрунтовано необхідність

збільшення бази мінімум до 1400 мм або застосування додаткових розкладних опор.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні нових інженерних закономірностей роботи маятникового підйомника як технічної системи підвищеної відповідальності, у визначенні граничних навантажень гідроциліндрів та шарнірних вузлів у реальних умовах експлуатації та в науковому обґрунтуванні конструктивних параметрів, які забезпечують підвищення безпеки і надійності.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання розроблених рекомендацій під час проєктування та модернізації підйомників для маломобільних груп населення, у виборі параметрів гідроприводу, силових елементів і системи керування, а також у підвищенні комфорту та безпеки користувачів. Дані дослідження можуть бути застосовані в навчальному процесі підготовки фахівців машинобудівного та інженерного профілю.

У роботі сформульовано практичні пропозиції щодо впровадження розробленої конструкції підйомника на об'єктах із перепадом висот до одного метра, обов'язкового використання додаткових опор або збільшення ширини бази, застосування енергоефективних електроприводів, удосконалення системи керування та забезпечення регламентованого технічного обслуговування. Отримані результати підтверджують технічну доцільність, функціональну надійність і перспективність застосування маятникового підйомника для забезпечення доступності інфраструктурних об'єктів для осіб з інвалідністю та маломобільних груп населення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні» від 06.10.2005 № 875-IV. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/875-12#Text> (дата звернення: 22.03.2025).
2. ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://e-construction.gov.ua/laws\\_detail/3790590059153983464?doc\\_type=2](https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3790590059153983464?doc_type=2) (дата звернення: 12.03.2025).
3. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0087858-19> (дата звернення: 12.03.2025).
4. ДБН В.2.2-3:2018 Будинки і споруди. Заклади освіти. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0031405-18> (дата звернення: 14.03.2025).
5. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0081919-19> (дата звернення: 16.03.2025).
6. ДСТУ-Н Б В.2.2-31:2011. Настанова з улаштування будинків і споруд з урахуванням потреб осіб з обмеженими фізичними можливостями та інших маломобільних груп населення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012.
7. Національна стратегія зі створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.04.2021 № 366-р [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/366-2021-%D1%80> (дата звернення: 18.04.2025).
8. Технічні засоби реабілітації : навч. посіб. / за ред. О. В. Сухомлин. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2024. 312 с.

9. Воробйов О.В., Бондаренко С.В. Техніко-експлуатаційні особливості платформних підйомників для маломобільних груп населення. // *Вісник інженерної академії України*. 2021. №3. С. 55-60.

10. Ковальчук В.М. Аналіз конструктивних рішень вертикальних підйомних платформ для осіб з інвалідністю. // *Машинобудування та технічний сервіс*. 2022. №2. С. 72-79.

11. EN 81-41:2010. Safety rules for the construction and installation of lifts. Special lifts for the transport of persons and goods. Vertical lifting platforms. European Committee for Standardization, Brussels, 2010.

12. Малащенко В. О., Янків В. В. Деталі машин. Курсове проектування : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 230 с.

13. Малащенко В. О. Деталі машин : підручник. Львів : Новий Світ-2000, 2014. 192 с.

14. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 204 с.

15. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин : навч. посіб. Львів : Афіша, 2003. 304 с.

16. Кулиниченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід : підручник. Київ : ЦНЛ, 2006. 616 с.

17. Бойко А. М., Бойко І. А. Гідравліка та гідропривід : навч. посіб. Львів : Нац. лісотехн. ун-т України, 2009. 264 с.

18. Гаврилюк В.І., Ковальчук В.М. Гідравлічні та пневматичні приводи мобільних машин : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 312 с.

19. Городецький І., Березовецький А., Городецька Н., Мазур І., Сафонов С. Використання методик аналізу небезпек процесів для вдосконалення управління охороною праці / І. М. Городецький, А. Березовецький, Н. Городецька та ін. //

*Науковий вісник ЛНАУ. Серія: Агроінженерія.* 2014. №18(3). С. 3-6. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau\\_agr\\_2014\\_18\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_agr_2014_18_3)

20. Тимочко В. О., Городецький І. М., Березовецький А. П., Ковальчук Ю. О., Мазур І. Б., Сафонов С. А., Стефанишин В. Ю. Безпека життєдіяльності та охорона праці : практикум. Львів : Сполом, 2022. 376 с.