

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

машинобудівний факультет  
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра деталей машин і підйомно-транспортних механізмів  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (ступінь вищої освіти)

на тему Ліфт вантажо-пасажирський Q = 630 кг

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-322  
Спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
ОПП «Підйомнотранспортні, дорожні,  
будівельні меліоративні машини і  
обладнання»

\_\_\_\_\_ ЛІЙНИК Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник ФРОЛОВ Р.О.

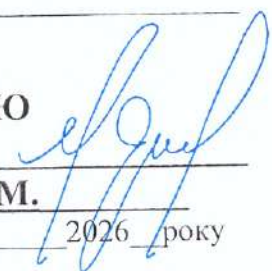
(прізвище та ініціали)

Рецензент СИДОРЕНКО М.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет НУЗП, Машинобудівний факультет  
Кафедра Деталей машин і підйомно-транспортних механізмів  
Ступінь вищої освіти Бакалавр  
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) Підйомнотранспортні, дорожні, будівельні  
меліоративні машини і обладнання  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри   
**Мартовицький Л.М.**  
« 18 » 06 2026 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ЛІЙНИК Дмитро Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Ліфт вантажо-пасажирський Q=630 кг

керівник проєкту (роботи) ФРОЛОВ Роман Олександрович, ст. викладач  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 15 » 04 2026 року № 163

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01.06.2026

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) \_\_\_\_\_

Вихідна конструкція ліфта вантажо-пасажирського


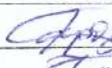



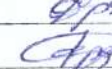

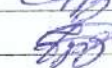

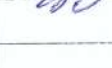
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

1. Склад, устрій та робота ліфта 2. Розрахунок механізмів і елементів ліфта 3. Розрахунок модернізованого ліфта 4. Економічна частина 5. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Верхня балка – 1 лист А1; лебідка ліфта – 2 лист А1; обмежувач швидкості - 1 лист А1; встановлення напрямних – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Фролов Р.О., ст. викладач		
2	Фролов Р.О., ст. викладач		
3	Фролов Р.О., ст. викладач		
4	Фролов Р.О., ст. викладач		
5	Фролов Р.О., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання « 16 » березня 2026 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

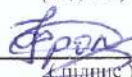
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Срок виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Склад, устрій та робота ліфта	10.04.2026	
2	Розрахунок механізмів і елементів ліфта	30.04.2026	
3	Розрахунок модернізованого ліфта	15.05.2026	
4	Економічна частина	30.05.2026	
5	Охорона праці та цивільна оборона	01.06.2026	

Студент

  
(підпис)

ЛІЙНИК Д.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис)

ФРОЛОВ Р.О.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ВАЛ, ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЬ, ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА,  
ДВИГУН, КАБІНА, КАНАТ, ЛІФТ, МЕХАНІЗМ ПІДЙОМУ,  
МОДЕРНІЗАЦІЯ, НАПРЯМНІ, ПРИВІД, РЕДУКТОР, СИСТЕМА  
КЕРУВАННЯ, ТОЧНІСТЬ ЗУПИНКИ, ШАХТА, ШКІВ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 101 с., 3 рис., 15 табл.,  
12 джерел.

Об'єкт дослідження - вантажопасажирський ліфт.

Ціль роботи - виконати проектування вантажопасажирського ліфта  
вантажопідйомністю 630 кг.

Методи дослідження - статичний, метод економічного порівняння.

Дипломна робота шляхом розрахунків доводить доцільність  
проведення модернізації ліфта.

У дипломній роботі за допомогою виконаних розрахунків  
підтверджено доцільність проведення модернізації ліфтового обладнання.  
Проведений аналіз показує, що оновлення існуючого ліфта є економічно  
вигідним рішенням. Порівняно з придбанням нового ліфта, модернізація  
дозволяє зекономити близько 120100 грн капітальних витрат.

Таким чином, виконане техніко-економічне обґрунтування свідчить,  
що модернізація ліфтової установки є раціональним та економічно  
ефективним варіантом у порівнянні з альтернативними конструкціями та  
варіантами заміни обладнання.

## ЗМІСТ

С.

Вступ.....	7
1 Склад, устрій і робота ліфта.....	12
2 Розрахунок механізмів і елементів ліфту.....	16
2.1 Технічні дані.....	16
2.2 Визначення маси противаги.....	17
2.3 Втрати в шахті.....	18
2.4 Визначення зусиль у тягових канатах і їх відношення при різних режимах роботи.....	19
2.5 Перевірка роботоздатності тягових канатів.....	21
2.6 Статичні зусилля в тягових канатах.....	23
2.7 Статичні навантаження на КВШ.....	24
2.8 Розрахунок привода.....	25
2.8.1 Вибір електропривода.....	25
2.8.2 Вибір редуктора.....	26
2.8.3 Сполучна муфта.....	28
2.9 Розрахункова швидкість кабіни (V).....	29
2.10 Прискорення кабіни.....	31
2.11 Перевірка тягової здатності КВШ.....	33
2.12 Перевірка роботоздатності гальма.....	37
2.13 Точність зупинки кабіни.....	39
2.14 Параметри противаги.....	45
2.15 Уловлювачі.....	45
2.16 Перевірка спрацьовування уловлювачів при спрацьовуванні обмежника швидкості.....	50
2.17 Напрявні.....	52
2.18 Буфери кабіни.....	53
2.19 Буфери противаги.....	57

	6
3 Розрахунок модернізованого ліфта.....	60
3.1 Вибір паса.....	60
3.2 Розрахунок привода.....	62
3.2.1 Вибір електропривода.....	62
3.3 Розрахункова швидкість кабіни.....	63
3.4 Прискорення кабіни.....	65
3.5 Вибір частотного перетворювача (ПЧ).....	67
3.5.1 Вибір ПЧ по потужності двигуна і по напрузі живлення.....	67
3.5.2 Схема підключення ПЧ.....	69
3.5.3 Напрями модернізації приводу ліфта (лебідки).....	70
3.5.3.1 Опис роботи ліфта з застосуванням ПЧ.....	70
3.5.3.2 Безредукторна лебідка.....	72
3.5.3.3 Використання пасової тяги.....	73
4 Розрахунок економічного ефекту від модернізації.....	74
4.1 Розрахунок показників економічної ефективності.....	75
4.2 Розрахунок і зіставлення капітальних витрат.....	77
4.2.1 Розрахунок капітальних витрат до модернізації електропривода..	77
4.2.2 Розрахунок капітальних витрат до модернізації електропривода..	77
4.3 Розрахунок і зіставлення експлуатаційних витрат.....	78
4.3.1 Розрахунок експлуатаційних витрат до модернізації електропривода.....	78
4.3.1.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	79
4.3.1.2 Розрахунок вартості втрат електроенергії.....	79
4.3.1.3 Розрахунок витрат на ремонт обладнання.....	79
4.3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат після модернізації електропривода.....	81
4.3.2.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	81
4.3.2.2 Розрахунок вартості втрат електроенергії.....	82
4.3.2.3 Розрахунок витрат на ремонт обладнання.....	82
4.4 Розрахунок терміну окупності додаткових капітальних вкладень.....	84

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	85
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	85
5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	86
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	90
5.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки.....	95
5.5 Заходи по забезпеченню умов праці при надзвичайних ситуаціях.	
Підвищення стійкості постачання електроенергією, газом, водою.....	97
Висновок.....	100
Список джерел посилань.....	101

## ВСТУП

Ліфт сьогодні є важливим елементом створеного людиною технічного середовища проживання. Протягом приблизно одного століття вдалося розробити повністю автоматизовану систему вертикального транспортування пасажирів і вантажів у будівлях та спорудах. Ця система працює надійно й безпечно, не потребує від користувачів спеціальних знань або попередньої підготовки.

В Україні, а також у багатьох інших країнах світу, експлуатується велика кількість ліфтів різних конструкцій. Вони використовуються у житлово-комунальному господарстві, на промислових підприємствах, а також у громадських і спеціалізованих будівлях. Завдяки цьому забезпечується ефективне переміщення людей і вантажів у багатоповерхових спорудах.

Подальший розвиток суспільства вимагає постійного вдосконалення систем внутрішнього транспорту будівель із використанням сучасних наукових і технічних досягнень. Збільшення кількості ліфтів і підйомних механізмів потребує покращення технологій їх монтажу, обслуговування та ремонту, що сприяє підвищенню рівня надійності та безпеки експлуатації.

Класифікація ліфтів:

### 1. За призначенням

- пасажирські ліфти – призначені для перевезення людей. Допускається також транспортування вантажів, якщо їх маса разом із пасажиром не перевищує допустиму вантажопідйомність.

- лікарняні ліфти – використовуються для перевезення пацієнтів, у тому числі на каталках або інвалідних візках, разом із медичним персоналом.

- вантажопасажирські ліфти – застосовуються для перевезення як людей, так і різних вантажів.

- вантажні ліфти – призначені виключно для транспортування матеріалів, обладнання та інших вантажів.

- вантажні ліфти з провідником – використовуються для перевезення вантажів разом із особами, які їх супроводжують.

- вантажні ліфти без провідника – служать лише для переміщення вантажів і мають зовнішню систему керування. Перебування людей у таких ліфтах заборонене.

- малі вантажні ліфти – зазвичай застосовуються в ресторанах, кафе, бібліотеках, на складах. Їх вантажопідйомність становить приблизно від 5 до 300 кг, а перевезення людей суворо заборонене.

## 2. За конструктивними особливостями:

- ліфти без машинного приміщення, де привід розміщений знизу;

- вантажні ліфти з монорейкою всередині кабіни;

- невеликі вантажні підйомники для магазинів;

- підйомні платформи для людей з обмеженими фізичними можливостями;

- пневматичні ліфти, що працюють завдяки різниці атмосферного тиску;

- гідравлічні ліфти з гідравлічним приводом;

- котеджні ліфти для приватних будинків;

- будівельні підйомники для транспортування матеріалів під час будівництва;

- ножичні підйомники для вертикального переміщення вантажів;

- системи автоматизованого паркування автомобілів;

- панорамні ліфти зі скляними конструкціями.

## 3. За типом приводу:

- електричні;

- з барабаними лебідками;

- з канатоведучим шківом;

- гідравлічні;

- пневматичні.

Крім того, приводи ліфтів можуть бути редукторними або безредукторними. Редукторні приводи зазвичай застосовуються у ліфтах з невеликою швидкістю руху, тоді як безредукторні використовуються у швидкісних ліфтах.

До основних складових конструкції ліфта належать:

- канати підвіски, що підтримують кабінку та противагу;
- лебідка, яка виконує роль силового механізму;
- кабінка, у якій перевозяться пасажери або вантажі;
- противага, що врівноважує вагу кабінки;
- шахта ліфта, всередині якої рухається кабінка;
- уловлювач, який зупиняє кабінку у випадку аварійної ситуації;
- буфери, що пом'якшують удар у крайньому нижньому положенні;
- електричні системи безпеки та освітлення;
- станція керування ліфтом.

На світовому ринку провідними виробниками ліфтів є такі компанії, як OTIS, SCHINDLER, KONE та THYSEN. Також значну частку ринку займає концерн MITSUBISHI. На території країн СНД відомими виробниками є Карачаровський механічний завод, Щербинський ліфтовий завод та Могильовський ліфтовий завод.

Переваги використання частотних перетворювачів у ліфтах.

Частотні перетворювачі використовуються для керування трифазними електродвигунами і мають значні переваги порівняно з традиційними системами приводу. Завдяки їм можна плавно регулювати швидкість руху двигуна з мінімальними втратами енергії.

У сучасних ліфтах частотні перетворювачі застосовуються дуже широко, оскільки вони дозволяють використовувати компактні безредукторні приводи з синхронними двигунами на постійних магнітах. Такі системи особливо ефективні в ліфтах без машинного відділення.

Принцип роботи частотного перетворювача полягає у перетворенні змінної напруги мережі у постійну за допомогою випрямляча, після чого інвертор формує змінну напругу з регульованою частотою та амплітудою. Це дозволяє точно контролювати швидкість обертання двигуна.

Додатковою перевагою є можливість рекуперації енергії під час гальмування. У цьому випадку частина енергії повертається назад у електромережу, що сприяє зменшенню загального енергоспоживання.

Для використання в ліфтових системах частотні перетворювачі повинні відповідати певним вимогам: низький рівень шуму, можливість плавного розгону та гальмування, високу точність керування, а також здатність працювати при великих навантаженнях і частих циклах запуску.

## 1 СКЛАД, УСТРІЙ І РОБОТА ЛІФТА

Переміщення пасажирів і різних вантажів у ліфтовій установці здійснюється за допомогою кабіни, яка рухається вздовж спеціальних напрямних. Напрямні виготовляються зі сталевого профілю підвищеної міцності та встановлюються всередині шахти по всій її висоті. Стабільність положення кабіни під час руху забезпечується системою ковзунів, кількість яких зазвичай становить чотири. Верхні ковзуни обладнуються пристроями для подачі мастила, що зменшує тертя між рухомими елементами та напрямними.

Шахта ліфта формується конструктивними елементами будівлі. Вона може бути виконана з цегляної кладки, бетонних блоків, панелей або інших будівельних матеріалів. Уздовж шахти розташовані дверні прорізи на кожному поверсі, які забезпечують доступ пасажирів до кабіни. Кількість таких дверей відповідає кількості поверхів або зупинок ліфта. Двері шахти мають розсувну конструкцію і складаються з двох стулок: основної, що відкривається автоматично, та додаткової, яку можна відкривати вручну.

Для забезпечення безпеки експлуатації всі двері обладнуються спеціальними замками, які блокують їх у закритому положенні. Відкривання автоматичної стулки здійснюється за допомогою спеціального механізму, встановленого на дверях кабіни. Ручна стулка відмикається за допомогою механічної рукоятки шпінгалетного типу. Стан замків і положення дверних стулок контролюється електричними блокувальними вимикачами, які не дозволяють запускати ліфт у випадку незачинених дверей.

Кабіна підвішується на сталевих канатах за допомогою балансирного підвісного механізму. У конструкції підвіски передбачений спеціальний захисний пристрій, що запобігає запуску ліфта у випадку надмірного послаблення або обриву одного чи кількох канатів. Канати проходять через

канавки канатоведучого шківа лебідки, розташованої в машинному приміщенні ліфта.

Для додаткового підвищення надійності системи передбачено механізм контролю слабину канатів. Його призначення полягає у відключенні електричних ланцюгів керування у випадку одночасного ослаблення всіх тягових канатів.

На протилежних кінцях канатів через пружинну підвіску встановлюється противага. Вона також переміщується по власних напрямних, закріплених у шахті. Для стабілізації положення противаги застосовуються чотири ковзуни, причому верхні з них обладнані системою мастила. Використання противаги дозволяє значно зменшити необхідну потужність електродвигуна лебідки, оскільки вона компенсує вагу кабіни та приблизно половину номінального корисного навантаження. Окрім цього, противага забезпечує необхідне натягування канатів, що сприяє створенню надійного зчеплення між канатами та канавками канатоведучого шківа, необхідного для руху кабіни.

Кабіна оснащена дверима з розсувними стулками. Основна стулка відкривається автоматично, а додаткова може відчинятися вручну у випадку перевезення великогабаритних предметів. Автоматична частина дверей обладнана реверсивним механізмом безпеки. Якщо під час закривання виникає перешкода або хтось затримує двері, система автоматично змінює напрямок руху стулки і відкриває її, що запобігає можливому травмуванню пасажирів. Положення дверей кабіни також контролюється електричним блокувальним вимикачем, який забезпечує безпечну роботу ліфта під час руху.

Конструкція кабіни передбачає наявність рухомої підлоги з системою контролю навантаження. Під підлогою встановлені контакти, що реагують на зміну ваги. При навантаженні приблизно 15 кг автоматичне закривання дверей відключається, якщо не натиснута кнопка команди руху. Коли навантаження досягає близько 90% від допустимої вантажопідйомності,

система керування блокує зупинки за попутними викликами. Якщо ж маса перевищує допустиму на 10%, двері кабіни не закриваються, а на панелі керування з'являється світловий сигнал перевантаження.

Для запобігання аварійним ситуаціям кабіна обладнується уловлювачами плавної дії з постійним гальмівним зусиллям. Їх призначення полягає у запобіганні падінню кабіни при обриві канатів або при перевищенні допустимої швидкості руху вниз. Спрацювання уловлювачів здійснюється відцентровим обмежником швидкості. Зв'язок між обмежником і механізмом уловлювачів здійснюється через спеціальний канат, що проходить у клиновому жолобі обмежника.

У випадку виходу кабіни за межі крайніх зупинок передбачено додатковий блокувальний вимикач, розташований у машинному приміщенні разом з обмежником швидкості. У нижній частині шахти, у так званому напрямку, встановлені буферні пристрої для кабіни та противаги. Вони можуть бути пружинного типу і служать для пом'якшення можливого удару у крайньому нижньому положенні.

Електричне обладнання, призначене для керування роботою ліфта, освітлення та сигналізації, розташовується як у машинному приміщенні, так і поблизу дверей шахти. Усі апарати об'єднані в єдину електричну схему керування, яка автоматизує більшість операцій під час користування ліфтом. Для виклику кабіни з поверху необхідно натиснути кнопку виклику, а для вибору потрібного поверху — кнопку команди, розміщену в кабіні. Після цього подальші дії, такі як закривання дверей, запуск, зупинка на потрібному рівні та відкривання дверей, виконуються автоматично. Електричні пристрої, розташовані в кабіні, з'єднані зі шафою керування за допомогою гнучкого підвісного кабелю.

Безпечна експлуатація ліфта забезпечується комплексом захисних і блокувальних пристроїв, які контролюють стан основних вузлів і запобігають виникненню небезпечних режимів роботи.

Переміщення кабіни та противаги здійснюється лебідкою, що є основним приводним механізмом ліфта. До її складу входять двошвидкісний електродвигун змінного струму, втулково-пальцева муфта, гальмівний механізм, редуктор із передаточним числом 45, опорна рама, підрамник і амортизатори. На вхідному валу редуктора може встановлюватися ручний штурвал, який використовується для обертання черв'ячного вала з глобоїдним зачепленням у випадку необхідності ручного переміщення кабіни або противаги. На вихідному валу редуктора закріплюється канатоведучий шків. Гальмівний механізм виконаний за колодковою схемою і приводиться в дію електромагнітом постійного струму, при цьому передбачений спеціальний пристрій для його розгальмовування.

## 2 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМІВ І ЕЛЕМЕНТІВ ЛІФТУ

### 2.1 Технічні дані

Технічні дані ліфту наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні дані ліфту

Найменування показників	Величина
1	2
Вантажопідйомність, кг	630
Номінальна швидкість, м/с	1
Місткість, чол.	8
Найбільша висота підйому, м	75
Найбільше число зупинок	17
Точність зупинки кабіни, мм	20
Розташування противаги відносно кабіни	Позаду
Розташування машинного приміщення	Над шахтою
Тривалість включення, %	60
Система керування	Одиночна і парна, збиральна з виконанням супутніх викликів при русі кабіни вниз
Двері кабіни	Розсувні, автоматичні
Розміри кабіни внутрішні	
Ширина, мм	2200
Глибина, мм	1200
Висота, мм	2100
Глибина напрямку, мм	1400
Рід струму	Змінний, трьохфазний

## 2.2 Визначення маси противаги

### Вага неурівноваженої частини тягових канатів

$$G_{Т.К} = m \cdot q_{кан} \cdot H, \quad (2.1)$$

де  $q_{кан} = 5,27Н / м$  – прогінна вага канату;

$m = 4$  – число канатів;

$H = 75м$  – висота підйому;

$$G_{Т.К} = 4 \cdot 0,527 \cdot 0,75 = 1,58кН$$

### Вага кабелю підвісного

$$G_{П.К} = m' \cdot q_K \cdot \frac{H}{2}, \quad (2.2)$$

де  $m' = 3$  – число підвісних кабелів;

$q_K = 5,13Н / м$  – вага 1м підвісного кабелю КПВЛ-24 по ГОСТ 16092-80.

$$G_{П.К} = 3 \cdot 5,13 \cdot \frac{75}{2} = 580Н$$

### Вага компенсуючого ланцюга

$$G_{К.Ц} = m_{ц} \cdot q_{ц} \cdot H \quad (2.3)$$

де  $q_{ц} = 13,5Н / м$  – погона вага ланцюгу;

$m_{ц} = 1$  – число ланцюгів;

$$G_{K..I} = 1 \cdot 1,35 \cdot 0,75 = 1,01 \text{кН}$$

Маса противаги

$$G_{II} = G_K + (0,4 \dots 0,5) \cdot (Q + G_{II.K}), \quad (2.4)$$

де  $G_K = 950 \text{кг}$  маса кабіни;

$Q = 630 \text{кг}$  – вантажопідйомність;

$$G_{II} = 950 + 0,5 \cdot (630 + 58) = 1294 \text{кг}$$

### 2.3 Втрати в шахті

Втрати на тертя в сковзунах кабіни

$$F_Q = \frac{10 \cdot Q \cdot \mu}{6 \cdot h} \cdot (A + B) \quad (2.5)$$

де  $\mu = 0,12$  – коефіцієнт тертя капронових сковзунів по напрямних;

$A, B, h$  – розміри кабіни, мм;

$$F_Q = \frac{10 \cdot 630 \cdot 0,12}{6 \cdot 3000} \cdot (1080 + 1420) = 110 \text{Н}$$

Втрати на тертя від зміщення центру ваги кабіни підвіски приймаються в розмірі 15% від ваги кабіни

$$F_K = 0,015 \cdot G_K \cdot 10 = 0,015 \cdot 950 \cdot 10 = 140 \text{Н} \quad (2.6)$$

Втрати на тертя при русі противаги приймаються рівними 0,75% від ваги противаги

$$F_{II} = 0,0075 \cdot G_{II} \cdot 10 = 0,0075 \cdot 1294 \cdot 10 = 100H \quad (2.7)$$

2.4 Визначення зусиль у тягових канатах і їх відношення при різних режимах роботи

Під час вибору типорозміру редуктора лебідки ліфта, електродвигуна, з'єднувальної муфти та канатоведучого шківів необхідно визначити сили натягу тягових канатів. Ці значення залежать від багатьох параметрів, зокрема від кінематичної схеми ліфтової установки, ступеня завантаження кабіни, напрямку її переміщення, поточного положення в шахті, маси противаги, висоти підйому, а також ваги й кількості підвісних канатів і кабелів.

У зв'язку з цим під час проектування конкретної моделі ліфта необхідно виконувати розрахунок натягів канатів для різних режимів роботи. Зазвичай розглядають 13 можливих робочих станів, які визначаються поєднанням навантаження кабіни, її розташування в шахті та напрямку руху.

У даній конструкції передбачено розташування машинного приміщення у верхній частині шахти. Система підвіски виконана без використання поліспастного механізму, а для врівноваження маси кабіни та противаги застосовується спеціальний балансуєчий ланцюг.

Таблиця 2.2 – Визначення натягу канатів при різних режимах роботи ліфту ( $G_Q$ )

№ режиму	Характер режиму	Завантаженість	Напрямок руху	Положення кабіни	Натяг гілок тягових канатів, кН				
					кабіни (Fк)		противага (Fп)		
					формула	обчислення	формула	обчислення	
1	Підйом неурівноваженого вантажу	Навантажена	Підйом	внизу	$F_{k1} = G_k + G_Q + G_{T.K} + F_k + F_Q$	17,63	$F_{n1} = G_{II} - F_{II}$	12,84	
2				вгорі	$F_{k2} = G_k + G_Q + G_{II.K} + F_k + F_Q$	16,63	$F_{n2} = G_{II} + G_{T.K} - F_{II}$	14,42	
3		Порожня	Спуск	внизу	$F_{k3} = G_k + G_{T.K} - F_{II}$	10,98	$F_{n3} = G_{II} + F_{II}$	13,04	
4				вгорі	$F_{k4} = G_k + G_{II.K} - F_k$	9,94	$F_{n4} = G_{II} + G_{T.K} + F_{II}$	14,62	
5		Перевантажена на 10%	Підйом	внизу	$F_{k5} = G_k + 1,1 \cdot G_Q + G_{II.K} + F_k + F_Q$	18,26	$F_{n5} = F_{n1}$	12,84	
6				вгорі	$F_{k6} = G_k + 1,1 \cdot G_Q + G_{II.K} + F_k + F_Q$	17,26	$F_{n6} = F_{n2}$	14,42	
7		Спуск неурівноваженого вантажу	Навантажена	Спуск	внизу	$F_{k7} = G_k + G_Q + G_{T.K} - F_{II}$	17,24	$F_{n7} = F_{n3}$	13,04
8					вгорі	$F_{k8} = G_k + G_Q + G_{II.K} - F_k$	16,24	$F_{n8} = F_{n4}$	14,62
9			Порожня	Підйом	внизу	$F_{k9} = G_k + G_{T.K} + F_k$	11,22	$F_{n9} = F_{n1}$	12,84

## Продовження таблиці 2.2

10				вгорі	$F_{k10} = G_k + G_{П.К} + F_k$	10,22	$F_{n10} = F_{n2}$	14,42
11	Динамічні випробування	Перевантажена на 10%	Спуск	внизу	$F_{k11} = G_k + 1,1 \cdot G_Q + G_{Т.К} - F_k$	17,87	$F_{n11} = F_{n3}$	13,04
12				вгорі	$F_{k12} = G_k + 1,1 \cdot G_Q + G_{П.К} - F_k$	16,87	$F_{n12} = F_{n4}$	14,62
13	Статичні випробування	Перевантажена на 10%		внизу	$F_{k13} = G_k + 2 \cdot G_Q + G_{Т.К}$	23,68	$F_{n13} = G_{П}$	12,94

## 2.5 Перевірка роботоздатності тягових канатів

Перевірка канатів по руйнівному навантаженню.

Найбільший робочий натяг у гілці канату кабіни при номінальному вантажі.

$$F' = \frac{G_Q + G_K + G_{Ц} + G_{П.К}}{m} = \frac{6,30 + 9,50 + 1,01 + 0,58}{4} = 4,35 \text{кН}; \quad (2.8)$$

$F_{расч}^{св}$  – натяг гілок канату кабіни при вільному заповненні кабіни

$$F_{расч}^{св} = \frac{G_K + G_{Qсв} + G_{Ц} + G_{П.К}}{m} = \frac{9,5 + 5,8 + 1,01 + 0,58}{4} = 4,22 \text{кН}; \quad (2.9)$$

де  $G_{Qсв} = 5,80 \text{кН}$  – вантажопідйомність при вільному заповненні кабіни;

Запас міцності канату

$$n = \frac{R}{F'} \geq [n] = 12, \quad (2.10)$$

де  $R = 72 \text{ кН}$  – розривне зусилля канату;

$$n = \frac{72}{4,35} = 16,5 \geq [n] = 12$$

Вибираємо канат ЛК-Р 6х19 (1 + 9 + 9) + 1 о.с ГОСТ 3077-80 з умовним позначенням :

Канат 10,5- ЛК-Р – 1570 ГОСТ 3077-80

Таблиця 2.3 – Параметри канату

Параметр	Значення
Діаметр канату, мм	12
Маркувальна група, Мпа	1570
Розрахункова площа перетину, мм <sup>2</sup>	54,07
Розрахункова маса 1000м канату, кг	527
Розрахункове розривне зусилля, кН	72

Перевірка канатів по питомому тискові.

Тиск на стінки рівчака шківів КВШ

$$P = \omega \cdot \frac{F_k}{m \cdot d \cdot D_{ш}}, \quad (2.11)$$

де  $F_k = 18,26 \text{ кН}$  – найбільше зусилля в канатах при одному з робочих режимів (Табл.2.2);

$\omega$  – коефіцієнт, що залежить від форми рівчака

$$\omega = \frac{4,5}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{4,5}{\sin \frac{40}{2}} = 13,2, \quad (2.12)$$

де  $\beta = 40^\circ$  – кут клину канавки КВШ;

$d=12$  мм – діаметр канату;

$D_{III} = 930$  мм – діаметр КВШ.

Отже, тиск канату на стінки канавки шківів складає

$$P = 13,2 \cdot \frac{18,26}{4 \cdot 0,012 \cdot 0,93 \cdot 10^3} = 5,4 \text{ МПа} \leq [p] = 7 \text{ МПа} = 5 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Перевірка канатів по перегину.

Найменший діаметр, що допускається КВШ, визначається по формулі

$$D \geq d \cdot e, \quad (2.13)$$

де  $D= 930$  мм – діаметр КВШ, вимірюваний по дну рівчака канавки;

$d=12$  мм – діаметр канату;

$e=40$  – коефіцієнт.

$$930 \geq 12 \cdot 40 = 480 \text{ мм}$$

## 2.6 Статичні зусилля в тягових канатах

Натяг канатів тягових (проти ваги)

$$F_{II} = G_{II} + G_{III} = 12,94 + 1,01 = 13,95 \text{ кН} \quad (2.14)$$

## Натяг канатів тягових (для кабіни)

$$F_R = 2 \cdot G_{Qc} + G_K + G_{T.K} = 2 \cdot 5,80 + 9,50 + 1,58 = 22,68 \text{ кН} \quad (2.15)$$

## 2.7 Статичні навантаження на КВШ

Таблиця 2.4 – Відношення натягів канатів і крутний момент на КВШ при різних режимах роботи ліфту

№ режимів	Відношення натягів $\psi = \frac{F_{\max}}{F_{\min}}$	Сума натягів, $\Sigma F = F_k + F_n$ кН	Ріниця натягів $\Delta F = F_{\max} - F_{\min}$ , кН	Втрати на КВШ, зведені до канату $F_{III} = 0,0013 \cdot \Sigma F$ , кН	Колове зусилля на КВШ $F_o = \Delta F \pm F_{III}$ , кН	Крутний момент $M_{III} = F_o \cdot D_{III} / 2$ , кНм
1	1,37	304,70	47,90	3,96	51,86	24,11
2	1,15	310,50	22,10	4,03	26,13	12,15
3	1,18	240,20	20,60	3,12	23,72	11,02
4	1,47	245,60	46,80	3,19	49,99	23,24
5	1,42	311,00	54,20	4,04	58,24	27,08
6	1,2	316,80	28,40	4,12	32,52	15,12
7	1,3	302,80	42,00	3,94	38,06	17,69
8	1,11	308,60	16,20	4,01	12,19	5,66
9	1,14	240,60	16,20	3,12	13,08	6,08
10	1,41	246,40	42,00	3,20	38,80	18,04
11	1,37	309,10	48,30	4,02	44,28	20,59
12	1,15	314,90	22,50	4,09	18,41	8,56
13	1,82	366,20	107,40	4,76	102,64	47,72

## 2.8 Розрахунок привода

### 2.8.1 Вибір електропривода

#### Потужність електродвигуна

$$N_{\text{дв}} = \frac{F_0 \cdot V_{\text{каб}}}{10 \cdot \eta'_{\text{ред}}}, \quad (2.16)$$

де  $F_0$  – найбільше колове зусилля на канатоведучому шківі в робочому режимі (табл. 2.4), м ;

$V_{\text{каб}}$  – номінальна швидкість, м/с;

$\eta'_{\text{ред}}$  – орієнтовне значення ККД редуктора 0,7.

$$N_{\text{дв}} = \frac{58,24 \cdot 1}{10 \cdot 0,7} = 8,2 \text{ кВт}$$

Вибираємо електродвигун 4АФ225М6/24НЛБ. Характеристик таведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристика двигуна

Параметр	Значення
Потужність двигуна Рд, кВт	9/2,25
Частота обертання пд, $\text{хв}^{-1}$	1000/250
Момент інерції ротора $I_p$ , $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	0,125
Кратність максимального моменту $T_{\text{мах}}/T_{\text{ном}}$	2,5
Кратність пускового моменту $T_{\text{пуск}}/T_{\text{ном}}$	2,2

## 2.8.2 Вибір редуктора

Підбір редуктора здійснюється з урахуванням значення еквівалентного крутного моменту  $M_{\text{екв}}$ , передаточного числа механізму, а також величини консольного навантаження РРР.

Еквівалентний крутний момент  $M_{\text{екв}}$  визначається за відповідною розрахунковою формулою.

$$M_{\text{екв}} = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot T_i}{T}}, \quad (2.17)$$

де  $M_i$  – статичний момент, що діє протягом ( $T$ ) машинного часу, Нм;

$T$  – повний максимальний час експлуатації, год.

Для ліфтів із противагою  $M_{\text{екв}} = (0,7 \dots 0,9) \cdot M_{\text{СТ}}$

де  $M_{\text{СТ}}$  – тах статичний момент від неурівноваженого вантажу

Значення  $M_{\text{Ш}}$  вибираємо з табл.2.4

$$M_{\text{СТ}} = M_{\text{Ш}} = P_0^{\text{max}} \cdot R_{\text{Ш}} \quad (2.18)$$

$$M_{\text{СТ}} = M_{\text{Ш}} = 5824 \cdot 0,465 = 2708 \text{ Нм}$$

Передаточне відношення редуктора

$$i_p = \frac{n_{\text{ог}}}{n_{\text{шк}}} = \frac{1000}{21,23} = 47, \quad (2.19)$$

де  $n_{\text{шк}}$  – частота канатоведучого шківа, об/хв;

$n_{\text{ог}}$  – номінальна частота двигуна, об/хв;

Частота обертів канатоведучого шківа

$$n_{шк} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_{п.к}} = \frac{60 \cdot 1}{3,14 \cdot 0,9} = 21,23 об / хв, \quad (2.20)$$

де  $V$  – швидкість кабіни, м/с;

$D_{п.к}$  – діаметр початкового кола КВШ, м.

Максимальне консольне навантаження на вихідному валу редуктора

$$P = (G_K + G_Q + G_{Т.К} + G_{п} + G_{ц} + G_{п.к} + G_{шк}) \cdot g \quad (2.21)$$

де  $G_{ц}$  – вага компенсуючого ланцюга або каната, кН;

$G_{шк}$  – вага КВШ, 0,1...0,2 кН;

$G_2$  – вага натяжного вантажу канатів, кН;

$G_{п.к}$  – вага підвісного кабелю, кН.

$$P = 9,50 + 6,30 + 1,58 + 12,94 + 1,01 + 0,58 + 2,01 = 33,92 кН$$

Обираємо черв'ячний редуктор РГЛ-180.

Таблиця 2.6 – Характеристика редуктора

Параметр	Значення
Передаточне відношення редуктора ір	45
Номінальний крутний момент Тном, Нм	4471
Частота обертання вихідного валу пр, хв-1	11,9

### 2.8.3 Сполучна муфта

У конструкції механізмів підйому ліфтів застосовуються постійнозамкнені пружні втулково-пальцьові сполучні муфти МУВП. Муфта служить для передачі крутного моменту від вала двигуна на черв'ячний вал редуктора. Одночасно муфта виконує роль махової маси, при зміні якої досягається необхідна величина махового моменту, зведеного до швидкохідного вала лебідки.

Допустимий крутний момент

$$[M] = 0,5 \cdot m \cdot D_1 \cdot [p] \quad (2.22)$$

де  $[p] = 0,8 \text{ кН}$  – допустиме навантаження на палець, Н;

$m = 5$  – кількість пальців;

$D_1$  – діаметр кола розташування пальців, м (при  $D_m = 0,3 \text{ м}$ ,  $D_1 = 0,18 \text{ м}$ ).

$$[M] = 0,5 \cdot 5 \cdot 0,18 \cdot 0,8 = 0,36 \text{ кНм}$$

Вибираємо муфту пружно втулково- пальцьову. Зовнішній діаметр 300мм. Маховий момент  $15 \text{ Нм}^2$ .

$G D_p^2 = 4,5 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$  – маховий момент ротора електродвигуна;

$G D_M^2 = 1,5 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$  – маховий момент муфти;

$G D_{\text{дон}}^2 = 9,0 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$  – гранично допустимий маховий момент.

## 2.9 Розрахункова швидкість кабіни (V)

Швидкість кабіни при підйомі неврівноваженого вантажу

$$V_{\text{під}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}^n \cdot D_{\text{ш}}}{60 \cdot i} \quad (2.23)$$

де  $n_{\text{дв}}^n$  – частота обертання ротора двигуна при підйомі

$$n_{\text{дв}}^n = n_{\text{синх}} \cdot \left( 1 - k_n \cdot \frac{M_{\text{розрах}}}{M_{\text{ном}}} \right), \quad (2.24)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт, обумовлений по формулі

$$k_n = \frac{n_{\text{синх}} - n_n}{n_{\text{синх}}}, \quad (2.25)$$

де  $n_{\text{синх}} = 1000 \text{ об/хв}$  – частота електродвигуна (синхронне).

$$n_n = 930 \text{ об/хв};$$

$$k_n = \frac{1000 - 930}{1000} = 0,07,$$

$$n_{\text{дв}}^n = 1000 \cdot \left( 1 - 0,07 \cdot \frac{69}{70} \right) = 931 \text{ об/хв}$$

$M_{\text{розрах}} = 69 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – максимальне значення моменту при підйомі неврівноваженого вантажу

$$M_{\text{ном}} = 70 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$V_{nid} = \frac{3,14 \cdot 931 \cdot 0,93}{60 \cdot 45} = 1,006 \text{ м/с} \quad (2.26)$$

Відхилення розрахункової швидкості руху кабіни від номінальної при підйомі неурівноваженого вантажу

$$\frac{V_{nid} - V_n}{V_n} \cdot 100\% = \frac{1,006 - 1}{1} \cdot 100\% = 0,6\% \quad (2.27)$$

Швидкість кабіни при спуску неурівноваженого вантажу

$$V_{СП} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дс}}^c \cdot D_{Ш}}{60 \cdot i} = \frac{3,14 \cdot 1024 \cdot 0,93}{60 \cdot 45} = 1,1 \text{ м/с} \quad (2.28)$$

$$n_{\text{дс}}^c = n_{\text{синх}} \cdot \left( 1 + \kappa_n \cdot \frac{M_{\text{розрах}}}{M_{\text{ном}}} \right) = 1000 \cdot \left( 1 + 0,07 \cdot \frac{240}{70} \right) = 1024 \text{ об/хв}, \quad (2.29)$$

де  $M_{\text{розрах}} = 240 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – максимальне значення моменту при спуску неурівноваженого вантажу.

Відхилення розрахункової швидкості кабіни від номінальної при спуску неурівноваженого вантажу

$$\frac{V_{nid} - V_H}{V_H} \cdot 100\% = \frac{1,1 - 1}{1} \cdot 100\% = 10\% \quad (2.30)$$

Відхилення робочої швидкості руху кабіни від номінальної швидкості не повинна перевищувати  $\pm 15\%$  (стор.7, 2.14 [1]).

## 2.10 Прискорення кабіни

При пуску ліфта

$$a_n = K \cdot \frac{M_n^\partial}{GD_n^2}, \quad (2.31)$$

де  $M_n^\partial = M_{\max} - M_2$ ;

$M_{\max} = 240H \cdot m$  – максимальний момент;

$GD_n^2 = GD_\epsilon^2 + GD_2^2$  – маховий момент на валу двигуна;

$GD_\epsilon^2 = GD_p^2 + GD_{мф}^2 + GD_{мх}^2 = 4,5 + 1,5 + 0 = 6кг = 60H \cdot m$ ;

$GD_p^2, GD_{мф}^2, GD_{мх}^2$  – відповідно, махові моменти ротора двигуна, муфти й

маховика.

$$K = \frac{2 \cdot g \cdot D_{ш}}{i_p} = \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,93}{45} = 0,4. \quad (2.32)$$

При використанні у лебідках ліфтів двошвидкісних електродвигунів процес зупинки кабіни можна умовно поділити на три послідовні етапи.

Перший етап полягає у перемиканні двигуна з основної (високої) швидкості на понижену. У цей проміжок часу гальмування механізму відбувається завдяки дії гальмівного моменту електродвигуна, який працює у генераторному режимі. Такий режим триває доти, поки швидкохідний вал лебідки не досягне частоти обертання, що відповідає роботі двигуна на малій швидкості. Після цього кабіна протягом короткого часу рухається з малою швидкістю.

Другий етап починається після вимкнення малої швидкості та характеризується подальшим уповільненням системи до моменту спрацювання механічного гальма.

Третій, завершальний етап настає в момент накладання механічного гальма, яке забезпечує остаточну зупинку механізму.

Прискорення кабіни при переході з великої швидкост на малу

$$a_T = K \cdot \frac{M_T^0}{GD_T^2}, \quad (2.33)$$

де  $M_T^0 = M_T + M_3$  – динамічний момент;

$$GD_T^2 = GD_6^2 + GD_2^2. \quad (2.34)$$

Прискорення кабіни при накладанні гальма

$$a_T = K \cdot \frac{M_T^0}{GD_T^2}, \quad (2.35)$$

де  $M_T^0 = M_T + M_3$  – динамічний момент гальмування, кНм;

$GD_T^2 = GD_6^2 + GD_3^2$  – маховий момент системи на валу двигуна,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;

Таблиця 2.7 – Динамічні навантаження КВШ

№	$M_{ш}$	а	$\Sigma F$	$\Delta F$	$M_{ш}^{\delta} = \Sigma F \cdot \frac{a}{g} \cdot \frac{D_{ш}}{2}$ кНм	$M_{ш}^{\delta} = M_{ш} + M_{ш}^{\delta}$ кНм	$\Sigma F^{\delta} = \Sigma F + \frac{a}{g} \cdot \Delta F$ , кНм
	Статичний крутний момент кНм	Прискорення кабіни $m/c^2$	Натяг, кН				
			сума	різниця			
1	24,11	0,91	304,70	47,90	12,75	36,86	309,14
2	12,15	1,1	310,50	22,10	16,21	28,36	312,98
3	11,02	1,17	240,20	20,60	13,33	24,35	242,65
4	23,24	0,95	245,60	46,80	11,07	34,31	250,13
5	27,08	0,87	311,00	54,20	12,83	39,91	315,81
6	15,12	1,06	316,80	28,40	15,93	31,05	319,87
7	17,69	1,34	302,80	42,00	19,25	36,94	308,54
8	5,66	1,42	308,60	16,20	20,79	26,45	310,94
9	6,08	1,44	240,60	16,20	16,43	22,51	242,98
10	18,04	1,24	246,40	42,00	14,49	32,53	251,71
11	20,59	1,31	309,10	48,30	19,21	39,80	315,55
12	8,56	1,39	314,90	22,50	20,76	29,32	318,09

$M_{ш}^{\delta}$  – динамічний крутний момент на КВШ, кНм;

$\Sigma F^{\delta}$  – динамічне навантаження, кН.

### 2.11 Перевірка тягової здатності КВШ

Канатоведучий шків лебідки має бути виконаний з канавками спеціального профілю, які забезпечують надійне зчеплення тягових канатів зі шківом. Таке конструктивне виконання повинно гарантувати достатню силу тертя для утримання кабіни під час нормальної експлуатації ліфта, а також під час проведення статичних випробувань. Водночас форма канавок

повинна виключати можливість підйому кабіни при нерухомій противазі або, навпаки, утримання противаги у випадку, коли кабіна залишається нерухомою.

Таким чином, профіль канавок канатоведучого шківа повинен забезпечувати стабільну роботу підйомного механізму та безпечне функціонування ліфтової установки в різних режимах навантаження.

Умова забезпечення надійного зчеплення канатів зі шківом визначається відповідними розрахунковими співвідношеннями, які враховують сили натягу канатів, кут їх обхвату шківа та коефіцієнт тертя між поверхнями контакту.

$$\psi \leq \gamma, \quad (2.36)$$

де  $\psi$  – відношення натягів тягових канатів КВШ;

$\gamma$  – коефіцієнт тягової здатності, що характеризує відношення натягів гілок тягових канатів при їх проковзуванні по КВШ.

Розрахунковий випадок «експлуатаційний режим».

При пуску ліфта (перехід на малу швидкість)

$$\psi_{\text{dmax}} = \psi_{\text{d10}} = 1,83 \langle \gamma = 2,28, \quad (2.37)$$

де  $\gamma = 2,28$  – коефіцієнт тягової здатності КВШ у русі при клиновому рівчаку з кутом профілю  $\beta = 40^\circ$  (новий незношений рівчак) при куті охоплення  $\alpha = 180^\circ$ ,  $\psi_{\text{d10}} = 1,83$ .

Коефіцієнт запасу тягової здатності

$$n_{\gamma\text{d}} = \frac{\gamma}{\psi_{\text{d10}}} = \frac{2,28}{1,83} = 1,24. \quad (2.38)$$

Мінімально допустимий коефіцієнт тягової здатності за умовами гарантованого зчеплення при опусканні ліфта

$$\gamma_{\min} = [n_{\gamma}] \cdot \psi_{\partial 10}, \quad (2.39)$$

де  $[n_{\gamma}] = 1,05$  – мінімально допустимий коефіцієнт запасу тягової здатності під час руху;

$$\gamma_{\min} = 1,05 \cdot 1,83 = 1,92$$

Тягова здатність шківа при зношуванні рівчака до підрізу  $\gamma = 1,92$ , тобто, зчеплення канату зі шківом у режимі спуску забезпечене при зношуванні рівчака канавки на всю висоту профілю.

Розрахунковий випадок «випробування статичні»

Умова відсутності ковзання канату по шківу при випробуванні ліфта на подвійне статичне навантаження.

$$\psi_n = \psi_{cm13} \leq \gamma_n = 2,50 \quad (2.40)$$

де  $\gamma_n = 2,50$  – коефіцієнт тягової здатності КВШ у спокої при клиновому рівчаку з кутом профілю  $\beta = 40^\circ$  (новий незношений рівчак) при куті охоплення  $\alpha = 180^\circ$ .

Коефіцієнт запасу тягової здатності

$$n_n = \frac{\gamma_n}{\psi_{cm13}} = \frac{2,50}{1,71} = 1,46. \quad (2.41)$$

Мінімально допустимий коефіцієнт тягової здатності за умовами гарантованого зчеплення при випробуванні ліфта на подвійне статичне навантаження.

$$\gamma_{\min} = [n_{\gamma}] \cdot \psi_{cm13} \quad (2.42)$$

де  $[n_{\gamma}] = 1,05$  – мінімально допустимий коефіцієнт запасу тягової здатності в спокої,

$$\gamma_{\min} = 1,05 \cdot 1,71 = 1,79.$$

Коефіцієнт тягової здатності в спокої при зношуванні рівчака до підрізу  $\gamma = 1,79$ . Отже, зчеплення канату зі шківом при випробуванні на подвійне статичне навантаження забезпечене при зношуванні рівчака на всю висоту профілю.

Перевірка можливості підйому кабіни (противаги) при нерухомій противазі (кабіни).

$$\psi \geq \gamma \quad (2.43)$$

Розглянемо можливість підйому кабіни при нерухомій противазі

$$\psi_{\text{каб}} = \frac{G_{\text{ц}} + F_{\text{к}}}{T}, \quad (2.44)$$

де  $F_{\text{к}} = G_{\text{к}} = 9,50 \text{ кН}$

$$\psi_{\text{каб}} = \frac{1,01 + 9,50}{1,58} = 6,6,$$

$$\psi_{каб} = 6,6) \gamma_n = 2,5.$$

Розглянемо можливість підйому противаги при нерухливій кабіні

$$\psi_{np} = \frac{F_n}{T}, \quad (2.45)$$

де  $F_n = G_n = 12,94 \text{ кН}$

$$\psi_{np} = \frac{12,94}{1,58} = 8,2,$$

$$\psi_{np} = 8,2) \gamma_n = 2,5.$$

Таким чином, можливість підйому кабіни при нерухомій противазі виключена. Така ж ситуація і при нерухомій кабіні.

## 2.12 Перевірка роботоздатності гальма

Гальмовий пристрій використовується для зупинки кабіни у випадку відключення електродвигуна та для утримання її у нерухомому положенні. Гальмо виконане у колодковому варіанті, нормально-замкнене, з електромагнітним приводом.

Діаметр гальмової напівмуфти становить 300 мм. Гальмовий момент складає 100 Н·м.

Електромагніт застосовуваного типу - МП 201В2.

Розрахунковий випадок «експлуатаційний режим» передбачає визначення максимального статичного моменту на валу гальмівного шківa при експлуатації, зокрема під час спуску незбалансованого вантажу.

$$M_{310}^o = 14H \cdot m.$$

Запас гальмівного моменту визначається по формулі

$$n_T = \frac{M_T}{M_{310}}, \quad (2.46)$$

де  $M_T = 100H \cdot m$  – момент механічного гальма

$$n_T = \frac{100}{14} = 7,1 \geq [n_T] = 2,0.$$

Розрахунковий випадок «випробування статичні».

Мстат на валу гальмівного шківa при випробуванні на подвійне статичне навантаження дорівнює

$$M_{313} = 37H \cdot m.$$

Запас гальмівного моменту

$$n_T = \frac{M_T}{M_{313}} = \frac{100}{37} = 2,7 > [n_T] = 1,4. \quad (2.47)$$

## 2.13 Точність зупинки кабіни

Під точністю зупинки розуміють відхилення між рівнем підлоги кабіни та порогом поверхового майданчика під час нормальної експлуатації ліфта. Для ліфтів допустиме відхилення точності зупинки кабіни має становити  $\pm 50$  мм.

Різниця рівнів між порогом кабіни та поверховим майданчиком може з'являтися через початкові невідповідності рівнів при зупинці кабіни, а також через переміщення кабіни на пружній підвісі в залежності від зміни навантаження.

$$\Delta = \Delta_H + \Delta_Y, \quad (2.48)$$

де  $\Delta$  - різниця рівнів порогів кабіни й поверхового майданчика, м;

$\Delta_H$  – початкова неточність зупинки кабіни,  $\Delta_H = 33,1$  мм;

$\Delta_Y$  – переміщення кабіни на пружному підвісі від вантажу в кабіні, м;

Кабіна на верхній зупинці

$$\Delta_{\max}^B = \Delta_{H \max}^B + \Delta_Y^B = 33,1 + 4,6 = 37,7 \text{ мм}. \quad (2.49)$$

Кабіна на нижній зупинці

$$\Delta_{\max}^H = \Delta_{H \max}^H + \Delta_Y^H = 33,1 + 11,2 = 44,3 \text{ мм}. \quad (2.50)$$

Переміщення кабіни на пружному підвісі

$$\Delta_Y = \frac{Q}{Z}, \quad (2.51)$$

де  $Q$  – вантажопідйомність;

$Z$  – сумарна жорсткість підвісу кабіни ;

$$Z = \frac{Z_T \cdot Z_n \cdot Z'_A}{Z_T \cdot Z_n + Z_T \cdot Z'_A}, \quad (2.52)$$

де  $Z_T$  – жорсткість тягових канатів ;

$$Z_T = \frac{E_T \cdot F_T \cdot m_T}{l} \quad (2.53)$$

де  $E_T = 1,25 \cdot 10^6 \text{ Па}$  – умовний модуль пружності тягових канатів;

$F_T = 0,54 \text{ см}^2$  – умовна площа поперечного перерізу тягового канату;

$m_T = 4$  – кількість тягових канатів;

$l$  – довжина тягових канатів від КВШ до кабіни, м;

$l_B \approx 1,5 \text{ м}$  – при положенні кабіни на верхній зупинці;

$l_H = H + l_B = 75 + 1,5 = 76,5 \text{ м}$  – при положенні кабіни на нижній зупинці;

$$Z_{TB} = \frac{E_T \cdot F_T \cdot m_T}{l_B} = \frac{1,25 \cdot 10^6 \cdot 0,54 \cdot 4}{1,5 \cdot 10^2} = 37670 \text{ кг} / \text{см} = 376,7 \text{ кН} / \text{см}, \quad (2.54)$$

$$Z_{TH} = \frac{E_T \cdot F_T \cdot m_T}{l_H} = \frac{1,25 \cdot 10^6 \cdot 0,54 \cdot 4}{76,5 \cdot 10^2} = 7,38 \text{ кН} / \text{см}, \quad (2.55)$$

$$Z_n = \frac{E_n \cdot F_n \cdot m_n \cdot m_k}{h_n \cdot (m_n + m_k)} = \frac{7,2 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 2 \cdot 4}{8,3 \cdot (2 + 4)} = 11560 \text{ Н} / \text{см}, \quad (2.56)$$

де  $E_n = 7,2 \cdot 10^6 \text{ Па}$  – модуль пружності пружного елемента підвісу кабіни;

$F_n = 100 \text{ см}^2$  – площа поперечного перерізу пружного елемента підвісу кабіни;

$h_n = 8,3 \text{ см}$  – висота пружного елемента підвісу кабіни;

$m_n = 2$  – кількість пружних елементів підвісу кабіни в підвісці;  
 $m_k = 4$  – кількість пружних елементів підвісу кабіни під кабіною;  
 $Z'_A = 356,7 \text{ кН/см}$  – зведена жорсткість амортизаторів лебідки.

Сумарна жорсткість підвісу кабіна :

кабіна на нижній зупинці

$$\begin{aligned}
 Z_H &= \frac{Z_{TH} \cdot Z_n \cdot Z'_A}{Z_{TH} \cdot Z_n + Z_{TH} \cdot Z'_A + Z_n \cdot Z'_A} = \frac{738 \cdot 1156 \cdot 35670}{738 \cdot 1156 + 738 \cdot 35670 + 1156 \cdot 35670} = \\
 &= 4450 \text{ кН/м};
 \end{aligned} \tag{2.57}$$

Кабіна на верхній зупинці

$$\begin{aligned}
 Z_B &= \frac{Z_{TB} \cdot Z_n \cdot Z'_A}{Z_{TB} \cdot Z_n + Z_{TB} \cdot Z'_A + Z_n \cdot Z'_A} = \frac{37670 \cdot 1156 \cdot 35670}{37670 \cdot 1156 + 37670 \cdot 35670 + 1156 \cdot 35670} = \\
 &= 10900 \text{ кН/м}.
 \end{aligned} \tag{2.58}$$

Переміщення кабіни на пружному підвісі від вантажу в кабіні : кабіна на нижній зупинці

$$\Delta_y^H = \frac{G_Q}{Z_H} = \frac{6,30}{4450} = 0,00142 \text{ м}, \tag{2.59}$$

Кабіна на верхній зупинці

$$\Delta_y^B = \frac{G_Q}{Z_B} = \frac{6,30}{10900} = 0,00058 \text{ м}, \tag{2.60}$$

де  $h_T$  – шлях кабіни при накладеному механічному гальмі;

Розрахунковий шлях зупинки кабіни при спуску неурівноваженого вантажу визначається за виразом

$$\begin{aligned}
 h_c = h_{BC} + h_{TC} = & \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cx} \cdot t_B}{60 \cdot i} \cdot \left( 1 + k_n \cdot \frac{M_C \cdot \eta_0}{M_H} \right) + \frac{g \cdot D \cdot M_C \cdot t_B^2}{i \cdot \left( \frac{1}{\eta_0} \cdot GD_B^2 + GD_C^2 \right)} + \\
 & + \left[ \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cx}}{60 \cdot i} \cdot \left( 1 + k_n \cdot \frac{M_C \cdot \eta_0}{M_H} \right) + \frac{2 \cdot g \cdot D \cdot M_C \cdot t_B}{i \cdot \left( \frac{1}{\eta_0} \cdot GD_B^2 + GD_C^2 \right)} \right] \cdot \frac{i \cdot (GD_B^2 + GD_C^2 \eta_{0\alpha})}{4 \cdot g \cdot D \cdot (M_T - M_C \cdot \eta_{0\alpha})}.
 \end{aligned} \tag{2.61}$$

Розрахунковий шлях зупинки кабіни при підйомі неурівноваженого вантажу

$$\begin{aligned}
 h_n = h_{BC} + h_{Tn} = & \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cx} \cdot t_B}{60 \cdot i} \cdot \left( 1 - k_n \cdot \frac{M_n}{\eta \cdot M_H} \right) - \frac{g \cdot D \cdot M_n \cdot t_B^2}{i \cdot (GD_B^2 \cdot \eta + GD_n^2)} + \\
 & + \left[ \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cx}}{60 \cdot i} \cdot \left( 1 - k_n \cdot \frac{M_n}{\eta \cdot M_H} \right) + \frac{2 \cdot g \cdot D \cdot M_n \cdot t_B}{i \cdot (GD_B^2 \cdot \eta + GD_n^2)} \right]^2 \cdot \frac{i \cdot (GD_B^2 \cdot \eta_\alpha + GD_n^2)}{4 \cdot g \cdot D \cdot (M_T \cdot \eta_\alpha + M_n)},
 \end{aligned} \tag{2.62}$$

де  $D = 0,93m$  – діаметр КВШ;

$n_{cx} = 2500 \text{ об/хв}$  – частота синхронна двигуна на обмотці малої швидкості;

$t_B = 0,15c$  – розрахунковий час вибігу системи (визначається роботою електроапаратури);

$i = 45$  – передаточне число редуктора;

$k_n = 0,2$  – коефіцієнт ковзання при роботі на обмотці малої швидкості;

$M_C, M_n$  – статичний момент на валу двигуна без врахування втрат у редукторі, відповідно, при спуску й підйомі неурівноваженого вантажу;

$\eta_0 = 0,475$  – ККД редуктора при усталеному русі на обмотці малої швидкості при привідному колесі;

$\eta_{0\alpha} = 0,390$  – еквівалентний ККД редуктора при гальмуванні механічним гальмом при привідному колесі;

$M_H = 8,5H_M$  – номінальний момент електродвигуна на обмотці малої швидкості;

$GD_B^2$  – маховий момент обертових частин лебідки,  $H \cdot м^2$ ;

$$GD_B^2 = (GD_p^2 + GD_{mx}^2 + GD_{mф}^2) \cdot \kappa_p = 1,05 \cdot (4,5 + 0 + 1,5) = 6,3_{кг} \cdot м^2 = 63H \cdot м^2, \quad (2.63)$$

де  $GD_p^2 = 4,5H \cdot м^2$  – маховий момент ротора електродвигуна;

$$GD_{mx}^2 = 0;$$

$GD_{mф}^2 = 1,5H \cdot м^2$  – маховий момент муфти лебідки;

$\kappa_p = 1,05$  – коефіцієнт, що враховує маховий момент обертових частин редуктора;

$GD_n^2, GD_C^2$  – махові моменти частин, що рухаються поступально в шахті ліфта, зведені до вала двигуна (без врахування втрат у редукторі), відповідно, при підйомі й спуску неурівноваженого вантажу,  $кг \cdot м^2$ ;

$M_T = 100H \cdot м$  – момент механічного гальма;

$\Delta M_T = 10H \cdot м$  – розрахункове коливання гальмівного моменту;

$\eta = 0,63$  – ККД редуктора при усталеному русі на обмотці малої швидкості при привідному черв'яку;

$\eta_s = 0,6$  – еквівалентний ККД редуктора при гальмуванні механічним гальмом при ведучому черв'яку;

$$h_c = \frac{3,14 \cdot 0,93 \cdot 250 \cdot 0,15}{60 \cdot 45} \cdot \left( 1 + 0,2 \cdot \frac{3,8 \cdot 0,475}{8,5} \right) + \frac{9,8 \cdot 0,93 \cdot 3,8 \cdot 0,15^2}{45 \cdot \left( \frac{1}{0,475} \cdot 6,3 + 1,425 \right)} +$$

$$+ \left[ \frac{3,14 \cdot 0,93 \cdot 250}{60 \cdot 45} \cdot \left( 1 + 0,2 \cdot \frac{3,8 \cdot 0,475}{8,5} \right) + \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,93 \cdot 3,8 \cdot 0,15}{45 \cdot \left( \frac{1}{0,475} \cdot 6,3 + 1,425 \right)} \right] \cdot$$

$$\cdot \frac{45 \cdot (6,3 + 1,425 \cdot 0,39)}{4 \cdot 9,8 \cdot 0,93 \cdot (100 - 3,8 \cdot 0,39)} = 0,34$$

$$h_n = \frac{3,14 \cdot 0,93 \cdot 250 \cdot 0,15}{60 \cdot 45} \cdot \left(1 - 0,2 \cdot \frac{5,1}{0,63 \cdot 8,5}\right) - \frac{9,8 \cdot 0,93 \cdot 5,1 \cdot 0,15^2}{45 \cdot (6,3 \cdot 0,63 + 1,263)} +$$

$$+ \left[ \frac{3,14 \cdot 0,93 \cdot 250}{60 \cdot 45} \cdot \left(1 - 0,2 \cdot \frac{5,1}{0,63 \cdot 8,5}\right) + \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,93 \cdot 5,1 \cdot 0,15}{45 \cdot (6,3 \cdot 0,63 + 1,263)} \right]^2 \cdot$$

$$\cdot \frac{45 \cdot (6,3 \cdot 0,6 + 1,263)}{4 \cdot 9,8 \cdot 0,93 \cdot (100 \cdot 0,6 + 5,1)} = 0,049$$

Початковою різницею рівнів порогів кабіни та поверхового майданчика при зупинці вважають початкову неточність зупинки.

Для розрахунків приймається, що початкова неточність дорівнює половині різниці пройдених кабіною шляхів під час нормальної зупинки при русі в одному напрямку — як порожньої кабіни, так і кабіни з номінальним навантаженням. При цьому довжини шляхів зупинки визначаються від рівня, який відповідає положенню кабіни на стаціонарній швидкості руху.

$$\Delta_H = 0,5 \cdot (h_C - h_n) = 0,5 \cdot (0,34 - 0,049) = 0,1455, \quad (2.64)$$

де  $\Delta_H$  — початкова неточність зупинки.

Розрахунковий шлях зупинки кабіни

$$h = h_B + h_T, \quad (2.65)$$

де  $h_B$  — шлях кабіни в період вибігу системи (двигун відключений, механічне гальмо не накладене);

$$\Delta^H = 0,1455 + 11,2 = 11,34 \text{ мм},$$

$$\Delta^B = 0,46 + 11,2 = 11,66 \text{ мм}.$$

Умова виконується. Точність зупинки кабіни не перевищує зазначених меж.

## 2.14 Параметри противаги

Вага противаги  $G_n = 12,94кН$

Противагу комплектуємо одночасно залізобетонними й чавунними вантажами.

Із чавуну масою 60 кг – 21 шт.

Із залізобетону масою 34 кг – 1 шт.

## 2.15 Уловлювачі

Уловлювачі мають забезпечувати утримання кабіни на напрямних під час її руху вниз у разі збільшення швидкості до  $1,4V$ , де  $V$  - номінальна швидкість ліфта.

Вони повинні бути розраховані на безпечне утримання кабіни з будь-яким рівнем навантаження у разі обриву тягових канатів при швидкості  $1,4V$ .

Максимальне прискорення або уповільнення кабіни при спрацюванні уловлювача не повинно перевищувати  $25 м/с^2$ .

На кабіні встановлені уловлювачі плавного гальмування клинового типу відповідно до ГОСТ 22.127-71.

Для таких уловлювачів регламентують гальмівні шляхи :

$[S_{\min}] = 50мм$  – мінімальний шлях гальмування порожньої кабіни;

$[S_{\max}] = 550мм$  – максимальний шлях гальмування кабіни з вантажем

$l_1 = 80мм, l_2 = 250мм$

$P_2 = 13,50кН$  – робоче зусилля пружини (наприкінці ходу клина).

Таблиця 2.8 – Параметри уловлювачів

Обмежувач швидкості	Шків	Діаметр	$D_0$	208	мм
		Профіль струмка	Клиновий 30°		
	Коефіцієнт тягової здатності КВШ		$\gamma_n$	2,97	
	Кут обхвату шківа канатом		$\alpha$	180	град.
	Маховий момент обертових частин		$GD_0^2$	0,16	кг·м <sup>2</sup>
Натяжний пристрій	Вантаж	Маса	$G_{ср}$	20	кг
	Важіль вантажу	Довжина	$l_{O2B}$	350	мм
		Маса	$G_{O2B}$	1,9	кг
	Блок А	Діаметр	$D_6$	208	мм
		Маса	$G_6$	3,6	кг
	Плече ваги блоку		$l_{O2A}$	145	мм
Контакт	Тип		ВК200Б		
	Зусилля спрацьовування		$P_{ср}$	60	Н
	Хід до спрацьовування		$\alpha_{ср}$	12	град.
	Робочий хід		$\alpha_p$	17	град.
	Повний хід		$\alpha_n$	22	
	Установчий кут		$\varphi$	54	град.
	Максимальний установчий кут		$\varphi_{max}$	55	град.
	Довжина важеля		$R$	38	мм
	Діаметр ролика		$d$	30	мм

## Гальмівне зусилля одного уловлювача

$$R_1 = P_2 \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot m \cdot \mu \quad (2.66)$$

де  $m=2$ - число поверхонь тертя в одному уловлювачі;

$\mu = 0,14$  – коефіцієнт тертя колодок уловлювачів по напрямній;

$$R_1 = 13,50 \cdot \frac{250}{80} \cdot 2 \cdot 0,14 = 11,8 \text{кН}$$

Розрахункове відхилення гальмівного зусилля для застосованої конструкції уловлювачів приймається 12%.

$$R_{1\max} = R_1 \cdot 1,12 = 11,80 \cdot 1,12 = 13,2 \text{кН}, \quad (2.67)$$

$$R_{1\min} = R_1 \cdot 0,88 = 11,80 \cdot 0,88 = 10,4 \text{кН}. \quad (2.68)$$

## Загальне гальмівне зусилля уловлювачів

$$R_{\max} = 2 \cdot R_{1\max} = 2 \cdot 13,20 = 26,4 \text{кН}, \quad (2.69)$$

$$R_{\min} = 2 \cdot R_{1\min} = 2 \cdot 10,40 = 20,8 \text{кН}. \quad (2.70)$$

Розрахункова вага мас, що уловлюються, кабіни (розрахунковий варіант – ліфт з максимальною висотою підйому при максимальній вазі підвісного кабелю) .

$$G_{\max} = G_K + G_{Qc} + G_{П.К} + G_{К.Ц} = 9,50 + 5,80 + 0,58 + 1,01 = 16,89 \text{кН}, \quad (2.71)$$

$$G_H = G_K + G_{Qc} + G_{K.Ц} = 9,50 + 6,30 + 1,01 = 16,81 \text{кН}, \quad (2.72)$$

$$G_P = G_K + 0,5 \cdot G_{Qc} = 9,50 + 0,5 \cdot 5,80 = 12,40 \text{кН}. \quad (2.73)$$

Прискорення при посадці на уловлювачі

$$a_{\max} = g \cdot \left( \frac{R_{\max}}{G_{\min}} - 1 \right) = 9,8 \cdot \left( \frac{26,40}{9,50} - 1 \right) = 17,45 \text{м/с}^2 \langle [a] = 25 \text{м/с}^2, \quad (2.74)$$

$$a_{\min} = g \cdot \left( \frac{R_{\min}}{G_{\max}} - 1 \right) = 9,8 \cdot \left( \frac{20,80}{16,89} - 1 \right) = 2,27 \text{м/с}^2, \quad (2.75)$$

$$a_H = g \cdot \left( \frac{R_{\min}}{G_H} - 1 \right) = 9,8 \cdot \left( \frac{20,80}{16,81} - 1 \right) = 2,3 \text{м/с}^2. \quad (2.76)$$

Гальмівний шлях кабіни визначається по формулі ( розрахунковий випадок «аварійна посадка на уловлювачі»)

$$S = \frac{V_p^2}{2 \cdot a}, \quad (2.77)$$

де  $V_p = 1,4V = 1,4 \cdot 1 = 1,4 \text{м/с}$  – розрахункова швидкість на початку посадки на уловлювачі.

Мінімальний гальмівний шлях порожньої кабіни

$$S_{\min} = \frac{V_p^2}{2 \cdot a_{\max}} = \frac{1,4^2 \cdot 10^3}{2 \cdot 17,45} = 56 \text{мм} \langle [S_{\min}] = 50 \text{мм}. \quad (2.78)$$

Максимальний гальмівний шлях кабіни з вантажем  $G_{Qc}$

$$S_{\max} = \frac{V_p^2}{2 \cdot a_{\min}} = \frac{1,4^2 \cdot 10^3}{2 \cdot 2,27} = 431 \text{ мм} \leq [S_{\max}] = 550 \text{ мм}. \quad (2.79)$$

Гальмівний шлях кабіни з номінальним вантажем

$$S_H = \frac{V_p^2}{2 \cdot a_H} = \frac{1,4^2 \cdot 10^3}{2 \cdot 1,9} = 515 \text{ мм} \leq [S_{\max}] = 550 \text{ мм}. \quad (2.80)$$

Коефіцієнт динамічного перевантаження при посадці на уловлювачі:  
порожньої кабіни

$$\xi = \frac{R_{\max}}{G_{\min}} = \frac{26,40}{9,50} = 2,78; \quad (2.81)$$

кабіна з вантажем  $G_{Qc}$

$$\xi_1 = \frac{R_{\min}}{G_{\max}} = \frac{20,80}{16,89} = 1,23; \quad (2.82)$$

$$\xi_{1\max} = \frac{R_{\max}}{G_{\max}} = \frac{26,40}{16,89} = 1,56; \quad (2.83)$$

кабіна з номінальним вантажем

$$\xi_2 = \frac{R_{\min}}{G_H} = \frac{20,80}{17,39} = 1,20; \quad (2.84)$$

$$\xi_{2\max} = \frac{R_{\max}}{G_H} = \frac{26,40}{17,39} = 1,52; \quad (2.85)$$

кабіна з вантажем  $0,5 G_{Qc}$

$$\xi_3 = \frac{R_{\max}}{G_p} = \frac{26,40}{12,40} = 2,13. \quad (2.86)$$

Отже, встановлені на кабіні ліфта клинові уловлювачі у кількості 2 шт. забезпечуть виконання вимог.

У цьому механізмі шків обмежника швидкості приводиться в рух завдяки силам тертя від приводного канату, тому необхідно гарантувати відсутність проковзування канату по шківу під час режимів роботи, що передують спрацьовуванню обмежника швидкості.

## 2.16 Перевірка спрацьовування уловлювачів при спрацьовуванні обмежника швидкості

Розрахунковий варіант – мінімальна висота підйому.

Умова працездатності

$$n_2 = \frac{S_2 \cdot (\gamma - 1)}{P_{KE}} \geq [n_2], \quad (2.87)$$

де  $n_2$  – коефіцієнт запасу при включенні уловлювачів;

$S_2$  – натяг холостої гілки канату в шківі обмежника швидкості;

$\gamma$  – тяговий коефіцієнт шківа обмежника швидкості;

$\gamma_H$  – тяговий коефіцієнт незношеного рівчаку шківа;

$P_{KE}$  – осьове зусилля в приводному канаті, необхідне для підняття клинів на прикінці ходу клинів;

$[n_2] = 1,5$  – мінімально допустимий коефіцієнт запасу зусилля при включенні уловлювачів;

$$\begin{aligned}
 S_2 &= q_n \cdot H_{0\min} + \frac{G_{\delta}}{2} + G_{ep} \cdot \frac{l_{02B}}{2 \cdot l_{02A}} + G_{02B} \cdot \frac{l_{02B}}{4 \cdot l_{02A}} = \\
 &= 0,02205 \cdot 12 + \frac{0,36}{2} + 20 \cdot \frac{0,35}{2 \cdot 0,145} + 1,9 \cdot \frac{0,35}{4 \cdot 0,145} = 26 \text{кН};
 \end{aligned}
 \tag{2.88}$$

З умови  $\Sigma M_0 = 0$ , маємо

$$\begin{aligned}
 P_{KE} &= [(m_k \cdot G_{п.к} + m_T \cdot G_{CK} + G_{OC}) \cdot l_{OC} + P_2 \cdot l_{OD} + 0,5 \cdot G_{OE} \cdot l_{OE}] \cdot \frac{1}{\eta \cdot l_{OE}} = \\
 &= [(2 \cdot 5,8 + 2 \cdot 2,5 + 1) \cdot 0,12 + 54,8 \cdot 0,07 + 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,185] \cdot \frac{1}{0,8 \cdot 0,185} = 41 \text{кН};
 \end{aligned}
 \tag{2.89}$$

де  $\eta = 0,8$  – ККД важільної системи.

Коефіцієнт запасу зусилля включення уловлювачів при незношеному канатному ривчаку шківа обмежника швидкості

$$n_2 = S_2 \cdot \frac{(\gamma_H - 1)}{P_{KE}} = 30 \cdot \frac{2,97 - 1}{40} = 1,5.
 \tag{2.90}$$

Мінімально допустимий тяговий коефіцієнт шківа обмежника швидкості при зношуванні ривчаку

$$\gamma_H = 1 + [n_2] \cdot \frac{P_{KE}}{S_2} = 1 + 1,5 \cdot \frac{40}{30} = 3.
 \tag{2.91}$$

При цьому максимально допустиме радіальне зношування канатного ривчаку канавки

$$[\sigma]_{\max} = 0,2 \text{мм}.$$

## 2.17 Напрямні

Напрямні встановлюються в шахті ліфта на всьому шляху руху кабіни та закріплюються за будівельну конструкцію шахти.

Вони забезпечують фіксацію положення кабіни та противаги відносно шахти та утримують кабіну під час її посадки на уловлювачі та буфери.

Напрямні кабіни виготовлені зі спеціального профілю Т-подібного перерізу.

Навантаження на нижню частину напрямних (п'яту) визначається розрахунковим навантаженням.

$$P_p = (R_{1\max} + G_H) \cdot k = (13,20 + 9,50) \cdot 1,1 = 25\text{кН}, \quad (2.92)$$

де  $R_{1\max} = 13,2\text{кН}$  – гальмівне зусилля уловлювача;

$G_H$  – вага напрямної;

$k = 1,1$  – коефіцієнт перевантаження;

$$G_H = \gamma \cdot F_H \cdot H' = 7,9 \cdot 0,0015 \cdot 80 \cdot 9,8 = 9,3\text{кН}, \quad (2.93)$$

де  $\gamma = 7,9\text{т}/\text{м}^3$  – питома вага сталі;

$F_H = 0,0015\text{м}^2$  – площа перетину напрямної;

$H'$  – висота напрямної, м;

$$H' = H + 5 = 75 + 5 = 80\text{м}. \quad (2.94)$$

## 2.18 Буфери кабіни

Буфери кабіни проектуються для гасіння удару при посадці кабіни з навантаженням, що перевищує номінальне на 10%, і при русі на максимально допустимій швидкості за обмежником швидкості (1,4V).

Максимальне прискорення при контакті порожньої кабіни з буферами не повинно перевищувати 25 м/с<sup>2</sup>. Допустиме короточасне перевищення цієї величини можливе лише протягом часу до 0,04 с.

Буфери також розраховуються на утримання кабіни з будь-яким рівнем заповнення у разі обриву тягових канатів при максимальній швидкості спрацювання уловлювачів (1,4V).

Пристрій буферів кабіни складається з двох паралельно працюючих елементів типу БК-1-170 відповідно до ГОСТ 22.126-71. У кожен буфер встановлюється одна пружина С125-034 згідно ГОСТ 22.125-71.

Розрахункові параметри буфера визначаються відповідно до навантаження та умов експлуатації.

$Z = 13,13 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$  – жорсткість пружини буфера;

$F_{2\text{max}} = 170\text{мм}$  – максимальний хід буфера;

Розрахунковий випадок «Аварійний - посадка на буфери». Розрахунковий варіант: ліфт із максимальною висотою підйому без врівноважуючих ланцюгів (Н = 75 м). Прискорення посадки кабіни на буфер без обриву тягових канатів визначається за формулою.

$$a = k \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G}}, \quad (2.95)$$

де G – вага кабіни з вантажем;

$$k = \sqrt{\frac{m \cdot Z \cdot V_p^2}{g} - S}, \quad (2.96)$$

$$S = \frac{(G_{II} - G_{T.K} \cdot \gamma)^2}{\gamma \cdot (G_{II} + G_{T.K} \cdot \gamma)} = \frac{(1294 - 158 \cdot 2,28)^2}{2,28 \cdot (1294 + 158 \cdot 2,28)} = 231,15, \quad (2.97)$$

де  $m = 2$  – кількість буферів у буферному пристрої кабіни;

$V_p$  – розрахункова швидкість кабіни при зіткненні з буферами, м/с;

$V_{pn} = V = 1 \text{ м/с}$  – при посадці кабіни з вантажем  $\leq 0,5Q$ ;

$V_{pr} = 1,4 \cdot V = 1,4 \text{ м/с}$  – при посадці кабіни з вантажем  $\geq 0,5Q$ ;

$$k_n = \sqrt{\frac{2 \cdot 13,13 \cdot 10^3 \cdot 1^2}{9,8} - 231,15} = 49,5;$$

$$k_r = \sqrt{\frac{2 \cdot 13,13 \cdot 10^3 \cdot 1,4^2}{9,8} - 231,15} = 70,8.$$

Прискорення при посадці порожньої кабіни

$$a = k_n \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G_K}} = 49,5 \cdot 9,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{950}} = 15,7 \text{ м/с}^2. \quad (2.98)$$

Прискорення при посадці кабіни з вантажем  $0,5Q$

$$a_{\max} = k_r \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G_K + 0,5 \cdot Q}} = 70,8 \cdot 9,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{950 + 0,5 \cdot 630}} = 19,5 \text{ м/с}^2 \quad (2.99)$$

При вантажі  $1,1Q$

$$a_{\partial} = k_r \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G_K + 1,1 \cdot Q}} = 70,8 \cdot 9,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{950 + 1,1 \cdot 630}} = 17,1 \text{ м/с}^2 \quad (2.100)$$

При вантажі  $Q_{CB}$

$$a_c = k_r \cdot g \cdot \sqrt{\frac{1}{G_K + Q_{CB}}} = 70,8 \cdot 9,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{950 + 580}} = 17,7 \text{ м/с}^2, \quad (2.101)$$

де  $Q_{CB} = 580 \text{ кг}$  – вага пасажирів у кабіні при її вільному заповненні.

Максимальне зусилля буферного пристрою

$$P = (G_K + Q_{CB}) \cdot \left(1 + \frac{a_c}{g}\right) = (9,50 + 5,80) \cdot \left(1 + \frac{17,7}{9,8}\right) = 42,84 \text{ кН}. \quad (2.102)$$

Максимальне зусилля на один буфер

$$P_1 = \frac{P}{m} = \frac{42,84}{2} = 21,42 \text{ кН}. \quad (2.103)$$

Максимальний хід буфера

$$F_2 = \frac{P_1}{Z} = \frac{21,42}{13,13} = 1,63 \text{ мм} \leq [F_2] = 1,74 \text{ мм} \quad (2.104)$$

Розрахунковий випадок «Аварійний – посадка на буфери при обриві тягових канатів».

Прискорення посадки кабіни на буфер при обриві тягових канатів визначається по формулі

$$a = g \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{G} \cdot \frac{m \cdot Z \cdot V_p^2}{g}}. \quad (2.105)$$

Прискорення при посадці порожньої кабіни

$$a' = g \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{G_K} \cdot \frac{m \cdot Z \cdot V_p^2}{g}} = 9,8 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{9,50} \cdot \frac{2 \cdot 13,13 \cdot 10^3 \cdot 1,4^2}{9,8}} = 25 \text{ м/с}^2. \quad (2.106)$$

Прискорення при посадці кабіни з вантажем  $Q_{CB}$

$$a'_c = g \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{G_K + Q_{CB}} \cdot \frac{m \cdot Z \cdot V_p^2}{g}} = 9,8 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{9,50 + 5,80} \cdot \frac{2 \cdot 13,13 \cdot 10^3 \cdot 1,4^2}{9,8}} = 20 \text{ м/с}^2. \quad (2.107)$$

Максимальне зусилля буферного пристрою

$$P' = (G_K + Q_{CB}) \cdot \left(1 + \frac{a'_c}{g}\right) = (9,50 + 5,80) \cdot \left(1 + \frac{20}{9,8}\right) = 45,90 \text{ кН}. \quad (2.108)$$

Максимальне зусилля на один буфер

$$P'_1 = \frac{P'}{m} = \frac{45,90}{2} = 22,95 \text{ кН}. \quad (2.109)$$

Максимальний хід буфера

$$F'_2 = \frac{P'_1}{Z} = \frac{22,95}{13,13} = 1,74 \text{ мм} = [F_2] = 1,74 \text{ мм} \quad (2.110)$$

Втримання кабіни забезпечене.

Оскільки  $a' \geq 2,5 \text{ м/с}^2$  проводиться визначення тривалості дії прискорення, що перевищує  $a = 25 \text{ м/с}^2$ .

Час перевищення прискорення більше  $25 \text{ м/с}^2$  виначається по формулі

$$t_{\text{перес}} = \frac{\pi - 2 \cdot \alpha}{\omega}, \quad (2.111)$$

де  $\alpha = \arcsin \frac{25}{a'}$  – перший фазовий кут перевищення;

$\omega$  – власна циклічна частота кабіни з вантажем на буферах,  $1/\text{с}$ .

$$\omega = \sqrt{\frac{m \cdot Z \cdot g}{G_K}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 13,13 \cdot 10^3 \cdot 9,8}{9,50}} = 16,45 \text{ рад/с} \quad (2.112)$$

$$\alpha = \arcsin \frac{25}{25} = 1,57 \text{ рад} \quad \alpha = 90^\circ \quad (2.113)$$

$$t_{\text{перес}} = \frac{3,14 - 2 \cdot 1,57}{16,45} = 0 \text{ с}$$

Що є допустимим.

Буфери БК-1-170 ГОСТ 22.126-71, встановленні в кількості 2 штук під кабіною ліфта, задовільняють вимозі уповільнення кабіни в разі аварії.

## 2.19 Буфери противаги

Буфер противаги призначений для гасіння удару при посадці противаги, що рухається з максимально дозволеною робочою швидкістю (1,15V).

Максимальне прискорення під час контакту противаги з буфером не повинно перевищувати  $25 \text{ м/с}^2$ .

Конструкція буферного пристрою противаги включає один буфер типу БП 2-90 за ГОСТ 22.126-71. У буфері встановлено дві паралельно працюючі пружини С125-033 відповідно до ГОСТ 22.125-71.

Розрахункові параметри буфера визначаються відповідно до умов експлуатації та навантажень.

$$Z_{\sigma} = 2 \cdot Z, \quad (2.114)$$

де  $Z = 25,22 \text{ Н/м}$  – жорсткість однієї пружини;

$Z_{\sigma} = 2 \cdot 25,22 = 50,44 \text{ Н/м}$  – жорсткість буфера;

$F_{2\text{max}} = 94 \text{ мм}$  – максимальний хід буфера;

Розрахунковий випадок «Аварійний – посадка на буфери». Розрахунковий варіант: ліфт із максимальною висотою підйому без врівноважуючих ланцюгів. Посадка противаги на буфер відбувається при порожній кабіні.

Прискорення посадки противаги на буфер визначається за формулою.

$$\begin{aligned} a &= g \cdot \sqrt{\frac{1}{G_{\Pi}} \cdot \left( \frac{Z_{\sigma} \cdot V_p^2}{g} - \frac{(G_K - \gamma \cdot G_{T,K})^2}{\gamma \cdot (G_K + \gamma \cdot G_{T,K})} \right)} = \\ &= 9,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{12,94} \cdot \left( \frac{50,44 \cdot 10^3 \cdot 1,15^2}{9,8} - \frac{(9,50 - 2,28 \cdot 1,58)^2}{2,28 \cdot (9,50 + 2,28 \cdot 1,58)} \right)} = \\ &= 21,2 \text{ м/с}^2 < 25 \text{ м/с}^2. \end{aligned} \quad (2.115)$$

Максимальне зусилля буферного пристрою

$$P = G_{\Pi} \cdot \left( 1 + \frac{a}{g} \right) = 12,94 \cdot \left( 1 + \frac{21,2}{9,8} \right) = 40,93 \text{ кН}. \quad (2.116)$$

Максимальне зусилля на одну пружину

$$P_{\text{пр}} = \frac{P}{2} = \frac{40,93}{2} = 20,46 \text{ кН}. \quad (2.117)$$

Розрахунковий хід буфера

$$F_2 = \frac{P}{Z_6} = \frac{40,93}{50,44} = 0,81\text{мм} < [F_2] = 0,94\text{мм} \quad (2.118)$$

Буфер БП 2-90 ГОСТ 22.126-71, встановлений під противагою ліфта, задовільняє вимогам.

### 3 РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОГО ЛІФТА

#### 3.1 Вибір паса

Гнучкі поліуретанові паси відзначаються значно більшою довговічністю порівняно з традиційними важкими сталевими канатами. Вони легші приблизно на 20%, а їхній термін служби перевищує ресурс сталевих канатів у два-три рази. Водночас висока гнучкість сталевих жил у складі пасів дозволяє їм бездоганно огинати шків менших діаметрів, забезпечуючи ефективну роботу механізму.

На відміну від звичайних сталевих канатів, поліуретанові паси забезпечують надійніше зчеплення з шківом, що підвищує ефективність передачі зусилля від лебідки до кабіни (див. рис. 3.1). Крім того, плоска форма пасів створює більшу контактну площу з шківом, ніж у сталевих канатів, що зменшує знос шківа та підвищує ресурс системи.

Використання армованих сталевими жилками поліуретанових пасів дозволило створити лебідку компактнішої конструкції, яка займає лише близько 30% обсягу традиційної коробки лебідки. Це забезпечує не лише економію простору, а й спрощує обслуговування.

Перехід від металевих канатів до гладких плоских пасів значно знизив рівень шуму під час роботи ліфта і підвищив плавність руху кабіни. Високий рівень комфорту досягається завдяки відсутності прямого контакту металу з металом між сталевими канатами та шківом. Армований поліуретановий пас створює безшумний, м'який рух кабіни, одночасно підвищуючи надійність і довговічність підйомного механізму.

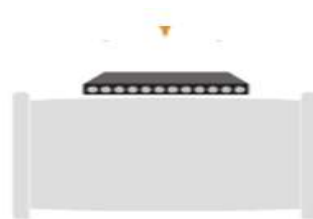


Рисунок 3.1- Бочкоподібний шків з поліуретановим пасом

Поліуретановий пас як тяговий елемент має сталеві троси з латуноюю поверхнею, розташовані в один ряд паралельно уздовж паса для покращення зчеплення з гумовим матеріалом.

Необхідна міцність тягового каркаса гумовотросового паса визначається відповідними розрахунками.

$$S_{P,T} \geq S_{\max} \cdot K' / B \quad (3.1)$$

$$S_{P,T} \geq 4 \cdot 8,6 / 128 = 0,27 \quad (3.2)$$

$$2 \geq 0,27$$

де  $K' = K_o / (K_{cm} \cdot K_p \cdot K_T)$  - розрахунковий коефіцієнт запасу міцності;

$K_o$  – номінальний запас міцності;

$K_{cm}$  – коефіцієнт міцності стикового з'єднання кінців паса;

$K_p$  – коефіцієнт режиму роботи;

$K_T$  – коефіцієнт конфігурації;

$$K' = 7 / (0,9 \cdot 1 \cdot 0,9) = 8,6 \quad (3.3)$$

Таблиця 3.1 - Характеристика гумовотросового паса

Параметр	2РТП-2500
Діаметр канату dt, мм	6
Крок між канатами tk, мм	8
Міцність паса Sp, кН/мм ширини	2
Максимальний допустимий натяг на 1мм ширини паса Sp.t, Н/мм	250
Загальна товщина паса $\delta$ , мм	10
Рекомендований діаметр привідного барабану, мм	400

Для гумовотросового паса

$$D = D_0 \cdot K_0 = 400 \cdot 0,8 = 320 \text{ мм} \quad (3.4)$$

де  $D_0$  – діаметр привідного барабану;

$K_0$  – коефіцієнт залежить від призначення барабана;

Вибраний діаметр привідного барабану перевіряють за діючим тиском пасу на поверхню барабана  $P_n$ , який не повинен перевищувати допустимий  $[P]$ :

$$P_n = \frac{360}{\alpha \cdot \pi \cdot B \cdot D_0} \cdot (S_{нб} + S_{зб}). \quad (3.5)$$

Допустимий тиск на поверхню барабана для гумотросового пасу  $[P]=0,35...0,55$  МПа(стр.118[2]).

## 3.2 Розрахунок привода

### 3.2.1 Вибір електропривода

#### Потужність електродвигуна

$$N_{дв} = \frac{F_0 \cdot V_{каб}}{1020 \cdot \eta'_{ред}}, \quad (3.6)$$

де  $F_0$  – найбільше колове зусилля на канатоведучому шківі в робочому режимі;

$V_{каб}$  – номінальна швидкість, м/с;

$\eta'_{ред}$  – орієнтовне значення ККД редуктора = 0,7.

$$N_{дв} = \frac{5824 \cdot 1}{1020 \cdot 0,7} = 8,2 \text{ кВт}.$$

Вибираємо електродвигун 4АФ225М6/24НЛБ з такими характеристиками :

Таблиця 3.1 – Характеристика двигуна

Параметр	Значення
Потужність двигуна Рд	9/2,25кВт
Частота обертання пд,хв-1	1000/250

### 3.3 Розрахункова швидкість кабіни

Швидкість кабіни при підйомі неурівноваженого вантажу

$$V_{под} = \frac{\pi \cdot n_{дв}^n \cdot D_{ш}}{60 \cdot i}, \quad (3.7)$$

де  $n_{дв}^n$  – частота обертання ротора двигуна при підйомі .

$$n_{дв}^n = n_{синх} \cdot \left( 1 - k_n \cdot \frac{M_{розрах}}{M_{ном}} \right), \quad (3.8)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт, обумовлений по формулі .

$$k_n = \frac{n_{синх} - n_n}{n_{синх}}, \quad (3.9)$$

де  $n_{синх} = 1000 об / хв$  – число обертів електродвигуна (синхронне);

$$n_n = 930 об / хв;$$

$$\kappa_n = \frac{1000 - 930}{1000} = 0,07,$$

$$n_{\text{дв}}^n = 1000 \cdot \left( 1 - 0,07 \cdot \frac{69}{70} \right) = 931 \text{ об/хв},$$

де  $M_{\text{розрах}} = 69 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – максимальне значення моменту при підйомі неурівноваженого вантажу;

$$M_{\text{ном}} = 70 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$V_{\text{под}} = \frac{3,14 \cdot 931 \cdot 0,32}{60 \cdot 45} = 1,034 \text{ м/с}. \quad (3.10)$$

Відхилення розрахункової швидкості руху кабіни від номінальної при підйомі неурівноваженого вантажу

$$\frac{V_{\text{под}} - V_n}{V_n} \cdot 100\% = \frac{1,034 - 1}{1} \cdot 100\% = 3,4\%. \quad (3.11)$$

Швидкість кабіни при спуску неурівноваженого вантажу

$$V_{\text{сп}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}^c \cdot D_{\text{ш}}}{60 \cdot i}, \quad (3.12)$$

$$n_{\text{дв}}^c = n_{\text{синх}} \cdot \left( 1 + \kappa_n \cdot \frac{M_{\text{розрах}}}{M_{\text{ном}}} \right), \quad (3.13)$$

де  $M_{\text{розрах}} = 240 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – максимальне значення моменту при спуску неурівноваженого вантажу;

$$n_{\text{дв}}^c = 1000 \cdot \left( 1 + 0,07 \cdot \frac{240}{70} \right) = 1024 \text{ об/хв},$$

$$V_{сп} = \frac{3,14 \cdot 1024 \cdot 0,32}{60 \cdot 45} = 1,3 м/с.$$

Відхилення розрахункової швидкості кабіни від номінальної при спуску неурівноваженого вантажу

$$\frac{V_{нод} - V_H}{V_H} \cdot 100\% = \frac{1,3 - 1}{1} \cdot 100\% = 30\% \quad (3.14)$$

Відхилення робочої швидкості руху кабіни від номінальної швидкості не повинна перевищувати  $\pm 15\%$ .

### 3.4 Прискорення кабіни

При пуску ліфта

$$a_n = K \cdot \frac{M_n^0}{GD_n^2}, \quad (3.15)$$

де  $M_n^0 = M_{\max} - M_2$

$M_{\max} = 240H \cdot м$  – максимальний момент

$GD_n^2 = GD_г^2 + GD_2^2$  – маховий момент на валу двигуна

$GD_г^2 = GD_p^2 + GD_{мф}^2 + GD_{мх}^2 = 4,5 + 1,5 + 0 = 6кг = 60H \cdot м$

$GD_p^2, GD_{мф}^2, GD_{мх}^2$  – відповідно махові моменти ротора двигуна, муфти й

маховика.

$$K = \frac{2 \cdot g \cdot D_{шл}}{i_p} = \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,32}{45} = 0,1 \quad (3.16)$$

Перший етап – переключення двигуна з номінальної (великої) швидкості на малу. У цей період гальмування системи здійснюється за рахунок генераторного моменту двигуна. Дія генераторного моменту припиняється, коли швидкохідний вал лебідки досягає числа обертів, що відповідає обертам двигуна на малій швидкості. Після цього відбувається короткочасний рух кабіни на малій швидкості.

Другий етап починається після відключення малої швидкості і триває до моменту накладення механічного гальма. Третій етап – остаточне гальмування після спрацювання гальма.

Прискорення кабіни під час переходу з великої швидкості на малу визначається параметрами двигуна, моментом інерції та умовами навантаження.

$$a_r = K \cdot \frac{M_r^{\circ}}{GD_r^2}, \quad (3.17)$$

де  $M_r^{\circ} = M_r + M_3$  – динамічний момент

$M_r = 240H \cdot m$  – момент двигуна

$$GD_r^2 = GD_e^2 + GD_2^2 \quad (3.18)$$

Прискорення кабіни при накладенні гальма

$$a_T = K \cdot \frac{M_T^{\circ}}{GD_T^2}, \quad (3.19)$$

де  $M_T^{\circ} = M_T + M_3$  – динамічний момент гальмування;

$M_T = 100H \cdot m$  – момент механічного гальма;

$GD_T^2 = GD_e^2 + GD_3^2$  – маховий момент системи на валу двигуна;

Таблиця 3.2 – Динамічні навантаження

№	Мш Статич. крутний момент кНм	а Прискоре ння кабіни	ΣF		$M_{ш}^{\sigma} = \Sigma F \cdot$ $\frac{a}{g} \cdot \frac{D_{ш}}{2}, \text{кНм}$	$M_{ш}^{\circ} = M_{ш} +$ $+ M_{ш}^{\sigma},$ кНм	$\Sigma F^{\circ} = \Sigma F + \frac{a}{g} \cdot$ $\Delta F, \text{кНм}$
			Натяг,кН				
			сума	різниця			
1	41,48	0,91	304,7	47,90	45,2	46,00	309,14
2	20,90	1,1	310,5	22,10	55,7	26,47	312,98
3	18,98	1,17	240,2	20,60	45,8	23,56	242,65
4	39,99	0,95	245,6	46,80	38,0	43,79	250,13
5	46,59	0,87	311,0	54,20	44,2	51,01	315,81
6	26,02	1,06	316,8	28,40	54,8	31,50	319,87
7	30,44	1,34	302,8	42,00	66,2	37,06	308,54
8	9,75	1,42	308,6	16,20	71,5	16,90	310,94
9	10,46	1,44	240,6	16,20	56,5	16,11	242,98
10	31,04	1,24	246,4	42,00	49,8	36,02	251,71
11	35,42	1,31	309,1	48,30	66,1	42,03	315,55
12	14,73	1,39	314,9	22,50	71,4	21,87	318,09

$M_{ш}^{\circ}$  – динамічний крутний момент

$\Sigma F^{\circ}$  – динамічне навантаження

### 3.5 Выбор частотного перетворювача (ПЧ)

#### 3.5.1 Вибір ПЧ по потужності двигуна і по напрузі живлення

Для підбору пристрою керування частотою (ПЧ) обирається модель, потужність якої відповідає або перевищує номінальну потужність двигуна ліфта. У даному випадку було обрано ПЧ типу USR SDM-011P-4-M. Його технічні характеристики наведені в таблиці 3.3, а зовнішній вигляд представлений на рисунку 3.2.

Обраний ПЧ забезпечує стабільну роботу двигуна, дозволяє регулювати швидкість обертання з високою точністю та підтримує плавний пуск і зупинку кабіни. Крім того, цей пристрій дозволяє реалізувати захист

двигуна від перевантажень і перегріву, що підвищує надійність ліфтової системи. Використання даного ПЧ сприяє енергоефективності та зменшенню механічного зносу лебідки й тягових елементів.

Таблиця 3.3 - Параметри ПЧ.

Тип	Мережа					Двигун	Перетворювач		
	U пит.	I лин.	I макс. к.з.	Потужність двигуна			Макс. перех. ток	Втрата потужно сті	Маса
	В	А	КА	кВт	к.с	А			
USR SDM - 001P- 4-M	380	25	5	9	11	18	25	200	6,9

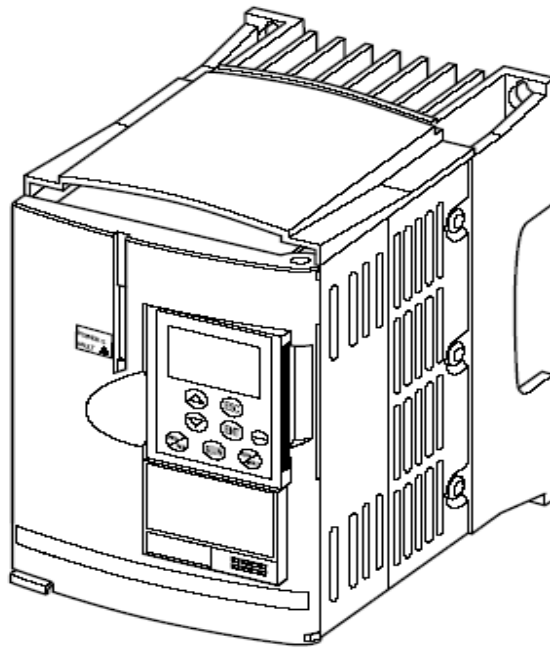


Рисунок 3.2. - Зовнішній вид ПЧ.

## 3.5.2 Схема підключення ПЧ

Схема підключення ПЧ до двигуна показана на рисунку 3.3.

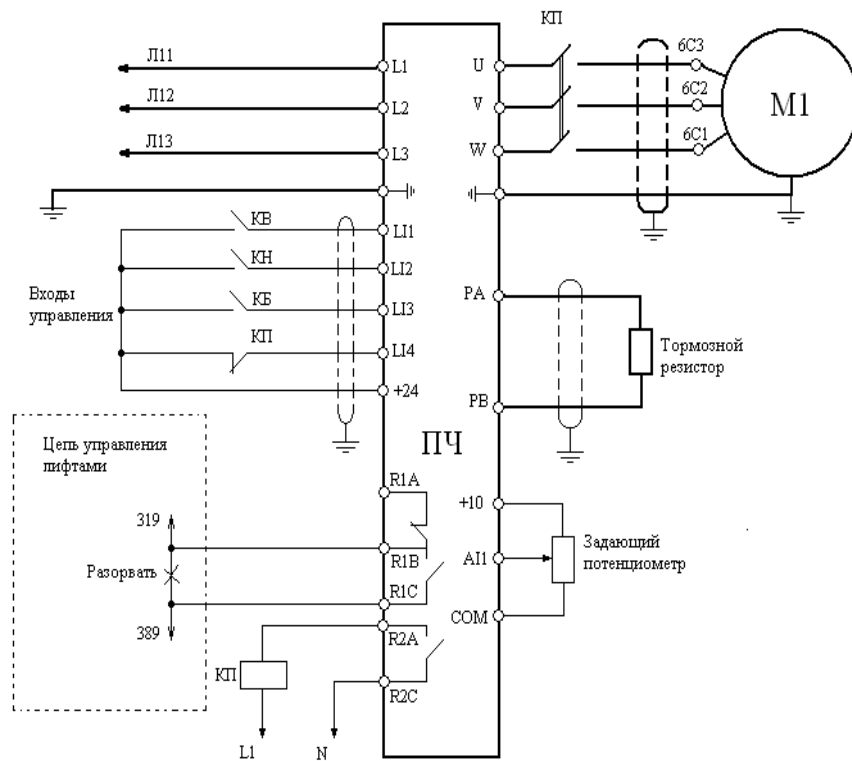


Рисунок 3.3.- Схема підключення ПЧ до двигуна

Таблиця 3.5 - Значення клем силових ланцюгів

Клеми	Призначення	Для ПЧ ATV58
	Клема заземлення ПЧ	Всі типи
L1	Живлення	Всі типи
L2		
L3		
±	Постійний струм	D28N4-D79N4
PA	Гальмівний опір	Всі типи
PB		
U	Підключення двигуна	Всі типи
V		
W		
	Клема заземлення ПЧ	Всі типи

Доступ до ланки постійного струму: підключення зовнішнього джерела живлення постійного струму. Для ПЧ USR SDM-001P-4-M, потрібно підключити «+» джерела до клеми PA і «-» до наконечника J16, розташованого з боку силового клемника.

### 3.5.3 Напрями модернізації приводу ліфта (лебідки)

#### 3.5.3.1 Опис роботи ліфта з застосуванням ПЧ

Використання перетворювача частоти (ПЧ), підключеного до високошвидкісної обмотки двигуна, дозволяє забезпечити переміщення кабіни ліфта з підвищеною робочою швидкістю, зниженою швидкістю дотягування та швидкістю ревізії. При цьому рух кабіни відбувається з плавним прискоренням і гальмуванням, без різких ривків, що забезпечує високий рівень комфорту під час поїздки.

Цикл роботи головного привода ліфта у нормальному режимі виглядає наступним чином. У початковому стані кабіна нерухома. При необхідності руху пристрій керування подає сигнал на ПЧ для визначення напрямку. Після замикання контактів пускача обмотка двигуна підключається до перетворювача. Вбудоване в ПЧ реле сигналізує на пристрій керування про готовність перетворювача до роботи. На обмотки двигуна подається напруга, що формує момент утримання. Коли струм у обмотках досягає значення, достатнього для утримання кабіни, ПЧ передає сигнал про готовність до руху.

Далі механічне гальмо знімається, а ПЧ отримує команду на досягнення робочої швидкості. Перетворювач формує напругу на обмотках таким чином, щоб забезпечити плавний розгін кабіни з заданими прискореннями і м'якими ривками до робочої швидкості. Після спрацювання датчика уповільнення ПЧ зменшує швидкість до режиму дотягування. Кабіна

продовжує рух із зниженою швидкістю до моменту активації датчика точної зупинки. Після цього ПЧ формує напругу для остаточного гальмування та утримання кабіни. Після зупинки двигуна сигнал про завершення руху надходить на пристрій керування, механічні гальма накладаються, двигун відключається від ПЧ, а командні сигнали знімаються. Цей цикл завершено.

Низькошвидкісна обмотка двошвидкісного двигуна використовується для монтажу, ремонту або при виході з ладу ПЧ, її живлення здійснюється через додаткові комутаційні пристрої.

Застосування ПЧ забезпечує ряд переваг:

- розширений діапазон регулювання швидкості, що покращує точність зупинки кабіни;

- стабільну підтримку швидкості незалежно від завантаження кабіни, що підвищує продуктивність і скорочує час поїздки;

- обмеження пускових струмів двигуна, що зменшує споживання електроенергії, нагрів і знос ізоляції;

- відсутність необхідності додаткових маховиків, що знижує енергоспоживання та нагрівання системи;

- накладення та зняття механічного гальма тільки при повній зупинці ротора, що підвищує надійність і зменшує знос колодок.

Таким чином, впровадження ПЧ підвищує енергоефективність ліфта, покращує комфорт пасажирів і забезпечує безпечну та надійну експлуатацію привода.

### 3.5.3.2 Безредукторна лебідка

У ліфтових приводах традиційно застосовуються черв'ячні редуктори з високою точністю обробки. Для їх виготовлення використовують чавунне литво, сталь та кольорові метали, що значно підвищує матеріаломісткість і

масу лебідки. ККД сучасних редукторних лебідок у номінальному режимі не перевищує 70%, а в перехідних режимах може знижуватися до 40–50%. Такі значні втрати обумовлені тертям у черв'ячній парі, підшипниках, в'язкістю мастильних матеріалів та іншими факторами. Використання мастила створює додаткові труднощі в експлуатації та обслуговуванні.

Для підвищення ефективності електричних лебідок та зменшення витрат на енергію й технічне обслуговування було запропоновано безредукторну схему приводу.

Основні переваги безредукторного приводу порівняно з редукторним:

1. Підвищена комфортність руху завдяки зниженню шуму, плавності ходу та більшій точності зупинок.

2. Відсутність необхідності використання масла, що знижує витрати на обслуговування та мінімізує ризик загоряння і забруднення довкілля.

3. Менша кількість вузлів, що потребують кваліфікованого технічного догляду.

4. Простота монтажу завдяки зменшенню ваги та габаритів приводу на 40–70%.

5. Зниження енергоспоживання до 50%.

6. Висока надійність і тривалий ресурс роботи за рахунок відсутності ковзних електричних контактів.

7. Необхідна пускова потужність приводу скорочується більш ніж на 5 кВт.

8. Безредукторний привід забезпечує компактність і зручність установки.

9. Сумісність з традиційними схемами монтажу вітчизняних ліфтів.

10. Повна інтеграція з існуючими системами керування ліфтами.

Безредукторний привід значно підвищує енергоефективність і надійність ліфта, забезпечує зручність експлуатації та скорочує витрати на технічне обслуговування.

### 3.5.3.3 Використання пасової тяги

Заміна металевих канатів на гладкі плоскі паси дозволила знизити рівень шуму під час роботи ліфта та підвищити плавність руху кабіни. Високий комфорт поїздки забезпечується комплексом технічних рішень. Армований сталевими тросами поліуретановий пас усуває традиційний контакт «метал по металу» між сталевими тросами та шківом, що гарантує тиху роботу ліфта. Крім того, такий привід забезпечує виняткову точність зупинки кабіни на кожному поверховому майданчику в межах  $\pm 3$  мм.

## 4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД МОДЕРНІЗАЦІ ЛІФТА

Вхідні дані розрахунку наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Найменування показників	Величина
1	2
Вантажопідйомність, кг	630
Номінальна швидкість, м/с	1
Місткість, чол.	8
Найбільша висота підйому, м	75
Найбільше число зупинок	17
Точність зупинки кабіни, мм	20
Розташування противаги відносно кабіни	Позаду
Розташування машинного приміщення	Над шахтою
Тривалість включення, %	60
Система керування	Одиночна і парна, збиральна з виконанням супутних викликів при русі кабіни вниз
Двері кабіни	Розсувні, автоматичні
Розміри кабіни внутрішні	
Ширина, мм	2200
Глибина, мм	1200
Висота, мм	2100
Глибина напрямку, мм	1400
Рід струму	Змінний, трьохфазний

Таблиця 4.2 – Економічні дані устаткування ліфту

Вид обладнання	Тип	Позначення	Ціна,грн.
1	2	3	4
Двигун	4АФ225	$C_d$	16800
Гальмо		$C_m$	3400
Постіль	-----		10300
Балка верхня	-----	$C_b$	6500
Ремінь	-----	$C_r$	18500
Напрявні	-----	$C_n$	16000
Уловлювачі	-----	$C_u$	6400
Електрообладнання	-----	$C_e$	22000

#### 4.1 Розрахунок показників економічної ефективності

Показники економічної доцільності включають: річний економічний ефект, зменшення капітальних витрат, підвищення продуктивності праці завдяки впровадженню нових технологій та інші фактори. Модернізації підлягали окремі елементи механізмів ліфта, зокрема: підйомна лебідка з двигуном, гальмовий механізм, постіль, напрямні, верхня балка, реміні, уловлювачі та електрообладнання. Розрахунок економічного ефекту цієї модернізації полягає у визначенні вигоди від оновлення ліфта порівняно з придбанням нового імпортного обладнання. Для цього обчислюється різниця між витратами на новий ліфт та витратами на проведену модернізацію існуючого.

Економічний ефект, грн.

$$E = C_{имп.л} - \sum C_{мод.обл.}, \quad (4.1)$$

де  $C_{имп.л} = 220000 \text{гр}$ ;

$C_{имп.л}$  – ціна нового імпортного ліфта;

$\Sigma C_{мод.обл.}$  – сумарна ціна устаткування, яке піддалося модернізації .

$$\Sigma C_{мод.обл.} = C_{дв} + C_{т} + C_{н} + C_{б} + C_{р} + C_{н} + C_{у} + C_{е}, \quad (4.2)$$

$$\Sigma C_{мод.обл.} = 16800 + 3400 + 10300 + 6500 + 18500 + 16000 + 6400 + 22000 = 99900 \text{ грн.}$$

$$E = 220000 - 99900 = 120100 \text{ грн.}$$

Проведення модернізації даного ліфта було першочергово доцільним через суттєву економію порівняно з придбанням нового імпортного обладнання. Основна економія була досягнута завдяки збереженню існуючої кабіни ліфта, противаги, машинного відділення, механізму відкривання дверей та інших елементів, які не зазнали значного зношення і ще мають ресурс для експлуатації. Модернізації підлягали лебідка ліфта, канати, напрямні, уловлювачі та верхня балка.

Після проведення оновлення обладнання були замінені компоненти на суму 99 900 грн. Отриманий економічний ефект є значним, що робить модернізацію виправданою і дозволяє зекономити приблизно 120 100 грн.

Таблиця 4.3 – Економічні показники ліфта

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Величина показника
1	2	3	4
Собівартість модернізації (повна)	Сп	грн	99900
Ціна нового ліфта	Ц	грн	220000
Економія капітальних вкладів	Е	грн	120100
Строк експлуатації ліфта	Ті	років	25

## 4.2 Розрахунок і зіставлення капітальних витрат

### 4.2.1 Розрахунок капітальних витрат до модернізації електропривода

Сумарні капітальні витрати визначаються за формулою

$$\Sigma K_{1C} = K_O + K_{TP} + K_M \quad , \quad (4.3)$$

де  $\Sigma K_{1C}$  – сумарні капітальні витрати до модернізації, грн.;

$K_O$  – вартість основного устаткування, грн.;

$K_{TP}$  – транспортні витрати (3% від вартості основного обладнання), грн.;

$K_M$  – вартість монтажу та наладки обладнання (7% від основного обладнання), грн.;

$$\Sigma K_{1C} = 127100 + 3813 + 8897 = 139810 \text{ грн.}$$

### 4.2.2 Розрахунок капітальних витрат до модернізації електропривода

Сумарні капітальні витрати визначаються за формулою

$$\Sigma K_{1C} = K_O + K_{TP} + K_M \quad , \quad (4.4)$$

де  $\Sigma K_{1C}$  – сумарні капітальні витрати до модернізації, грн.;

$K_O$  – вартість основного устаткування, грн.;

$K_{TP}$  – транспортні витрати (3% від вартості основного обладнання), грн.;

$K_M$  – вартість монтажу та наладки обладнання (7% від основного обладнання), грн.;

$$\Sigma K_{1C} = 99900 + 2997 + 6993 = 109890 \text{ грн.}$$

### 4.3 Розрахунок і зіставлення експлуатаційних витрат

#### 4.3.1 Розрахунок експлуатаційних витрат до модернізації електропривода

Знаходимо сумарні експлуатаційні витрати

$$\Sigma C_1 = C_A + C_E + C_P + C_O,$$

де  $\Sigma C_1$  – сумарні експлуатаційні витрати до модернізації, грн.;

$C_A$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$C_E$  – витрати електроенергії, грн.;

$C_P$  – витрати на ремонт електрообладнання, грн.;

$C_O$  – витрати на обслуговування систем електроприладів, грн.;

#### 4.3.1.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Знаходимо амортизаційні вдрахування

$$C_A = \Sigma K_{1C} \cdot H_{ПВ} / 100, \quad (4.5)$$

де  $\Sigma K_{1C}$  – сумарні капітальні витрати до модернізації, грн.;

$H_{ПВ}$  – норма амортизації, складає 4,4% ;

$$C_A = 139810 \cdot 4,4 / 100 = 6151,64 \text{ грн.}$$

#### 4.3.1.2 Розрахунок вартості втрат електроенергії

Знаходимо вартість втрат електроенергії за рік

$$C_E = C_E \cdot \Delta P \cdot 7 \cdot 365, \quad (4.6)$$

де  $C_E$  – вартість втрат електроенергії за рік, грн.;

$C_E$  – вартість 1 кВт\*год електроенергії, складає 0,65 грн.;

$\Delta P$  – втрати електроенергії, кВт;

$$C_E = 0,65 \cdot 1 \cdot 7 \cdot 365 = 1660,75 \text{ грн.}$$

#### 4.3.1.3 Розрахунок витрат на ремонт обладнання

Розрахунок витрат на ремонт обладнання

$$C_P = C_{OЗ} + C_{ДЗ} + C_{СТ} + C_M + C_{Ц},$$

де  $C_P$  – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$C_{OЗ}$  – основна заробітна плата ремонтних робітників, грн.;

$C_{ДЗ}$  – додаткова зарплата робітників (8% від основної зарплати), грн.;

$C_{СТ}$  – відрахування на соціальні потреби (26% від зарплати), грн.;

$C_M$  – вартість матеріалів на ремонт (4% від вартості обладнання), грн.;

$C_{Ц}$  – цільові витрати (80% від зарплати), грн.

Зарплата по тарифу розраховується по формулі

$$Z_{III} = C_T \cdot T_C, \quad (4.7)$$

де  $Z_{III}$  – зарплата по тарифу, грн.;

$C_T$  – сумарна трудоемкість ремонтів, чол.год.;

$T_C$  – тарифна ставка, складає 13 грн. за годину.

$$Z_{III} = 75 \cdot 13 = 949 \text{ грн.}$$

Основна зарплата робітників

$$C_{O3} = Z_{III} + П, \quad (4.8)$$

де  $C_{O3}$  – основна зарплата ремонтних робітників, грн.;

$Z_{III}$  – зарплата по тарифу, грн.;

$П$  – премі, складає 15% від зарплати, грн.;

$$C_{O3} = 949 + 142,35 = 1091,35 \text{ грн.},$$

$$C_p = 1091,35 + 87,31 + 283,75 + 5084 + 873,08 = 7419,49 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування систем електроприводу

$$C_O = 0,1 \cdot C_p, \quad (4.9)$$

де  $C_O$  – витрати на обслуговування електроприводу, грн.;

$C_p$  – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$$C_o = 0,1 \cdot 7419,49 = 741,95 \text{ грн},$$

$$\Sigma C_1 = 6151,64 + 1660,75 + 7419,49 + 741,95 = 15973,83 \text{ грн}.$$

#### 4.3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат після модернізації електропривода

Експлуатаційні витрати сумарні

$$\Sigma C_2 = C_A + C_E + C_P + C_O,$$

де  $\Sigma C_2$  – сумарні експлуатаційні витрати після модернізації, грн.;

$C_A$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$C_E$  – витрати електроенергії, грн.;

$C_P$  – витрати на ремонт електрообладнання, грн.;

$C_O$  – витрати на обслуговування систем електроприладів, грн.;

##### 4.3.2.1. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Знаходимо амортизаційні вдрахування

$$C_A = \Sigma K_{2C} \cdot H_{ПВ} / 100, \quad (4.10)$$

де  $\Sigma K_{2C}$  – сумарні капітальні витрати після модернізації, грн.;

$H_{ПВ}$  – норма амортизації, складає 4,4% ;

$$C_A = 109890 \cdot 4,4 / 100 = 4835,16 \text{ грн.}$$

#### 4.3.2.2 Розрахунок вартості втрат електроенергії

Знаходимо вартість втрат електроенергії за рік

$$C_E = C_E \cdot \Delta P \cdot 7 \cdot 365, \quad (4.11)$$

де  $C_E$  – вартість втрат електроенергії за рік, грн.;

$C_E$  – вартість 1 кВт\*год електроенергії, складає 0,65 грн.;

$\Delta P$  – втрати електроенергії, кВт;

$$C_E = 0,65 \cdot 0,59 \cdot 7 \cdot 365 = 979,8 \text{ грн.}$$

#### 4.3.2.3 Розрахунок витрат на ремонт обладнання

Розрахунок витрат на ремонт обладнання

$$C_P = C_{OЗ} + C_{ДЗ} + C_{СТ} + C_M + C_{Ц},$$

де  $C_P$  – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$C_{OЗ}$  – основна заробітна плата ремонтних робітників, грн.;

$C_{ДЗ}$  – додаткова зарплата робітників (8% від основної зарплати), грн.;

$C_{СТ}$  – відрахування на соціальні потреби (26% від зарплати), грн.;

$C_M$  – вартість матеріалів на ремонт (4% від вартості обладнання), грн.;

$C_{Ц}$  – цільові витрати (80% від зарплати), грн.

Зарплата по тарифу розраховується по формулі

$$Z_{\text{III}} = C_T \cdot T_C, \quad (4.12)$$

де  $Z_{\text{III}}$  – зарплата по тарифу, грн.;

$C_T$  – сумарна трудоемкість ремонтів, чол.год.;

$T_C$  – тарифна ставка, складає 13 грн. за годину.

$$Z_{\text{III}} = 70 \cdot 13 = 910 \text{грн},$$

Основна зарплата робітників

$$C_{\text{OЗ}} = Z_{\text{III}} + П, \quad (4.13)$$

де  $C_{\text{OЗ}}$  – основна зарплата ремонтних робітників, грн.;

$Z_{\text{III}}$  – зарплата по тарифу, грн.;

$П$  – премі, складає 15% від зарплати, грн.;

$$C_{\text{OЗ}} = 910 + 136,5 = 1046,5 \text{грн},$$

$$C_p = 1046,5 + 83,72 + 272,09 + 3996 + 837,2 = 6235,51 \text{грн}.$$

Витрати на обслуговування систем електроприводу

$$C_O = 0,1 \cdot C_p, \quad (4.14)$$

де  $C_O$  – витрати на обслуговування електроприводу, грн.;

$C_p$  – витрати на ремонт обладнання, грн.;

$$C_o = 0,1 \cdot 6235,51 = 623,55 \text{ грн.},$$

$$\Sigma C_2 = 4835,16 + 979,8 + 6235,51 + 623,55 = 12674,02 \text{ грн.}$$

#### 4.4 Розрахунок терміну окупності додаткових капітальних вкладень

Термін окупності розраховується по формулі

$$T = (\Sigma K_1 - \Sigma K_2) / (\Sigma C_1 - \Sigma C_2), \quad (4.15)$$

де T- строк окупності, років;

$\Sigma K_1$  – капітальні вкладення до модернізації, грн.;

$\Sigma K_2$  – капітальні вкладення після модернізації, грн.;

$\Sigma C_1$  – експлуатаційні витрати до модернізації, грн.;

$\Sigma C_2$  – експлуатаційні витрати після модернізації, грн.;

$$T = (139810 - 109890) / (15973,83 - 12674,02) = 9 \text{ років.}$$

Висновок: проведені розрахунки показують, що модернізація обладнання є економічно доцільною. Для введення в експлуатацію нового обладнання необхідно витратити 109890 грн., що на 29920 грн. менше порівняно із витратами на старе обладнання.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі наведені основні заходи з охорони праці при модернізації вантажопасажирського ліфта.

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Недостатня організація робочого простору. Виникає через неврахування принципів ергономіки та неправильно облаштовані робочі місця, що знижує ефективність та безпеку праці.

б) Ризик ураження електричним струмом. Основні причини: порушення правил електробезпеки, несправність електрообладнання, виникнення напруги на неструмоведучих частинах, відсутність надійного заземлення або занулення. Це може призвести до серйозних травм або летальних випадків.

в) Недотримання ергономічних вимог при плануванні зон управління та обслуговування вантажопасажирського ліфта. Неправильна організація робочих та сервісних зон може знизити рівень безпеки та спричинити підвищену стомлюваність персоналу.

г) Потенційні ризики, пов'язані з відмовою обладнання. Це може включати непрацездатність гальмівних систем, ослаблення або обрив приводних ременів, вихід з ладу програмних блоків або сигналізуючих пристроїв, що забезпечують послідовність операцій. Наслідком таких відмов можуть бути травми або пошкодження майна.

д) Використання вантажопасажирського ліфта, який не пройшов належну реєстрацію, освідчення та випробування. Це створює загрозу безпеці як пасажирів, так і обслуговуючого персоналу.

е) Незадовільні показники мікроклімату в адміністративних приміщеннях, зокрема в конструкторських бюро. Причини — погана робота систем опалення та вентиляції. Це може призвести до дискомфорту, зниження продуктивності та збільшення ризику захворювань.

є) Недостатнє або нерівномірне освітлення робочих місць. Може бути спричинене несправністю освітлювальних приладів або їх неправильним розташуванням, що погіршує зір і негативно впливає на концентрацію працівників.

ж) Можливість виникнення пожеж. Причинами є порушення правил пожежної безпеки, несправність електропроводки, неорганізоване зберігання легкозаймистих матеріалів, що створює загрозу майну та життю.

з) Недостатня стійкість будівель та споруд або неправомірні дії персоналу під час надзвичайних ситуацій різного типу. Це може бути пов'язано з незадовільним технічним станом будівель і комунікацій, відсутністю тренувань персоналу та низькою ефективністю управління, що може призвести до серйозних травм або летальних випадків.

## 5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Вимоги до організації робочого місця в офісному приміщенні Площа приміщення, у якому встановлюються персональні комп'ютери, повинна визначатися відповідно до чинних нормативних документів. Згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98, на одне робоче місце з комп'ютером встановлюються такі мінімальні параметри: площа — не менше 6 м<sup>2</sup>, а об'єм приміщення - не менше 20 м<sup>3</sup>.

Відповідно до пункту 4.3 цих санітарних правил, робочі місця слід розміщувати таким чином, щоб природне освітлення потрапляло переважно з лівого боку від працівника.

Конструкція робочого місця користувача комп'ютера повинна забезпечувати зручне та правильне положення тіла під час роботи. Робочий стіл має відповідати ергономічним вимогам і дозволяти раціонально розміщувати обладнання (монітор, клавіатуру, принтер) та необхідні документи.

Нормативними документами визначаються параметри висоти робочої поверхні столу, а також його ширини і глибини, які повинні забезпечувати виконання робочих операцій у зоні досяжності рук.

Згідно з пунктом 4.8 ДСанПіН 3.3.2.007-98, робоче крісло повинно бути обертовим і мати можливість регулювання висоти, а також кута нахилу сидіння та спинки. Поверхня сидіння має бути рівною із заокругленим переднім краєм. Кожен параметр регулювання повинен змінюватися окремо, легко налаштовуватися та надійно фіксуватися.

Сидіння і спинка крісла повинні мати напівм'яке покриття з матеріалу, що не ковзає, не електризується, не пропускає повітря та легко очищується.

Робочий стіл для комп'ютера зазвичай обладнується підставкою для ніг. Якщо працівник не може повністю поставити ноги на підлогу, використання такої підставки є обов'язковим.

У приміщенні можуть встановлюватися шафи, полиці, стелажі або тумби для зберігання документів та носіїв інформації, але їх розміщення повинно враховувати нормативні вимоги до площі приміщення.

Покриття підлоги має бути рівним, неслизьким і мати антистатичні властивості. Забороняється використовувати в оздобленні приміщень матеріали, які можуть виділяти шкідливі речовини в повітря.

Заходи для запобігання ураженню електричним струмом

Для запобігання електротравмам передбачаються відповідні організаційні та технічні заходи.

До виконання робіт допускаються лише особи, яким виповнилося 18 років, що пройшли спеціальне навчання та перевірку знань з електробезпеки

відповідно до ДНАОП 1.1.10-1.01-2000 та отримали відповідну групу допуску.

Електрообладнання повинно відповідати вимогам чинних нормативних актів, зокрема НПАОП 40.1-1.21-98, а також іншим нормативним документам.

Обслуговування та ремонт електроустановок повинні виконувати тільки спеціально підготовлені працівники. Для кожного електроприладу необхідно розробити схеми нормального та аварійного режиму роботи.

Струмоведачі частини повинні розміщуватися на недосяжній висоті: при напрузі до 1000 В - не менше 3,5 м, а при більшій напрузі - не менше 6 м.

Опір ізоляції електропроводки повинен становити не менше 0,5 МОм. Одним із ефективних методів захисту є застосування подвійної ізоляції.

Також обов'язковим є використання захисного заземлення або занулення, тобто навмисного електричного з'єднання металевих частин обладнання, які можуть опинитися під напругою, із землею або нульовим проводом відповідно до вимог ПУЕ-2013.

Для вантажопасажирських ліфтів додатково передбачаються спеціальні засоби електробезпеки. Наприклад, електрозахисні засоби (діелектричні килимки) повинні відповідати встановленим нормам.

Крім того, використовуються системи електричного блокування - автоматичні пристрої, що запобігають небезпечним діям людини та забезпечують безпечну експлуатацію обладнання.

Ергономічні вимоги до зон керування та обслуговування вантажопасажирського ліфта

Отвори в стінах шахти ліфта, що забезпечують доступ до кабіни, повинні бути обладнані суцільними дверима. Машинне та блочне приміщення повинні мати огороження по всьому периметру на повну висоту, а також перекриття та підлогу.

Перед пристроями керування, що розташовані в машинному приміщенні, повинна бути передбачена зона обслуговування - вільний простір глибиною не менше 0,75 м та шириною не менше 0,5 м.

Для обслуговування рухомих частин обладнання також необхідно передбачити вільний майданчик розміром не менше  $0,5 \times 0,6$  м.

Ширина проходів до зон обслуговування повинна становити не менше 0,5 м, а за відсутності рухомих частин допускається зменшення до 0,4 м.

Машинне приміщення має бути обладнане стаціонарною системою освітлення, яка забезпечує освітленість не менше 200 лк на рівні підлоги.

Вимикач освітлення повинен розташовуватися на відстані не більше 0,75 м від входу до приміщення та на висоті не більше 1,6 м.

Забороняється використовувати машинне або блочне приміщення як прохід до інших частин будівлі.

Обслуговування обладнання в шахті допускається проводити з даху нерухомої кабіни за умови блокування її випадкового руху. Для цього застосовуються спеціальні пристрої безпеки.

Роботи в прямку шахти можуть виконуватися лише за умови забезпечення можливості зупинки кабіни та дотримання безпечної відстані між кабіною та підлогою прямка.

#### г) Загальні вимоги безпеки виробничого обладнання

Безпечність виробничого обладнання забезпечується правильним вибором конструкції, застосуванням механізації та автоматизації, використанням дистанційного керування, а також впровадженням різних засобів захисту.

У конструкції обладнання не повинно бути гострих кутів, нерівностей або поверхонь із небезпечною температурою.

Рівень шуму, вібрації, випромінювання та виділення шкідливих речовин не повинен перевищувати допустимі норми.

Щоб запобігти небезпечним ситуаціям під час раптового вимкнення електроенергії, обладнання оснащується спеціальними пристроями, які запобігають самовільному запуску механізмів після відновлення живлення.

Для захисту працівників використовуються блокувальні пристрої (механічні, електромеханічні та електричні) і системи сигналізації, що інформують про режим роботи обладнання або виникнення небезпеки.

Параметри обладнання повинні відповідати фізіологічним і психологічним можливостям людини, забезпечуючи безпечні та комфортні умови праці.

д) Реєстрація та допуск до експлуатації вантажопасажирських ліфтів

Вантажопасажирські ліфти перед введенням в експлуатацію повинні бути зареєстровані у відповідних органах державного нагляду.

Перед початком роботи, після ремонту, реконструкції або перенесення ліфта на нове місце необхідно отримати офіційний дозвіл на його використання.

З метою перевірки технічного стану та відповідності вимогам безпеки проводяться періодичні технічні огляди: часткові - не рідше одного разу на рік, а повні - не рідше одного разу на три роки.

Результати оглядів заносяться до паспорта ліфта із зазначенням дати наступного технічного освідчення.

Залежно від типу ліфти повинні бути обладнані необхідними пристроями безпеки: кінцевими вимикачами, обмежувачами швидкості, блокувальними системами, світловою та звуковою сигналізацією.

### 5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Для забезпечення оптимальних метеоумов в адміністративних

приміщеннях (табл. 4.1) влаштовуються системи водяного опалення та кондиціонування повітря.

Таблиця 5.1 - Метеоумови в адміністративних приміщеннях згідно ДСН 3.3.6 - 042 - 99 "Санитарные нормы микроклимата производственных помещений"

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
1	2	3	4	5
Холодний період року	середньої тяжкості	18-20	60-40	0,1
Теплий період року	середньої тяжкості	21-23	60-40	0,1

У теплий період року для зменшення температури повітря в робочій зоні доцільно застосовувати природну вентиляцію або системи кондиціонування відповідно до вимог СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». У холодну пору року необхідно використовувати систему опалення разом із припливно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує підігрів зовнішнього повітря.

Розрахунок кондиціонування

Визначаємо значення прямої ( $q_{в.л.}$ ) та розсіяної ( $q_{в.р.}$ ) сонячної радіації о 17 годині

$$q_{в.л.} = 344 \text{ ккал}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$$

$$q_{в.р.} = 95 \text{ ккал}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти, що надходить до приміщення через подвійне скління для розрахункової години

$$q_o = (q_{в.л.} + q_{в.р.}) \cdot K_1 \cdot K_2 = (344 + 95) \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 375,35 \text{ ккал}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$$

де  $q_o, q_1$  – кількість теплоти, яка надходить до приміщення через світлові прорізи, які опромінюються та неопромінюються прямою сонячною радіацією відповідно;

$K_1$  – подвійне без перепльотів скління, незабруднене (незалежно від опромінення) = 0,9;

$K_2$  – забруднення скла незначне = 0,95;

Площа віконного прорізу, яка опромінюється сонячною радіацією складає

$$F_{np} = F_{o.o} - F_p = 2,4 - 0,27 = 2,13 \text{ м}^2$$

Загальна кількість теплоти, яка надходить до приміщення через віконний проріз

$$Q_{o.np} = (q_o \cdot F_{np} + q_1 \cdot F_p) \cdot K_{mid}$$

де  $F_n, F_p$  – площа заповнення світлового прорізу, яка опромінюється прямою та розсіяною сонячною радіацією відповідно,  $\text{м}^2$ ;

$K_{mid}$  – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу;

$$Q_{o.np} = (375,35 \cdot 2,13 + 81,23 \cdot 0,27) \cdot 0,8 = 821,43 \text{ ккал / (год} \cdot \text{м}^2)$$

Виділення теплоти від штучного освітлення

$$Q_{осв} = 860 \cdot n \cdot N_{осв}$$

де  $n$  – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову, для люмінісцентних ламп,  $n=0,5$ .

$N_{осв}$  – сумарна потужність джерел освітлення, кВт;

$$Q_{осв} = 860 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 344 \text{ ккал/год}$$

Розрахунок виділення теплоти людьми

$$Q_{л} = 130 \cdot 6 + 130 \cdot 6 \cdot 0,85 = 1443 \text{ ккал/год}$$

Загальна кількість теплоти в розрахункову годину в лампі, яку необхідно відвести за допомогою кондиціонування, визначається сумою теплоти джерел теплонадходження

$$Q_{ваг} = Q_{о.пр.} + Q_{осв} + Q_{л} = 821,43 + 344 + 1443 = 2608,43 \text{ ккал/год}$$

З урахуванням того, що площа приміщення становить 20 м<sup>2</sup>, найбільш раціональним рішенням є встановлення кондиціонера моделі SUZUKI SST-A09Z, який має холодопродуктивність 2600 ккал/год. Час, необхідний для охолодження даного приміщення за допомогою цього кондиціонера, становить

$$\tau = \frac{C \cdot \gamma \cdot v \cdot (t_{вид} - t_{норм.})}{1,63 \cdot 3600 \cdot Q_{конд.}} = \frac{1000 \cdot 1,2 \cdot 90 \cdot (27 - 2,2)}{1,63 \cdot 3600 \cdot 2600} = 0,05 \text{ год.}$$

Забезпечення необхідного освітлення робочої зони

Для створення належних умов освітлення на робочому місці необхідно дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування». При цьому слід враховувати характер виконуваної зорової роботи. Для робіт VII розряду освітленість робочої поверхні повинна становити не менше 200 лк.

Недостатній рівень освітлення в робочій зоні може негативно впливати на продуктивність праці, якість виконуваних завдань, а також підвищувати ризик виробничого травматизму.

Погане освітлення спричиняє зоровий дискомфорт, який проявляється у відчутті напруження та незручності під час роботи. Тривала діяльність у таких умовах призводить до зниження концентрації уваги, підвищеної втомлюваності та перевантаження зору.

Освітлення виконує не лише функцію створення зорового комфорту, але й має психологічний, фізіологічний та естетичний вплив на людину. Воно є важливим елементом організації робочого простору та забезпечує взаємодію людини з навколишнім середовищем.

Особливу увагу необхідно приділяти освітленню робочих місць працівників, які працюють за персональними комп'ютерами. У таких працівників часто спостерігаються астенопічні прояви: різь в очах, больові відчуття, дискомфорт у ділянці надбрів'я, нечіткість зображення та розмитість контурів.

Тривала робота перед екраном монітора знижує частоту моргання очей, що може спричиняти пересихання рогівки та погіршення зору (так званий синдром «сухого ока»).

Крім того, використання моніторів із підвищеною пульсацією зображення викликає додаткову втому та дискомфорт, що негативно впливає на загальний стан працівника.

Джерела світла в приміщенні можуть створювати засліплюючий ефект, особливо при роботі за комп'ютером, оскільки напрямок погляду користувача зазвичай є майже горизонтальним. У таких умовах зменшується захисний кут від дії яскравих джерел світла (вікон, світильників тощо), що може спричиняти перевтому очей і функціональні порушення зору.

Також варто враховувати, що використання кольорових шрифтів на екрані збільшує навантаження на органи зору, оскільки різні кольори мають різну довжину хвилі та сприймаються оком на різних відстанях. У зв'язку з

цим орган зору потребує більш точного пристосування порівняно з роботою з чорно-білим текстом.

#### 5.4. Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Основними причинами виникнення пожеж і вибухів на підприємствах є недотримання встановлених правил і норм пожежної безпеки, а також порушення вимог Закону України «Про пожежну безпеку».

До небезпечних чинників пожежі та вибуху, що можуть спричинити травмування людей, отруєння, загибель або значні матеріальні збитки, належать відкрите полум'я, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, задимлення, зниження концентрації кисню в повітрі, а також руйнування будівель і споруд.

Аналіз статистичних даних свідчить, що приблизно 85 % пожеж виникає через людський фактор: необережність, недбалість або недостатній рівень обізнаності працівників щодо вимог пожежної безпеки. Тому значно зменшити кількість таких випадків можливо шляхом впровадження системного комплексу заходів протипожежного захисту.

До основних заходів належать:

1. Розроблення та впровадження комплексної системи забезпечення пожежної безпеки на підприємстві з урахуванням вимог чинного законодавства та нормативних документів.

2. Підготовка наприкінці року відповідного наказу щодо організації пожежної безпеки на підприємстві на наступний рік.

3. Проведення протипожежних інструктажів і спеціального навчання працівників та посадових осіб (пожежно-технічний мінімум) відповідно до чинних нормативних вимог.

Усі працівники під час прийняття на роботу та безпосередньо на робочому місці повинні проходити інструктаж з питань пожежної безпеки. Інструктажі поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий і цільовий. Особи, які не пройшли навчання та перевірку знань із пожежної безпеки, до роботи не допускаються.

4.Визначення спеціально відведених місць для паління, встановлення порядку використання відкритого вогню та експлуатації побутових нагрівальних приладів, а також регламентування проведення вогневих робіт.

5.Оснащення об'єктів підприємства системами блискавкозахисту та підтримання їх у справному стані відповідно до встановлених нормативних вимог.

6.Розміщення на території підприємства необхідних знаків безпеки, які повинні відповідати вимогам стандартів щодо їх форми, кольору та змісту.

7.Створення пожежно-технічної комісії підприємства та організація її роботи відповідно до чинних нормативних положень.

8.Формування добровільних пожежних дружин або команд із числа працівників для участі у профілактичних заходах та ліквідації можливих пожеж.

9.Забезпечення території та об'єктів підприємства необхідною кількістю первинних засобів пожежогасіння, зокрема вогнегасниками, відповідно до встановлених норм.

10.Оснащення будівель і споруд системами автоматичного пожежогасіння та пожежної сигналізації згідно з вимогами нормативних документів.

11.Створення необхідного резерву води для зовнішнього пожежогасіння відповідно до вимог будівельних норм.

12.Проведення державної експертизи проектної документації щодо дотримання вимог пожежної безпеки під час проектування та будівництва об'єктів.

13. Організація системи оповіщення працівників про пожежу. У приміщеннях на видимих місцях, біля телефонів, повинні бути розміщені таблички з номером виклику пожежної служби.

14. Керівник підприємства зобов'язаний вживати відповідних заходів реагування у разі виявлення порушень протипожежного режиму або недотримання правил пожежної безпеки працівниками.

15. У випадку виникнення пожежі керівник підприємства повинен організувати службове розслідування причин та обставин події відповідно до встановленого порядку обліку пожеж та їх наслідків.

5.5 Заходи по забезпеченню умов праці при надзвичайних ситуаціях.  
Підвищення стійкості постачання електроенергією, газом, водою

Підвищення надійності системи електропостачання досягається шляхом підключення підприємства щонайменше до двох незалежних джерел електроенергії, розташованих на такій відстані одне від одного, щоб їх одночасне пошкодження було малоімовірним. Якщо підключення до двох джерел неможливе, необхідно передбачити автономне резервне джерело електроенергії на випадок відмови основного. Також доцільно виконати заходи із захисту наявних та будівництва резервних підстанцій, а розподільчі пристрої та обладнання розмістити у спеціальних захисних спорудах. Бажано перевести систему електропостачання з повітряних ліній на підземні кабельні мережі.

Для попередження пошкодження електромереж рекомендується встановлювати автоматичні пристрої відключення, які спрацьовують у разі виникнення перенапруги, спричиненої електромагнітними полями.

На багатьох підприємствах газ застосовується як паливо або використовується у технологічних процесах, зокрема на хімічних

виробництвах. У разі пошкодження газових мереж він може стати джерелом вторинних уражаючих факторів.

З метою підвищення надійності газопостачання на великих підприємствах рекомендується створювати підземні резервуари, які виконують функцію накопичувачів газу. У такі ємності газ закачується під високим тиском і може використовуватися як резервний ресурс. Крім того, підприємство повинно бути підготовлене до роботи на альтернативних видах палива та мати їх запас. На газопроводах необхідно встановлювати запірну арматуру та дистанційно керовані крани, що дозволяють автоматично перекидати подачу газу у разі пошкодження трубопроводу.

Порушення роботи системи водопостачання може призвести до зупинки виробничого процесу та припинення випуску продукції. Для забезпечення стабільної діяльності підприємства необхідно передбачити:

- наявність резервних джерел водопостачання;
- прокладання водопровідних мереж у ґрунті;
- використання систем оборотного водопостачання з повторним застосуванням води для технічних потреб.

Отже, основними заходами забезпечення безпеки є:

- проходження працівниками необхідних інструктажів з техніки безпеки під час роботи з потенційно небезпечним обладнанням. Усе обладнання повинно регулярно проходити перевірку та атестацію відповідними контролюючими органами;

- встановлення захисних огорож, що обмежують доступ персоналу до небезпечних зон і запобігають контакту людини з рухомими елементами механізмів.

Для підтримання сприятливих параметрів мікроклімату в адміністративних і побутових приміщеннях застосовуються системи опалення та кондиціонування повітря.

З метою забезпечення пожежної безпеки на підприємстві передбачено використання комплексу засобів пожежогасіння, зокрема систем

протипожежного водопостачання, вогнегасників, ящиків із піском та інших засобів.

Безпека працівників у надзвичайних ситуаціях забезпечується регулярним проведенням інструктажів, тренуванням дій персоналу у разі виникнення небезпечних ситуацій, підвищенням надійності будівель і споруд, а також створенням і підтриманням у справному стані систем оповіщення, захисту та евакуації людей із небезпечної зони.

## ВИСНОВОК

У дипломному проєкті розглянуто модернізацію вантажопасажирського ліфта з вантажопідйомністю 630 кг, максимальною висотою підйому 75 м та швидкістю руху кабіни 1 м/с. Основною метою модернізації є продовження терміну експлуатації тих елементів ліфтового обладнання, які перебувають у задовільному технічному стані та не мають значного зношування. Водночас деталі та вузли, що морально або фізично застаріли, передбачається замінити на сучасні, більш надійні та ефективні аналоги.

У процесі виконання дипломного проєкту було вирішено низку технічних та розрахункових завдань, зокрема:

- виконано розрахунок лебідки ліфта;
- проведено розрахунок уловлювачів;
- визначено параметри противаги;
- здійснено перевірку працездатності системи канатного підвішування відповідно до чинних нормативних вимог;
- перевірено точність зупинки кабіни ліфта на поверхах;
- визначено економічну доцільність і розраховано економічний ефект від проведення модернізації;
- розглянуто основні заходи з охорони праці та безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

Усі механізми ліфтової установки працюють узгоджено та забезпечують стабільну роботу системи. Розраховані технічні параметри ліфта незначною мірою відрізняються від початково заданих значень, проте ці відхилення знаходяться в межах допустимих норм.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ**

1. Сукач М. К., Горбатюк Є. В., Марченко О. А. Синтез землерийної і дорожньої техніки : підручник. Київ : Ліра-К, 2017. 376 с. ISBN 978-966-2609-48-6.
2. Сукач М. К., Горбатюк Є. В., Марченко О. А. Синтез землерийної і дорожньої техніки : підручник. Київ : Ліра-К, 2017. 376 с.
3. Григоров О. В. Вантажопідйомні машини : навч. посібник / О. В. Григоров, Н. О. Петренко ; Нац. техн. ун-т “Харків. політехн. ін-т”. Харків : НТУ “ХПІ”, 2006. 304 с.
4. Сукач М. К. Будівельні машини і обладнання : підручник. Київ : Ліра-К, 2020. 390 с.
5. Мартовицький Л. М. Атлас металоконструкцій ПТМ : навч. посіб. / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко, Г. В. Клименко ; за ред. Л. М. Мартовицького ; Нац. ун-т “Запоріж. політехніка”. Запоріжжя : Нац. ун-т “Запоріж. політехніка”, 2019. 222 с.
6. Мартовицький Л. М. Крани спеціальні : навч. посібник / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко. Запоріжжя : Національний університет “Запорізька політехніка”, 2023. 396 с.
7. Shapiro L. K. Cranes and Derricks / L. K. Shapiro, J. P. Shapiro. 4th ed. New York : McGraw Hill Professional, 2010. 688 p.
8. Schmitt R. L. Moving the Earth: Excavation Equipment, Methods, Safety, and Cost / R. L. Schmitt, C. J. Schexnayder, A. B. Cohen, H. L. Nichols Jr., D. A. Day. 7th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2019. 672 p.
9. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання : затв. наказом Міністерства соціальної політики України від 19.01.2018 № 62 ; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 27.02.2018 за № 244/31696. Чинний від 10.04.2018. URL:

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=77156](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77156) (дата звернення: 07.05.2026).

10. СНиП 2.09.03-85. Споруди промислових підприємств. Зміна № 1 (національна) : будівельні норми і правила : затв. наказом від 21.10.2004 № 195. Чинний від 01.04.2005.

11. Пат. 35712 У Україна. Мобільна бурова установка / Є. І. Крижанівський, М. М. Лях, І. В. Короп, Я. Т. Федорович ; власник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № а200512779 ; заявл. 29.12.2005 ; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.

12. Пат. 123713 У Україна. Насосно-циркуляційна система бурової установки / М. М. Лях, Л. Є. Шкіца, Т. М. Яцишин, О. І. Сидоренко ; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № u201707840 ; заявл. 26.07.2017 ; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5. 6 с.

13. Пат. 122613 У Україна. Ударний вибійний двигун / М. І. Оринчак, І. І. Чудик, О. І. Кирчей, О. С. Бейзик, О. Б. Марцинків. № u201613137 ; заявл. 22.12.2016 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

14. Охорона праці та цивільний захист : підручник / за ред. О. Г. Левченка. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

15. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2020.

16. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017.