

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Проект автоматизованих гаражних воріт

Назва теми

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Шифр, назва

Освітня програма «Електропобутова техніка»


Шифр МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група ЕТм-22-1


Підпис

Арутюнян Р.О.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

проф. Скиба М.Є.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

доц. Тимошук О.Г.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

27 12 2022 р.

Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту і архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень магістр
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Шифр і назва
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Шифр і назва
Спеціалізація _____
Освітня програма «Електропобутова техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАЕЕС
д.т.н., проф. Поліщук О.С.
_____ .2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Аругюнян Роберт Оганесович
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Проект автоматизованих гаражних воріт

керівник роботи д.т.н., проф. Скиба М.Є.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 08 2023 р. № 30

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики гаражних воріт аналогів.

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

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи. 2. Розробка конструкції електромеханічного привода. 3. Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції. 4. Висновки. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) Аркуш 1. Документ оглядовий (A1). Аркуш 2. Електрична схема (A1). Аркуш 3. Кіностатичні розрахунки (A1). Аркуш 4. Приводи гаражних воріт. Документ оглядовий (A1). Аркуш 5. Привод. Складальне креслення (A1). Аркуш 6. Редуктор. Складальне креслення (A1). Аркуш 7. Ворота. Складальне креслення (A1). Аркуш 8. Структурна схема (A1). Аркуш 9. Схема розміщення датчиків (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

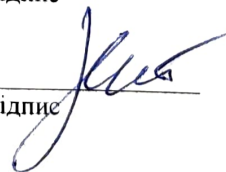
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1. Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи	до 30.10.22р.	
2. Розробка конструкції електромеханічного привода	до 10.11.22р.	
3. Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції	до 20.11.22р.	
4. Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	до 12.12.22р.	

Студент


Підпис

Р.О. Арутюнян
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

М.Є. Скиба
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка».

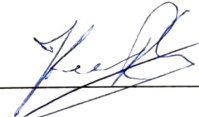
1. Прізвище, ім'я та по батькові Арутюнян Роберт Оганесович

2. Тема магістерської роботи Проект автоматизованих гаражних воріт

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Воронин С.Р.
к. т. н., доцент

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 9 арк., сторінок записки 106

5. 3 роками спостерігається постійний прогрес у розвитку технологій, спрямований на полегшення життя та роботи людини. Такий розвиток часто включає автоматизацію та механізацію процесів, які раніше вимагали вручну виконувати роботу. Нові пристрої та машини, більш вдосконалені за своїх попередників, виходять на ринок, демонструючи постійний технічний прогрес. Проект гаражних дверей, наприклад, можна розглядати не як радикальну інновацію, але як покращення, що спрямоване на побутові потреби. Люди прагнуть використовувати технології, які пропонують такі переваги, як простота у використанні, надійність і економічна вигода. У рамках магістерської роботи запропоновано альтернативу гаражним дверям, що буде дешевшою від іноземних аналогів, але при цьому практичною та надійною. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розрахунки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи, а саме конструкцій гаражних воріт та систем автоматики. В другому здійснюється розробка конструкції електромеханічного приводу. В третьому розділі проводяться розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції.

Підпис студента 

" 22 " 12 2023 р.

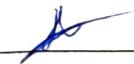
РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 151 від " 26 " 12 2023 р.

Оцінка проекту ЕК визначено 5,0 / А

Рекомендації ЕК рекомендовано до впровадження
у виробництво

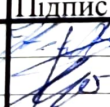
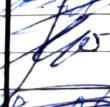
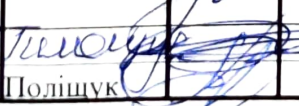
Особливі відмітки _____

Технічний секретар 

" 26 " 12 2023 р.

ЗМІСТ

		стор.
	Вступ.....	6
1	Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики магістерської роботи.....	8
1.1	Огляд патентних джерел та технічної літератури.....	8
1.2	Загальні відомості про електричний привод.....	19
1.3	Характеристика і аналіз існуючих електромеханічних приводів.....	24
1.4	Огляд конструкцій гаражних воріт.....	29
1.5	Вибір конструкції воріт.....	45
1.6	Автоматика для гаражних воріт.....	46
1.7	Висновки до першого розділу.....	48
2	Розробка конструкції електромеханічного привода.....	49
2.1	Розробка структурної схеми електромеханічного приво- ду гаражних воріт.....	49
2.2	Розробка конструкції гаражних воріт.....	49
2.3	Розробка механізму електроприводу гаражних воріт.....	50
2.4	Розробка електричної схеми підйомно-поворотних воріт.....	54
2.5	Розробка блоку живлення.....	59
2.6	Підбір фотоелементів безпеки.....	64
2.7	Висновки до другого розділу.....	65
3	Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції.....	66
3.1	Розрахунок редуктора.....	66
3.2	Визначення основних розмірів елементів та матеріалів.....	82

<h3 style="margin: 0;">МРМА23.00.00.000 ПЗ</h3>							
Фм	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			
Виконав		Арутюнян			Літера	Арквш	Арквшів
Перевір.		Скиба				4	106
І.контр.					ХНУ гр.ЕТМ-22-1		
Затвер.		Поліщук					

Проект автоматизованих
гаражних воріт

3.3	Визначення орієнтовної маси воріт.....	83
3.4	Розрахунок конструкції направляючих.....	84
3.5	Розрахунок маси противаги та визначення її конструкції.....	85
3.6	Силовий розрахунок механізму.....	89
3.7	Розрахунок вала-барабана.....	100
3.8	Висновки до третього розділу.....	102
	Висновки.....	103
	Перелік джерел посилання.....	104
	Додатки	

ВСТУП

З роками спостерігається постійний прогрес у розвитку технологій, спрямований на полегшення життя та роботи людини. Такий розвиток часто включає автоматизацію та механізацію процесів, які раніше вимагали вручну виконувати роботу. Нові пристрої та машини, більш вдосконалені за своїх попередників, виходять на ринок, демонструючи постійний технічний прогрес.

Водночас, нововведення не обов'язково мають бути радикально новими у своєму призначенні. Часто це може бути удосконалення існуючих технологій або заміна певних компонентів для підвищення ефективності, швидкості, універсальності, зручності використання та економії часу та витрат.

Проект гаражних дверей, наприклад, можна розглядати не як радикальну інновацію, але як покращення, що спрямоване на побутові потреби. Люди прагнуть використовувати технології, які пропонують такі переваги, як простота у використанні, надійність і економічна вигода.

У рамках магістерської роботи ми маємо намір запропонувати альтернативу гаражним дверям, що буде дешевшою від іноземних аналогів, але при цьому практичною та надійною.

Людське прагнення до автоматизації і механізації відображається в бажанні замінити фізичну працю на автоматизовані рішення. Наш проект гаражних дверей спрямований на задоволення потреб тих, хто не хоче витратити додаткові зусилля, наприклад, на відкривання воріт у негоду.

Ці ворота поєднують у собі простоту і сучасність, високу якість і доступну ціну. Вони підходять як для багатоповерхових паркувальних комплексів, так і для приватного використання або сільськогосподарських

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

потреб. Ця конструкція є найпростішою в монтажі та експлуатації, розроблена з урахуванням специфіки експлуатації та виготовлення.

Підйимально-поворотні ворота використовуються в місцях, де немає необхідності підтримувати тепловий баланс. Вони виготовляються з оцинкованої сталі та покриті порошковою фарбою для запобігання корозії, забезпечуючи тривалий термін служби. Всі внутрішні частини покриті цинком, забезпечуючи додатковий захист. Простота монтажу та експлуатації робить ці ворота вигідним рішенням для тих, хто цінує свій час та кошти.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ З ТЕМАТИКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Огляд патентних джерел та технічної літератури

У цьому розділі презентується аналіз існуючих на сьогоднішній день розробок. Кожна з цих розробок має свою унікальну конструкцію, переваги та недоліки. Особливу увагу пропонується зосередити на розробках, які були запатентовані в Україні в наш час.

Як приклад можна розглянути пристрій для відкривання та закривання воріт, зокрема вертикально-складних. Цей пристрій складається з приводного барабану з рукояткою та гнучкою тягою, які розташовані на стійці обрамлення воріт, а також противаги. На верхній полиці обрамлення воріт встановлено пустотілий вал із отворами в його стінці, через які проходить тверда тяга, з'єднана шарнірно з верхньою стулкою воріт. У валу розміщені обвідні блоки для гілок гнучкої тяги, кінці яких прикріплені до верхньої та нижньої частини твердої тяги [1].

Основним недоліком цього пристрою є складність шарнірно-важільної системи, що під час експлуатації може призвести до витягування гілок гнучкої тяги, що, у свою чергу, може вплинути на неповне закривання або відкривання ступок воріт, знижуючи їх надійність.

Відомі також складні ворота, що містять дві рівні панелі - верхню й нижню, при цьому верхня панель оснащена двома бічними пружинами й повертається на внутрішній стороні перемички воріт, а нижня панель з'єднана з верхньою за допомогою спеціальних петель. Підйом складних воріт здійснюється за рахунок зусилля пружин стиску [2].

Однак наявність великого обсягу підйомно-поворотних механізмів із пружинами викликає технологічні складності при їхньому виготовленні й

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

монтажі. Крім того, при зниженні надійності з'єднання окремих кріпильних елементів і при зміні в процесі експлуатації механічних характеристик пружин, розташованих із двох бічних сторін верхньої панелі, або їхньої деформації не досягається зрівноважування панелей і плавності їхнього руху. При цьому можливо зниження надійності роботи пристрою при підйомі й опусканні через перекіс і заклинювання панелей. Відкривання панелей усередину приміщення приводить до необхідності проведення додаткових робіт з підготовки пройому воріт із внутрішньої сторони приміщення для монтажу складних воріт.

Існують складні конструкції воріт, які складаються з двох горизонтальних панелей – верхньої та нижньої. Верхня панель обладнана двома боковими пружинами та здатна обертатися біля внутрішнього боку перемички воріт, тоді як нижня панель приєднана до верхньої за допомогою спеціальних петель. Піднімання таких воріт відбувається завдяки силі стиску пружин [2].

Проте наявність об'ємних підйомно-поворотних механізмів з пружинами призводить до технічних складнощів під час виготовлення та встановлення. Більше того, зниження міцності кріпильних елементів чи зміна механічних властивостей бокових пружин верхньої панелі в процесі використання або їхнє деформування може призвести до втрати балансу панелей та плавності їх руху. Це може спричинити зниження надійності воріт під час підйому та опускання через їх перекіс та заклинювання. Також відкривання панелей всередину приміщення вимагає додаткових робіт для підготовки внутрішньої частини пройому для встановлення таких воріт.

Існують відомі підйомно-поворотні ворота, що використовуються у гаражах та автотранспортних приміщеннях, які складаються з двох стулок, встановлених у прорізі: верхньої стулки, яка опирається на нижню, оснащену роликами в вертикальних та похилих напрямках. Верхня створка

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

прикріплена до осі з приводом, яка розташована всередині прорізу, зміщена від центру ваги створки [3].

Серед недоліків таких підйомно-поворотних воріт - складність установки великої кількості підйомно-поворотних механізмів у прорізі воріт. Додатково, при експлуатації цих воріт не завжди забезпечується ідеальне зрівноважування стулок і плавність їх руху, що може негативно вплинути на надійність воріт. Відкривання верхньої створки всередину прорізу вимагає додаткових робіт для адаптації приміщення під час монтажу воріт або під час будівництва нових приміщень, таких як гаражі.

Технічне рішення, яке найбільше наближається до запропонованого за сукупністю характеристик, - це підйомно-поворотні ворота для гаражів та інших автотранспортних приміщень. Ці ворота складаються з двох взаємозв'язаних стулок: верхньої створки, яка розміщена на роликах у вертикальних напрямних, та нижньої створки, яка може обертатися навколо горизонтальної осі. У конструкції також присутній механізм підйому, який включає в себе електродвигун і редуктор. Нижня створка обладнана роликами по боках, один з яких розміщений у вертикальних напрямних, а інші - у похилих напрямних, які жорстко з'єднані з вертикальними [4].

Одним з основних недоліків цих відомих підйомно-поворотних воріт є складність конструкції окремих вузлів, що може призвести до розтягування піднімальних тросів, порушення балансу стулок та зниження плавності їх руху під час експлуатації, що знижує експлуатаційну надійність цих воріт. Також монтаж таких воріт вимагає значного внутрішнього простору приміщення через розміщення похилих напрямних для нижньої створки, що може ускладнювати їх установку в умовах вже збудованих приміщень, обмежуючи їхні експлуатаційні можливості.

Для поліпшення експлуатаційної надійності підйомно-поворотних воріт, з метою уникнення їхнього заклинювання та забезпечення плавності

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

руху стулок при відкриванні та закриванні, а також для розширення можливостей їхнього використання завдяки спрощенню процесу монтажу у різних прорізах приміщень, відомі підйомно-поворотні ворота оснащені додатковими механізмами та компонентами. Серед них - засіб кріплення верхньої створки, механізм попереднього натягу та орієнтації піднімального троса, розташований на нижній крайці нижньої створки, а також механізм остаточної фіксації стулок у прорізі, розташований на нижній крайці верхньої створки, та демпфер, встановлений принаймні в одному з нижніх кутів нижньої стулки. Механізм підйому містить горизонтальний вал, який розміщений у верхній частині прорізу та обладнаний двома приводними барабанами з піднімальним тросом, що взаємодіють з механізмом попереднього натягу та орієнтації троса, а також двома натяжними барабанами з натяжним тросом, які співпрацюють з механізмом остаточної фіксації стулок. Засіб кріплення верхньої створки у прорізі воріт виконаний у формі підвісної петлі, одна площина якої надійно закріплена на зовнішньому козирку прорізу, а інша - на верхній частині верхньої створки.

Механізм для попереднього натягу та орієнтації піднімального троса сконструйовано з використанням еластичного пружинного компоненту, який включає принаймні одну стискаючу пружину, розташовану всередині корпусу. Цей корпус може переміщатися у середній частині нижнього краю нижньої створки, паралельно її площині, із кінцями, що з'єднані з роликівими блоками. Одні кінці піднімального троса проходять через ці роликіві блоки та надійно кріпляться до корпусу, тоді як інші кінці фіксовані на приводних барабанах.

Механізм остаточної фіксації стулок у прорізі воріт також включає пружинний елемент, який складається, як мінімум, з однієї стискаючої пружини в корпусі. Цей корпус розташований із можливістю переміщення у середній частині нижнього краю верхньої створки, паралельно її основі.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Кінці цієї конструкції з'єднані з роликівими блоками, через які проходять кінці натяжного троса, міцно прикріплені до корпусу, а інші кінці троса фіксовані на натяжних барабанах. Рекомендується, щоб жорсткість усіх стискаючих пружин була однаковою.

У якості амортизатора застосовано механічний демпфер типу важеля, який включає вертикальний та горизонтальний важелі, розміщені таким чином, щоб могли обертатися один відносно іншого навколо осі, розташованої перпендикулярно до площини нижньої ступки. Ці важелі співпрацюють з підйомним тросом і обладнані регульованим обмежувачем руху підйомного троса.

Обмежувач руху підйомного троса сконструйовано у формі стопора, що кріпиться на підйомному тросі і механічно взаємодіє з нижньою частиною вертикального важеля у момент початку підняття та остаточного фіксування нижньої ступки. Нижня частина нижньої ступки оснащена роликами, які взаємодіють з підйомним тросом.

На бічних поверхнях нижньої частини нижньої ступки встановлені упорні ролики, які співпрацюють з вертикальними напрямними, що мають одну або дві ступені жорсткості, надійно прикріплені до бічних сторін прорізу воріт. Периферійні частини упорних роликів та вертикальних напрямних виготовлені з металу з однаковою стійкістю до зносу.

Два натяжні барабани встановлені на обох кінцях горизонтального вала, тоді як два приводні барабани розташовані на цьому ж валу, але між натяжними барабанами.

Завдяки використанню механізму кріплення верхньої створки до прорізу воріт, можливий поворот верхньої ступки та її складання в горизонтальне положення після відкривання воріт, що виходить за межі приміщення. Цей підхід сприяє підвищенню експлуатаційних можливостей воріт, оскільки забезпечує зручність установки підйомно-поворотних воріт в

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

прорізи різних розмірів і конфігурацій.

Встановлення механізму для попереднього натягання та налагодження ліфтового каната в підйомно-поворотних воротах допомагає забезпечити належний натяг каната, усунути його розтягування під час використання та гарантує рівномірне розташування каната на барабані підйому, підвищуючи таким чином надійність роботи воріт та запобігаючи заклинюванню стулок.

Імплементация механізму для остаточної фіксації стулок в рамках воріт дозволяє під час закривання щільно стягувати місце з'єднання верхньої та нижньої стулок із вертикальними напрямними, що забезпечує щільне закривання стулок, а при відкриванні зменшує тиск стулок на напрямні, допомагаючи демпферу забезпечити плавний початок підняття стулок і рівномірне розташування натяжного каната на натяжному барабані, також сприяючи підвищенню надійності воріт.

Використання демпфера дає змогу плавно піднімати стулки на початку їх підняття та акуратно складати їх при відкриванні, а також плавно розкладати їх при закриванні.

Підйомно-поворотні ворота складаються з верхньої (позначеної на рисунку 1.1 як 1) та нижньої (2) стулок, з'єднаних, наприклад, двома циліндричними петлями (3), механізмом підйому, пристроєм кріплення верхньої стулки в отворі воріт, механізмом попереднього натягу й орієнтації ліфтового каната, механізмом остаточної фіксації стулок в отворі воріт та демпфером.

Конструкція кріплення верхньої частини воріт до прорізу реалізована за допомогою двох підвісних петель (4). Одна сторона кожної петлі міцно з'єднана з зовнішньою частиною верхнього порогу воріт, тоді як інша сторона надійно прикріплена до верхньої частини верхньої стулки (1).

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

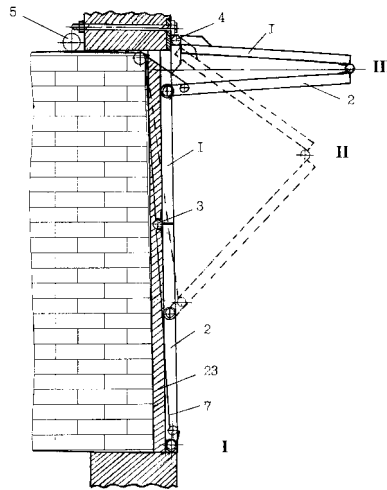


Рисунок 1.1 – Підйомно-поворотні ворота (вид збоку)

Механізм підняття воріт включає в себе горизонтально розташований вал (5), як показано на рисунку 1.2. Вал встановлено всередині верхньої частини воріт і може обертатися. На цьому валу (5) розміщені два приводних барабани (6) з піднімальним канатом (7) та два натяжних барабани (8) з натяжним канатом (9). Натяжні барабани (8) знаходяться на кінцях вала (5), тоді як приводні барабани (6) розташовані між ними. Горизонтальний вал (5) з'єднаний з блоком черв'ячного редуктора (10), крутний момент на який передається через пасову передачу (11) від електродвигуна (12).

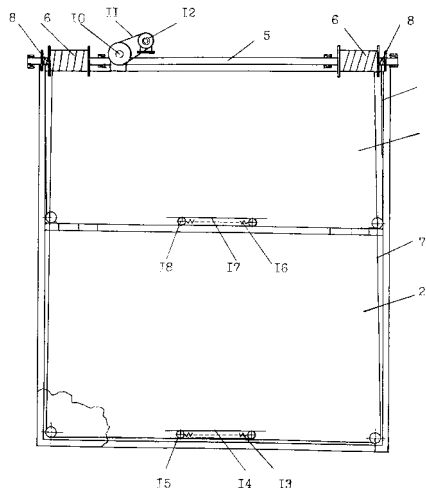


Рисунок 1.2 – Вигляд підйомно-поворотних воріт з приміщення

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
14

Механізм для попереднього натягу та орієнтації підйомного троса встановлено в середині нижньої кромки нижньої стулки 2 і сконструйовано як еластичний пружинний компонент. Цей компонент складається, як мінімум, з однієї стискаючої пружини 13, яка знаходиться в корпусі 14. Корпус 14 має здатність переміщатися у середині нижньої кромки нижньої стулки 2, розташовуючись паралельно її площині, із кінцями, що з'єднані з роликівими блоками 15. Одні кінці підйомного троса 7 пропущені через роликіві блоки 15 та міцно прикріплені до корпусу 14, в той час як інші кінці троса надійно з'єднані з приводними барабанами 6.

Механізм, який забезпечує остаточне утримання стулок у прорізі воріт, розташований у середині нижнього краю верхньої стулки 1. Цей механізм складається з еластичного пружинного елемента, утвореного принаймні однією стискаючою пружиною 16 у корпусі 17, який може переміщатися у середній частині нижнього краю верхньої стулки 1, паралельно її основі. Кінці цього пружинного елемента з'єднані з роликівими блоками 18. Одні кінці натяжного троса 9 проходять через ці роликіві блоки та жорстко прикріплені до корпусу 17, а інші кінці міцно з'єднані з натяжними барабанами 8. Бажано, щоб жорсткість пружин стиску 13 та 16 була однаковою.

У одному з нижніх кутів (правому або лівому) нижньої стулки 2 воріт знаходиться механічний демпфер важільного типу, призначений для забезпечення плавного відкриття та закриття стулок 1 та 2. Демпфер містить вертикальний 19 та горизонтальний 20 важелі, розміщені так, що можуть обертатися один відносно іншого навколо осі, що розташована перпендикулярно площині нижньої стулки 2, та взаємодіють з підйомним тросом 7, на якому розміщений регульований обмежувач руху.

Обмежувач руху підйомного троса 7 виготовлений у вигляді стопора 21, кріпиться на підйомному тросі 7 і механічно співпрацює з нижньою

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

частиною вертикального важеля 19 у момент, коли починається підняття та коли фіксується нижнє положення стулоч 1 та 2. Нижня частина нижньої стулки 2 обладнана роликами 22, які взаємодіють з підйомним тросом 7. Натяжний трос призначений для вирівнювання положення верхньої стулки 1 та пов'язаної з нею нижньої стулки 2 у прорізі воріт, а також для можливості блокування, наприклад, за допомогою електромагнітних замків, у разі виявлення перешкоди на шляху їх руху.

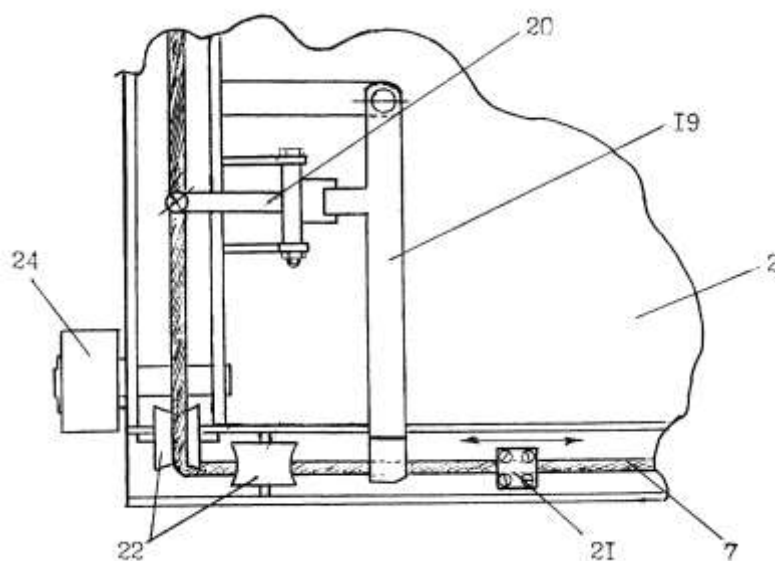


Рисунок 1.3 – Демпфер (вид спереду)

Вертикальні напрямні (23) сконструйовані з одного або двох сегментів і є нерухомо закріпленими до бічних сторін прорізу воріт. Уздовж внутрішньої частини цих напрямних (23) рухаються опорні ролики (24), які надійно з'єднані з нижнім краєм нижньої стулки (2), що демонструється на рисунках 1.3 і 1.4. На зовнішньому сегменті в нижній частині міцно прикріплено планку, яка слугує замком для опорних роликів (24), забезпечуючи їхнє фіксування після повного закривання стулоч (1) і (2).

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
16

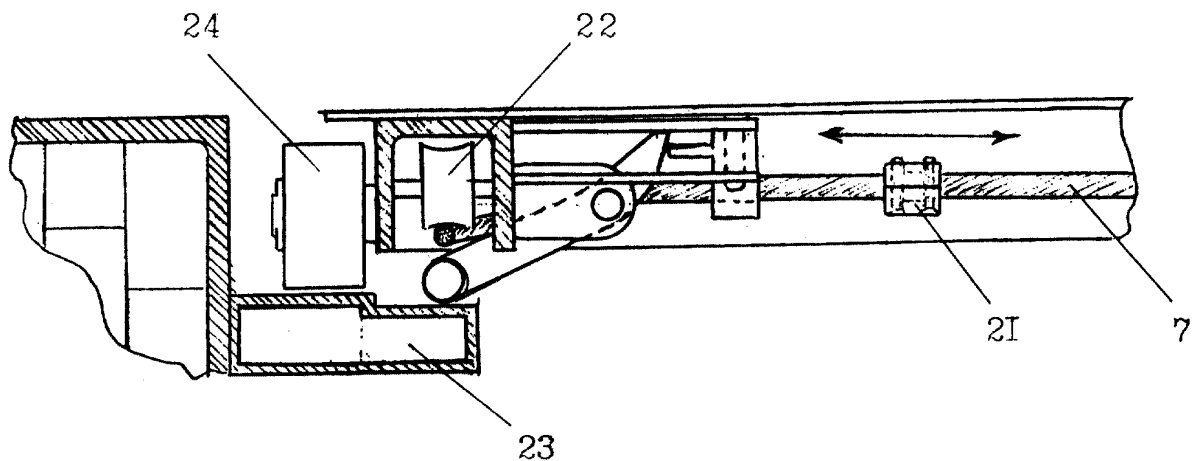


Рисунок 1.4 – Демпфер (вид зверху)

Виготовлення стулок (1) та (2) воріт може здійснюватися з різних матеріалів із будь-якою товщиною стінок, щоб запобігти неавторизованому проникненню всередину приміщення. Бажано, аби зовнішня частина опорних роликів (24) та вертикального напрямного (23) були виготовлені з металу, що має однакову стійкість до зношування.

При подачі команди на відкриття воріт, наприклад, через пульт дистанційного керування, активується електродвигун (12). Приводні барабани (6) починають обертатися в напрямку, який відповідає підйому стулок (1) та (2), тягнучи за собою піднімальний трос (7). Стопор (21), закріплений на піднімальному тросі (7), досягає вертикального важеля (19) демпфера і штовхає його в нижній частині. Це призводить до важільного повороту горизонтального важеля (20) та відштовхування його передньої частини від внутрішньої частини вертикальної напрямної (23), що жорстко закріплена у прорізі воріт. Таким чином, механізм попереднього натягу і орієнтації піднімального троса переводить (складає) верхню частину нижньої стулки (2) відносно нижньої частини верхньої стулки (1) перпендикулярно до внутрішніх площин вертикальних напрямних (23). Опорні ролики (24), що жорстко з'єднані з бічними поверхнями нижньої частини нижньої стулки (2),

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
17

переміщаються вгору вздовж вертикальних напрямних (23) до верхньої частини прорізу воріт, забезпечуючи плавний підйом стулок (1) і (2) та їхнє складання. Після завершення руху піднімального троса (7), стулки (1) і (2) горизонтально складаються назовні приміщення, утворюючи накриття. Коли процес завершується, кінцевий вимикач (не зображений) відключає подачу електроенергії до електродвигуна (12).

Під час подачі команди на закриття воріт, електродвигун (12) активується, і приводні барабани (6) починають обертатися в напрямку, що відповідає опусканню стулок (1) та (2), тягнучи за собою піднімальний трос (7). Стулки (1) та (2) починають опускатися під власною вагою, щільно закриваючи проріз. Стопор (21) на піднімальному тросі (7) поступово віддаляється від нижньої частини вертикального важеля (19) демпфера, а горизонтальний важіль (20) повертається в початкове положення. Механізм остаточної фіксації стулок у прорізі воріт забезпечує щільне з'єднання стулок (1) та (2), зтягуючи натяжний трос (9), що намотується на натяжні барабани (8). Кінцевий вимикач (не зображений) контролює завершення опускання стулок. На завершенні процесу стулки (1) та (2) блокуються, наприклад, за допомогою електромагнітних замків, утримуючи їх у зовнішній рамі прорізу. Замки (не зображені) знеструмлені у закритому стані стулок.

На нижньому краю нижньої стулки (2) розміщені кінцеві вимикачі, що взаємодіють із контактною планкою (не зображеною), закріпленою на нижньому краю стулки (2). Це є частиною системи безпеки.

Ворота можна піднімати або опускати вручну за допомогою спеціального ключа. Використання черв'ячного редуктора (10) з великим передаточним числом запобігає неконтрольованому закриттю стулок (1) та (2) і дозволяє легко підняти їх при відсутності електроенергії на електродвигуні (12). Можливо встановити автономне електроживлення з напругою 12 або 24 В за допомогою акумуляторних батарей.

Застраховання від розриву тросів (7) та (9) можна здійснити за допомогою інерційної системи безпеки, що працює за принципом автомобільних ременів безпеки.

Завдяки підйомно-поворотним воротам, їх монтаж можливий у будь-яких прорізах та за різних внутрішніх обсягів приміщень без необхідності додаткового реконструювання. Це забезпечує широкі експлуатаційні можливості зі зниженням трудомісткості монтажних робіт. У випадку, коли верхній рівень рамки воріт співпадає з верхнім рівнем несучого перекриття стелі, електропривод механізму підйому можна розмістити в нижній частині прорізу нижче рівня підлоги у спеціальному коробі під захисним кожухом або у бічних нішах із внутрішньої частини прорізу, не займаючи при цьому корисного об'єму всередині приміщення.

1.2 Загальні відомості про електричний привод

1.2.1 Класифікація електроприводів та характеристика основних серій двигунів

Електроприводом є елемент виробничої установки, який служить для активації та контролю робочої машини. Його складовими є пристрій для перетворення електричної енергії, електродвигун, механізм передачі та обладнання для керування.

Перетворювачі електричної енергії використовуються для регулювання напруги і частоти або для випрямлення змінного струму, що дозволяє контролювати швидкість обертання електродвигуна і модифікувати його механічні характеристики. Електроприводи з такими перетворювачами використовують у вентиляційних системах та ручному електроінструменті, тоді як більшість агроінструментів не потребує регулювання обертів.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Електроприводи класифікуються за кількістю електродвигунів: одиночні та багатодвигунні. У системах з одиночним електроприводом кожна робоча машина працює від індивідуального електродвигуна. У простих системах використовують стандартні електродвигуни, у спеціалізованих - адаптовані до конкретної машини. Іноді частини електродвигуна також є частиною робочого механізму, як у електрорубанках чи дрелях.

Багатодвигунні електроприводи зустрічаються у складних машинах, де окремі елементи працюють від своїх електродвигунів. Такі системи широко використовують у металообробних верстатах, зерноочисних та інших спеціалізованих машинах.

За типом керування електроприводи бувають автоматизовані та неавтоматизовані. Самі електродвигуни можуть бути як з регульованими, так і з фіксованими параметрами роботи.

Трифазні асинхронні двигуни серій АК і АОК з фазним ротором володіють високими пусковими характеристиками, проте їхня вартість на 30 - 50% вища в порівнянні з двигунами з короткозамкнутим ротором. Вони також мають трохи нижчий ККД та $\cos\phi$, а також є менш надійними при експлуатації. Використання пускового реостата в колі ротора знижує пусковий струм, збільшує пусковий момент і дає можливість регулювати частоту обертання вала. Тому такі двигуни застосовують у випадках, коли робоча машина запускається з великим навантаженням чи потребує регулювання швидкості обертання (наприклад, дробарки або стенди для тестування автотракторних двигунів).

Синхронні електродвигуни через складність конструкції та пуску рідко використовуються у сільськогосподарських машинах, зазвичай їх застосовують у великих відцентрових насосах на насосних станціях зрошувальних систем.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Електродвигуни постійного струму, складніші та дорожчі за асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором, потребують більш кваліфікованого обслуговування. Вони дозволяють плавно регулювати швидкість обертання завдяки введенню опорів у кола якоря та збудження. Такі двигуни використовуються переважно у мобільних машинах з акумуляторним живленням (електрокари, кормороздавачі тощо) і як стартери у автомобілях, тракторах та комбайнах.

В сільському господарстві для електроінструментів та побутових машин використовують асинхронні однофазні короткозамкнуті двигуни типів АОЛБ, АОЛГ, АОЛД та універсальні колекторні серії УВ.

Для приводу сільськогосподарських машин найчастіше застосовуються трифазні асинхронні двигуни з короткозамкнутим ротором серій АО2, 4А та їх модифікацій. Ці двигуни прості в конструкції, економічні, надійні та легкі у обслуговуванні.

Двигуни цього типу мають кілька недоліків, включаючи високий пусковий струм, обмежений пусковий момент та обмежені можливості для плавного регулювання швидкості обертання.

Двигуни серії АО2 виробляються з потужністю від 0,4 до 100 кВт і мають синхронну частоту обертання ротора від 3000 до 600 об/хв, працюючи на напрузі 220/380 В при різних способах з'єднання обмоток.

Серія двигунів 4А пропонує моделі з потужністю від 0,06 до 400 кВт, розраховані на роботу з номінальною напругою 220 або 380 В.

Електродвигуни серій АО2 і 4А виробляються в різноманітних електричних модифікаціях, включаючи двигуни з підвищеним пусковим моментом (АОП2, 4АР), двигуни з підвищеним ковзанням (АОС2, 4АС), багатошвидкісні двигуни (АО2-41-4/2) та двигуни з фазним ротором (АК2; АОК2).

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

АОП2 застосовують для машин з великим статичним і динамічним навантаженням при пуску, а АОС2 - для машин з великими маховими масами і нерівномірним навантаженням. Багатошвидкісні двигуни використовують для регулювання об'ємної подачі вентиляторів у сільськогосподарських умовах.

Широко використовуються швидкісні двигуни для приводу вентиляторів у птахівництві та тваринництві. Регулювання повітряного потоку вентиляторів досягається шляхом зміни частоти обертання електродвигунів.

Електродвигуни серій АО2 і 4А пропонуються у декількох варіантах, залежно від ступеня захисту від впливів навколишнього середовища: вологостійкі варіанти АО2...П з потроєним просочуванням обмоток (наприклад, АО2-42-4ПУЗ), хімічно стійкі варіанти (АО2...ХУЗ, 4А...ХУЗ), волого- та морозостійкі (АО2-41-4У2) та варіанти, захищені від пилу (АО2-41-4УПУЗ, 4А90-4-УПУЗ).

Вологостійкі двигуни використовуються в приміщеннях з високою вологістю, наприклад у кормоцехах та молочних фермах, тоді як хімічно стійкі двигуни застосовуються у тваринництві та птахівництві. Вони призначені для роботи в умовах температури від -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$ та при відносній вологості до 100%, можуть встановлюватися на відкритому повітрі. Двигуни, захищені від пилу, призначені для роботи у пилових умовах, як-от у деревообробних цехах, млинах та кормоцехах.

Маркування двигунів серії АО2 включає літери та цифри, розділені дефісами (наприклад, АО2-41-4, АОЛ2-21-6), де перші літери вказують на виконання двигуна за ступенем захисту та матеріал станини і підшипникових щитів (наприклад, А - захищений з чавунною станиною та щитами, АО - закритий обдувний з чавунною станиною та щитами, АОЛ - закритий

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

обдубний з алюмінієвою станиною та щитами), а цифра 2 після літер означає номер серії.

Позначення після дефіса, що складається з двох цифр, ідентифікує типорозмір двигуна, визначаючи порядковий номер його зовнішнього діаметра та розміри осердя статора.

Остання цифра у позначенні вказує на кількість полюсів двигуна.

Маркування електродвигунів серії 4А 1 234567 розшифровується наступним чином:

- 4 означає номер серії;
- А позначає тип двигуна (асинхронний);
- 1,2 – це літери, що вказують на виконання двигуна за ступенем захисту та матеріалом станини і щитів (А означає станину і щити з алюмінію; Х – станину з алюмінію і чавунні щити);
- 3 визначає висоту осі обертання в міліметрах;
- 4 вказує на установочний розмір за довжиною станини статора (S – коротка, М – середня, L – довга);
- 5 – літера А або В, яка визначає довжину осердя станини (застосовується, якщо для одного установочного розміру передбачено дві потужності);
- 6 – кількість полюсів двигуна;
- 7 – літери та цифри, що описують кліматичне виконання та категорію розміщення двигунів.

1.2.2 Механічні характеристики електродвигунів

Механічна характеристика електродвигуна визначається як залежність між швидкістю обертання його вала та обертовим моментом, який він створює, тобто $n=f(M)$.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

У більшості типів електродвигунів, крім синхронних, частота обертання вала знижується зі зростанням моменту навантаження у режимі двигуна, тоді як у гальмівних режимах із зростанням частоти обертання збільшується гальмівний момент. Реакція на зміну навантаження різниться в залежності від типу двигуна, відповідно до чого механічні характеристики класифікуються на абсолютно тверді, тверді та м'які.

Абсолютно тверда характеристика властива синхронним двигунам, де частота обертання залишається сталою незалежно від змін навантаження на валу.

Тверда характеристика характеризується незначною зміною частоти обертання при варіаціях навантаження. Двигуни з такою характеристикою включають електродвигуни постійного струму з паралельним збудженням та асинхронні двигуни.

М'яка характеристика виявляється у двигунах, де мала зміна навантаження на валу призводить до значного зниження частоти обертання. Це типово для електродвигунів постійного струму з послідовним збудженням.

1.3 Характеристика і аналіз існуючих електромеханічних приводів

Електромеханічні приводи, які використовуються для керування виконавчими механізмами, можна поділити на два основних типи: з ручним управлінням та з дистанційним управлінням. Приводи з ручним керуванням переважно використовуються на виробничих підприємствах для управління вантажопідйомними механізмами та вентиляційними системами. У контексті теми дипломного проекту, для керування електроприводами воріт приватного використання застосовуються приводи з дистанційним управлінням, переважно радіокеровані. На ринку України представлені

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

продукти від декількох італійських компаній, таких як "Same", "Lupo" та "Fast".

Характеристики представленої продукції наступні:

Одним із прикладів є привід "Same Нурро 7000" (рис.1, лист [МРМА23.00.00.000ДО1]) для розпашних воріт із стійками довжиною до 3 метрів або більшими стійками. Цей привід оснащений двома вбудованими кінцевими вимикачами для відкривання та закривання (модель НУ7005). Він пропонує простий монтаж без необхідності зварювання на воротах. Характеризується тривалим терміном служби завдяки повністю металевій конструкції. Привід має компактні габарити та протиударний корпус без гострих кутів. Він нереверсивний, що означає відсутність зворотного ходу після активації.

Технічні характеристики:

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| - напруга – частота Hz | 230/230V-50; |
| - сила струму макс. | 1,2 А; |
| - потужність | 120 Вт; |
| - макс., температура двигуна | 140 °С; |
| - хід | 300 мм; |
| - конденсатор | 10 mF; |
| - кількість повних циклів в годину | 15 макс.; |
| - максимальна сила | 2000 N. |

Електромеханічний привід важільного типу для воріт "КОМПАСС" (зображений на рисунку 2, див. лист [МРМА23.00.00.000ДО1]) розроблено спеціально для воріт з широкими стійками та центрально розміщеними стійками. Важелі цього приводу універсальні і можуть бути встановлені як з правої, так і з лівої сторони стулок. Привід має нереверсивну конструкцію, що забезпечує можливість блокування воріт без використання електричного замка. Управління потужністю приводу здійснюється через контрольну

панель. Вся конструкція поміщена в міцний сталевий корпус, оброблений і покритий епоксидною фарбою для додаткового захисту. Привід можна розблокувати за допомогою спеціального ключа.

Основні характеристики:

1. Максимальна довжина стулки становить 2,5 метра;
2. Нереверсивний тип приводу.

Технічні характеристики:

- потужність 250 W;
- напруга – частота 230V-50 Hz;
- сила струму макс. 1,15 A;
- макс. Кутова швидкість 10,8;
- макс. кут обертання 360 °;
- конденсатор 12,5 mF;
- граничний момент 350 N x m;
- макс. довжина створки воріт 2,5 м;
- робоча температура -20°C...+80°C.

Підземний електропривід FAST6 (див. рисунок 3, лист [MPMA23.00.00.000ДО1]) представляє собою ефективне рішення для автоматизації воріт і дверей, призначене для встановлення під землею, що дозволяє зберегти первісний зовнішній вигляд воріт.

Електропривід цілком поміщений у масляну ванну, що забезпечує його надійність і довговічність. Модель FAST 6 розроблена як реверсивний пристрій і підходить для воріт зі стулками довжиною до 2,8 метрів. Особливістю конструкції є можливість зовнішнього регулювання тертя в масляній ванні, завдяки чому використання електричного замка є обов'язковим.

Технічні характеристики:

- конденсатор 8 mF;

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- напруга – частота	220V±10%-50 Hz;
- макс. споживання електроенергії	1,3 А;
- двигун	реверсивний;
- оберти двигуна	900 об/хв;
- час відкривання на 90°	17 сек;
- макс. довжина створки воріт	2,8 м;
- макс. вага воріт	300 кг;
- макс. кут обертання	360°;
- вага привода	15 кг;
- тип мастила	MOBIL Oil ATF 200.

Електромеханічний пристрій для управління підйомно-поворотними та секційними ворітами Marantec Comfort 220 (див. рис.4, лист [MPMA23.00.00.000 ДО1]).

Комплектація включає:

- електропривід Comfort 220 з системою дистанційного управління Multi-Bit на частоті 868 МГц;
- компактний пульт дистанційного управління Digital 302, двоканальний;
- універсальний комплект для монтажу, призначений для підйомно-поворотних та секційних воріт.

Технічні характеристики:

- номінальна напруга	230 В;
- споживаний струм	1.1 А;
- номінальна частота	50 Гц;
- споживана потужність в режимі очікування	< 4 Вт;
- споживана потужність у робочому режимі	0,25 кВт;
- робочий режим (тривалість включення)	Короткочасний режим 2 хв;
- керуюча напруга	24 В постійного струму;

- вид захисту електропривода

IP 20;

- клас захисту

II.

Привід Same VER (див. рисунок 5, лист [МРМА 23.00.00.000ДО1]) створений для легкого та швидкого монтажу на секційні або підйомно-поворотні ворота. Цей пристрій оснащений інтегрованим блоком управління та вбудованою світлодіодною лампою для освітлення внутрішнього простору гаража. В корпусі приводу передбачено спеціальну нішу для встановлення електронної плати та двох акумуляторних батарей зарезервованого живлення з ємністю 1,2 ампер-години кожна. Привід забезпечує високий рівень безпеки завдяки вбудованій системі виявлення перешкод, яка працює на низьковольтній напрузі. В разі відключення електроенергії, привід можна легко розблокувати вручну, що дозволяє відкривати та закривати ворота, а також замикати їх у закритому стані.

Технічні характеристики:

- напруга живлення двигуна, В

24;

- напруга живлення, В

~220;

- максимальна потужність, Вт

130;

- тягове зусилля, Н

500;

- клас захисту

IP40.

Приводи ZENITH для гаражних воріт (показані на рис.7, лист [МРМА23.00.00.000ДО1]) розроблені для автоматизації ролетних та підйомно-поворотних воріт, що працюють на принципі балансування з використанням пружин і мають напрямні рейки.

Цей привід для гаражних воріт встановлюється на стелі перед вхідними дверима гаража. Він використовує ланцюгову передачу для переміщення каретки, яка через з'єднання тяги здійснює підняття дверної стулки по напрямних до стелі. У стандартний комплект постачання приводу входять всі необхідні елементи для його встановлення, включаючи напрямні рейки та

важелі. У разі відключення електроживлення, привід ZENITH може бути легко розблокований вручну зсередини або ззовні.

Технічні характеристики:

- Кількість циклів у годину	36;
- робочий хід каретки, мм	2500;
- Інтенсивність, %	40 ;
- максимальне зусилля, кг	60 ;
- споживана потужність, Вт	220;
- напруга живлення, В	220 (50 Гц);
- частота обертання двигуна, об/хв	1400;
- напруга живлення двигуна, В	24;
- клас захисту	IP 20.

Електропривід воріт Normann високої швидкості (зображений на рис.6, лист [MPMA23.00.00.000ДО1]) має декілька особливих функцій. Наприклад, він пропонує покращену швидкість відкривання, яка на 50% швидша за звичайну, а також можливість окремого вмикання галогенового освітлення.

Технічні характеристики:

- максимальне зусилля	800 Н;
- швидкість відкривання	22 див/сек;
- ширина воріт	до 5500 мм;
- максимальна кількість циклів (відкриття/закриття) у добу	до 25.

1.4 Огляд типів конструкцій гаражних воріт

1.4.1 Види гаражних воріт.

При виборі гаражних воріт важливо врахувати їх вид і особливості конструкції на стадії проектування гаража. Це особливо важливо для

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

автоматичних воріт, адже потрібно передбачити простір для установки автоматики. На будівельному ринку представлені наступні типи гаражних воріт:

- відкатні ворота, які потребують достатньо вільного простору в боці, куди вони зсуваються, приблизно в розмірі стулки воріт (рис.1.5);
- розпашні ворота;
- секційні ворота;
- підйомно-поворотні ворота;
- рулонні ворота.

Кожен тип має свої унікальні характеристики та вимоги до встановлення.

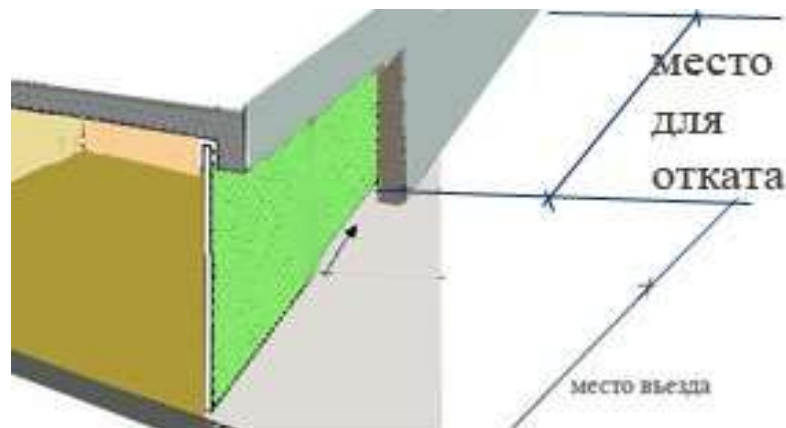


Рисунок 1.5 – Ворота відкатні

Сучасні відкатні ворота для гаража характеризуються рухом стулки вбік завдяки роликовій системі. Ці ворота можна встановлювати зовні чи всередині гаража. Їх поверхня виготовляється з анодованих алюмінієвих профілів, оброблених порошковою фарбою. Всі металеві частини конструкції мають покриття цинку товщиною не менше 20 мікронів.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
30

Ворота можуть мати дерев'яне покриття, але воно ефективне лише в сухих кліматичних умовах без різких коливань температури. Існує варіант ґратчастих воріт, де використовуються прутки з профільної труби розміром від 20x20 до 80x80 мм.

Переваги відкатних воріт:

- економія простору перед гаражем;
- немає потреби у розчищенні снігу для доступу;
- міцність і надійність.

Недоліки:

- вимога до додаткової довжини стіни гаража для розміщення від'їжджаючої ступки. При ширині отвору в 3 метри, довжина стіни має бути не менша ніж 5 метрів;

- вартість таких воріт для габаритів 2 м на 3 м стартує від 1 тисячі доларів.

Складчасті ворота:

Ці ворота функціонують за принципом гармошки (рис.1.6), складаючись вгору або вбік. Установка ущільнювачів між секціями забезпечує герметичність з усіх боків.

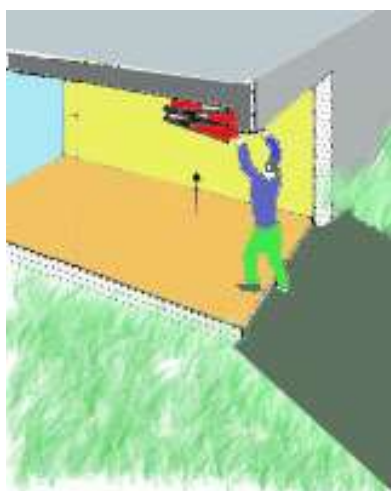


Рисунок 1.6 - Складчасті ворота

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Складчасті гаражні ворота, переважно виготовлені з металевих листів, часто мають конструкцію, де секції складаються вертикально вгору та фіксуються під верхньою частиною в'їзного отвору. Це є популярним варіантом таких воріт.

Існує також тип воріт, які складаються горизонтально вбік, але вони менш поширені, оскільки можуть зменшувати ширину в'їзду. Ці ворота зазвичай мають не менше трьох стулок, які можуть відкриватися під кутами 90 або 180 градусів (рис.1.7). При відкриванні стулок на 90 градусів, вони займають частину проїзного отвору.

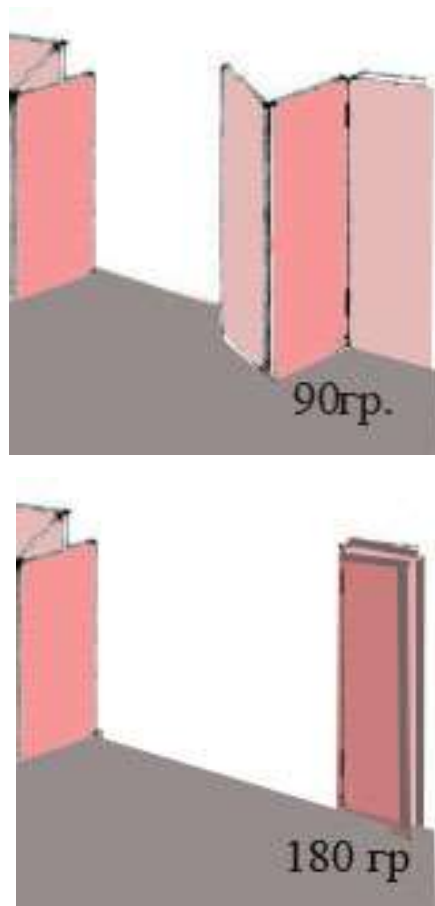


Рисунок 1.7 - Складчасті ворота, що відкриваються на 90 і 180°

На ринку також доступні 3-х та 4-х стулкові складчасті ворота (рис.1.8). Ця конструкція дозволяє середнім стулкам перекривати крайні при

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
32

відкриванні. Вони кріпляться до крайніх стулків за допомогою спеціальних фіксаторів. У відкритому положенні, ці стулки, з'єднані разом, можуть повертатися на 180 градусів, повністю відкриваючи в'їзд. При закріпленні крайніх стулків, середні стулки функціонують як звичайні орні ворота. Якщо до цих воріт додати електропривод, то стулки відкриваються всередину приміщення.

Переваги цього типу воріт включають:

- економія місця для горизонтального відкриття порівняно з орними воротами;
- заощадження простору перед гаражем, оскільки немає потреби розчищати сніг для доступу до воріт;
- герметизуючі прокладки забезпечують теплоізоляцію приміщення;
- можливість встановлення вікон на стулках для додаткового освітлення або вентиляції.

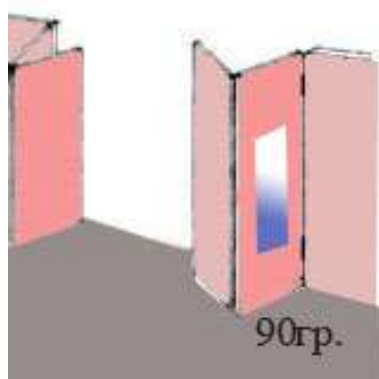


Рисунок 1.8 - Складчасті ворота 3-х і 4-х стулчасті

Складчасті ворота мають певні недоліки:

- вимагають додаткового простору в гаражі, приблизно 0,5 метра, особливо якщо ворота складаються вгору;

- не відрізняються високою надійністю через менш жорстку конструкцію при наявності декількох стулків, також не є стійкими до механічних ударів.

- ціна стандартних складчастих воріт (без вікон) з шириною 3 метри і висотою 2,5 метра стартує від 300 доларів.

Розпашні ворота:

Цей тип воріт є досить популярним серед споживачів. Зазвичай стулки розпашних воріт відкриваються назовні, що дозволяє заощадити простір усередині гаража. Найчастіше використовують двостулкові гаражні ворота, але можливо також встановлення одностулкових воріт. Однак, в останньому випадку, може виникнути проблема провисання стулки через крутий момент (див. рис.1.9).



Рисунок 1.9 – Ворота розпашні

Для додання функціональності до розсувних воріт, можлива інтеграція маленьких дверей, відомих як хвіртки. Основний елемент стулків воріт - це каркас, який зазвичай покривається металевим листом. Існує також варіант виготовлення стулків з використанням сендвіч-панелей, в яких між металевими листами знаходиться мінеральна вата або пінопласт.

Плюси такої конструкції:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- простота у виготовленні.

Мінуси:

- необхідність забезпечення достатнього простору для відкриття;
- вартість стандартних гаражних воріт розміром 3 на 2 метри стартує від 300 доларів, а установка хвіртки коштує від 70 доларів.

Що стосується секційних воріт, то їх максимальна висота може варіюватися від 3 до 4 метрів, залежно від специфікації системи, як показано на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 - Секційні ворота

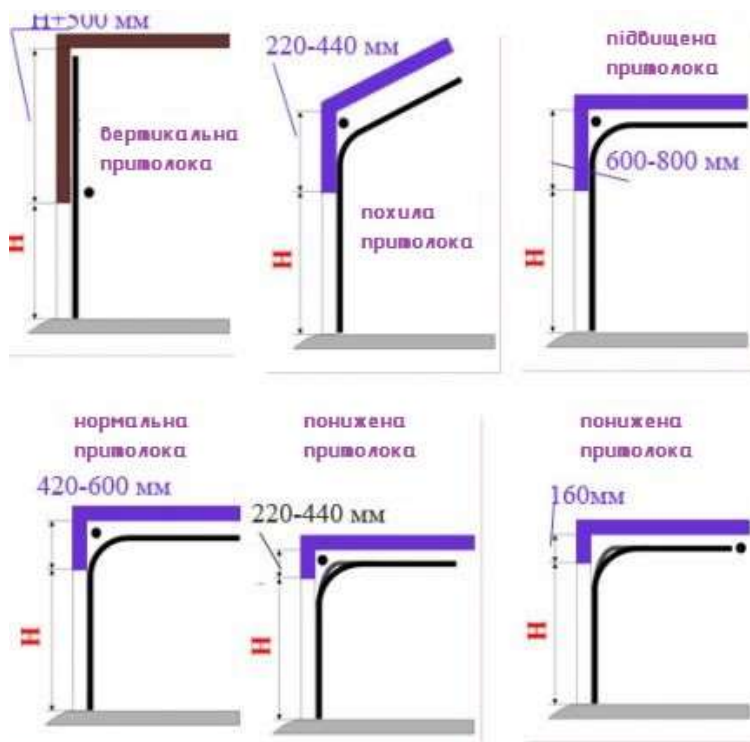
Під час відкривання, весь лист воріт переміщується нагору і розташовується вздовж стелі. Такі ворота сконструйовані з чотирьох до шести горизонтальних панелей, що мають ширину від 350 до 610 мм і довжину до 5 метрів. Висота воріт формується шляхом комбінування секцій, кожна з яких має висоту, що ділиться на 110 мм. Розмір полотна залежить від висоти проєму воріт.

Кожна секція з'єднана з іншою за допомогою шарнірних петель. На кінцях цих панелей розміщені ролики з вбудованими підшипниками, які ковзають по напрямних вгору, згинаючись під стелею, як показано на рисунку 1.11.

Розміри першої та другої секцій варіюють від 110 до 200 мм. Висота верхньої частини воріт може бути стандартною, підвищеною або зниженою, з вертикальним або похилим розташуванням, як зображено на рисунку 1.12.



Рисунок 1.11 – Розміри секційних воріт



H - висота прорізу;

Рисунок 1.12 - Розміри притолока секційних воріт:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
36

Зазвичай кожна секція воріт представляє собою сендвіч-панель товщиною 40 мм, утворену з двох шарів оцинкованого сталевого листа, між якими розташований шар пінополіуретану. Ця комбінація матеріалів надає конструкції міцності. Для забезпечення герметичності, по периметру воріт встановлений еластичний ущільнювач.

Секційні ворота можуть бути як ручними, так і оснащеними автоматичною системою відкривання. Також існує можливість інтеграції маленьких дверей, або хвіртки, яка може бути обладнана вікном з акрилового матеріалу і відкриватися назовні.

Щодо матеріалів, то крім зазначеної сталі та алюмінію, існують варіанти виготовлення воріт з дерева, що вважається елітним варіантом, як показано на рисунку 1.13.



Рисунок 1.13 - Секційні ворота із алюмінію

Переваги секційних воріт включають:

- оптимізацію простору як у гаражі, так і на під'їзді до нього;
- високий рівень тепло- та звукоізоляції, особливо при застосуванні сендвіч-панелей, з коефіцієнтом теплопровідності $0,5 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ та звукоізоляцією 29 дБ;
- універсальність для використання в приміщеннях з великими проїздами, висотою до 6 м та шириною до 7 м.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Однак, секційні ворота мають такі недоліки:

- потреба у достатньому просторі перед в'їздом для відкривання;
- необхідність очищення території перед в'їздом на ширину відкритих стулок;
- потрібна рівна поверхня у місці розташування стулок;
- варіабельність висоти верхньої частини воріт: понижена - мін. 160 мм; нормальна - 420-600 мм; підвищена - 600-800 мм; похила - 220-420 мм; вертикальний підйом - висота проїзду + 500 мм;
- складність конструкції та недостатня стійкість до злому.

Вартість секційних воріт розміром 3 на 3 метри стартує від 700 доларів.

Ролерні ворота.

Рулонні ворота, відомі також як ролерні, частіше використовуються у заміських будинках, як зображено на рисунку 1.14.



Рисунок 1.14 - Рулонні ворота

Зазвичай рулонні ворота вибирають для проїздів з висотою від 2 до 2,5 метрів, оскільки їх конструкція, що включає вал і короб, розташовані всередині приміщення, не займає додаткового місця. Такі ворота формуються з ламелей – профільованих горизонтальних смужок з алюмінію розміром

77x19 мм, які скріплені разом, утворюючи гнучке полотно, що демонструється на рисунку 1.15.



Рисунок 1.15 - Ламель

Полотно рулонних воріт переміщується уздовж напрямних, які вмонтовані в захисний короб, розташований над входом воріт, і згортається на вал, що може бути встановлений як всередині, так і зовні приміщення (з боку вулиці у захисному коробі). Рулонні ворота, як правило, оснащені електричним приводом та системою керування, але у випадку менших розмірів (до 3 метрів у ширину) можливе і ручне відкривання.

Ці ворота ідеально підходять для великих проїздів шириною до 6 метрів, як це показано на рисунку 1.16.

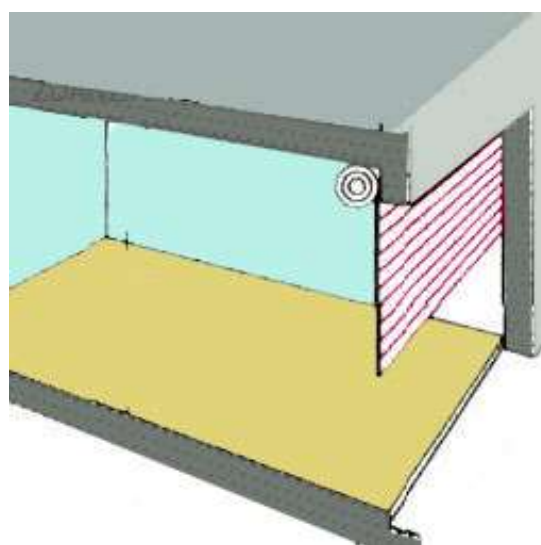


Рисунок 1.16 - Застосування рулонних воріт

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
39

Ціна рулонних воріт з шириною 3 метри та висотою 2 метри починається від 300 доларів.

Підйомно-поворотні ворота.

Підйомно-поворотні ворота представляють собою єдине полотно, що повністю закриває проїзд. Їхній механізм відкриття заснований на шарнірно-важільній системі, як демонструється на рисунку 1.17.

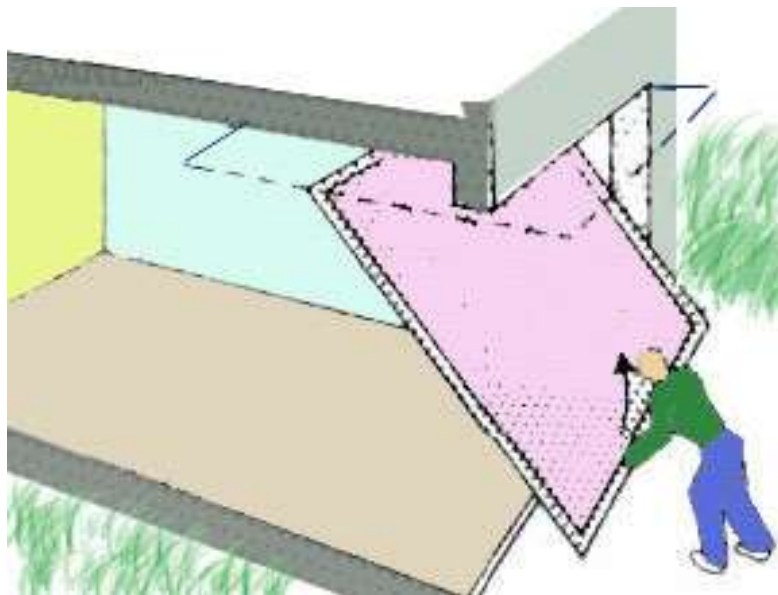


Рисунок 1.17– Підйомно-поворотні ворота

Під час підйому ступки воріт (які зазвичай мають розміри до 6 x 2,2 метрів), вона пересувається на пластикових роликах, що встановлені на підшипниках, уздовж напрямних рейок, розташованих по обидва боки проїзду та під стелею гаража, як показано на рисунку 1.18. Коли ворота відкриті, їх полотно розташовується паралельно до стелі гаража. Зазвичай такі ворота працюють від автоматичного приводу.

Полотно воріт часто виготовляється з сендвіч-панелей, що складаються з оцинкованих і пофарбованих сталевих листів із шаром пінополіуретанового утеплювача товщиною 40 мм між ними. Додатково ворота можуть бути

облицьовані алюмінієм, пофарбованим під бронзу, мідь, горіх або мармур, оброблені деревом цінних порід, або використовувати профнастил, як зазначено на рисунку 1.18.



Рисунок 1.18 - Рух ступки у підйомно-поворотних воротах

Для захисту від корозії полотно підйомно-поворотних воріт обробляється порошковою фарбою.

Основні переваги підйомно-поворотних воріт:

- компактність та оптимізація простору, оскільки полотно піднімається вертикально;
- простота установки, можливість адаптації до різних типів гаражів;
- легкість в автоматизації;
- відсутність необхідності прибирати сніг перед гаражем.

Недоліки підйомно-поворотних воріт:

- підвищений ризик проникнення через недостатню стійкість до злому;
- великі тепловтрати в холодну пору року; у опалювальних гаражах може утворюватися лід на полотні, що ускладнює відкривання/закривання;
- обмеження на частоту використання (близько 10 циклів підйому-опускання на день);
- можливість встановлення вікон або оглядових щілин з армованого скла, хвіртки;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
41

- обмежені можливості утеплення та захисту від протягів через технічні зазори;
- неможливість під'їзду до гаража на машині впритул через висунуте на 1 метр у вулицю полотно при відкритті;
- обмеженість у формі: тільки прямокутні прорізи;
- складнощі з ремонтом: неможливість часткової заміни полотна;
- часто неідеальне ущільнення стиків;
- необхідність збільшення довжини гаража на половину висоти стулки.



Рисунок 1.19 - Підйомно-поворотні ворота

Ціна підйомно-поворотних воріт розміром 3 метри в ширину та 2,5 метра в висоту стартує від 600 доларів.

Вибір гаражних воріт залежить від різноманітних факторів. Найважливішим критерієм є забезпечення надійного захисту автомобіля від крадіжок. Також критично, щоб ворота були безпечними та надійними для власників, тому рекомендується залучити професіоналів для вибору та монтажу воріт. Різні конструкції гаражних воріт, описані вище, дозволяють підібрати оптимальний варіант, враховуючи безпеку, кліматичні умови та бюджет.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.4.2 Різновидності видів воріт

Існує велика кількість видів воріт (лист [МРМА23.00.00.000ДО2]).

На аркуші, який зазначений вище показано схеми воріт, які в сутності мають різні характеристики.

На рис.1 (лист [МРМА23.00.00.000ДО2]) схематично показано гаражні ворота, відкриття яких відбувається за рахунок переміщення дверного полотна по напрямку із вертикального положення в горизонтальне положення, під стелю гаража по направляючим. Верхні ролики створом переміщуються по направляючій 2, а нижні направляючі переміщуються по направляючій 1. Двері одностворчатого, секційного типу.

На рис.2 (лист [МРМА23.00.00.000ДО2]) схематично показано також відкривання дверей за рахунок переміщення дверного полотна, одностворчатого багатосекційного типу по напрямку із вертикального в горизонтальне положення під стелю будови. Будова передбачає однотипну направляючу заокругленої форми по якій відбувається рух ролика з одного положення в інше.

На рис.3 (лист [МРМА23.00.00.000ДО2]) зображено відкривання дверей, одностворчатих, двосекційних. Переміщення полотна дверей відбувається з вертикального положення в горизонтальне. Рух відбувається за рахунок руху роликів, що знаходяться по сторонам нижньої секції створом по направляючій 1. технологічно відбувається складання полотнищ в двоє в середину приміщення. Переміщення йде по осьовій горизонталі на шарнірах. Можливий варіант багатосекційності.

На рисунку 4 (з документа [МРМА23.00.00.000ДО2]) зображено процес відкривання односекційних одностворчатих воріт, які переходять з вертикального положення в горизонтальне через дугу. Це відбувається

завдяки використанню кронштейнів, які з'єднують створки з бічними осіми, закріпленими у стіні.

Рисунок 5 (з документа [МРМА23.00.00.000ДО2]) демонструє створки воріт, які переміщуються з вертикального в горизонтальне положення через дугу навколо горизонтальної осі, що розташована у верхній частині створок, у середині гаражу.

На рисунку 6 (з документа [МРМА23.00.00.000ДО1]) показано аналогічний процес відкривання, але зовні.

Рисунок 7 (з документа [МРМА23.00.00.000ДО2]) ілюструє переміщення створок навколо горизонтальної осі, розташованої в нижній частині. Відкривання і закривання воріт відбувається за допомогою троса, що намотується на барабан або блоки.

Рисунок 8 (з документа [МРМА23.00.00.000ДО2]) показує типові гаражні ворота, які відкриваються назовні.

На рисунку 9 (з документа [МРМА23.00.00.000ДО2]) представлені двостворчаті багатосекційні двері, що відкриваються в бік, як "гармошка".

Рисунок 10 (з документа [МРМА23.00.00.000ДО2]) відображає гаражні ворота, що піднімаються вгору у робочому положенні. Для цього типу воріт необхідна додаткова конструкція для відкривання.

На рисунку 11 (з документа [МРМА23.00.00.000ДО2]) зображені одностворчаті гаражні ворота, які відкриваються шляхом переміщення створки (полотна) по напрямних в бік.

Ворота можуть відкриватися в різні напрямки:

- вгору;
- назовні;
- всередину споруди;
- у бік (тип "гармошка");
- інші варіанти.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

За ступенем механізації ворота поділяються на:

- ручні;
- автоматизовані;
- з дистанційним управлінням;
- комбіновані.

За конструкцією ворота бувають:

- двостворчаті;
- одностворчаті;
- складної конструкції (зі спрощенням конструкції шляхом зменшення ваги матеріалу);
- інші.

За ступенем комфортності ворота можуть бути:

- теплоізовані;
- броньовані;
- з комплексними охоронними заходами (сигналізація, протипожежна система тощо).

1.5 Вибір конструкції воріт

Після аналізу різних типів гаражних дверей для проекту була обрана підйомно-поворотна конструкція, що відрізняється практичністю та надійністю. Ця конструкція включає раму та ступку, схоже на звичайні двері. Специфіка одностворчатих воріт [МРМА23.00.00.000СК] включає ступку, дві напрямні, електромеханічний привід, противаги та силові канати. Ступка воріт і дверний проїм мають певні розміри та вагу: 93 кг, висотою 2,11 м і довжиною 2,560 м. На кінцях бічних стійок встановлені ролики 1, закріплені на чотирьох осях 2, приварених до стійок. Ці ролики дозволяють ступці воріт переміщуватися по напрямних.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		45

Збірка дверного проєму здійснюється шляхом зварювання з використанням швелера № 20. До конструкції також належить поперечина з кутника розмірами 100x100x5, що слугує тримачем верхньої частини конструкції, тоді як нижня частина оснащена тримачем з швелера №20 і довжиною 400 мм; стулки встановлюються у нижньому положенні.

Електромеханічний привід [МРМА23.04.00.000СК] складається з черв'ячного редуктора 1, електродвигуна 2, вала-барабана 3, електричної муфти 5, набору постійних муфт 6, 8 і 10. Електродвигун і черв'ячний редуктор кріпляться болтами на одній установчій рамі, а вал-барабан на іншій. Установчі рами фіксуються на задній стінці гаража.

1.6 Автоматика для гаражних воріт

Для забезпечення комфорту та безпеки при використанні гаражних воріт, постачальники та виробники рекомендують оснащувати їх автоматичними електромеханічними чи електрогідравлічними приводами. Такі автоматизовані системи відкриття можуть бути адаптовані до більшості типів гаражів. Управління пристроєм здійснюється через ручний пульт дистанційного керування прямо з автомобіля (як зазначено на рисунку 1.20).

Зазвичай, електропривід потужністю від 0,2 до 0,5 кВт монтують всередині гаража. Він синхронізований з освітленням, яке автоматично вмикається при сигналі на відкриття воріт і вимикається через декілька хвилин. Такі системи, як правило, активуються виключно сигналами передавача на певній частоті.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.20 - Автоматика приводу секційних гаражних воріт

Управління процесом закриття та відкриття автоматичних воріт здійснюється через трансмісійний механізм. Зафіксувати полотно воріт можна, заблокувавши привід двигуна. Для захисту секційних воріт від розриву тросів використовуються храпові муфти. Наявність торсійного пружинного механізму дозволяє піднімати секційні ворота вручну у випадку відсутності електроприводу. Системи безпеки для гаражних воріт не тільки запобігають проблемам при розриві троса, але й можуть заблокувати рух полотна при спробі злому. Фотоелементи, що контролюють простір отвору, автоматично блокують рух полотна при виявленні перешкод, захищаючи таким чином дітей та домашніх тварин.

Зазвичай комплект постачання гаражних воріт включає блок дистанційного керування, пульт ДУ, датчик виявлення перешкод, систему розблокування приводу та переключення на ручний режим, а також пристрій захисту від несанкціонованого доступу. Цей пристрій блокує рух полотна, коли хтось намагається підняти його зовні, наприклад, за допомогою важеля. Це ефективно запобігає злому в рамках фізичної сили людини.

1.7 Висновки до першого розділу

У цьому розділі представлено огляд існуючих технологічних та технічних рішень, пов'язаних із тематикою магістерської роботи. Розглянуто загальні аспекти електричного приводу, аналіз електромеханічних приводів, конструкції гаражних воріт та їх вибір, а також огляд систем автоматизації для гаражних воріт.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДА

2.1 Розробка структурної схеми електромеханічного приводу гаражних воріт

На рис.2.1 приведено структурну схему електромеханічного приводу гаражних воріт (лист [МРМА23.00.00.000С1]).

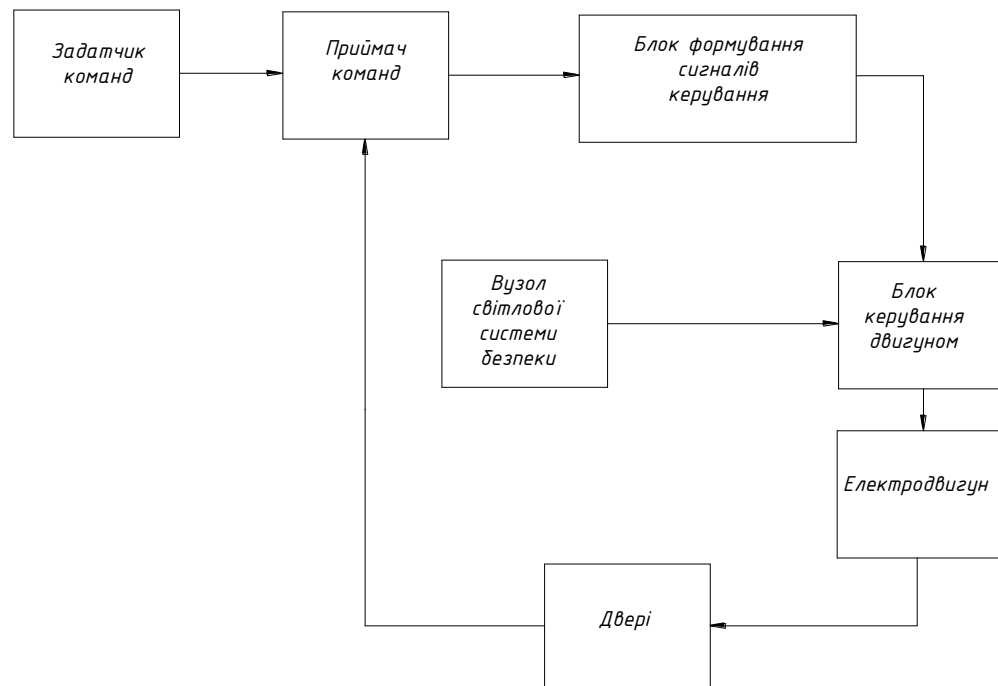


Рисунок 2.1 – Структурна схема електроприводу гаражних воріт

2.2 Розробка конструкції гаражних воріт

Конструкція розроблених гаражних воріт представлена на листі [МРМА23.00.00.000СК]. Важливі складові та компоненти воріт з електромеханічним приводом включають: раму дверного проєму 1, напрямні 2, ступку воріт 3, електропривід 4, противаги 5, ролик 8, фотоелемент 13, бездротовий дистанційний дзвінок 14 та сталевий канат 15.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
49

Технічні характеристики гаражних воріт з електромеханічним приводом:

1. Габаритні розміри пройому 2x2,5 м.
2. Швидкість робочого руху 1,02 м/хв..
3. Управління напівавтоматичне.
4. Електричні параметри:
 - потужність електричного двигуна 0, кВт;
 - напруга електромережі 220В;
 - номінальний струм 2А.
5. Маса створки воріт 93 кг.

2.3 Розробка механізму електроприводу гаражних воріт

При створенні конструкції приводу [МРМА23.04.00.000СК] для автоматизації гаражних воріт був обраний електромеханічний привід з урахуванням його конструкторських переваг у порівнянні з пневматичними та гідравлічними системами. Основні переваги електромеханічного приводу включають:

- компактність конструкції;
- висока надійність;
- простота у використанні та обслуговуванні;
- придатність для індивідуального використання.

У цьому електромеханічному приводі використовуються такі ключові елементи: редуктор 1, електричний двигун 2, вал-барабан 3, установочна рама 4, електромагнітна фрикційна муфта 5, кронштейн 13.

Черв'ячний редуктор, що використовується у цьому приводі, обрано за його переваги, такі як можливість самоблокування – для активації гальмівних

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

пристроїв, високе передаточне число для зниження швидкості обертання приводного барабана редуктора, надійність у роботі та гладкий хід.

Детальне креслення редуктора наведено на листі [МРМА23.04.03.000 СК]. Основні компоненти черв'ячного редуктора включають: колесо 3, тихохідний вал 4, вал черв'яка 5, кришки колеса та черв'яка 12-14, підшипники 25 і 26, корпус 15.

Технічна характеристика редуктора.

1. Допустимий крутний момент на тихохідному валу при довгостроковій роботі з постійним навантаженням і частотою обертання черв'яка 1500 об/хв.

2. Короткочасний момент $M_T=31,5$ Нм.

3. Номінальні передаточні числа: 8; 10; 12,5; 16; 20; 31,5; 40; 50; 63.
Допуск на передаточне число 4%.

2.3.1 Підбір електродвигуна

По стандартній частоті обертання черв'яка $n_1=1000$ об/хв і потужності на валу черв'яка вибрано електричний двигун АИР 71 В6 [6] з наступною технічною характеристикою:

1. Частота обертання вала $n_{ел} = 920$ об/хв;
2. Відношення моментів $M_{max}/M_n=2,2$;
3. Відношення струмів $I_n/I_n=4,5$;
4. Відношення моментів $M_{min}/M_n= 1,6$;
5. ККД $\eta=69\%$;
6. Потужність $P= 0,55$ кВт;
7. Маса $m=9,7$ кг;
8. Струм статора $A=1,74$ А.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Умови використання електродвигунів серії АИР включають:

- температурний діапазон навколишнього середовища від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ не перевищує 98% для виконань з відповідними параметрами;
- рівень запиленості повітря для двигунів із захисним ступенем IP44 не більше 10 мг/м^3 , а для IP23 – не більше 2 мг/м^3 ;
- відсутність вибухонебезпечних, струмопровідних пилів, агресивних газів та парів у навколишньому середовищі, що можуть пошкодити метал та ізоляцію (окрім спеціально стійкого до хімічних впливів виконання);
- середній рівень звуку на відстані 1 метр від корпусу двигуна при холостому ході варіюється від 51 до 85 дБА, залежно від розміру (50-250 мм) та синхронної частоти обертання.

2.3.2 Підбір муфт

Крутний момент від вала електродвигуна до вала черв'яка черв'ячного редуктора передається через постійну втулкову муфту зі шпонками відповідно до ГОСТ 24246-80. Шпоночний паз виготовлений згідно з ГОСТ 23360-78. Виготовлена з сталі марки 45, втулка має універсальне позначення 2 – 31,5-30 за ГОСТ 24246-80.

Для передачі крутного моменту від черв'ячного колеса на вал-барабан використовується електромагнітна фрикційна муфта постійного напруження типу МЕС 1,6/220.

Технічна характеристика .

1. Напруження $U=220 \text{ В}$;
2. Номінальний момент $M_{ном}=46 \text{ Н}\cdot\text{м}$;
3. Момент тертя $M_{тер}=0,03 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4. Частота обертання $n=500$ об/хв;
5. $t_{вкл} = t_{викл} = 200$ м с;
6. Номінальна потужність $P_{ном} = 12$ Вт;
7. Опір $R = 1000 (+) - 400$ Ом; - опір обмотки при змінному струмі;
8. Напрацювання – 2000 год.

При даному гарантійному напрацюванні допускається $2 \cdot 10^5$ включень муфт.

2.3.3 Підбір шпонки

Для вільного з'єднання була обрана призматична шпонка $6 \times 6 \times 40$. Параметри з'єднання включають вал з діаметром 20H9 та барабан з діаметром 20D10. Розрахунок міцності шпонки на зминання був виконаний з урахуванням наступних умов:

$$[M_{кр \max}] \leq 0,5 \cdot d \cdot k \cdot l [\sigma_{зм}]; \quad (2.1)$$

де $d = 20$ мм – діаметр валу вал-барабана;

$i = 1$ – кількість шпонок;

$k = 1,5$ мм – виступ шпонки з шпоночного паза;

$[\sigma_{зм}] = 800$ МПа – доступне напруження зминання;

$$37,5 < 0,5 \cdot 20 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 800 = 12000 \text{ Н.}$$

Шпонка має значний запас міцності.

Розрахунок шпонки на зминання з'єднання вал черв'ячного колеса – вал електро магнітної муфти:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$d=8\text{мм}; k=1,2; i=1;$$

$$[M_{кр\ max}] = 0,5 \cdot 8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 80 = 3840 \text{ Н};$$

$$46\text{Н}\cdot\text{м} < 340\text{Н}.$$

2.3.4 Підбір каната

З огляду на максимальне робоче навантаження, яке потрібно переміщувати за допомогою каната (маса ступки воріт $M1=93$ кг, максимальна паралельна сила $P_{\parallel\max}=10200$ Н), було обрано канат діаметром 4 мм з тимчасовим опором розриву 1800 Н/мм².

Вибрано сталевий канат типу ТК для вантажопідйомних цілей згідно з ГОСТ 3067-74, технічні вимоги якому відповідають ГОСТ 3241-66. Загальна довжина каната визначається в залежності від довжини гаража. Розрахункова маса каната залежить від його довжини і специфікацій і складає $m_k^p = 63,9$.

2.4 Розробка електричної схеми підйомно-поворотних воріт

2.4.1 Розробка електричної схеми керування електроприводом воріт

Рисунок 2.1 демонструє схему управління двигуном для підйомно-поворотних воріт. Ця схема надає можливість безпосереднього запуску асинхронного двигуна, а також дозволяє змінювати напрям його обертання, забезпечуючи таким чином функцію реверсу.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

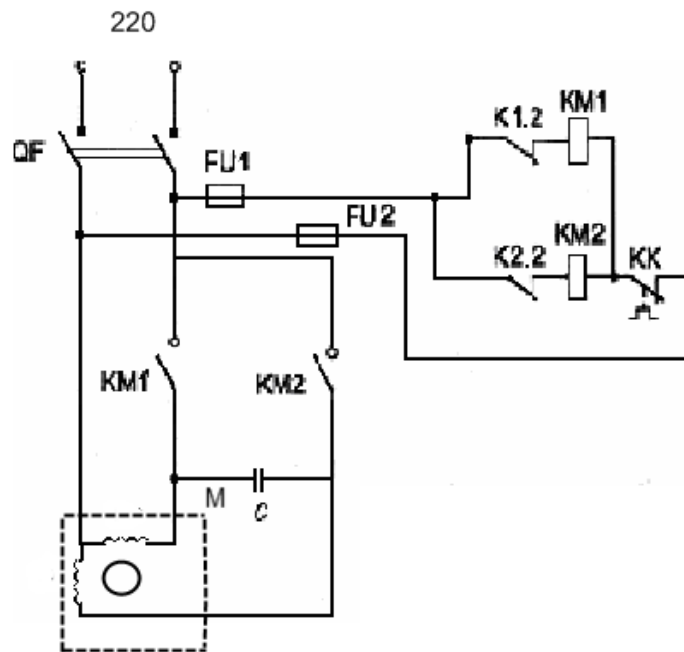


Рисунок 2.1 – Схема керування двигуном воріт

Запуск двигуна ініціюється включенням автоматичного вимикача QF, який подає енергію на контактор KM1. Контактор KM1 в свою чергу замикає силові контакти, забезпечуючи підключення статора двигуна до мережі електроживлення. Після цього контактор KM1 відключається і включається контактор KM2.

Більшість однофазних асинхронних двигунів, окрім моделей з розщепленими полюсами, мають можливість роботи в реверсивному режимі з однаковими характеристиками при різних напрямках обертання. Двигуни з пусковою обмоткою для реверсного режиму оснащені чотирма виводами обмотки статора. Реверсивний режим активується за допомогою центробіжного перемикача чи пускового реле, але це можливе лише при зупиненому двигуні або на певній частоті обертання [11].

Двигуни з робочим конденсатором можуть бути реверсовані з нерухомого стану або при максимальній частоті обертання. У разі симетричних обмоток статора для реверсування достатньо мати три виводи.

Перемикання конденсатора між гілками дозволяє змінити напрям обертання.

2.4.2 Розробка схеми дистанційного керування

Готові приводи та системи дистанційного керування для гаражних воріт часто бувають високою вартістю, хоча їх конструкція не складна. В якості альтернативи привабливим рішенням є використання простого бездротового дзвінка. Він є доступним за ціною, має добру перешкодозахищеність та індивідуальний сигнал. Пульт дистанційного керування представляє собою невелику коробочку з однією кнопкою і не піддається модифікаціям.

Приймальна частина, сам дзвінок, потребує деяких модифікацій: зокрема, потрібно вивести проводи від загального проводу живлення (ймовірно, "мінуса" блоку живлення) і від динаміка дзвінка. Важливо переконатися, що при натисканні кнопки на пульті керування на цих двох проводах з'являється змінна напруга декілька вольт.

Оскільки дистанційне керування передає лише одну команду – наявність сигналу, це визначає просту логіку роботи автоматичних воріт: вони можуть бути або повністю відкриті, або повністю закриті. Під час руху воріт дистанційне керування неможливе, в цей час ворота "не реагують" на сигнали. Проте, завдяки цьому, система керування виявляється надзвичайно простою та економічною. В її основі лежать чотири кінцеві вимикачі, розміщені на воротах попарно. З них вимикачі SA1 та SA2 є нормально розімкнутими, а SA3 та SA4 – нормально замкнутими. Розташування вимикачів показано на рисунку 3.2.

Коли ворота закриті, SA1 розімкнутий, SA2 замкнутий, SA3 замкнутий, SA4 розімкнутий. Після натискання на кнопку пульта, дзвінок активується, і на динаміку дзвінка з'являється сигнал (змінна напруга). Оскільки контакти

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

SA1 розімкнуті, сигнал проходить тільки до транзистора VT2 (через простий RC фільтр і діод). Транзистор відкривається, спрацьовує реле K2, яке своїми контактами K2.1 замикатиме транзистор і переходить у режим самоблокування. Контакти кінцевого вимикача S3, з'єднані послідовно з K2.1, на цей час замкнуті.

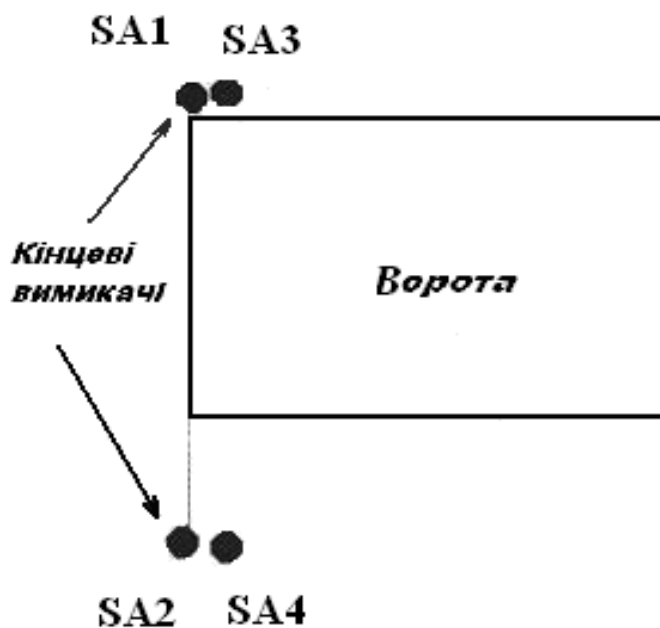


Рисунок 2.2 – Розташування вимикачів

Після активації реле K2, електродвигун вмикається таким чином, що починає процес відкриття воріт. У цей момент контакт кінцевого вимикача S2 розмикається, і сигнал на транзисторі зникає. Однак це вже не важливо, адже реле K2 знаходиться в заблокованому стані та залишається активним.

Коли ворота повністю відкриваються, активуються кінцеві вимикачі S1 (замикається) та S3 (розмикається), що призводить до вимкнення реле K2 і, відповідно, двигуна. Ворота залишаються у відкритому стані і готові до наступної команди на закриття. При її надходженні процес повторюється, але з використанням транзистора VT1 та реле K1 [15].

Особливості роботи схеми, зображеної на рис. 3.3, полягають у тому, що використовуваний для відкриття і закриття воріт електродвигун повинен мати здатність до реверсивного включення, зазвичай реалізованого перемиканням фазосувачого конденсатора.

Струми на двигуні, особливо пускові, можуть бути високими. На схемі реле K1 і K2 зображені умовно. Фактично виконавчі елементи можуть складатися з декількох реле з достатньою кількістю силових контактів для управління двигуном у реверсивному режимі. Для керування потужними реле можуть бути використані проміжні малопотужні реле.

Кінцеві вимикачі мають бути досить надійними, ефективно спрацьовувати, мати значний хід натискних контактів, оскільки двигун, оснащений редуктором, зупиняється не відразу після зняття напруги. Також важливо, щоб кінцеві вимикачі були захищені від бруду та вологи. Оскільки на контактах кінцевих вимикачів не виникає силового навантаження, рекомендується використовувати геркони середньої або великої потужності.

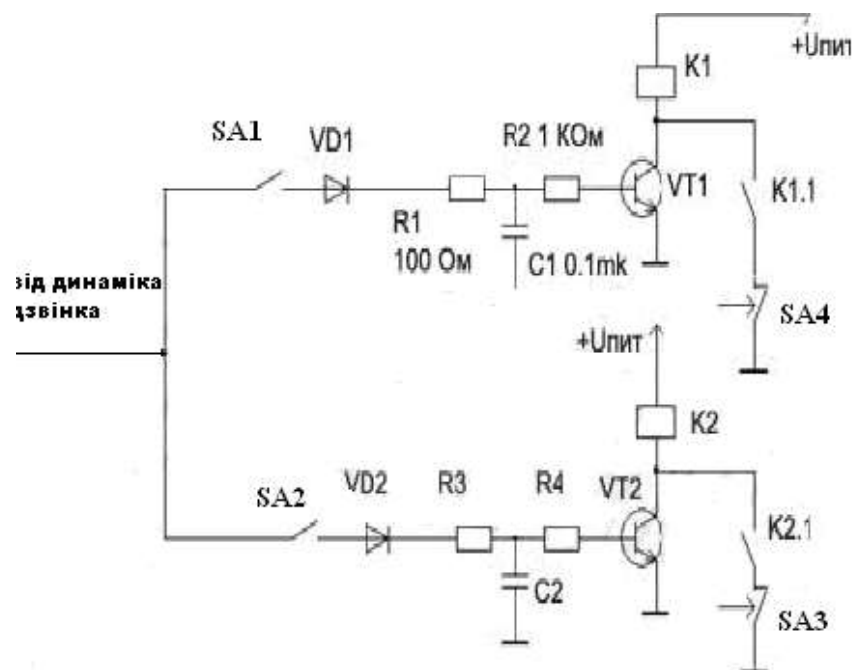


Рисунок 2.3 – Схема дистанційного керування електроприводом воріт

Елементи радіотехніки, використовувані в схемі, можуть бути різноманітними. Діоди можуть бути будь-які компактні, резистори – будь-якого типу, конденсатори – будь-якої марки. Транзистори вибираються з урахуванням напруги живлення та струму, який потрібен для спрацьовування реле.

Схема функціонує від будь-якого джерела вторинної напруги з гальванічною розв'язкою від електромережі. Напруга живлення залежить від типу використовуваних реле (+9 – +27 В). У стані очікування система майже не споживає струму, оскільки транзистори перебувають у закритому стані, а реле вимкнені. Струм споживається лише приймальним пристроєм дистанційного дзвінка.

Настроювання системи полягає у забезпеченні надійного спрацьовування реле К1 або К2 при появі сигналу на динаміку дзвінка. Це може вимагати підбору відповідних значень резисторів.

2.5 Розробка блоку живлення

Блок живлення (БЖ) – це пристрій, який створює потрібну системі напругу шляхом перетворення напруги електричної мережі. Зазвичай вони перетворюють змінну мережеву напругу 220 В з частотою 50 Гц на відповідний постійний струм.

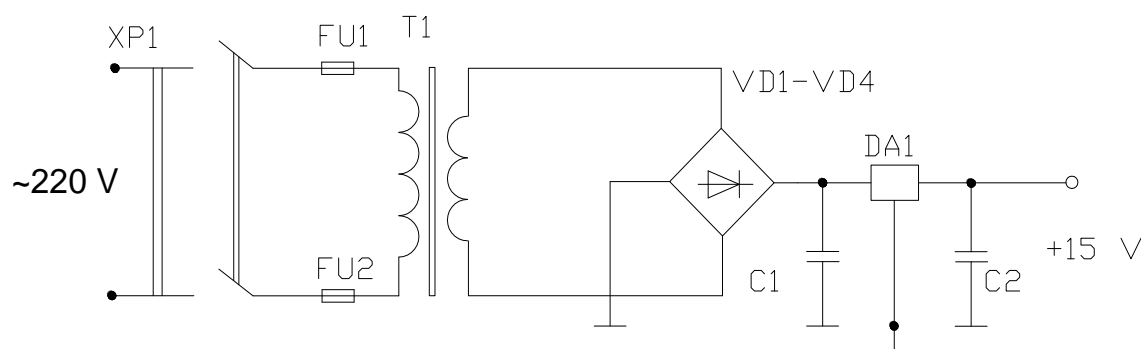


Рисунок 2.4 – Електрична схема блоку живлення +15 В

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

2.5.1 Розробка вузла стабілізації

Для підтримки стабільної напруги на навантаженні незважаючи на коливання напруги в електромережі, зміни у величині навантаження, а також під впливом інших факторів, що порушують стабільність, застосовуються спеціальні пристрої – стабілізатори напруги (див. рис.2.5).

Стабілізатори напруги безперервної дії класифікуються як параметричні та компенсаційні. Параметричні стабілізатори функціонують шляхом зміни параметрів електронних нелінійних компонентів. Вони часто реалізуються за допомогою напівпровідникових пристроїв, зокрема стабілітронів, вихідна напруга яких залежить мінімально від струму, що проходить через них.

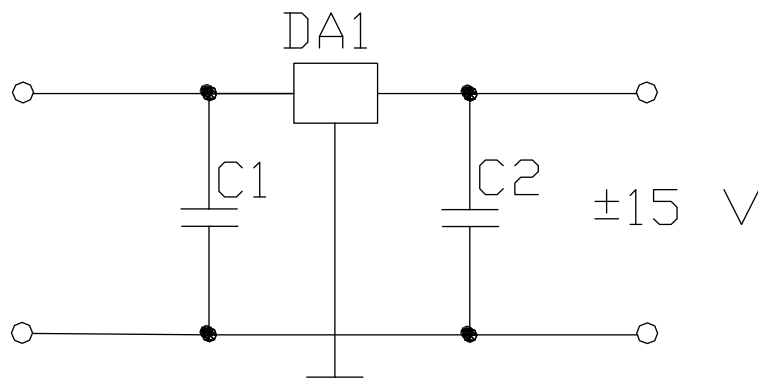


Рисунок 2.5 – Схема стабілізатора

2.5.2 Розрахунок трансформатора

Під час розрахунку трансформаторів, які використовуються в схемах випрямлячів, важливо врахувати, що параметри трансформаторів, такі як напруга і струми обмоток, будуть різнитися в залежності від типу використовуваного в схемі випрямляча згладжувального фільтра.

Конструктивний розрахунок трансформатора включає вибір

магнітопроводу, визначення кількості витків обмотки та діаметрів проводів. Основна формула, яка пов'язує кількість витків обмотки з напругою та іншими параметрами трансформатора, виглядає наступним чином:

$$w = \frac{E \cdot 10^4}{4.44 \cdot f \cdot B \cdot Q_c \cdot K_c}, \quad (2.2)$$

де f – частота мережі, Гц;

Q – повний переріз стержня магнітопровода, см²;

B – магнітна індукція в магнітопроводі, Тл;

K_c – коефіцієнт заповнення магнітопровода сталлю.

Індукція B визначається кількістю магнітних ліній потоку Φ , які проходять через один квадратний сантиметр перетину магнітопровода. Зазвичай індукцію B обирають у діапазоні від 0,8 до 1,2 Тесла. При більшій потужності трансформатора рекомендується вибирати меншу індукцію.

Перевищення індукції B понад рекомендовані значення може призвести до перегріву трансформатора. Коефіцієнт заповнення магнітопроводу сталлю k_c показує, яка частина загального перерізу сердечника Q_c зайнята магнітним матеріалом (сталлю), решта перерізу припадає на ізоляцію пластин або стрічки [17].

Точний розрахунок нагріву трансформатора є складною задачею, що вимагає врахування багатьох факторів, тому часто використовують приблизні методи. Трансформатор нагрівається через втрати в сталі та міді, які перетворюються на тепло і підвищують температуру трансформатора відносно температури навколишнього середовища. Різниця між температурою трансформатора і температурою середовища, що називається перевищенням температури трансформатора, зазвичай стабільна для трансформатора при повному навантаженні. Допустимий нагрів обмежується

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

температурною стійкістю до 130 °С. Для контролю температури нагріву трансформатора можна або зменшити втрати в сталі та міді, або збільшити охолоджуючу поверхню трансформатора.

Вихідні дані:

Частота: $f=50$ Гц;

Напруга живлення: $U_1=220$ В;

Струм навантаження: $I=5$ А;

Вихідна напруга: $U_2=15$ В.

Розрахунок:

Напруга і електрорушійна сила первинної обмотки:

$$E_1 \approx 0,95 U_1; \quad (2.3)$$

$$E_1 \approx 0,95 \cdot 220 = 209 \text{ В.}$$

Електрорушійна сила вторинної обмотки:

$$E_2 \approx 1,05 U_2. \quad (2.4)$$

Вихідна напруга з трансформатора визначається за формулою:

$$E_2 \approx 1,05 \cdot 15 = 15,75 \text{ В.} \quad (2.5)$$

Струми в обмотках:

Струм в вторинній обмотці визначається із виразу:

$$I = 0,8 \cdot I_0 = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ А.} \quad (2.6)$$

Струм в первинній обмотці визначається за:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$I_1 = I_0 \cdot \frac{U_2}{U_1} = 1,8 \cdot 5 \cdot \frac{15}{220} = 0,6 \text{ А}; \quad (2.7)$$

Габаритна потужність трансформатора знаходиться за:

$$P_{\text{габ}} = 0,5(U_1 \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2) = 0,5(220 \cdot 0,6 + 15 \cdot 5) = 103,5 \text{ ВА}. \quad (2.8)$$

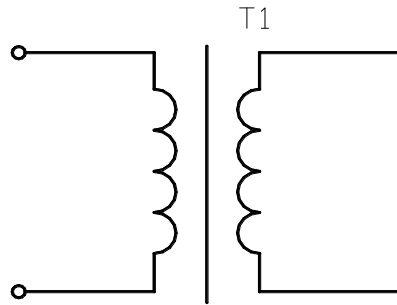


Рисунок 2.6 – Схема трансформатора

2.5.3 Розрахунок випрямних діодів

Вхідні дані:

- номінальний струм навантаження $I_0=3\text{А}$;
- напруга на виході трансформатора $U_0=15\text{В}$;
- частота електричної мережі $f=50\text{ Гц}$.

Розрахунок:

Зворотна напруга визначається із залежності:

$$U_{\text{зб}} = 1,5 \cdot U_0 = 1,5 \cdot 15 = 22,5 \text{ В}. \quad (2.9)$$

Середній струм знаходиться із залежності:

$$I_{\text{ср}} = 0,5 \cdot I_0 = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ А}. \quad (2.10)$$

З огляду на розрахункові середній струм і обернену напругу від виходу трансформатора, для використання обрано діоди VD1...VD4 типу Д214, які мають запас за струмом та напругою, розраховані на струм 3 А та напругу 100 В.

Для конденсаторів С1 і С2 вибрано моделі К50-3 із ємністю 2200 мкФ, розраховані на напругу 25 В.

Для мікросхеми використовується модель К142ЕН8В, згідно з джерелом [7], що підходить для вхідної напруги від 9 до 24 В, максимального струму 3 А та вихідної напруги 15 В.

2.6 Підбір фотоелементів безпеки

Фотоелементи безпеки встановлюються для запобігання небезпечних ситуацій, пов'язаних із потраплянням людей або транспортних засобів у зону дії воріт. Вони можуть покривати значну ділянку – до 30 метрів. Однак їхня зона дії має певні обмеження: фотоелементи реагують на перешкоди лише в прямій зоні свого охоплення. Вони розміщуються на висоті 20-50 см від найнижчої точки ворітного пройому. У випадку виявлення перешкоди, фотоелементи передають сигнал приводу, який негайно зупиняє або змінює напрямок руху воріт.

Після аналізу різних моделей фотоелементів було обрано модель безпеки DIR 10 компанії Came [21]. Принцип роботи цього пристрою базується на синхронізації інфрачервоного променя між передавачем та приймачем, яка відбувається під час підключення пристроїв. Така схема дозволяє кожному приймачу працювати лише зі своїм передавачем, мінімізуючи ризик помилкових спрацювань. Модель DIR вирізняється сучасним дизайном та компактними розмірами, крім застосування інноваційних технологій.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика:

Електроживлення, В	~/= 12/24
Клас захисту	IP 54
Габаритні розміри, мм	46x108x23
Споживаний струм , мА	60 (24 В)
Дальність розносу фотоелементів, м	10
Діапазон робочих температур, °С	-20 +70



Рисунок 2.7 – Фотоелементи безпеки DIR 10

2.7 Висновки до другого розділу

У цьому розділі відбувається розроблення конструкції електромеханічного приводу для гаражних воріт та електричної схеми для підйомно-поворотних воріт. Також проводиться розробка блоку живлення для цієї системи.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Розрахунок редуктора

Для розробки потрібного черв'ячного редуктора [МРМА23.04.03.000 СК] було проведено розрахунки веденого і ведучого валів.

Основні параметри редуктора:

1. Міжосьова відстань редуктора $A=40$ мм;
2. Частота обертання черв'яка $n_I=1000$ об/хв;
3. Номінальне передаточне число редуктора $U=60$;
4. Потужність на валу черв'яка $N_I=0,15$ кВт;

3.1.1 Розрахунок ведучого вала редуктора

Для визначення підходящого черв'ячного редуктора ми проведемо розрахунки для ведучого та веденого валів.

Розрахунок ведучого вала черв'ячного редуктора ґрунтується на наступних параметрах:

- визначення нерівноважної компоненти сили, яка передається за допомогою втулкової муфти із шпонками, згідно з ГОСТ 24246 – 80.

Відповідно:

$$S_m = k_p \cdot T_1, \quad (3.1)$$

де k_p – коефіцієнт режиму роботи, $k_p=3,5$ [18.табл. 17.1];

T_1 – крутний момент на ведучому валу редуктора, $T_1=14,4$ Нм;

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$S_{m1} = 3.5 \cdot 14,4 = 50,4 \text{ Н},$$

Матеріал вала – сталь 45 нормалізована; $\sigma_{n-r} = 610 \text{ Н/мм}^2$.

Діаметр черв'яка дорівнює $d_1 = 25 \text{ мм}$.

Колове зусилля в зачепленні визначається за формулою:

$$F_{t_1} = \frac{2T_1}{d_1} \quad (3.2)$$

$$F_{t_1} = \frac{2 \cdot 14,4 \cdot 10^3}{25} = 1152 \text{ Н}.$$

Радіальне зусилля в зачепленні знаходиться за виразом:

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \text{tg}L, \quad (3.3)$$

де L – профільний кут в осьовому перерізі шнека: $L = 20^\circ$;

$$F_{r_1} = F_{t_1} \cdot \text{tg}20^\circ \quad (3.4)$$

$$F_{r_1} = 1152 \cdot 0,364 = 419,3 \text{ Н}.$$

Осьове зусилля в зачепленні визначається наступним чином:

$$F_{a1} = F_{t2} = 1240 \text{ Н}.$$

Горизонтальна площина рівняється:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$\sum M_{Ax} = -F_{r1} \cdot 60 + F_{a1} \cdot 12,5 + R_{Bx} \cdot 125 = 0;$$

$$R_{Bx} = \frac{F_{r1} \cdot 60 - F_{a1} \cdot 12,5}{125} = \frac{419,3 \cdot 60 - 1240 \cdot 12,5}{125} = 77,3 \text{ Н.}$$

$$\sum M_{Bx} = -R_{Ax} \cdot 125 + F_{r1} \cdot 60 + F_{ax} \cdot 12,5 = 0;$$

$$R_{Ax} = \frac{F_{r1} \cdot 65 - F_{a1} \cdot 12,5}{125} = \frac{419,3 \cdot 60 + 1240 \cdot 12,5}{125} = 342 \text{ Н.}$$

Перевірка: $\sum X=0$; $R_{Ax} - F_{r1} + R_{Bx} = 0$.

Вертикальна площина знаходиться із:

$$\sum M_{Ay} = F_{t1} \cdot 60 - R_{By} \cdot 125 - S_{m1} \cdot 195 = 0$$

$$R_{By} = \frac{F_{t1} \cdot 60 - S_{m1} \cdot 195}{125} = \frac{1152 \cdot 60 - 50,4 \cdot 195}{125} = 474,3 \text{ Н.}$$

$$\sum M_{By} = R_{Ay} \cdot 125 - F_{r1} \cdot 65 - S_{m1} \cdot 70 = 0;$$

$$R_{Ay} = \frac{F_{r1} \cdot 65 + S_{m1} \cdot 70}{125} = \frac{1152 \cdot 65 + 50,4 \cdot 12,5}{125} = 627,3 \text{ Н.}$$

Перевірка:

$$\sum Y=0; -R_{Ay} + F_{t1} - R_{By} - S_{m1} = 0;$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68

Згинальні моменти в горизонтальній площині дорівнюють:

$$Z=0 \quad M_z^{\wedge} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=60 \quad M_z^{\wedge} = R_{Ax} \cdot 60 = 342 \cdot 60 = 20520 \text{ (Н мм)};$$

$$M_z^{np} = R_{Bx} \cdot 65 = 77,3 \cdot 65 = 5024,5 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=125 \quad M_z^{\wedge} = R_{Ax} \cdot 125 - F_{\eta_1} \cdot 65 - F_{a_1} \cdot 12,5 = 342 \cdot 125 - 419,3 \cdot 65 - \\ -1240 \cdot 12,5 = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=195$$

$$M_z^{\wedge} = R_{Ax} \cdot 195 - F_{\eta_1} \cdot 135 + R_{Bx} \cdot 70 - F_{a_1} \cdot 12,5 = 342 \cdot 195 - 419,3 \cdot 135 + \\ + 77,3 \cdot 70 - 1240 \cdot 12,5 = 0 \text{ (Н мм)}.$$

Згинальні моменти в вертикальній площині рівняються:

$$Z=0 \quad M_z^{\wedge} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=60 \quad M_z^{\wedge} = -R_{Ay} \cdot 60 = -627,3 \cdot 60 = -37638 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=125 \quad M_z^{\wedge} = -R_{Ay} \cdot 125 + F_{t1} \cdot 65 = 627,3 \cdot 125 + 1152 \cdot 65 = -3532,5 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=195 \quad M_z^{\wedge} = -R_{Ay} \cdot 195 - F_{t1} \cdot 135 - R_{By} \cdot 70 = -627,3 \cdot 195 + 1152 \cdot 135 - \\ -474,3 \cdot 70 = 0 \text{ (Н мм)}.$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Сумарні моменти знаходяться із:

$$M_I = \sqrt{M_{I_x}^2 + M_{I_y}^2} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{II} = \sqrt{M_{II_x}^2 + M_{II_y}^2} = \sqrt{(20520)^2 + (-37638)^2} = 42868,3 \text{ (Н мм)};$$

$$M'_{II} = \sqrt{(M'_{II_x})^2 + (M'_{II_y})^2} = \sqrt{(50520)^2 + (-37638)^2} = 37971,9 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{III} = \sqrt{M_{III_x}^2 + M_{III_y}^2} = \sqrt{(0)^2 + (-3532,5)^2} = 3532,5 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{IV} = \sqrt{M_{IV_x}^2 + M_{IV_y}^2} = 0 \text{ (Н мм)}.$$

Еквівалентні моменти рівняються:

$$M_I^{екв} = \sqrt{T_1^2 + M_I^2} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{II}^{екв} = \sqrt{T_1^2 + M_{II}^2} = \sqrt{(14400)^2 + (42868,3)^2} = 45222,2 \text{ (Н мм)};$$

$$M'_{III}^{екв} = \sqrt{T_1^2 + M_{III}^2} = \sqrt{(14400)^2 + (37971,9)^2} = 40610,7 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{III}^{екв} = \sqrt{T_1^2 + M_{III}^2} = \sqrt{(14400)^2 + (3532,5)^2} = 14827 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{IV}^{екв} = \sqrt{T_1^2 + M_{IV}^2} = 14400 \text{ (Н мм)}.$$

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Діаметр вала-черв'яка дорівнює:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1[\sigma_{-1}]}} \quad (3.5)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{45222,2}{0,1 \cdot 50}} = 20,835 \text{ мм.}$$

Враховуючи послаблення перерізу шпоночною канавкою, було збільшено розрахунковий діаметр приблизно на 10 відсотків і прийнято остаточно по ГОСТ 6636-69 [18, табл. 13.1] діаметр вала-шнека:

$$d=20,835+2,0835=22,9185 \text{ мм,}$$

прийнято $d=26$ (мм).

Діаметр вихідного кінця валу дорівнює:

$$d_K = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,2[\tau]}} \quad (3.6)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{14400}{0,2 \cdot 30}} = 13,39 \text{ мм.}$$

Враховуючи послаблення перерізу шпоночною канавкою, було збільшено розрахунковий діаметр приблизно на 10 відсотків і прийнято остаточно по ГОСТ 6636-69 [18, табл. 13.1] діаметр вихідного кінця вала:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$d_k = 13,39 + 1,339 = 14,729 \text{ мм},$$

прийнято $d_k = 15$ мм.

Прийнято діаметри під підшипниками $d_{II} = 25$ мм (діаметр повинен бути меншим, ніж $d = 26$ мм, але більшим $d_k = 15$ мм для вільного проходу підшипника).

Було прийнято діаметр буртика $d_B = 34$ мм (діаметр повинен бути більшим, ніж діаметр $d = 26$ мм на дві висоти заплечників $2h = 2 \cdot 4 = 8$ мм.

Границі витривалості сталі Ст. 45 при згині дорівнюють:

$$\sigma_{-1} \approx 0,43 \cdot \sigma_{n-r} \quad (3.7)$$

$$\sigma_{-1} = 0,43 \cdot 610 = 262,3 \text{ (Н/мм}^2\text{)},$$

при крученні визначаються:

$$\tau_{-1} \approx 0,58 \cdot \sigma_{-1} \quad (3.8)$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot 262,3 = 152,1 \text{ (Н/мм}^2\text{)},$$

Нормальні напруження для перерізу під черв'яком знаходяться:

$$\sigma_a = \sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W} \quad (3.9)$$

$$\sigma_a = \frac{42868,3}{1426,8} = 30,05 \text{ (Н/мм}^2\text{)},$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де

$$W = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{2d} \quad [18, \text{табл. 13.2}]. \quad (3.10)$$

Для $d=26$ мм по ГОСТ 8788-68 визначається ширина канавки $b=8$ мм, а глибина $t=4$ мм.

$$W = \frac{\pi 26^3}{32} - \frac{8 \cdot 4(26-4)^2}{226} = 1426,8 \text{ мм}^3.$$

Коефіцієнти, що враховують вплив постійної складової циклу для середньо вуглецевих сталей визначаються [18.табл. 13.4]:

$$\psi_\sigma = 0,2 \text{ і } \psi_\tau = 0,1.$$

Коефіцієнти запасу міцності по нормальним напруженням складає:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \tau_m} \quad (3.11)$$

$$n_\sigma = \frac{262,3}{\frac{1,75}{0,856} \cdot 30,05 + 0,2 \cdot 0} = 4,47$$

Коефіцієнти запасу міцності по дотичним напруженням рівняється:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} \cdot \sigma_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} \quad (3.12)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\tau} = \frac{152,1}{\frac{1,5}{0,734} \cdot 2,28 + 0,1 \cdot 2,28} = 33,6$$

Загальні коефіцієнти запасу міцності визначається:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} \quad (4.13)$$

$$n = \frac{4,47 \cdot 33,6}{\sqrt{4,47^2 + 33,6^2}} = 4,43$$

Таким чином, забезпечені міцність і жорсткість.

3.1.2 Розрахунок веденого вала редуктора

Розрахуємо ведений вал черв'ячного редуктора за наступними даними:

– не зрівноважена складова сили, яка передається електромагнітною муфтою фрикційного постійного напруження типу МЕС 1,6/220 складає:

$$S_{m_2} = 0,3 \cdot Ft_2, \quad (3.14)$$

$$S_{m_2} = 0,3 \cdot 1240H = 372 \text{ (H)},$$

$$\sigma_T = 360 \text{ (H/мм}^2\text{)}.$$

Матеріал вала виготовлено із сталі 45 нормалізованої; $-\sigma_{nc} = 610 \text{ H/мм}^2$.

Діаметр ділительного черв'ячного колеса складає $d_2 = 50 \text{ мм}$.

Колове зусилля в зачепленні рівняється:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$F_{t_2} = \frac{2T_2}{d_2} \quad (3.15)$$

$$F_{t_2} = \frac{2 \cdot 31 \cdot 10^3}{50} = 1240 \text{ Н},$$

де T_2 – крутний момент на валу веденому редуктора, $T_2 = 31 \text{ Н}$.

Радіальне зусилля в зачепленні визначається:

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg}L \quad (3.16)$$

$$F_{r1} = 419,3 \text{ Н}.$$

Осьове зусилля в зачепленні складає:

$$F_{a1} = F_{t2} = 1240 \text{ Н}.$$

У горизонтальній площині:

$$\sum M_{AX} = -F_{r2} \cdot 35 + F_{a2} \cdot 25 - R_{BX} \cdot 70 = 0,$$

$$R_{BX} = \frac{F_{r2} \cdot 35 + F_{a2} \cdot 25}{70} = \frac{419,3 \cdot 35 + 1152 \cdot 25}{70} = 621 \text{ Н},$$

$$\sum M_{Bx} = -R_{Ax} \cdot 70 - F_{r2} \cdot 35 + F_{ax} \cdot 25 = 0,$$

$$R_{Ax} = \frac{-F_{r2} \cdot 35 + F_{a2} \cdot 25}{70} = \frac{-419,3 \cdot 35 + 1152 \cdot 25}{70} = 201,7 \text{ Н}.$$

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк. 75
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Перевірка показує: $\Sigma X=0$; $R_{Ax} + F_{t_2} - R_{Bx} = 0$.

У вертикальній площині:

$$\Sigma M_{Ay} = -F_{t_2} \cdot 35 - R_{By} \cdot 70 + S_{m_1} \cdot 150 = 0,$$

$$R_{By} = \frac{-F_{t_2} \cdot 35 + S_{m_2} \cdot 150}{70} = \frac{-1240 \cdot 35 + 372 \cdot 150}{70} = 177,1 \text{ Н};$$

$$\Sigma M_{By} = -R_{Ay} \cdot 70 + F_{t_2} \cdot 35 + S_{m_2} \cdot 80 = 0;$$

$$R_{Ay} = \frac{F_{t_2} \cdot 35 + S_{m_2} \cdot 80}{70} = \frac{1240 \cdot 35 + 372 \cdot 80}{70} = 1045,1 \text{ Н}.$$

Перевірка показує:

$$\Sigma Y=0; \quad -R_{Ay} - F_{t_2} - R_{By} + S_{m_2} = 0.$$

Згинальні моменти в горизонтальній площині рівняються:

$$Z=0 \quad M_z^{\wedge} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=80 \quad M_z^{\wedge} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=115 \quad M_z^{\wedge} = R_{Ax} \cdot 35 = 201,7 \cdot 35 = 7059,5 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=115 \quad M_z^{np} = -R_{Bx} \cdot 35 = -621 \cdot 35 = -21735 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=150 \quad M_z^{\wedge} = R_{Ax} \cdot 70 + F_{r_2} \cdot 35 - F_{a_2} \cdot 25 = 201,7 \cdot 70 + 419,3 \cdot 35 -$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
76

$$-1152 \cdot 25 = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=230$$

$$M_z^{\wedge} = R_{Ax} \cdot 150 + F_{t2} \cdot 115 - R_{Bx} \cdot 80 - F_{a2} \cdot 25 = 201,7 \cdot 150 + 419,3 \cdot 115 - \\ -621 \cdot 80 - 1152 \cdot 25 = 0 \text{ (Н мм)}.$$

Згинальні моменти в вертикальній площині рівняються:

$$Z=0 \quad M_z^{\wedge} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=80 \quad M_z^{\wedge} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=115 \quad M_z^{\wedge} = R_{Ay} \cdot 35 = 1045,1 \cdot 35 = 36578,5 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=150 \quad M_z^{\wedge} = R_{Ay} \cdot 70 - F_{t2} \cdot 35 = 1045,1 \cdot 70 - 1240 \cdot 35 = 29757 \text{ (Н мм)};$$

$$Z=230 \quad M_z^{\wedge} = R_{Ay} \cdot 150 - F_{t2} \cdot 115 - R_{By} \cdot 80 = 1045,1 \cdot 150 - 1240 \cdot 115 - \\ -177,1 \cdot 80 = 0 \text{ (Н мм)}.$$

Сумарні моменти рівні:

$$M_I = \sqrt{M_{Ix}^2 + M_{Iy}^2} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{II} = \sqrt{M_{IIx}^2 + M_{IIy}^2} = 0 \text{ (Н мм)};$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$M_{III} = \sqrt{M_{III_x}^2 + M_{III_y}^2} = \sqrt{(7059,5)^2 + (36578,5)^2} = 37254 \text{ (Н мм)};$$

$$M'_{III} = \sqrt{(M'_{III_x})^2 + (M'_{III_y})^2} = \sqrt{(-21735)^2 + (36578)^2} = 42548,7 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{IV} = \sqrt{M_{IV_x}^2 + M_{IV_y}^2} = \sqrt{(0)^2 + (29757)^2} = 29757 \text{ (Н мм)};$$

$$M_V = \sqrt{M_{V_x}^2 + M_{V_y}^2} = 0 \text{ (Н мм)}.$$

Еквівалентні моменти складають:

$$M_I^{екв} = \sqrt{T_2^2 + M_I^2} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{II}^{екв} = \sqrt{T_2^2 + M_{II}^2} = 0 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{III}^{екв} = \sqrt{T_2^2 + M_{III}^2} = \sqrt{(31000)^2 + (37254)^2} = 48465 \text{ (Н мм)};$$

$$M'_{III}^{екв} = \sqrt{T_2^2 + M'_{III}^2} = \sqrt{(31000)^2 + (42548,7)^2} = 52644 \text{ (Н мм)};$$

$$M_{IV}^{екв} = \sqrt{T_2^2 + M_{IV}^2} = \sqrt{(31000)^2 + (29757)^2} = 42970 \text{ (Н мм)};$$

$$M_V^{екв} = \sqrt{T_1^2 + M_V^2} = \sqrt{(31000)^2 + (0)^2} = 31000 \text{ (Н мм)}.$$

Діаметр вала під колесом рівняється:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		78

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1[\sigma_{-1}]_{32}}} \quad (4.17)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{52644}{0,1 \cdot 50}} = 21,92 \text{ мм.}$$

Враховуючи послаблення перерізу шпонковою канавкою, було збільшено розрахунковий діаметр приблизно на 10 відсотків і прийнято остаточно по ГОСТ 6636-69 [18, табл. 13.1] діаметр під колесом:

$$d = 21,92 + 2,192 = 24,1 \text{ (мм),}$$

прийнято $d = 40$ (мм).

Діаметр вихідного кінця валу рівняється:

$$d_K = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,2[\tau]}} \quad (3.18)$$

$$d_K = \sqrt[3]{\frac{31000}{0,2 \cdot 30}} = 17,3 \text{ (мм).}$$

Враховуючи послаблення перерізу шпоночною канавкою, було збільшено розрахунковий діаметр приблизно на 10 відсотків і прийнято остаточно по ГОСТ 6636-69 [18, табл. 13.1] діаметр вихідного кінця валу:

$$d_K = 17,3 + 1,73 = 19,03 \text{ мм,}$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		79

прийнято $d_k=24$ мм.

Прийнято діаметри під підшипниками $d_{II}=30$ мм (діаметр повинен бути меншим, ніж $d=40$ мм, але більшим $d_k=24$ мм для вільного проходу підшипника).

Прийнято діаметр ділянки вала між вихідним кінцем і посадочним місцем під підшипник $d_{k-n}=26$ мм (діаметр повинен бути меншим, ніж діаметр $d_{II}=30$ для вільного проходу підшипників).

Прийнято діаметр буртика $d_B=56$ мм і діаметр повинен бути більшим, ніж діаметр $d=26$ мм на ДВІ висоти заплечників $2h=2 \cdot 8=16$ мм.

Нормальні напруження для перерізу під черв'яком визначаються наступним чином:

$$\sigma_a = \sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W} \quad (3.19)$$

$$\sigma_a = \frac{42548,7}{5361} = 7,94 \text{ Н/мм}^2,$$

де

$$W = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{bt(d-t)^2}{2d} \quad (3.20)$$

Для діаметра $d=40$ мм по ГОСТ 8788-68 ширина канавки $b=12$ мм, а глибина $t=5$ мм:

$$W = \frac{\pi 40^3}{32} - \frac{12 \cdot 5(40-5)^2}{2 \cdot 40} = 5361,24 \text{ мм}^3.$$

Коефіцієнти запасу міцності по нормальним напруженням визначається:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \tau_m}, \quad (3.21)$$

$$n_{\sigma} = \frac{262,3}{\frac{1,75}{0,856} \cdot 7,94 + 0,2 \cdot 0} = 16.$$

Коефіцієнт запасу міцності по дотичним напруженням розраховується за:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{R_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}, \quad (3.22)$$

$$n_{\tau} = \frac{152,1}{\frac{1,50}{0,85} \cdot 1,33 + 0,10 \cdot 1,33} = 61,3.$$

Загальний коефіцієнт запасу міцності складає:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}}, \quad (3.23)$$

$$n = \frac{16 \cdot 61,3}{\sqrt{16^2 + 61,3^2}} = 15,48.$$

Таким чином, забезпечені міцність і жорсткість.

Перевірка по двократних перевантаженнях.

Максимальні напруження по двократних перевантаженнях складають:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		81

$$\sigma_{\max} = 2 \cdot 7,94 = 15,88 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\tau_{\max} = 2 \cdot 2,66 = 5,32 \text{ Н/мм}^2.$$

Коефіцієнт запасу по опору пластичним деформаціям складають:

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sqrt{\sigma_{\max}^2 + 4(\tau_{\max})^2}}, \quad (3.24)$$

$$n_T = \frac{360}{\sqrt{15,88^2 + 4 \cdot (5,32)^2}} = 18,83.$$

Цей коефіцієнт запасу є також достатнім.

3.2 Визначення основних розмірів елементів та матеріалів

Після аналізу існуючих аналогів та визначення з конструкціями воріт, ми вибрали власний варіант дизайну, матеріалів, розмірів та визначили потрібну кількість матеріалу.

Для рами дверного проїому обрано швелер № 20 (200×76×5,2) згідно з ГОСТ 8509-72, стандартної точності.

Як матеріал для обшивки дверей вибрано сталевий лист бюджетного варіанту відповідно до сталі Ст5 (за ГОСТ 7380-71), товщиною 3 мм.

Необхідно також визначити кількість використовуваного матеріалу. Розміри стулок воріт мають бути більшими за розміри дверного проїому для повного покриття з додатковим запасом. За розмірами дверного проїому 2×2,5 м, конструктивно встановлюємо розміри стулок воріт як 2560×2110 мм.

Для виготовлення стулок воріт визначаємо розміри та кількість кутників № 5:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- дві поперечини довжиною 2560 мм;
- чотири стійки розміром 2110 мм.

Розміри обшивки воріт обрано трохи менші, ніж розміри стулок, а саме 2535×2085 мм, для забезпечення щільного прилягання до рами дверного проїому.

3.3 Визначення орієнтовної маси воріт

Маса створок воріт знаходиться із залежності:

$$M_1 = m_k + m_n + m_p, \quad (3.25)$$

де m_k - сумарна маса кутників, які було використано;

$$m_k = m_{1m} \cdot (n \cdot l_n + l_{cm}), \quad (3.26)$$

де $m_{1m} = 1,65$ кг – маса одного метра кутника;

$l_n = 2,560$ м – довжина кутника, який взято на поперечину (потрібно дві 2);

$l_{cm} = 2,110$ м – довжина кутників, які використано на стійки (є потреба принаймні у чотирьох стійках);

$$m_k = 1,65 \cdot (2 \cdot 2,560 + 4 \cdot 2,110) = 20,72 \text{ кг};$$

m_n – маса сталюого листа, який потрібний для обшивання гаражних воріт;

$$m_n = a \cdot b \cdot s \cdot \rho, \quad (3.27)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де $a = 2,535$ – довжина сталюого листа;

$s = 0,002$ – товщина сталюого листа;

$b = 2,085$ – висота сталюого листа;

$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ – густина матерiалу, Ст.5;

$m_p = 1,5 \text{ кг}$ – маса ролика (є потреба у чотирьох роликах);

$$m_d = 2,535 \cdot 2,085 \cdot 0,002 \cdot 7800 = 66,19 \text{ кг};$$

$$M_1 = 20,72 + 66,19 + 6 = 92,91 \approx 93 \text{ кг}.$$

3.4 Розрахунок конструкції направляючих

Ця конструкція ворiт включає направляючі (див. рис.3.1). Для виготовлення направляючих використовуємо швелери з гарячекатаної сталi вiдповiдно до ГОСТ 8240-72. Нахил бокових граней швелерiв обмежується 10%, що вiдповiдає нахилу робочої поверхнi роликiв гаражних ворiт, також регулюючись на рiвнi 10%.

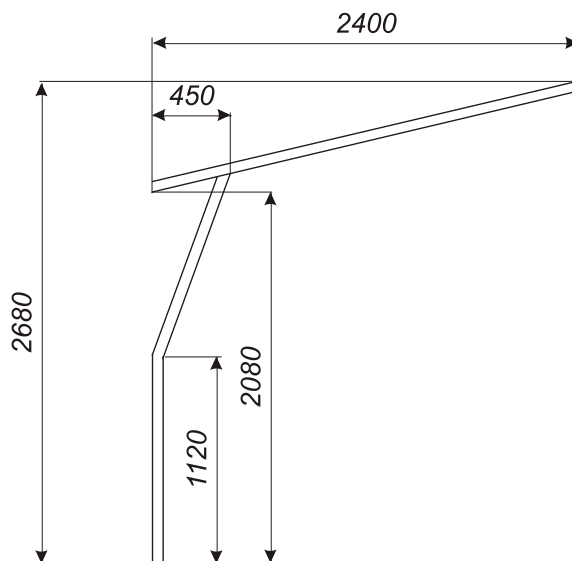


Рисунок 3.1 – Направляюча створок

Зм.	Арк.	№докум.	Пiдпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
84

3.5 Розрахунок маси противаги та визначення її конструкції

Масу противаги розраховуємо взявши за основу роботу, яка виконується при переміщенні центру ваги створом гаражних воріт з нижнього крайнього положення воріт у верхнє крайнє положення та роботу, яка виконується при опусканні противаги (рис.3.2).

Складемо рівняння:

$$\Delta h_{cm} \cdot M_1 \cdot g = \Delta h_{np} \cdot M_2 \cdot g, \quad (3.28)$$

Звідси випливає

$$M_2 = \frac{\Delta h_{cm} \cdot M_1 \cdot g}{\Delta h_{np} \cdot g}, \quad (3.29)$$

де $\Delta h_{cm} = 1,320\text{м}$ – величина переміщення центру ваги створом воріт;

$\Delta h_{np} = 2,230\text{м}$ – величина переміщення центру ваги противаги;

$$M_2 = \frac{1,320 \cdot 93}{2,230} = 56 \text{ кг.}$$

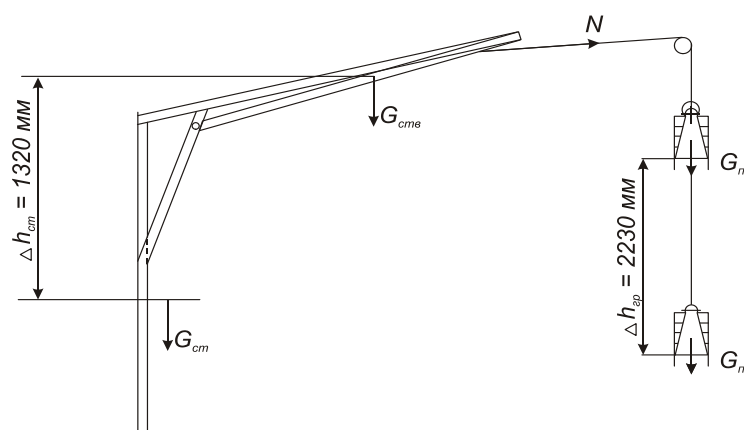


Рисунок 3.2 – Схема розрахунку переміщення створок гаражних воріт і противаги

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

3.5.1 Маса несучої конструкції противаги визначається:

$$m_{\text{констр}} = m_{\text{осн}} + m_{\text{кр}} + m_{\text{к}} + m_{\text{ст}}, \quad (3.30)$$

де $m_{\text{осн}}$ – маса основи конструкції;

$$m_{\text{осн}} = m_{\text{шв}} \cdot l_{\text{шв}}, \quad (3.31)$$

де $m_{\text{шв}} = 18,4 \text{ кг}$ – маса одного метра швелера № 20;

$l_{\text{шв}} = 1,2 \text{ м}$ – довжина швелера;

$$m_{\text{осн}} = 18,4 \cdot 1,2 = 22,08 \text{ кг};$$

$m_{\text{кр}}$ – маса кронштейна;

$$m_{\text{кр}} = F \cdot s \cdot \rho, \quad (3.32)$$

де $F = 0,0594 \text{ м}^2$ – площа кронштейна; розрахунок площі кронштейна здійснюється, як розрахунок площі трапеції з основами 200 мм та 46 мм та висотою 450 мм;

$$F_{\text{кр}} = \frac{(0,2 + 0,064)}{2} \cdot 2 \cdot 0,45 = 0,0594 \text{ м}^2,$$

де $s = 0,003 \text{ м}$ – товщина кронштейна;

$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ – густина матеріалу кронштейна (сталь Ст.3);

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$m_{кр} = 0,0594 \cdot 0,003 \cdot 7800 = 1,39 \text{ кг};$$

де m_k – маса косинок, кг;

$$m_k = a \cdot b \cdot s \cdot \rho \cdot n \quad (3.33)$$

де $a=150\text{мм}$ – ширина косинки (рисунок 3.3);

$n=2$ – кількість косинок;

$b=300\text{м}$ – довжина косинки;

$$m_k = 0,30 \cdot 0,15 \cdot 0,003 \cdot 7800 \cdot 2 = 1,404 \text{ кг},$$

$$m_{см} = \pi R^2 \cdot l_{см} \cdot n \cdot \rho, \quad (3.34)$$

де $m_{см}$ – маса стійок;

$R^2=0,005\text{м}$ – радіус стійки;

$l_{см} = 0,35\text{м}$ – довжина стійки;

$n = 8$ – кількість стійок;

$$m_{см} = 3,14 \cdot 0,005^2 \cdot 0,35 \cdot 8 \cdot 7800 = 0,85 \text{ кг};$$

$$m_{констр} = 22,08 + 1,85 + 1,404 + 0,85 = 26,18 \text{ кг}.$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

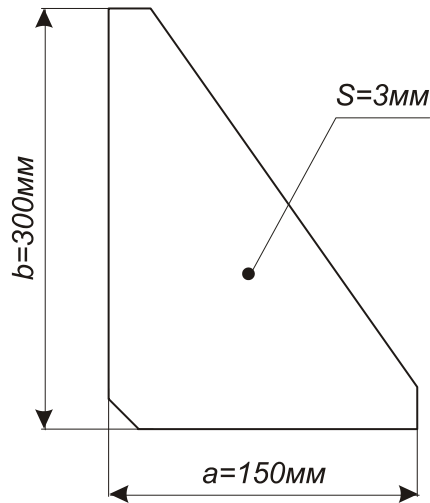


Рисунок 3.3 – Креслення косинки

3.5.2 Маса та розміри вантажу

Сумарна маса вантажу визначається за формулою:

$$\sum m_{mp} = M_2 - m_{констр} ; \quad (3.35)$$

$$\sum m_{mp} = 56 - 26,18 = 29,82 \approx 30 \text{ кг.}$$

Маса одиниці вантажу розраховується із виразу:

$$m_b = a \cdot b \cdot h \cdot \rho, \quad 3.36$$

де $a = 0,2\text{м}$ – ширина вантажу;

$h = 0,02\text{м}$ – висота вантажу;

$b = 0,43\text{м}$ – довжина вантажу;

$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ – густина матеріалу (сталь Ст.5);

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
88

$$m_b = 0,2 \cdot 0,43 \cdot 0,02 \cdot 7800 = 13,42 \text{ кг.}$$

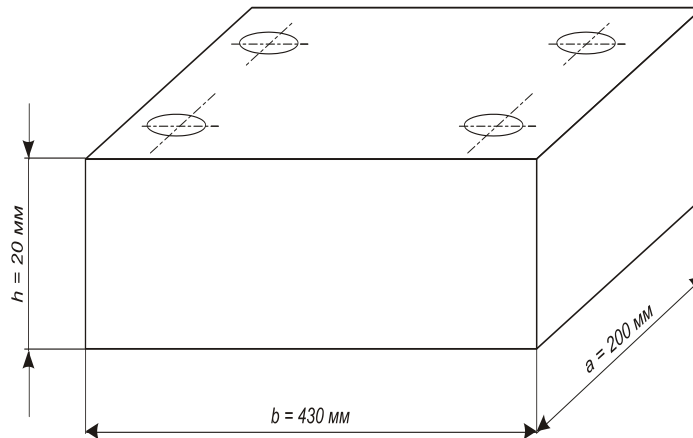


Рисунок 3.4 – Конструкція вагів

Визначення кількості одиниць ваги:

$$n = \Sigma m_B \div m_b = 30 \div 13,42 = 2,23 \text{ шт,}$$

тобто є потреба у $n_{np}=3$ шт, вагах ця необхідність враховує сили тертя, що виникають між роликами створок воріт та напрямними, та іншими існуючими навантаженнями.

3.6 Силовий розрахунок механізму

Силовий аналіз проводимо з метою встановлення усіх сил, що впливають на ключові компоненти механізму, для вибору відповідних матеріалів, які забезпечать його надійність. У цьому контексті ми розраховуємо зусилля на канаті, які необхідні для відкриття гаражних дверей, а також переглядаємо масу.

Обчислюємо зусилля у п'яти основних положеннях.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Положення 1:

На схемі ілюструємо положення ступок у цій позиції та сили, що на них діють (див. рис.3.5). Вказуємо величини важелів, які потрібні для розрахунку моменту, в масштабі 1:8.

Силовий розрахунок проводиться з метою визначення всіх сил, які діють на важливі ланки механізму, щоб врахувати необхідні матеріали.

Матеріали, які б забезпечували надійність. В даному випадку визначаємо зусилля на канаті, які необхідно прикласти для відкривання гаражних дверей, а також від уточнення маси.

Зусилля розраховуємо в п'яти основних положеннях.

Положення 1

Схематично показуємо положення створок в даному положенні та сили, які діють (рис.3.5). Значення величини плеч необхідних для розрахунку моменту при масштабі μ (1:8);

$$h_{Rb1} = 28 \cdot 8 = 224 \text{ мм};$$

$$h_{F1} = 95 \cdot 8 = 760 \text{ мм};$$

$$h = l_h \cdot \mu,$$

де l_h - довжина плеча F_i на кресленні, мм.

Рівняння рівноваги сил відносно вісі x:

$$\Sigma X = -R_B \cdot \cos 77,5^0 + F \cdot \cos 10^0 - R_a. \quad (3.37)$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Рівняння рівноваги сил відносно вісі Y:

$$\Sigma Y = R_B \cdot \sin 77,5^0 + F \cdot \sin 10^0 - G = 0. \quad (3.38)$$

Рівняння рівноваги моментів відносно точки A₁:

$$\Sigma M_{A_1} = R_B \cdot 224 - F \cdot 760 = 0 \quad (3.39)$$

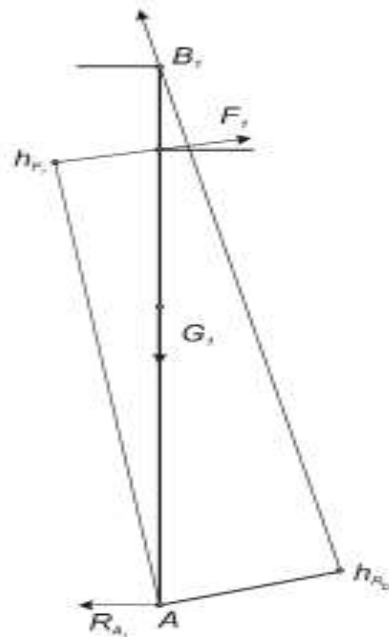


Рисунок 3.5 – Схема прикладення сил до ланки в положенні 1

З рівнянь 3.38 та 3.39 було знайдено чому дорівнюють реакції R_B:

$$R_B \cdot 0,98 + F \cdot 0,17 - 911,4 = 0; \quad (3.40)$$

$$R_B = \frac{-F \cdot 0,17 + 911,4}{0,98}. \quad (3.41)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Прирівнявши рівняння 3.40 та 3.41 між собою було знайдено зусилля натягу канату в даному положенні, яке потрібно прикласти для початку відкривання дверей:

$$R_B = \frac{F \cdot 760}{224} = \frac{-F \cdot 0,17 + 911,4}{0,98} \quad (3.42)$$

$$F \cdot 760 \cdot 0,98 = (-F \cdot 0,017 + 911,4) \cdot 224$$

$$F \cdot 44,8 = -F \cdot 38,08 + 204153,6$$

$$F = \frac{204153,6}{784,8 + 38,08} = 260,77(H) \approx 27 \text{ (кг)}.$$

Положення 2 (рисунок 3.6):

$$h_{G_2} = 65 \cdot 8 = 520 \text{ (мм)};$$

$$h_{F_2} = 177 \cdot 8 = 1416 \text{ (мм)};$$

$$h_{R_{B2}} = 163 \cdot 8 = 1304 \text{ (мм)}.$$

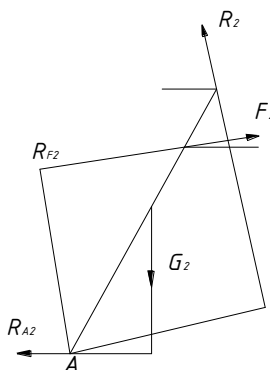


Рисунок 3.6 – Схема прикладення сил до ланки в положенні 2

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
92

Рівняння рівноваги сил відносно вісі X та Y:

$$\Sigma X = -R_{A2} - R_{B2} \cdot \cos 77,5^\circ + F_4 \cdot \cos 8,5^\circ; \quad (3.43)$$

$$\Sigma Y = -G + R_{B4} \cdot \sin 77,5^\circ + F_4 \cdot \sin 8,5^\circ.$$

Рівняння моментів ланки відносно точки A₂:

$$\Sigma M_{A2} = -G_2 \cdot 520 + R_{B2} \cdot 1304 - F_2 \cdot 1416. \quad (3.44)$$

Складена система рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} -R_{A2} + R_{B2} \cdot 0,22 - F_2 \cdot 0,99 = 0; \end{array} \right. \quad (3.45)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -G_2 + R_{B2} \cdot 0,97 + F_4 \cdot 0,15 = 0; \end{array} \right. \quad (3.46)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -G_2 \cdot 520 + R_{B2} \cdot 1304 - F_2 \cdot 1416 = 0. \end{array} \right. \quad (3.47)$$

З рівнянь 3.21 та 3.46 визначається реакцію R_{B2}:

$$R_{B2} = \frac{G_2 - F_2 \cdot 0,15}{0,97}; \quad (3.48)$$

$$R_{B2} = \frac{G_2 \cdot 520 + F_2 \cdot 1416}{1304}. \quad (3.49)$$

Здійснюємо прирівнювання рівнянь між собою, та знаходимо зусилля, яке потрібно прикласти в даному положенні:

$$R_{B2} = \frac{G_2 - F_2 \cdot 0,15}{0,97} = \frac{G_2 \cdot 520 + F_2 \cdot 1416}{1304}; \quad (3.50)$$

$$1304 \cdot (G_2 - F_2 \cdot 0,15) = 0,97 \cdot (G_2 \cdot 520 + F_2 \cdot 1416);$$

$$1304 \cdot G_2 - 195,6 \cdot F_2 = 504,4 \cdot G_2 + 1373,52 \cdot F_2;$$

$$F_2 = \frac{1304 \cdot 911,4 - 504,4 \cdot 911,4}{1373,52 + 195,6} = 464,44(H) \approx 47 \text{ кг.}$$

Положення 3 (рисунок 3.7)

$$h_{F3} = 127 \cdot 8 = 1016 \text{ мм};$$

$$h_{G3} = 97 \cdot 8 = 776 \text{ мм.}$$

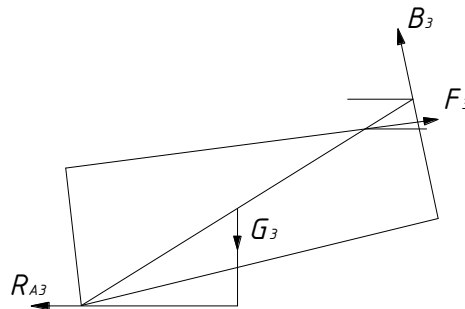


Рисунок 3.7 – Схема прикладення сил до ланки в положенні 3

Рівняння рівноваги сил відносно вісі X та Y:

$$\Sigma X = -R_B \cdot \cos 77,5^\circ + F \cdot \cos 7^\circ - R_A; \quad (3.51)$$

$$\Sigma Y = R_B \cdot \sin 77,5^\circ + F \cdot \sin 7^\circ - G = 0. \quad (3.52)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
94

Рівняння моментів відносно точки A_3 :

$$\Sigma M = -G \cdot 776 - F \cdot 1016 + R_B \cdot 1808 = 0. \quad (3.53)$$

З рівнянь 3.52 та 3.53 можна знайти реакцію R_{B3} :

$$R_{B3} = \frac{-F \cdot 0,12 + 911,4}{0,97} \quad (3.54)$$

$$R_{B3} = \frac{911,4 \cdot 776 + F \cdot 101,6}{1808}. \quad (3.55)$$

Якщо виконати прирівнювання рівнянь 3.54 та 3.55, то можна визначити зусилля, яке потрібно прикласти в даному положенні.

$$R_{B3} = \frac{911,4 \cdot 776 + F \cdot 1016}{1808} = \frac{-F \cdot 0,12 + 911,4}{0,97}; \quad (3.56)$$

$$0,97 \cdot (911,4 \cdot 776 + F \cdot 1016) = 1808 \cdot (-F \cdot 0,12 + 911,4);$$

$$686029 + F \cdot 985,52 = 216,96 \cdot (-F) + 1647811,2;$$

$$F_3 = \frac{1647811,2 - 686029}{985,52 + 216,96} = 800(H) \approx 82 \text{ кг.}$$

Положення 4

$$h_{G4} = 114 \cdot 8 = 912 \text{ мм};$$

$$h_{RB4} = 285 \cdot 8 = 2280 \text{ мм};$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$h_{F_4} = 210 \cdot 8 = 1680 \text{ мм.}$$

Рівняння рівноваги сил відносно X та Y:

$$\sum X = -R_{A_4} \cdot \cos 21,5^\circ - R_{B_4} \cdot \cos 77,5^\circ + F_4 \cdot \cos 5,5^\circ; \quad (3.57)$$

$$\sum Y = -G + R_4 \cdot \sin 21,5^\circ + R_{B_4} \cdot \sin 77,5^\circ + F_4 \cdot \sin 5,5^\circ \quad (3.58)$$

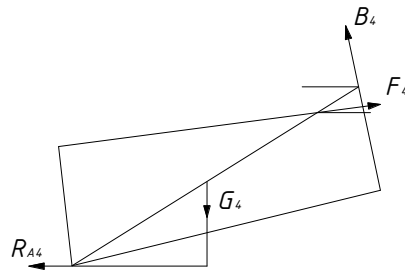


Рисунок 3.8 – Схема прикладення сил до ланки в положенні 4

Рівняння рівноваги моментів відносно A₄:

$$\sum M_{A_4} = -G \cdot 912 - F_5 \cdot 1680 + R_{B_5} \cdot 2280. \quad (3.58)$$

Складена система рівнянь:

$$\begin{cases} -R_{A_5} \cdot 0,93 - R_{B_5} \cdot 0,22 + F_5 \cdot 1 = 0; & (3.59) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -911,4 + R_A \cdot 0,97 + R_{B_5} \cdot 0,98 + F_5 \cdot 0,1 = 0; & (3.60) \end{cases}$$

$$\begin{cases} -830832 - F_5 \cdot 1680 + R_{B_5} \cdot 2280 = 0. & (3.61) \end{cases}$$

З системи рівнянь 3.59 та 3.60 було знайдено R_{A4}:

$$R_{A_4} = \frac{-R_{B_4} \cdot 0,22 + F_4 \cdot 1}{0,93}; \quad (3.62)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$$R_{A4} = \frac{911,4 - R_{B4} \cdot 0,98 - F_4 \cdot 0,1}{0,37}. \quad (3.63)$$

Прирівнявши рівняння 3.62 та 3.63 було знайдено R_{B5} :

$$R_{A4} = \frac{-R_{B4} \cdot 0,22 + F_4 \cdot 1}{0,93} = \frac{911,4 - R_{B4} \cdot 0,98 - F_4 \cdot 0,1}{0,37}; \quad (3.64)$$

$$0,37 \cdot (-R_{B4} \cdot 0,22 + F_4) = 0,93 \cdot (911,4 - 0,98 \cdot R_{B4} - 0,1 \cdot F_4);$$

$$-0,084 \cdot R_{B4} + 0,37 \cdot F_4 = 847,602 - 0,91 \cdot R_{B4} - 0,093 \cdot F_4;$$

$$0,83 \cdot R_{B4} + 0,47 \cdot F_4 - 847,602 = 0 \Rightarrow$$

$$R_{BH} = \frac{-0,47 \cdot F_5 + 847,602}{0,83}.$$

Розраховуємо реакцію R_{B4} з рівняння:

$$R_{B4} = \frac{912 \cdot G + 1680 \cdot F_4}{2280}. \quad (3.65)$$

Перевіривши рівняння було знайдено потрібне зусилля в даному положенні:

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$R_{B4} = \frac{-0,47 \cdot F_5 + 847,602}{0,83} = \frac{912 \cdot G + 1680 \cdot F_4}{2280};$$

$$2280 \cdot (-0,47 \cdot F_4 + 847,602) = 0,83 \cdot (912 \cdot G_4 + 1680 \cdot F_4);$$

$$-1071,6 \cdot F_4 + 1932528 = 756,46 \cdot G_4 + 1394,4 \cdot F_4;$$

$$2466 \cdot F_4 + 756,46 \cdot G_4 - 1932588 = 0;$$

$$2466 \cdot F_4 + 689437 \cdot G_4 - 1932528 = 0;$$

$$F_4 = \frac{1243090,6}{2466} = 504,1(H) \cong 51 \text{ (кг)}.$$

Положення 5 (рисунок 3.9)

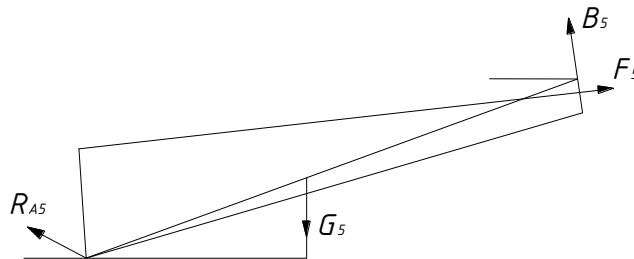


Рисунок 3.9 – Схема прикладення сил до ланки

$$h_{F_5} = 41,5 \cdot 8 = 332 \text{ (мм)};$$

$$h_{RB_5} = 255 \cdot 8 = 2044 \text{ (мм)};$$

$$h_{G_5} = 123 \cdot 8 = 984 \text{ (мм)}.$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
98

Рівняння рівноваги сил відносно X та Y:

$$\sum X = -R_B \cdot \cos 77,5^\circ + F \cdot \cos 4,5^\circ - R_A \cdot \cos 21,5^\circ; \quad (3.66)$$

$$\sum Y = R_B \cdot \sin 77,5^\circ + F \cdot \sin 4,5^\circ - G + R_A \cdot \sin 21,5^\circ. \quad (3.67)$$

Рівняння рівноваги моментів:

$$\sum M_{A5} = -G \cdot 984 - F_5 \cdot 332 + R_{B5} \cdot 2044. \quad (3.68)$$

Складена система рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} -R_B \cdot 0,22 + F \cdot 0,99 - R_A \cdot 0,93 = 0; \end{array} \right. \quad (3.69)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R_B \cdot 0,97 + F_5 \cdot 0,078 - 911,4 + R_A \cdot 0,366 = 0; \end{array} \right. \quad (3.70)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -G \cdot 984 - F_5 \cdot 332 + R_{B5} \cdot 2044 = 0. \end{array} \right. \quad (3.71)$$

З системи рівнянь 4.60 та 4.70 було знайдено R_{A5} :

$$R_{A5} = \frac{-R_{B5} \cdot 0,22 + F_5 \cdot 0,99}{0,93}; \quad (3.72)$$

$$R_{A5} = \frac{-R_{B5} \cdot 0,97 - F_5 \cdot 0,078 + 911,4}{0,366}. \quad (3.73)$$

Прирівнюючи рівняння 3.72 та 3.73 було знайдено R_{B5} :

$$(-R_{B5} \cdot 0,22 + F_5 \cdot 0,99) \cdot 0,366 = 0,93 \cdot (-R_B \cdot 0,97 - F \cdot 0,078 + 911,4);$$

$$-R_{B5} \cdot 0,08 + F_5 \cdot 0,362 = -R_B \cdot 0,9 - F \cdot 0,073 + 847,6;$$

$$-R_{B5} \cdot 0,08 + R_{B5} \cdot 0,9 - F \cdot 0,073 - 0,362 \cdot F + 847,6;$$

$$0,82 \cdot R_{B5} = -0,433 \cdot F_5 + 847,6 \Rightarrow$$

$$R_{B5} = \frac{-0,435 \cdot F + 847,6}{0,82}.$$

Виконавши порівняння рівнянь було знайдено зусилля в 5 положенні.

$$R_{B5} = \frac{G \cdot 984 + F \cdot 332}{2044} = \frac{-0,435 \cdot F + 847,6}{0,82};$$

$$0,82 \cdot (911,4 \cdot 984 + F \cdot 332) = 2044 \cdot (-0,435 \cdot F + 847,6);$$

$$735390,4 + F \cdot 272,274 = -889,14 \cdot F + 1732494,4;$$

$$272,24 \cdot F + 889,14 \cdot F = 1732494,4 - 735390,4 \Rightarrow$$

$$F = 858,55(H) \cong 87,5 \text{ (кг)}.$$

3.7 Розрахунок вала-барабана

Як матеріал для виготовлення вибираємо звичайну якісну сталь, яка відповідає стандартам за своїми властивостями. Барабан оснащено дев'ятьма

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						100
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

нарізними канавками на своїй обоймі, з радіусом канавки 6 мм. Ці канавки підвищують коефіцієнт тертя між тросом каната та поверхнею барабана. Розміри барабана складають діаметр $d = 0,15$ м і ширину $b = 0,06$ м. Барабан є збірним та кріпиться на вал за допомогою гвинта. Елементи барабана з'єднуються вручну за допомогою дугового зварювання відповідно до ГОСТ 5264-80.

Діаметр вала визначається із формули (рис.3.10):

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{M}{k \cdot 10^{-3}}} \quad (3.74)$$

де $M=14,4$ Н м – величина крутного моменту;

k – коефіцієнт, що враховує крутний момент;

$$k = \frac{\pi}{16} \cdot \tau = \frac{3,14}{16} \cdot 28 = 5,495 \text{ (Н/мм}^2\text{)}, \quad (4.75)$$

де $\tau=28$ Н/мм² – допустиме напруження;

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{14,4}{5,495 \cdot 10^{-3}}} = 17 \text{ мм.}$$

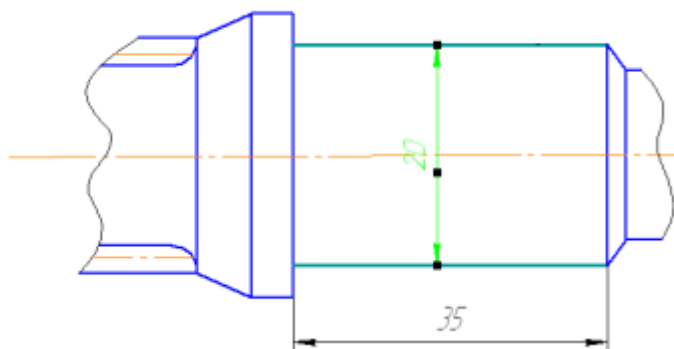


Рисунок 3.10 – Вал

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
101

Було прийнято циліндричний вал $d_b = 20$ мм, (ГОСТ 12080 – 66). Поле допуску циліндричного кінця вала j6.

3.8 Висновки до третього розділу

У цьому розділі виконується розрахунок редуктора, включаючи визначення основних розмірів, матеріалів та приблизної маси воріт.

Також проводиться аналіз конструкції направляючих, обчислення маси контрваги, визначення її конструкції та вала-барабана. Виконується силовий аналіз механізму для забезпечення його ефективної роботи.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						102
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У першому розділі магістерської роботи здійснено огляд та аналіз існуючих технологічних і технічних рішень у даній області. Подано огляд загальних відомостей про електричні приводи, а також розглянуто різні конструкції гаражних воріт та електромеханічних приводів, що лягло в основу їх подальшого вибору.

У другому розділі зосереджено увагу на розробці конструкції електромеханічного приводу для гаражних воріт та відповідної електричної схеми для підйомно-поворотних воріт, а також розроблено блок живлення.

Третій розділ присвячений розрахунку редуктора, включаючи визначення основних параметрів елементів, матеріалів та приблизної маси воріт. Також виконано розрахунок конструкції направляючих, ваги контрваги, її конструкції та вала-барабана, а також проведено силовий аналіз механізму.

У підсумку, розроблено механізм, який відрізняється комфортом, безпекою, економічністю та іншими перевагами. Особливо важливим є автоматичне відкриття гаражних дверей, що демонструє застосування автоматизації у роботі системи.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						103
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Авт. свід. СРСР N 1293310, МІЖ Е 06 В 3/90, опубл. 28.02.87 р., бюл. N8.
2. Патент Швеції N 502938, МПК Е 06 У 3/48, Е 05 F 15/10, 1991 р. і патент Великобританії N 2148367, МПК Е 06 У 3/48, 1984 р.
3. Авт. свід. СРСР N 414397, МІЖ Е 06 У 3/50, опубл. 05.02.74 р., бюл. N 5.
4. Авт. свід. СРСР N 295852, МПК Е 06 У 3/50, опубл. 12.02.71 р., бюл. N 8.
5. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.
6. Електропривод: Підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С, Марченко, П.І. Савченко, О.Ю. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.П Лисенко; За ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Вдавництво «Ліра», 2009. – 504 с.
7. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка. Підручник. – К.: Каравела, 2009. – 425с.
8. Мазепа, С. С. Електрообладнання промислових підприємств : навч. посібник / С. С. Мазепа, Я. Ю. Марущак, А. С. Куцик. - 2-ге вид., стер. - Львів : Магнолія 2006, 2010. - 260 с.
9. Проектування систем автоматизації [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем» /Укладачі: Т. Г. Баган, О. В. Некрашевич; КПП імені Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,89 Мбайт). – Київ : КПП імені Ігоря Сікорського, 2020. – 59 с.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк. 104
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

10. Деталі машин.(КП по ДМ, лабораторні роботи, завдання до виконання СРС і МКР). Навчальний посібник з кредитного модуля для студентів технічних спеціальностей / Укладач Горбатенко Ю.П. – К.: НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», 2019. - 97 с.

11. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

12. Гевко Р. Б. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання : навчальний посібник до лабораторних робіт / Р. Б. Гевко, Н. І. Хомик, О. С. Жаровський, Т. А. Довбуш. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. – 256 с.

13. Основи технології машинобудування. Частина 2. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навч. посіб. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 90 с.

14. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування [Текст] : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

15. Основи електроніки : навч. посіб. / А. С. Васюра, Г. Д. Дорощенко, В. П. Кожем'яко, Г. Л. Лисенко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 197 с.

16. Левитський С.М. Напівпровідникові прилади. Навчальний посібник для студентів радіофізичного факультету. - К.: Видавничий центр “Київський університет”, 2014. – 254с.

17. Малинівський С.М. Загальна електротехніка: Підручник. –Львів: видавництво “Бескид Біт”, 2003. - 640с.

18. Мархель І.І. Деталі машин: Навчальний посібник. – К.: Алерта, 2005. – 368с.

19. Алютех К [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://alutech.ua/ua/informaciya/kak-pravilno-vybrat-razmery-garazhnyh-vorot/>

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк. 105
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

20. Схема воріт [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vorota-center.com.ua/skhema-otkatnykh-vorot/>.

21. Електрик [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.electrician.com.ua>.

22. Автоматика для гаражних воріт [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://i-vorota.com.ua/ua/p50410412-avtomatika-dlya-garazhnyh.html>

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						106
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						107
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		