

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ І МЕХАНОТРОНІКИ

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри ПГМ
_____ Олег ЛЕВЧЕНКО
“ ____ ” _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Автоматизована мобільна платформа для транспортування малогабаритних
вантажів

Виконав : студент 2 курсу, групи МА-21мп
(шифр групи)

Лавренчук Ганна Василівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник Д.т.н., професор Узунов О.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н., доц. Кореньков В.М.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри ПГМ

_____ Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Лавренчук Ганні Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Автоматизована мобільна платформа для транспортування
малогабаритних вантажів

науковий керівник дисертації _____ професор, д.т.н. Узунов О.В.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» листопада 2023 р. №5127-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження процес повороту одновісної платформи під дією сил,
що виникають при відхиленні вантажу від осі рівноваги; процес врівноваження
платформи за допомогою приводу пересування вантажу.

4. Вихідні дані $\alpha_{\max}=0,35$ рад.; $m_{\text{вантаж}}=10\dots 50$ кг.; $c=0,0025\dots 0,125$ м.; розміри
вантажів: $h=0,23$ м.; $b=0,26$ м.; $l=0,38$ м.; розміри платформи: $h=0,04$ м.; $b=0,314$
м.; $l=0,6$ м.;

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Провести розрахунки параметрів
системи; створити модель повороту платформи на основі проведених
розрахунків; провести розрахунок параметрів приводу переміщення вантажу;
змоделювати процес стабілізації платформи приводом переміщення вантажу;
дослідити процеси та проаналізувати їх.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 7 плакатів

7. Орієнтовний перелік публікацій одна публікація

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування	Кореньков В.М., к.т.н., доцент кафедри ТМ		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Огляд автоматизованих платформ. Постановка задач магістерської дисертації.	04.09.2023 - 18.09.2023	Виконала
2.	Проведення силового та геометричних розрахунків параметрів системи в процесі повороту платформи під дією сил.	19.09.2023 - 03.10.2023	Виконала
3.	Побудова математичної моделі процесу повороту платформи під дією сил. Дослідження моделі та аналіз результатів.	04.10.2023 - 05.11.2023	Виконала
4.	Проведення силового розрахунку параметрів приводу, що врівноважує платформу.	06.11.2023 – 12.11.2023	Виконала
5.	Побудова загальної математичної моделі процесу стабілізації платформи. Дослідження моделі та проведення аналізу результатів.	14.11.2023 – 01.12.2023	Виконала
6.	Технологія машинобудування	04.12.2023 – 07.12.2023	Виконала
7.	Безпечна експлуатація та обслуговування об'єкта проектування	08.12.2023 – 13.12.2023	Виконала
8.	Розроблення стартап проекту	14.12.2023 – 18.12.2023	Виконала
9.	Написання висновків та оформлення пояснювальної записки.	19.12.2023 – 26.12.2023	Виконала
10.	Розроблення плакатів.	27.12.2023 – 31.12.2023	Виконала

Студент

_____ (підпис)

Ганна ЛАВРЕНЧУК

Керівник

_____ (підпис)

Олександр УЗУНОВ

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: Автоматизована мобільна платформа для транспортування
малогабаритних вантажів

Київ – 2024 рік

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація на тему: «Автоматизована мобільна платформа для транспортування малогабаритних вантажів», складається із 5-ти розділів, обсяг пояснювальної записки складає 103 сторінки основного тексту, включає в собі 48 рисунків, 28 таблиць та 7 плакатів графічного матеріалу.

Метою роботи є вирішення проблеми стабілізації автоматизованої платформи з вантажем за умови його відхилення від осі рівноваги системи на певну відстань.

Вирішення цієї проблеми дозволяє створити одновісний автоматизований транспорт для перевезення малогабаритних вантажів, що не має аналогів на ринку логістики. Впровадження такого типу платформи дозволяє автоматизувати склади та інші підприємства, що мають в наявності власні складські приміщення.

Щоб досягти поставленої мети в роботі було поставлено наступні задачі:

- Провести силовий та геометричний розрахунки параметрів системи;
- Змодельовати процес повороту платформи та процес роботи приводу стабілізації платформи в середовищі програми «MATLAB Simulink» та на основі моделей проаналізувати ці процеси;
- Створити загальну модель процесу стабілізації платформи та провести аналіз характеру поведінки параметрів системи;
- На основі проведених досліджень провести підсумки роботи.

В першому розділі даної дисертації було проведено огляд існуючих автоматизованих платформ, та вибір приладу, як основу створення досліджуваної платформи. А також сформульовано основні задачі, які необхідно вирішити.

В другому розділі виконали основну частину завдання, а саме створили всі необхідні розрахунки, змодельовали математичні моделі та на основі їх дослідження провели аналіз роботи системи стабілізації.

Об'єктом дослідження є процеси, що виникають при повороті одновісної платформи під дією сил на вантаж, що зміщений від осі рівноваги системи.

Предметом дослідження є залежність кута повороту платформи та часу на компенсацію відхилення при різних масах та початкових відхиленнях вантажу.

Наукова новизна досліджуваного та проектованого об'єкту полягає в створенні унікальної, одновісної, автоматизованої платформи з невеликими габаритними розмірами, така, що зможе переміщувати невеликий товар у важкодоступних місцях для великогабаритної автоматизованої техніки, одночасно з цим розвантажити людський ресурс, який можна спрямувати на інші, важливіші роботи.

Публікації. За темою магістерської дисертації було опубліковано 1 працю, а саме тезу на тему «МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ НЕЗБАЛАНСОВАНОЇ ОДНОВІСНОЇ ПЛАТФОРМИ» Ганна Лавренчук, Олександр Узунов Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ключові слова: одновісна автоматизована платформа, стабілізація платформи, малогабаритний вантаж.

ANNOTATION

The master's thesis on "Automated mobile platform for transportation of small-sized cargo" consists of 5 chapters, the volume of the explanatory note is 103 pages of the main text, includes 48 figures, 28 tables and 7 posters of graphic material.

The aim of this work is to solve the problem of stabilizing an automated platform with a load when it deviates from the system's balance axis by a certain distance.

The solution to this problem allows us to create a single-axle automated transport for the transportation of small-sized cargo, which has no analogues in the logistics market. The introduction of this type of platform allows for the automation of warehouses and other enterprises that have their own storage facilities.

To achieve this goal, the following tasks were set in the work:

- To carry out force and geometric calculations of the system parameters;
- To model the process of platform rotation and the process of platform stabilization drive operation in the MATLAB Simulink program environment and analyze these processes based on the models;
- Create a general model of the platform stabilization process and analyze the behavior of the system parameters;
- Based on the research, summarize the results of the work.

In the first chapter of this thesis, an overview of existing automated platforms was conducted, and the choice of the device as the basis for the creation of the platform under study was made. It also formulated the main tasks to be solved.

In the second chapter, the main part of the task was performed, namely, all the necessary calculations were created, mathematical models were modeled, and based on their study, the stabilization system was analyzed.

The object of study is the processes that occur during the rotation of a uniaxial platform under the action of forces on a load that is displaced from the system's equilibrium axis.

The subject of the study is the dependence of the platform rotation angle and the time to compensate for the deviation at different masses and initial load deviations.

The scientific novelty of the researched and designed object is the creation of a unique, uniaxial, automated platform with small dimensions, such that it can move small goods in places that are difficult to access for large automated equipment, while at the same time relieving human resources that can be directed to other, more important work.

Publications. On the topic of the master's thesis, 1 work was published, namely the thesis on "Modeling the action of an unbalanced single-axis platform" Hanna Lavrenchuk, Oleksandr Uzunov National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Keywords: uniaxial automated platform, platform stabilization, small-sized cargo.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ. ВИБІР ОБ'ЄКТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ, ЙОГО БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ.....	14
1.1 Ознайомлення з найбільш поширеними автоматизованими пристроями, що використовуються в складській логістиці.	14
1.2 Вибір пристрою на основі принципу роботи якого розроблятиметься автоматизована платформа для перевезення малогабаритних вантажів. Принцип роботи та будова обраного пристрою.	22
1.3 Огляд основних пристроїв, що входять в систему гіроборду та забезпечують його коректну роботу.....	25
1.4 Постановка задач, які повинна виконувати модернізована платформа.	32
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ ПЛАТФОРМИ. ЇЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ МОЖЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	34
2.1 Математична модель процесу повороту платформи під дією маси вантажу. Дослідження зміни кута нахилу платформи під дією сил на вантаж, центр маси якого відхилений від осі рівноваги на певну відстань.....	34
2.1.1 Силовий розрахунок системи.....	35
2.1.2 Геометричний розрахунок параметрів системи.....	38
2.1.3 Значення параметрів системи.	40
2.1.4 Створення математичної моделі на основі розрахунків зроблених в пунктах 2.1.1 та 2.1.2 та результати проведених досліджень.	42
2.2 Математична модель руху вантажу по горизонтальній поверхні та по поверхні під кутом до горизонту. Дослідження швидкості руху та сили тяги, яку потрібно прикласти до вантажу.	46
2.3 Математична модель процесу переміщення вантажу по платформі під дією сили тяги, що викликана роботою двигуна та гвинтової пари.	52
2.4 Загальна математична модель процесу стабілізації платформи за допомогою переміщення маси по платформі основуючись на попередніх мат-моделях та дослідженнях.....	53
2.5 Висновки з розділу 2.	65

МД.МА-21мп.007.001.000.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.		Дата
Розробив		Лавренчук Г.В.		
Перевірів		Узунов О.В.		
Рецензент				
Н. Контр.				
Затверд.		Узунов О.В.		
Автоматизована мобільна платформа				
		Лит.	Аркуш	Аркушіє
			9	113
КПІ ім. Ігоря				

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	66
3.1 Вибір матеріалу для виготовлення корпусу та захисних панелей автоматизованої платформи. Його властивості та характеристики.....	66
3.2 Методи виготовлення панелей корпусу платформи з ABS матеріалу	67
3.3 Технологічний процес виготовлення панелей корпусу автоматизованої платформи.....	69
3.4 Висновок з розділу 3.	76
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.	77
4.1 Характеристика об'єкту який розробляється.	77
4.2 Оцінка потенційних небезпек.....	79
4.3 Інструкції по техніці безпеки при експлуатуванні об'єкта проектування та по поводженню на підприємстві де його застосовують.....	81
4.4 Правила дотримання пожежної безпеки.....	83
4.5 Правила поводження з електроприладами	84
4.6 Висновки з розділу 4.	86
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ	87
5.1 Опис ідеї проекту	87
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	89
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап – проекту	91
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	101
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап – проекту	103
5.6 Висновки з розділу 5	108
ВИСНОВКИ.....	108
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	110

ВСТУП

Останніх кілька десятиків років, ледь не щодня в різних інтерв'ю, новинних стрічках, в статтях різного спрямування нам трапляється таке визначення як «логістика». Побачивши це слово на думку одразу спадає щось масштабне, наприклад міжнародні чи внутрішні перевезення. В уяві одразу постає картина, де водій перевозить з пункту «А» в пункт «В» велику кількість вантажу, продукції чи сировини. Але це лише поверхнєве сприйняття цієї галузі. Насправді ж вона має більш широку сферу застосування. Далі дамо їй визначення.

Логістика – це будь-який процес, що пов'язаний з транспортуванням, зберіганням та обробкою будь-яких предметів або інформації. Отже, з цього можемо зробити висновок, що логістика поділяється на три основні види:

Виробнича. Включає в себе переміщення по виробництву деталі чи складальної одиниці, які виготовляють на підприємстві. Від початку обробки сировини чи заготовки до готової продукції чи виробу.

Транспортна. Відповідає за перевезення потрібної кількості товарів, предметів, людей в потрібну точку більш раціональним маршрутом за потрібний час і з найменшими затримками. Цікавий факт, якщо у випадку перевезення товарів та предметів за побудову найкращого маршруту відповідає спеціаліст, тобто логіст, то за найбільш вдалий маршрут для переміщення людини відповідає вона ж сама. Тобто коли нам потрібно дістатись певного пункту призначення в місті, ми самі собі обираємо маршрут, виходячи з тих видів транспорту, які працюють в даному місті. Також, якщо є обмеження по часу, ми заздалегідь, користуючись такими програмами як Google maps, EasyWay або знаючи розклад та напрямок певного транспортного засобу, можемо побудувати найбільш раціональний для нас маршрут. Тобто щодня ми займаємося логістикою, навіть не задумуючись про це.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			11

Третім та останнім видом є складська логістика. Вона відповідає за збереження продукту, сировини, предметів, товарів а також їх розподілення зі складу до місця їхньої експлуатації. Основним предметом, за допомогою якого реалізують логістику складування є склад. Склад – це технічна споруда, що складається з безлічі взаємозалежних елементів, об'єднаних для виконання конкретних функцій по накопиченню та розподіленню продуктів; це ефективний засіб управління запасами на різних ділянках логістичного ланцюга. Основними функціями складу є створення запасів матеріалів; зниження простоїв транспортних засобів; збереження якості продукції; підвищення ритмічності виробництва і роботи транспорту; вивільнення працівників від непродуктивних вантажно – розвантажувальних робіт.

Склади бувають дуже різними за габаритами та їх оснащенням в залежності від їх призначення. І тут важливо зазначити, оснащення складу відіграє чималу, навіть, можна сказати провідну роль.

Оснащення сучасного складу — це пошук та підбір оптимальної техніки, яка дозволить оперативно обслуговувати системи зберігання та виконувати традиційні завдання складу[1]. Найчастіше використовуваними на складах є ручні візки, штабалери та вилкові навантажувачі. Однак така техніка зазвичай використовується на великих складах, де необхідно перевозити габаритні вантажі. Як правило вони мають достатньо місця аби такий транспорт міг вільно пересуватись.

А як щодо складів, що мають невелику площу та спрямовані на збереження, розподілення невеликих вантажів ? Головною задачею такого складу є економія використовуваної площі та його технологічність, а це означає, що техніка, за допомогою якої переміщують вантаж повинна бути невеликих розмірів. І тут можна було б сказати, що для цього підійдуть ручні візки, але варто врахувати той факт, що сучасні підприємства прагнуть

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			12

якомога більше автоматизувати робочі процеси та мінімізувати кількість людського ресурсу.

Виходячи з саме таких міркувань, у мене виникла ідея створення автоматизованого візка. За основу, для створення автоматизованої міні кари, взяла всім відомий пристрій – «Гіроборд».

Мета даної роботи полягає в його модернізації, що в свою чергу передбачає зміну способу керування системи, вирішення задачі рівноваги цієї системи за різних умов експлуатації та вбудовою автоматизованої платформи.

Вибір саме цього пристрою обумовлюється його невеликими габаритами, маневреністю та простими, доступними комплектуючими, що складають його систему керування.

Основні задачі даної роботи:

- Створення математичної моделі автоматизованої платформи. Дослідження та аналіз результатів.
- Вирішення проблеми врівноваження системи.
- Розробка системи керування автоматизованої платформи.
- Розробка програми керування автоматизованою платформою.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			13

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД АВТОМАТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВАНТАЖІВ. ВИБІР ОБ'ЄКТУ МОДЕРНІЗАЦІЇ, ЙОГО БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ.

В даному розділі ознайомимося з різними видами автоматизованих платформ, що користуються попитом на складах на сьогоднішній день. А також розглянемо їх призначення, конструкцію та характеристики. Оберемо пристрій, який будемо модернізувати для створення автоматизованої платформи та сформулюємо задачу, які повинна виконувати ця платформа.

1.1 Ознайомлення з найбільш поширеними автоматизованими пристроями, що використовуються в складській логістиці.

В умовах сьогодення, для того аби складати гідну конкуренцію на ринку, власники бізнесів все більше намагаються автоматизувати виробництво з метою економії часу та витрат. Якщо розглядати складську логістику, найбільш актуальним способом автоматизації є впровадження промислової робототехніки та автоматизованих транспортних засобів, які підбирають в залежності від поставлених перед ними задач.

Сучасні автоматизовані транспортні засоби засновані на технології, яка полягає в тому, щоб засіб міг розпізнати заданий йому маршрут, за яким він має пересуватися. Дана технологія може реалізовуватись декількома способами. Наприклад за допомогою проводки, яку закладають в підлозі приміщення, вибудовуючи необхідний маршрут. Однак такий спосіб має свої мінуси. Основним від'ємним фактором є те, що перебудова маршруту буде досить важкою та затратною. Також автоматизований транспорт може рухатись по магнітній стрічці, яку наклеюють на підлогу території по якій рухатиметься засіб. Така стрічка є досить мобільною та гнучкою при побудові маршруту та не перешкоджає руху іншого транспорту, однак в процесі експлуатації може з часом стиратись. Та навіть з таким мінусом вона є набагато ефективнішою та вигіднішою за проводку. А от найбільш точним методом скеровування пристроїв є лазерна навігація, для якого завчасно

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			14

необхідно встановити мітки методом побудови на місцевості точок, які утворюють трикутники. Однак мінусом цього способу є його висока вартість.

Отже, зі способами навігації автоматизованих транспортних засобів ми ознайомились, тому далі розглянемо які ж вони бувають в залежності від їх побудови, принципу роботи та характеристик.

За функціоналом роботи діляться на:

- самохідні візки — з їх допомогою можна швидко переміщувати й укладати вантажі, перевозити товари з одного місця в інше, в більшості випадків моделі оснащені підймальним механізмом;
- буксирувальники — призначені для транспортування важких роботів-візків;
- палетайзери — така техніка використовується для укладання вантажів на палети;
- сортувальники — їх застосовують для ідентифікації та упакування товарів;
- дрони — обладнання зазвичай використовується в процесі інвентаризації та ін.[2].

Розглянемо на прикладах кожен тип роботів, що використовують на складах. Найбільш поширеним представником самохідних візків є робот-штабелер (рис.1.1).



Рисунок 1.1 Механічний штабелер[3].

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			15

Характерною ознакою такого пристрою є наявність підйимального механізму та вил, що необхідні для захоплення палети з вантажем. Найчастіше його використовують при вантажно-розвантажувальних роботах.

Штабелер — це маневрений та компактний вид складської техніки, яка має в комплектації механізм для підйому та штабелювання палет з вантажем на складах, з стелажною системою зберігання[3].

Штабелери бувають різних видів, але всі вони побудовані на принципі роботи ручного гідравлічного штабелера. Ручний гідравлічний штабелер - це гідравлічний підйомник штовхального типу, з одним гідроциліндром, який приводиться в дію вручну [2]. Це досить простий за будовою та принципом роботи пристрій, який в основному спрямований на підняття та спуск вантажу палетного типу з малої висоти. До прикладу його використовують для завантаження-розвантаження двоярусних стелажів або вантажівок. Основними перевагами таких підйомників є їх доступність в ціні, незалежність від інших енергоносіїв, простота в експлуатації. За такими засобами досить легко доглядати та , за потреби, можна без проблем відремонтувати. Однак мінусом такого навантажувача є його керування, яке відбувається вручну. Тобто, для того аби вила навантажувача піднялись необхідно створити тиск в гідравлічній системі методом підкачування, а пересувати пристрій доведеться штовхаючи або тягнучи його за собою, що вимагає застосування великого людського ресурсу. Такі машини є не автоматизованими та не дозволяють економити на людському ресурсі. А саме до цього, нині, прагнуть підприємства та виробництва. Але, у час технологій, розробники автоматизували такий пристрій і на сьогоднішній день ми вже маємо повністю самостійний робот-штабелер (рис.1.2), який може розвантажувати та переміщувати вантаж без людської допомоги. Єдине в чому бере участь людина, це в його програмуванні на задання необхідного маршруту та виконання задач.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			16



Рисунок 1.2. Автоматизований робот-штабелер [4].

Завдяки автономності та візуальній навігації, робот штабелер може виконувати такі завдання:

- самостійно орієнтуватися в просторі;
- знаходити цільові палети;
- виконувати різноманітні операції, включаючи під'їзд, підіймання, переміщення та встановлення [4].

Такий штабелер переміщується по заданому маршруті, орієнтуючись на візуальні позначки, а навігація у приміщенні забезпечує точне пересування пристрою. Такого типу автоматизований транспортний засіб може проводити пошук та розпізнавати палети з вантажем, а також самостійно, без участі оператора, завантажувати чи розвантажувати вантажівки. Такі функції дозволяють забезпечити безперебійну та ефективну роботу на складі без постійного нагляду.

Ще один із засобів, які використовують на складах є буксирувальники. Такі пристрої мають велику вантажопідйомність, тому їх зазвичай використовують при потребі перемістити великогабаритний вантаж з чималою масою. Але і невеликі вантажі з їхньою допомогою також можна перевезти, оскільки вони є досить малогабаритними.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			17



Рисунок 1.3. Буксирувальник [22].

Представлений на рис.1.3 буксирувальник має вантажопідйомність до 100 000 кг. Його колеса дозволяють без особливих зусиль повертати тягач на 360°, а також забезпечують прохідність по будь-якій поверхні, це може бути сніг, пісок, асфальт чи ґрунтівка. Також, для безпечної експлуатації, даний пристрій має механізм екстреного гальмування, тобто при натисканні необхідної кнопки вся система тягача блокується.

Завдяки своїй вантажопідйомності та невеликим розмірам, буксирувальники мають великий попит та широку область застосування. Наприклад їх використовують у наступних сферах: склади негабаритних товарів, автомобільна промисловість, важке машинобудування, комунальне господарство, аеропорти, морські та річкові порти та у багатьох інших галузях.

Єдиним їхнім мінусом є те, що для їх керування необхідний оператор, тобто людина. Така техніка не є повністю самостійною та не виключає участь людини в процесі перевезення.

Допоміжними пристроями в логістиці складування являються палетайзери, сортувальні машини та дрони.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			18

Палетайзер (рис.1.4) – це автоматизований пристрій, який укладає товари або тари (ящики) з продуктами на палету [5].

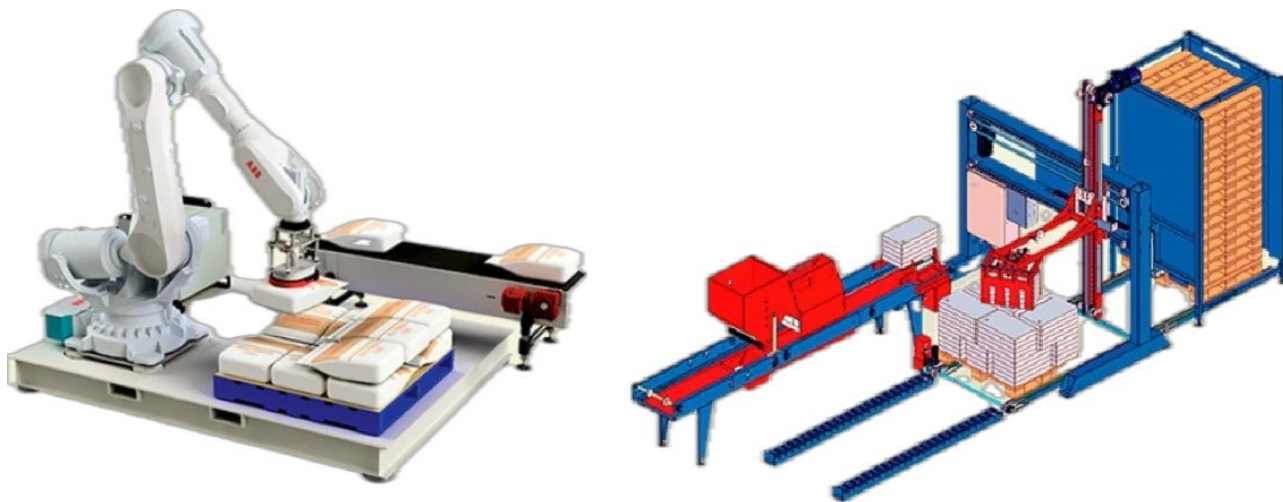


Рисунок 1.4 Палетайзер [23].

Основними перевагами палетайзерів вважаються їхні робочі характеристики. Це неймовірно продуктивні машини, їхнє обладнання дає можливість обслуговувати кілька робочих ліній відразу.

Принцип роботи палетайзера полягає в тому, що на конвеєрний майданчик, оснащений палетайзером, подається продукція, що має загальну групову упаковку. Тут її розпаковують та накопичують. Коли продукція накопичується у достатній кількості, спеціальна система зсуває її на стіл. Далі продукція вирушає на дерев'яний піддон, де між шарами продукції викладаються платини. Після цього продукція, укладена таким чином, відсувається далі для пакування за допомогою навантажувачів.

Можемо зробити висновок, що в основу цього пристрою входять механізм підйому та механізм пересування.

Сортувальна машина – це пристрій, який дозволяє відокремити необхідні предмети, об'єкти, продукцію від непотрібних, спираючись на характеристики відбору які задає людина. Такі машини можуть відрізнятися за будовою між собою в залежності від сфери їх застосування.

На рис. 1.5 представлений один із типів сортувальних машин, який представлений у виді конвеєра та набору малогабаритних сортувальних візків, що рухаються по троліях.



Рисунок 1.5. Сортувальний конвеєр [24].

Подібна сортувальна система може бути оснащена сканерами зчитування штрих-кодів, що дозволяє кожному користувачеві запрограмувати та налаштувати цю систему під себе. Також, за допомогою того ж сканера, такого типу візки можуть самі розпізнати комірку до якої вони повинні доставити вантаж, а вбудована в них система скидання перемістить його до необхідної комірки.

Дана система є досить вигідною та автономною, адже візки в процесі роботи заряджаються через з'єднання з троліями по яких рухаються, що забезпечує безперервну роботу та суттєво скорочує час простою. Ще однією перевагою саме такої системи є те, що кожен візок є самостійною одиницею та не пов'язаний з іншим. Це дозволяє, у разі виходу з ладу одного з них, не зупиняти всю лінію, а лише прибрати пошкоджений візок та продовжити роботу системи.

Найбільш сучасним пристроєм, який можуть використовувати на складах є дрони. Дрон (рис.1.6) — мобільний, автономний апарат, запрограмований на виконання якихось завдань (наприклад, автономні системи, створені для польоту, розроблені для виконання місій, потенційно небезпечних для людини)[6].



Рисунок 1.6. Дрон [7].

Даний пристрій застосовується в багатьох сферах та галузях. В умовах сьогоденної реальності, найбільш поширене застосування їх в військовій справі, однак дрони користуються так чималим попитом у логістиці.

Вже зараз безпілотники надають послуги у таких важливих сферах як:

- Доставлення їжі швидкого приготування;
- Транспортування посилок;
- Перевезення життєвоважливих ліків та донорської крові;
- Надання невідкладної медичної допомоги при наявності загрози життю людини[7].

В складській логістиці дрони використовують задля моніторингу роботи складу. Літальний апарат, обладнаний відеокамерою, може бути дуже ефективним у процесі збору та обробки інформації про стан складу безпосередньо під час його функціонування. Отримана таким чином інформація допомагає розв'язувати наступні питання:

- постійний контроль за технічним станом усіх частин складського обладнання, що в разі поломки дозволяє швидко зреагувати та усунути її;

- спостереження за ступенем завантаженості тих чи інших частин приміщення;
- моніторинг шляхів перевезення вантажів та визначення оптимальних схем їх транспортування.

Експлуатація великих обсягів складської території передбачає постійний облік тих ділянок, які ще не завантажені повною мірою і внаслідок цього здатні прийняти нові партії вантажу. Відеоспостереження за допомогою дрона слід вважати надійним способом розв'язання цієї задачі[7].

1.2 Вибір пристрою на основі принципу роботи якого розроблятиметься автоматизована платформа для перевезення малогабаритних вантажів. Принцип роботи та будова обраного пристрою.

Для створення автоматизованої платформи, що призначена для перевезення малогабаритних вантажів, за приклад ми обрали відомий всім одновісний пристрій «ГІРОБОРД». Перед тим, як проектувати, на основі нього автоматизовану платформу, спершу оглянемо його будову та ознайомимось з принципом його роботи. А для початку дамо йому визначення.

Гіроборд - це засіб для переміщення, який приводиться в рух за допомогою двох потужних електродвигунів, що вбудовані в колеса даного пристрою. Його будова складається з платформи і двох коліс, за допомогою яких платформа може пересуватися в напрямках вперед/назад та здійснювати повороти направо/наліво і на місці (на 360 градусів)[8].

Принцип роботи полягає в тому, що гіроскопічні датчики, які вбудовані в гіроборд, реагують на зміну положення тіла людини. Тобто вони зчитують кут відхилення центра маси тіла від осі рівноваги. Покажемо даний процес наглядно.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			22

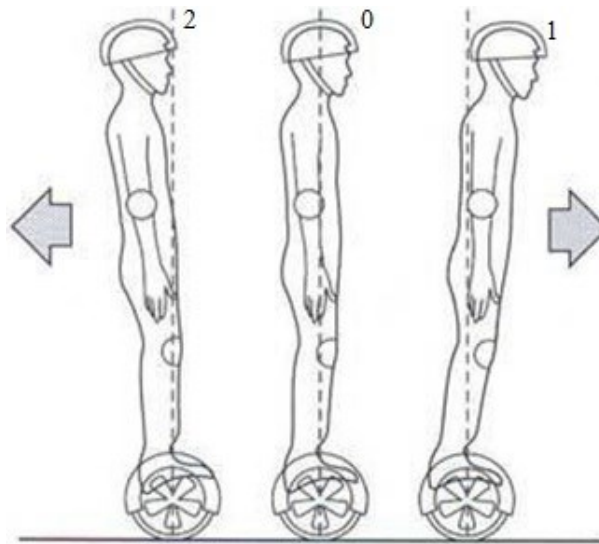


Рисунок. 1.7 Схематично зображене відхилення центра маси тіла людини від осі рівноваги [8].

На рисунку 1.7 бачимо 3 положення тіла людини. При положенні 0 система знаходиться в стані спокою. В такому разі зовнішнього впливу на гіроскопічні датчики не має, оскільки кут відхилення від осі рівноваги становить «0 °». Відповідно до цього вся система знаходиться в стані ввімкнення але не роботи.

Якщо ж перенести вагу тіла на кілька градусів вперед (положення 1) чи назад (положення 2), то відбувається невеликий поворот платформи, який впливає на гіроскопічні датчики. В свою чергу ці датчики, реагують на зміну положення та надають сигнал до головного центру керування системою – контролера, який обробляє інформацію, що отримує на вході. Далі цей контролер перетворює дані та зі своїх виходів подає сигнал на двигуни, які й власне приводять в рух колеса вперед чи назад, в залежності від того, в яку сторону відбулось зміщення центру маси тіла.

Повороти ж реалізуються дещо більшим перенесенням ваги тіла вправо чи вліво, в залежності від того, в яку сторону хоче повернути користувач. Наприклад, якщо людина хоче повернути праворуч, їй необхідно також перенести масу тіла на праву сторону. Якщо ж ліворуч – на ліву.

Для того, щоб зупинити гіроборд, необхідно лише стати у вихідне положення, тобто строго по центру осі рівноваги ситеми.

Одним із цікавих факторів є те, що система гіроборду має функцію самобалансування. Тобто, коли ми увімкнемо гіроборд, спочатку він самозбалансується, вирівнявши платформу паралельно землі, і тільки потім можна буде ставати на даний пристрій та починати ним керувати. Однак ця функція не передбачає балансування гіроборду з вантажем, який буде знаходитись на його платформі. Тобто, якщо людина це жива істота, яка може збалансовувати та керувати даним пристроєм сама, то неживий предмет не зможе ніяк ні привести в рух ні збалансувати дану систему.

Отже, з принципом роботи вже ознайомились тому далі розглянемо детальніше зовнішню будову (рис. 1.8) цього девайсу.

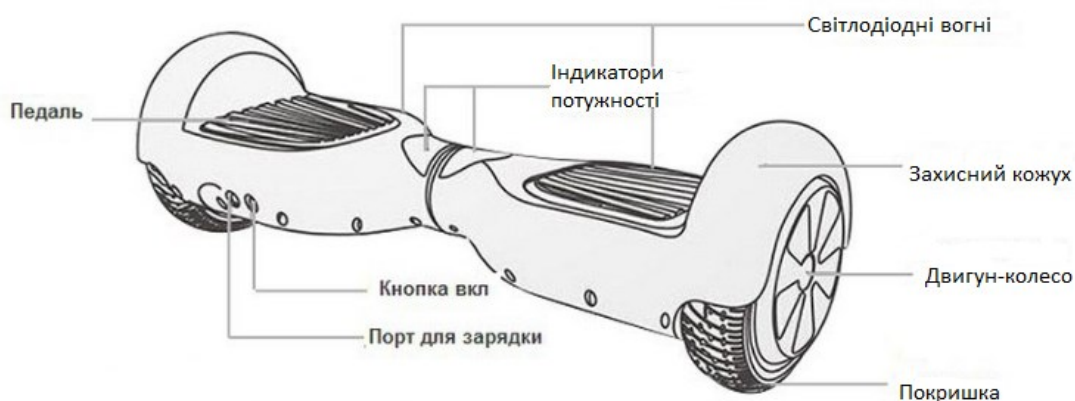


Рисунок 1.8. Зовнішня будова гіроборду [25].

Основними елементами даного пристрою є:

- Педаль за допомогою якої можна керувати гіробордом.
- Кнопка ввімкнення, яка власне вмикає та вимикає пристрій.
- Двигун-колесо. Виконавчий орган, який приводить в рух гіроскутер.
- Індикатори потужності, які зчитують положення тіла та відносно цього збільшують чи зменшують потужність.

- Захисний кожух, що захищає пристрій від потрапляння пилю, бруду в основні елементи пристрою.
- Покришка.
- Світлодіодні вогні, які показують стан роботи гіроборду - ввімкнення/вимкнення або навіть збій в роботі системи.

Як бачимо ззовні гіроборд оснащений досить простими та зрозумілими нам пристроями, однак всередині даного девайсу не все так просто, оскільки система містить в собі цікаві та досить щільно з'єднані між собою прилади, які повинні забезпечувати безперебійну роботу гіроборду.

1.3 Огляд основних пристроїв, що входять в систему гіроборду та забезпечують його коректну роботу.

Для того, аби дізнатись які ж пристрої забезпечують безперебійну роботу гіроборду, розглянемо його внутрішню будову (рис.1.9).

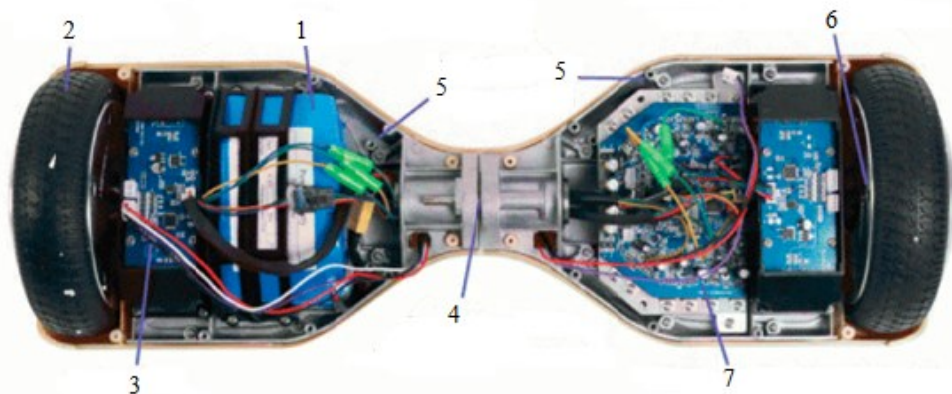


Рисунок 1.9. Внутрішня будова гіроборду [8].

На рисунку 1.3 бачимо всі елементи, завдяки яким здійснюється рух, а саме це:

- 1- Величезний літій-іонний акумулятор.
- 2- Два колеса з встановленими електричними моторами підвищеної потужності.
- 3- Гіроскопічні датчики, розміщені по всьому корпусу девайса, передають інформацію процесору.

- 4- Високоміцний поворотний механізм.
- 5- Далі можна помітити металеву основу, яка дозволяє витримувати масу водія до 100-150 кг (в залежності від моделі).
- 6- Електричні мотори, що приводять в рух колеса даного пристрою.
- 7- Три плати гіроборду. Одна є материнською і дві плати контролера, які відповідають за потужність гіроборду і його працездатність.

Далі більш детально оглянемо кожен із цих приладів.

Джерелом живлення гіроборду виступає літій-іонний акумулятор (рис.1.10). Літій-іонний акумулятор - один з двох основних типів літєвих електричних акумуляторів з категорії вторинних електричних батарей, який різниться з літій-полімерним акумулятором лише типом електроліту, що використовується при їх виготовленні.[9]



Рисунок 1.10. Джерело живлення гіроборду [26].

Основні характеристики такого типу акумулятору:

- Енергетична місткість: 110-200 Вт·год/кг
- Внутрішній опір: 150-250 мОм (для батареї 7,2 В)
- Число циклів заряд/розряд до втрати 20 % місткості: 500—1000
- Час швидкого заряду: 2-4 години
- Напруга максимальна в елементі: 4,18-4,20 В (повністю заряджений)
- Напруга мінімальна: 2,5-2,75 В(повністю розряджений)

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			26

- Струм навантаження відносно місткості (С):
 - піковий: понад 2С
 - найбільше допустимий: до 1С
- Діапазон робочих температур: -20 — $+60$ °С

Сучасні малогабаритні акумулятори працездатні при струмах розряду до 2С, потужні — до 10-20С. Діапазон робочих температур: від -20 до $+60$ ° С [10].

Одним із найголовніших пристроїв є контролер, який приймає, опрацьовує та передає сигнали на інші прилади системи.

Програмований контролер - це цифрова обчислювальна операційна електроніка, призначена для використання в промислових умовах. Він використовує програмовану пам'ять для зберігання оперативних вказівок, таких як логічні операції, керування послідовністю, терміни, підрахунки та арифметичні операції, а також контролює різні типи машин за допомогою цифрових та аналогових входів і виходів. процес виробництва. Програмовані логічні контролери та пов'язані з ними периферійні пристрої повинні бути спроектовані таким чином, щоб їх можна було легко інтегрувати з промисловими системами управління та легко розширювати їх функції [11].

Розглянемо з чого ж складається контролер на прикладі плати від Arduino Uno (рис. 1.11).

живлення. Через цей вихід можна як подавати зовнішнє живлення, так і споживати струм, коли пристрій живиться від зовнішнього адаптера). Варто зауважити, що напруга зовнішнього джерела живлення може бути в межах від 6 до 20 В. Однак, зменшення напруги живлення нижче 7В призводить до зменшення напруги на виході 5V, що може стати причиною нестабільної роботи пристрою. Ще одним важливим зауваженням варто додати, що за використання напруги більше 12В може перегріватись стабілізатор напруги в наслідок чого плата виходить з ладу. Виходячи з цих двох умов, рекомендують використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12В.

Також можемо бачити виходи позначені як 5V або 3V3. На вихід 5V подається напруга 5В від стабілізатора напруги на платі в незалежності від того, від чого живиться пристрій. На вихід 3V3 надходить напруга від стабілізатора у розмірі 3,3В та максимальний струм при цьому становить 50мА.

Однак, жити пристрій через вихід 5V або 3V3 не рекомендується, оскільки в цьому випадку не використовується стабілізатор напруги, що може привести до виходу плати з ладу.

Ще одним не менш цікавим виходом є IOREF. Цей вихід надає платам розширену інформацію про робочу напругу мікроконтролера Arduino. Залежно від напруги, отриманої з виходу IOREF, плата розширення може перейти на відповідне джерело живлення або задіяти перетворювачі рівнів, що дозволить їй працювати як з 5В, так і з 3.3В-пристроями.

Ми розглянули будову контролера на прикладі плати Arduino Uno, однак контролери можуть відрізнятись за кількістю входів – виходів та їх призначенням. Контролери бувають різних типів в тому числі в залежності від сфери в якій їх застосовують, проте всі вони мають основний принцип дії, яким являється циклічна робота, під час якої контролер по черзі виконує окремі команди у тій послідовності, в якій вони записані у програмі. В момент початку роботи кожного нового циклу програма зчитує значення даних на

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			29

вході контролера та записує їх стан. Після того, як всі команди циклу завершили свою роботу, програма знову зчитує дані, але вже на виходах контролера. Також робить запис стану даних на виходах. Потім ці стани порівнюються між собою і у разі відмінності контролер видає сигнал на механізми задля коригування цих даних та приведення їх до відповідності.

Отже, всі комбінації сигналів подаються на входи контролера, а програма відслідковує їх стан та видає реакцію у вигляді зміни станів виходів спираючись на закладений у програму алгоритм.

Для того, щоб контролер працював, необхідно написати програму та завантажити її на пристрій. Основними та найбільш поширеною мовою програмування, яку використовують для цього є C++, а середовищем де це можна зробити може бути CODESYS чи Simatic Step 7 для контролерів Simatic.

Гіроскопічний датчик (рис.1.12) – пристрій, який дозволяє виміряти рух обертання пристрою, на якому його встановлюють, а також уловлювати зміни в його рух і положення. За допомогою цього датчика можна легко виміряти кути, збалансувати предмет на якому його розташовують, та досліджувати технології, які використовуються в навігаційних системах та ігрових контролерах.

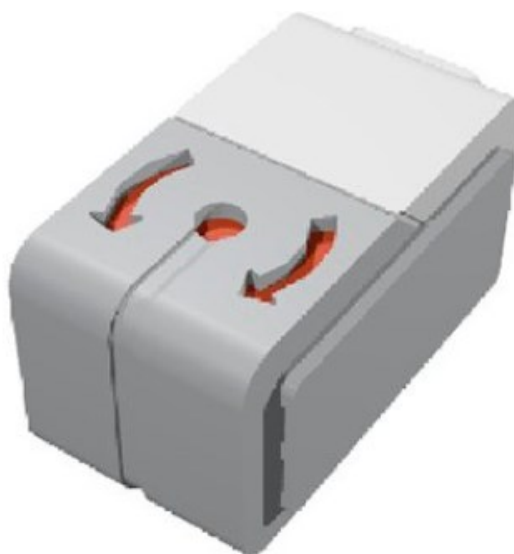


Рисунок 1.12. Гіроскопічний датчик LEGO EV3 [27].

Принцип роботи датчика полягає у тому, що він здатний відстежувати обертання. Датчик гіроскопа EV3 здатний виявити обертання лише по одній осі. На верхній стороні датчика ми можемо побачити дві стрілки. Ці стрілки показують нам площину роботи гіроскопічного датчика. При обертанні датчика у площині стрілок на верхній частині датчика може визначати кутову швидкість обертання. Вона вимірюється у градусах за секунду. 440 градусів за секунду є максимальною кутовою швидкістю, яку може виміряти датчик. Крім швидкості обертання, датчик може визначати кут обертання. Вимірювання кута обертання відбувається у градусах. Точність вимірювання гіроскопічного датчика +/- 3 градуси, якщо поворот на 90 градусів.

Для правильної роботи датчика його потрібно включати до контролера EV3 у повністю нерухомому стані. Коли ми встановлюємо гіроскопічний датчик на робота, обов'язковою умовою є повна нерухомість робота в його початковому стані. Робот повинен стояти без руху, інакше датчик працюватиме некоректно. За допомогою цього датчика можна легко програмувати повороти робота навколо осі. Датчик має частоту дискретизації 1 кілогерц. Сенсор підключається до блоку програмування EV3 плоским чорним кабелем, який входить у набір. Гіроскопічний датчик можна підключити до будь-якого вхідного порту, який позначений цифрами від 1 до 4. За замовчуванням датчик підключається до другого порту. Програмне забезпечення контролера Lego EV3 автоматично визначає порт підключення датчика.

Гіроскопічні датчики широко поширені та застосовуються як у побуті, так і в промислових та військових областях. У побуті, наприклад, гіроскопи стабілізують поведінку радіокерованих моделей літаків та гелікоптерів. Навігація та керування транспортними засобами також використовує датчики гіроскопи. У легкових автомобілях датчики активують подушки безпеки при перекиданні. Системи навігації та системи реагування на надзвичайні ситуації використовують гіроскопічні датчики підвищення надійності роботи

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			31

устаткування. Роботи, роботизовані платформи у військовій області використовують датчики гіроскопи у системах управління та наведення. Підводні човни, літаки, автономні підводні апарати та багато іншого не можуть ефективно працювати без застосування гіроскопічних датчиків.

Практично на всіх смартфонах встановлено датчик гіроскопа. Він часто використовується в мобільних іграх, функціях автоповороту зображення та багатьох інших. Можна навести ще багато прикладів використання датчика гіроскопа. Але в нашому випадку ми вивчаємо дуже простий датчик, який дає змогу зрозуміти основні принципи роботи гіроскопів.

1.4 Постановка задач, які вирішуватимемо в даній магістерській дисертації.

Отже, ми визначились, що об'єктом дослідження є одновісна платформа, основною функцією якої є перевезення малогабаритних вантажів, а принцип роботи та система керування цією платформою є схожими до принципу роботи гіроборду, який ми розглянули в попередніх підрозділах.

Оскільки, гіробордом керує людина, то проблема стабілізації платформи при відхиленні тіла від осі рівноваги вирішується регулюванням положення тіла, тобто самою людиною.

У нашому ж випадку вантаж, який переміщуватиме платформа – не живий предмет, тому перед нами постає задача врівноважити платформу з вантажем, що відхилений від осі рівноваги за допомогою вбудови приводу переміщення вантажу по платформі.

Варіантом вирішення цієї проблеми є встановлення на платформу, двигуна з гвинтовою парою. Двигун, вал - гвинт якого обертатиметься з певною частотою та гайка, що буде жорстко з'єднана з вантажем, перетворюючи обертальний рух в прямолінійний, будуть утворювати силу тяги, яка повертатиме вантаж у положення рівноваги системи та

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			32

компенсувати можливі відхилення, що утворились при завантаженні вантажу на платформу.

Для початку нам необхідно буде розглянути процес обертання платформи під дією сил, що впливають на відхилений центр мас вантажу від осі рівноваги системи. Дослідити зміну кута повороту платформи під дією цих сил в часі. Задати максимальний кут відхилення та знайти час за який досягається цей кут при різних масах вантажу та при різних відхиленнях.

Також необхідно буде окремо розглянути рух платформи по поверхні, що знаходиться під кутом до горизонту. Провести експеримент по підборі сили тяги, яка б могла за потрібний нам час повернути вантаж максимально-допустимої маси в вихідне положення.

Також нам необхідно окремо зобразити процес роботи двигуна та гвинтової пари по розвиненню сили тяги. Для цього потрібно описати характеристики двигуна математичними формулами та на основі їх побудувати математичну модель роботи двигуна. Дослідити та провести аналіз створеної моделі.

Остаточним результатом має бути загальна математична модель з'єднаних між собою, раніше створених матмоделей процесу повороту платформи під дією сил на вантаж, що відхилився від осі рівноваги системи та процесу роботи приводу двигуна, що стабілізує платформу. Дослідити загальну модель, та перевірити роботу всієї системи. Завершальним кроком є аналіз та підбиття підсумків згідно проведених досліджень.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			33

РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ ПЛАТФОРМИ. ІІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ МОЖЛИВОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ.

Математична модель - це система, що формалізується, тобто вона є сукупністю взаємопов'язаних математичних і формально-логічних виразів, що, як правило, відображує реальні процеси і явища. Тобто це система математичних співвідношень, які описують досліджуваний процес або явище.[12]

2.1 Математична модель процесу повороту платформи під дією маси вантажу. Дослідження зміни кута нахилу платформи під дією сил на вантаж, центр маси якого відхилений від осі рівноваги на певну відстань.

Перед тим як модернізувати систему гіроборду, необхідно зрозуміти процес та роботу системи за різних умов експлуатації. Основною задачею нашої системи є її врівноваження за різних умов. Для цього розглянемо систему в стані рівноваги (рис. 2.1а.) та за умов, які можуть виникати в процесі експлуатації (рис. 2.1б).

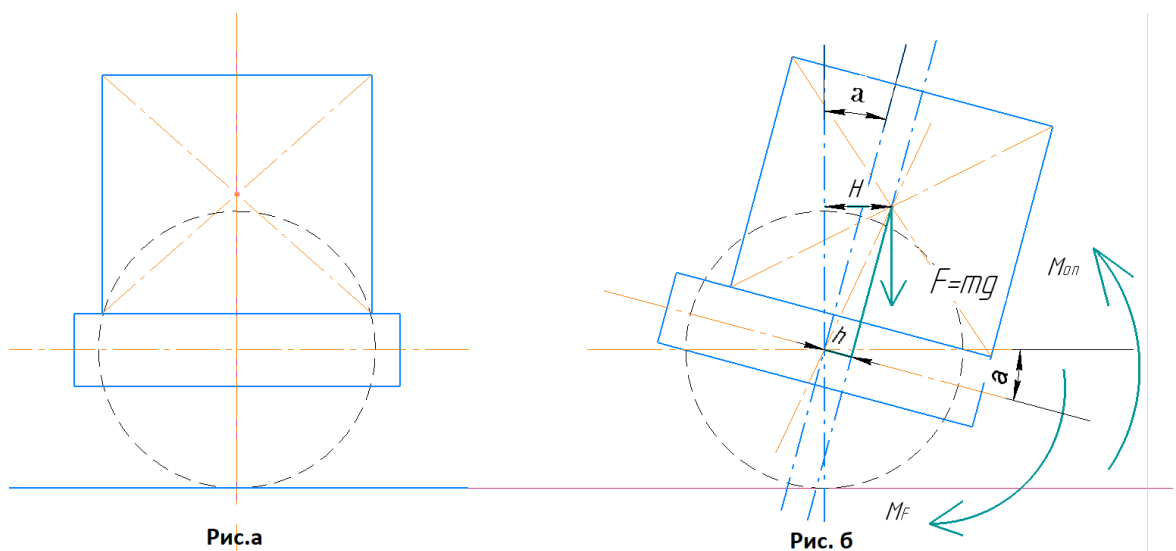


Рисунок 2.1. Розрахункова схема гіроборду з вантажем.

На рисунку 2.1а, зображено гіроборд з вантажем, що розміщений на ньому без відхилень від центру рівноваги. В такому випадку сила тяжіння, що діє на вантаж не створюватиме моменту оскільки плече дії сили дорівнює нулю. При таких умовах врівноважувати систему не потрібно.

Якщо ж розглянемо рисунок 2.1б, можемо побачити вантаж, що розміщений з відхиленням (h) від центру мас системи. В такому випадку плече дії сили буде більше за 0, в наслідок чого сила тяжіння (F), що діє на вантаж, буде створювати момент (M_F) та відхилятиме платформу від початкового положення на кут α . За таких умов перед початком роботи системи необхідно вирішити питання врівноваження даної системи.

2.1.1 Силовий розрахунок системи.

Спершу проведемо аналіз зовнішніх сил, що діють на вантаж та внутрішніх сил, які виникають під дією зовнішніх. Для цього зобразимо більш детальну розрахункову схему з усіма силами та моментами, що утворюють ці сили.

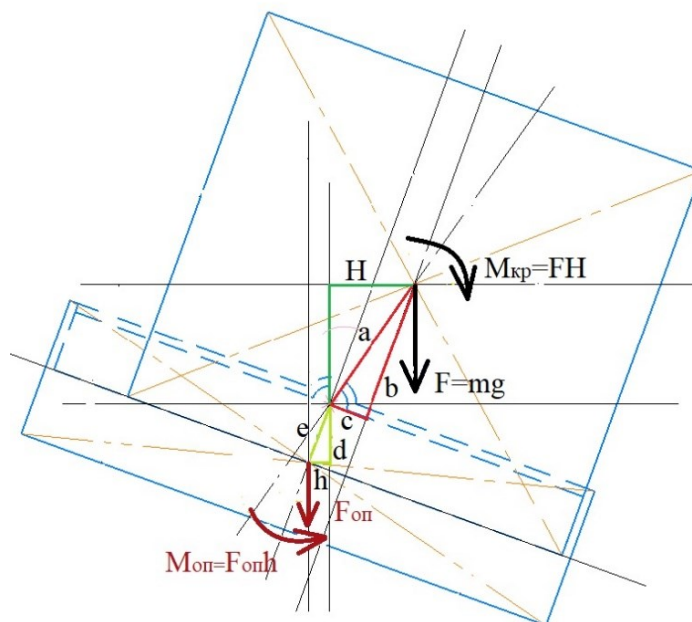


Рисунок 2.2. Розрахункова схема вантажу на платформі під дією зовнішніх сил та які утворюють внутрішні сили, а саме моменти.

Опишемо математичними формулами всі процеси, які відбуваються під час повороту платформи.

Для того, щоб вирахувати та дослідити зміну кута в часі необхідно двічі проінтегрувати кутове прискорення ε платформи при повороті. Для цього наведемо загально відому формулу другого закону Ньютона для механічних систем обертової дії: $\varepsilon = d\alpha^2/dt^2 = M/J$.

$$\varepsilon = \frac{M_{\text{заг}}}{J_{\text{заг}}}, \quad (2.1.1)$$

Де M – крутний момент, що утворюють сили які діють на тіло, J – момент інерції системи.

Якщо дивитись на рисунок 2.2, можна побачити які сили та моменти виникають в нашій системі, тому крутний момент та момент інерції нашої системи матимуть наступний вигляд:

$$M_{\text{заг}} = M_F - M_{\text{оп}} - M_{\text{супр.}}, \quad (2.1.2)$$

$$J_{\text{заг}} = J_{\text{в.заг}} + J_{\text{п.заг}}, \quad (2.1.3)$$

Де M_F - крутний момент, що утворює сила тяжіння, яка діє на вантаж;

$M_{\text{оп}}$ - крутний момент, що утворює сила тяжіння, яка діє на платформу (реакція опори); $M_{\text{супр.}}$ – момент, що виникає у підшипниках кочення; $J_{\text{в.заг}}$ – загальний момент інерції вантажу; $J_{\text{п.заг}}$ – загальний момент інерції платформи.

Для того, щоб знайти момент інерції відносно осі навколо якої обертаються вантаж та платформа, скористаємось теоремою Штайнера:

«Момент інерції тіла J_z відносно довільної осі дорівнює сумі моменту інерції J_c відносно осі, паралельної даній, що проходить через центр мас тіла і добутку маси тіла m на квадрат відстані між осями d » (рис. 2.3) [13].

$$J_z = J_c + m \cdot d^2, \quad (2.1.4)$$

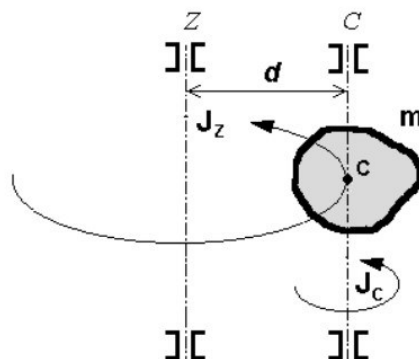


Рисунок 2.3. Схема розрахунку моменту інерції масової частки, що обертається, відносно паралельної осі.

Якщо в формулу 2.1.4 підставити змінні нашої системи, отримаємо наступні формули моментів інерції:

$$J_{в.заг.} = J_{в} + m_{в} \cdot a^2, \quad (2.1.5)$$

$$J_{п.заг.} = J_{п} + m_{п} \cdot e^2, \quad (2.1.6)$$

Тут момент інерції вантажу та платформи :

$$J_{в} = \frac{1}{12} \cdot m_{в} \cdot (l^2 + t^2), \quad (2.1.7)$$

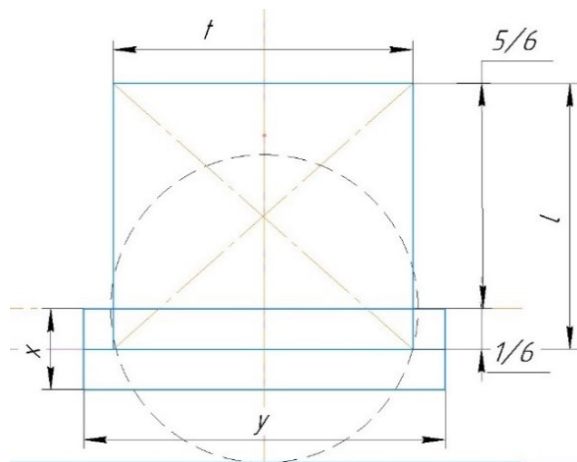
$$J_{п} = \frac{1}{12} \cdot m_{п} \cdot (x^2 + y^2), \quad (2.1.8)$$

Де $l, t / x, y$ – геометричні розміри вантажу / платформи; a/e – відстань від осі вантажу / платформи до осі обертання; $m_{в}/m_{п}$ – маса вантажу / платформи.

Ми прийняли, що центральна вісь платформи не співпадає з віссю обертання коліс, та розташована нижче (рис. 2.4), відповідно до цього загальна маса вантажу (m_1) розподілиться між $m_{в}$ та $m_{п}$ у пропорції $\frac{5}{6}$ та $\frac{1}{6}$ відповідно.

Виходячи з цього маса вантажу та маса платформи матиме наступний вигляд:

$$m_{в} = \frac{5}{6} \cdot m_1, \quad m_{п} = \frac{1}{6} \cdot m_1 + m_2, \quad (2.1.9)$$



2.4 Позначення розмірів платформи та вантажу.

Отже, підставивши формули 2.1.9, 2.1.8, 2.1.7 в формули 2.1.5 та 2.1.6, отримаємо:

$$J_{в.заг.} = \frac{5}{6} \cdot m_1 \left(\frac{1}{12} (l^2 + t^2) + a^2 \right), \quad (2.1.10)$$

$$J_{п.заг.} = \left(\frac{1}{6} \cdot m_1 + m_2 \right) \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot (x^2 + y^2) + e^2 \right), \quad (2.1.11)$$

Для зручності розрахунку присвоїмо параметрам системи назви сторін трикутників. Нехай, $b=AB$, $a=AO$, $c=OB$, $e=OD$, $d=OC$, $h=CD$, $H=MA$.

Отже, з рис. 2.5 бачимо, що $\angle FOM$ та $\angle COD$ - вертикальні, а за означенням про вертикальність кутів знаємо, що такі кути рівні, тому:

$\angle FOM = \angle COD = \angle \alpha$, де α – кут відхилення платформи з вантажем від основної осі .

Наступним кроком доведемо рівність кутів $\angle OAB$ та $\angle AOF$. З рис. 2.5 видно, що $OF \parallel AB$, а OA їх січна. З означення про паралельність прямих та січну, що їх перетинає робимо висновок, що $\angle OAB = \angle AOF$, як внутрішні різносторонні кути, тому нехай, $\angle OAB = \angle AOF = \angle \gamma$, де γ - кут , що виникає при нахилі платформи та зміщенні вантажу від осі рівноваги системи.

Виведемо формули параметрів нашої системи. Для цього розглянемо $\triangle ABO$. Поглянувши на рис. 2.5 можемо зробити висновок, що $\triangle ABO$ – прямокутний, де AB і OB – катети, а OA – гіпотенуза і $\angle ABO = 90^\circ$. З теореми Піфагора: « Квадрат гіпотенузи дорівнює сумі квадратів катетів», впливає, що:

$$OA^2 = AB^2 + BO^2 \rightarrow OA = \sqrt{AB^2 + BO^2}. \quad (2.1.17)$$

З цього ж трикутника можемо виразити $\angle OAB$. За означенням прямокутного трикутника відомо, що синус кута дорівнює діленню протилежного катета на гіпотенузу, тобто:

$$\sin(\angle OAB) = \frac{BO}{OA}. \quad (2.1.18)$$

Наступним кроком виразимо значення сторони CD , прямокутного трикутника $\triangle COD$, де $\angle OCD = 90^\circ$, OC і CD – катети, OD – гіпотенуза. Оскільки катет OC не відомий, але відома гіпотенуза та $\angle COD = \angle \alpha$, то можемо знайти необхідну нам сторону CD :

$$\sin(\angle COD) = \frac{CD}{OD} \rightarrow CD = OD \cdot \sin(\angle COD). \quad (2.1.19)$$

Останнім кроком виразимо також сторону AM прямокутного $\triangle OMA$, де $\angle OMA = 90^\circ$, OM і MA – катети, OA – гіпотенуза. Оскільки катет OM не

відомий, але відома гіпотенуза OA та $\angle MOA = \angle(\alpha + \gamma)$, то можемо знайти необхідну нам сторону MA :

$$\sin(\angle MOA) = \frac{MA}{OA} \rightarrow MA = OA \cdot \sin(\angle MOA). \quad (2.1.20)$$

Далі для зрозумілості повернемося від назв сторін до позначень параметрів. Отже, зробивши всі заміни в формулах 2.1.17; 2.1.18; 2.1.19, отримуємо наступне:

$$a = \sqrt{b^2 + c^2}, \quad (2.1.21)$$

$$\sin(\gamma) = \frac{c}{a}, \quad (2.1.22)$$

$$h = e \cdot \sin(\alpha), \quad (2.1.23)$$

$$H = a \cdot \sin(\alpha + \gamma), \quad (2.1.24)$$

2.1.3 Значення параметрів системи.

Для зручності та зрозумілості принципу побудови математичної системи повороту платформи з вантажем під дією зовнішніх та внутрішніх сил, випишемо таблицю (2.1) зі значеннями параметрів, які задаємо та їх поясненням, а також всі формули, що необхідні для її побудови.

Таблиця 2.1 Параметри системи.

Параметр	Значення або № формули	Пояснення	Одиниці вимірювання
m_1	10,20,30,40,50	Імовірні маси вантажу;	кг
m_2	5	Маса платформи;	кг
b	0,08	Відстань (перпендикуляр) від центру мас вантажу до поверхні платформи;	,м
c	0,0025; 0,005; 0,0075; 0,01; 0,0125	Зміщення вантажу від осі рівноваги системи, яке може виникнути при завантаженні;	м

g	9,8	Прискорення вільного падіння;	m/c^2
e	0,04	Відстань від осі центру мас платформи до осі обертання;	,м
l	0,24	Висота вантажної тари;	,м
t	0,26	Довжина вантажної тари;	,м
x	0,08	Висота платформи;	,м
y	0,314	Довжина платформи;	,м
H	(2.1.24)	Плече дії сили тяжіння на вантаж;	,м
h	(2.1.23)	Плече дії сили опору платформи;	,м
α	Інтегрування ω	Кут повороту платформи з вантажем;	рад
γ	(2.1.22)	Кут, що виникає при нахилі платформи та зміщенні вантажу від осі рівноваги;	рад
k	0,0004	Коефіцієнт тертя підшипників кочення;	,м
a	(2.1.21)	Відстань від осі центру мас вантажу до осі обертання;	,м
ε	(2.1.1)	Кутове прискорення системи;	Рад/ c^2
$M_{\text{заг}}$	(2.1.2)	загальний момент системи;	Н · м
$J_{\text{заг}}$	(2.1.12)	Загальний момент інерції системи;	Кг/ m^2
M_F	(2.1.13)	крутний момент, що утворює сила тяжіння, яка діє на вантаж;	Н · м
$M_{\text{оп}}$	(2.1.14)	крутний момент, що утворює сила тяжіння, яка діє на платформу (реакція опори)	Н · м
$M_{\text{супр}}$	(2.1.15)	момент, що виникає у підшипниках кочення	Н · м

ω	Інтегрування ϵ	Кутова швидкість системи.	Рад/с
----------	-------------------------	---------------------------	----------------

В результаті на основі цих формул збудуємо математичну модель поведінки системи під дією сил, що виникають при розміщенні вантажу на відстані c від центру мас.

2.1.4 Створення математичної моделі на основі розрахунків зроблених в пунктах 2.1.1 та 2.1.2 та результати проведених досліджень.

Для побудови математичної моделі в середовищі програми MATLAB Simulink, було використано наступні блоки: «Constant» (для задання відомих нам параметрів), «MATLAB Function» (для опису виведених значень через формули), «Integrator» (для інтегрування кутового пришвидшення та швидкості з метою дослідження зміни кута в часі), «Display» (для виведення результатів у вигляді числового значення), «Scope» (для виведення графіку, на якому показана зміна виведеного параметру в часі) В результаті отримали схему зображену на рис. 2.6. (Додаток А).

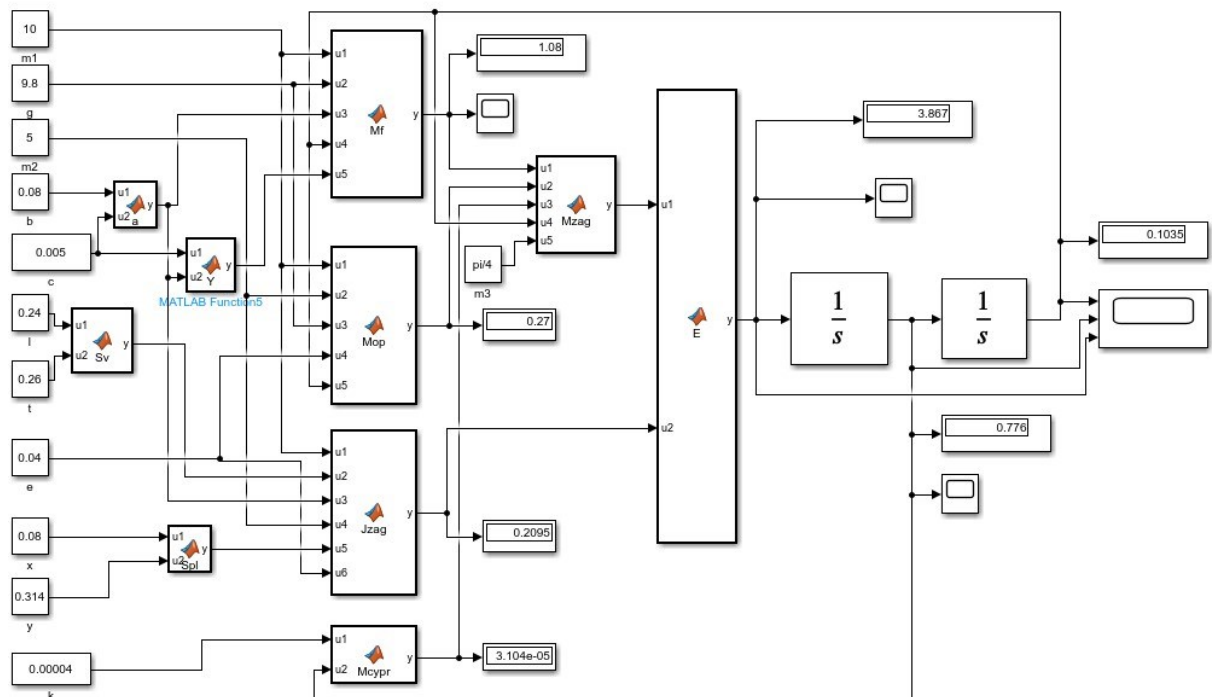


Рисунок 2.6. Математична модель повороту навантаженої платформи зі зміщенням від осі рівноваги вантажем.

За допомогою цієї моделі було виконано моделювання дії платформи для різних значень параметрів а також для розташування центру мас вантажу на осі платформи. Отримані результати підтвердили коректну роботу математичної моделі. В результаті моделювання було отримано графіки зміни кута, кутового пришвидшення та кутової швидкості в часі (рис. 2.7) (Додаток В).

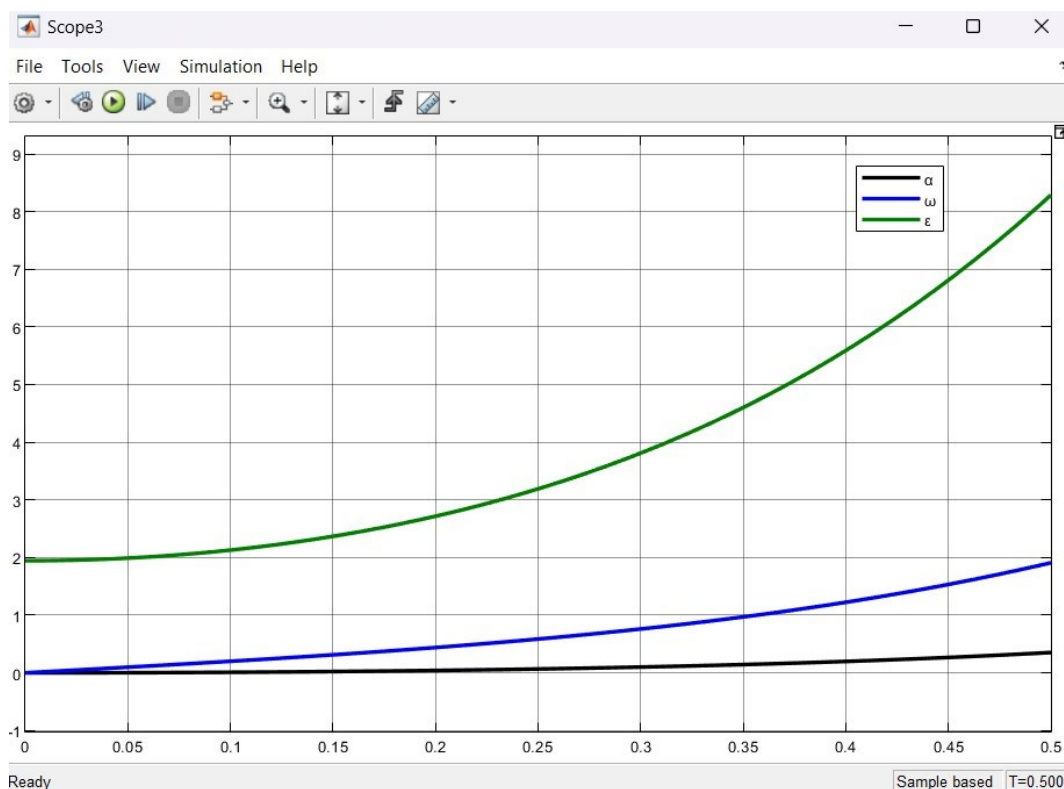


Рисунок 2.7. Графіки зміни ϵ , ω , α в часі.

Ми прийняли, що максимальний кут повороту платформи до її зіткнення з землею становить 0,35 рад, тобто $\alpha_{max} = 20^\circ$. Провівши ряд експериментів, де ми змінювали масу вантажу m_1 та величину відхилення вантажу від осі рівноваги s , дослідили час за який досягається кут α_{max} для різних мас та відхилень. В результаті отримані значення внесли в таблицю (2.2). та побудували графіки залежності часу від зміни маси (рис. 2.8) та зміни відхилення (рис. 2.9).

Таблиця 2.2 Значення часу (в секундах), за який платформа повертається на максимально допустимий кут.

с, м		0,0025	0,0050	0,0075	0,0100	0,0125
m	10к					
1	Г	0,632	0,498	0,428	0,382	0,350
m	20к					
2	Г	0,568	0,452	0,391	0,350	0,321
m	30к					
3	Г	0,547	0,437	0,378	0,340	0,312
m	40к					
4	Г	0,537	0,430	0,372	0,335	0,307
m	50к					
5	Г	0,531	0,425	0,369	0,331	0,304

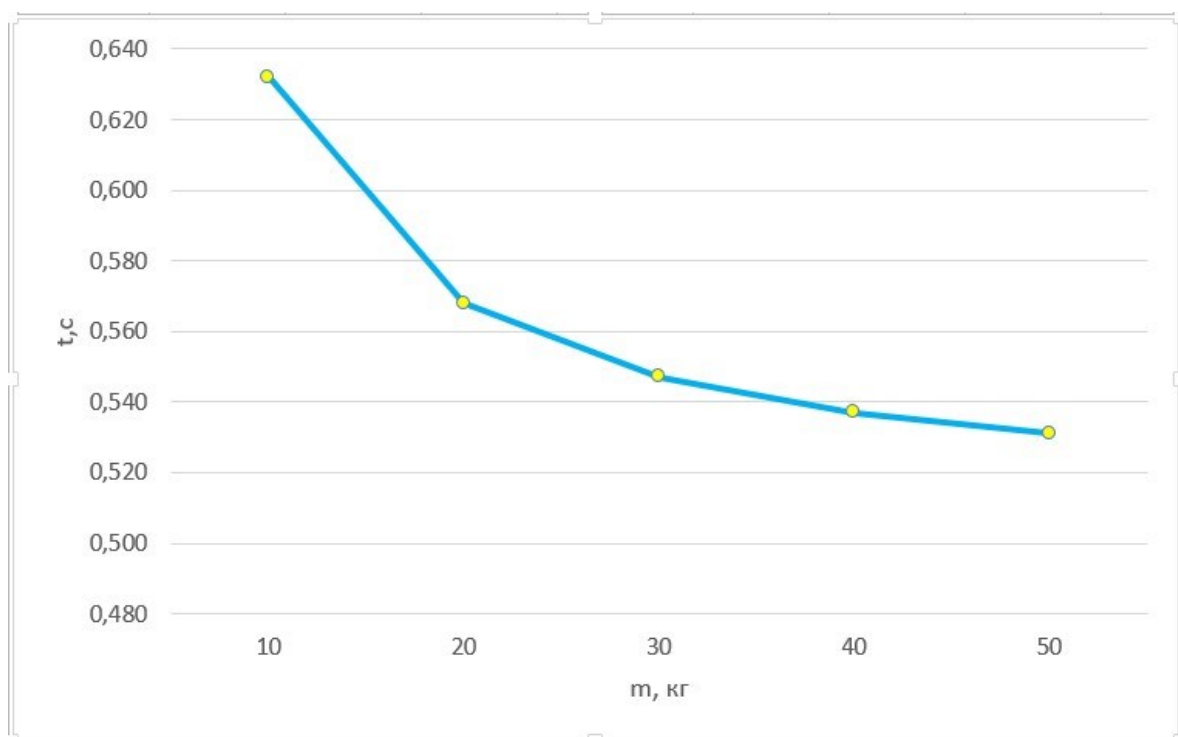


Рисунок 2.8 Залежність часу за який платформа повертається на кут α від величини маси при фіксованому значенні відхилення її центру ваги відносно осі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	

МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ

Арк.

44

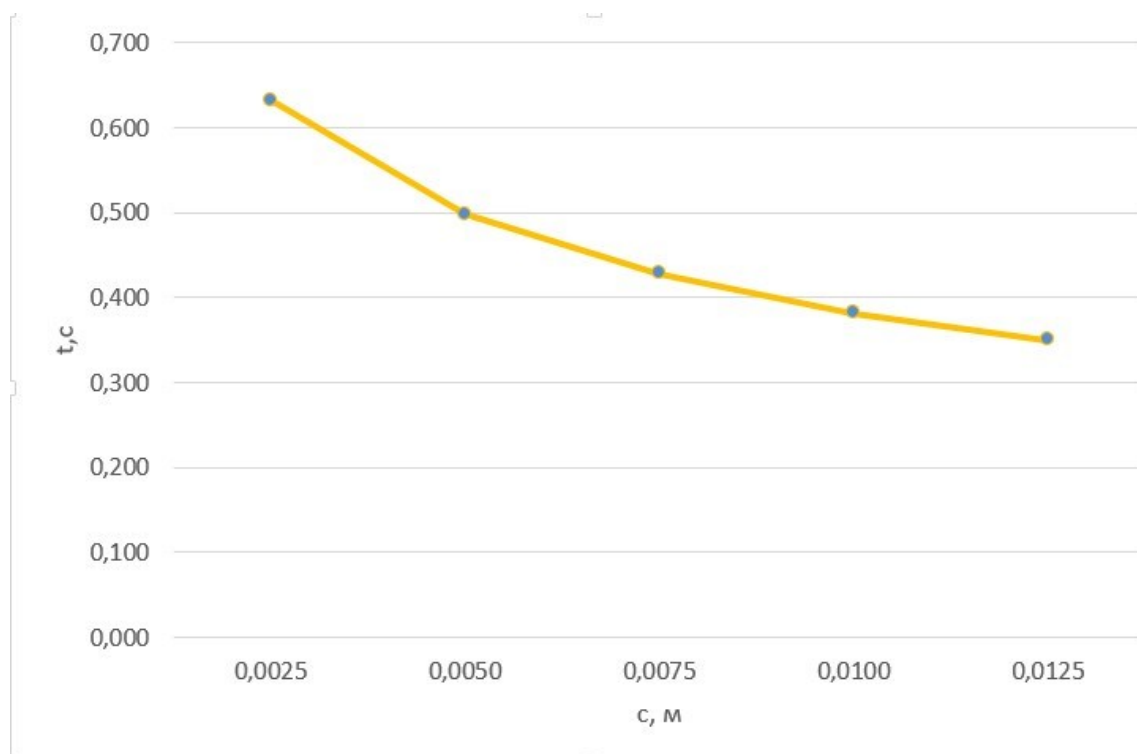


Рисунок 2.9. Залежність часу за який платформа повертається на кут α від відхилення.

Отже, зробимо підсумок з даного підрозділу. Перший крок: ми зробили розрахункові схеми, математичний та геометричний розрахунок з метою імітації процесу повороту платформи, яку в свою чергу реалізували через побудову математичною моделі в MATLAB Simulink. Другим кроком було провести ряд експериментів, де необхідно було змінювати масу вантажу та імовірне його відхилення від осі рівноваги системи, та дослідити час повороту платформи на заданий нами максимальний кут. Всі дослідженні дані було внесено до таблиці Excel та побудовано графіки залежностей часу від зміни маси та відхилення.

Дані значення часу є дуже важливими для нас в подальшому, оскільки тепер ми знаємо за який мінімальний час нам необхідно збалансувати платформу до моменту її зіткнення з землею, а отже ми зможемо провести розрахунок характеристик механізму стабілізації та в подальшому підібрати стандартний пристрій із каталогу з необхідними нам характеристиками.

В наступних підрозділах побудуємо допоміжні моделі процесу пересування вантажу по горизонтальній платформі, по платформі під кутом, а також зробимо імітацію процесу пересування вантажу за допомогою крокового двигуна з гвинтовою парою, що буде жорстко закріплена з вантажем. Звичайно ж попередньо проведемо всі необхідні нам розрахунки.

2.2 Математична модель руху вантажу по горизонтальній поверхні та по поверхні під кутом до горизонту. Дослідження швидкості руху та сили тяги, яку потрібно прикласти до вантажу.

Для того, щоб скомпенсувати зміщення вантажу від осі рівноваги системи, необхідно дослідити рух платформи по поверхні. Для початку розглянемо процес переміщення вантажу по горизонтальній поверхні (рис. 2.10).

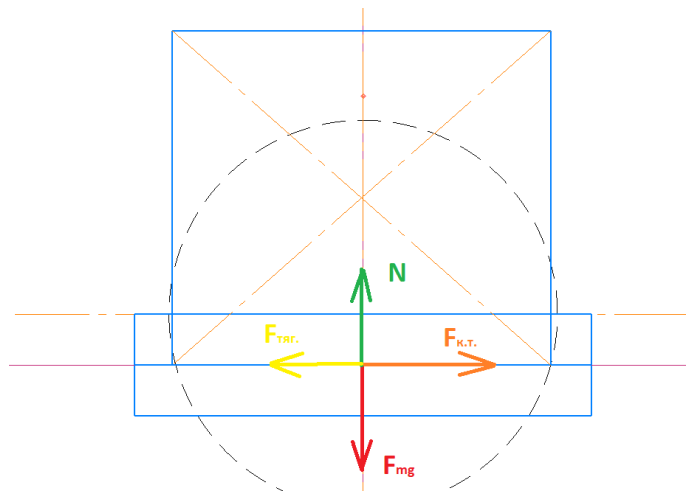


Рисунок 2.10. Розрахункова схема руху вантажу по горизонтальній поверхні.

Якщо до вантажу прикласти таку силу $F_{\text{тяг}}$, що зрушить його з місця, то при цьому виникає сила контактного тертя $F_{\text{к.т.}}$, яка дорівнює добутку сили реакції опори N та коефіцієнта контактного тертя μ , тобто:

$$F_{\text{к.т.}} = N \cdot \mu, \quad (2.2.1)$$

В свою чергу, в даному випадку, сила реакції опори дорівнює силі тяжіння:

$$N = m \cdot g, \quad (2.2.2)$$

Ці формули впливають з проекцій на осі OX та OY . Якщо ж розглядати рух вантажу по поверхні під кутом, то тут ситуація дещо складніша, оскільки сила тяжіння розкладеться на дві проекції (рис. 2.11).

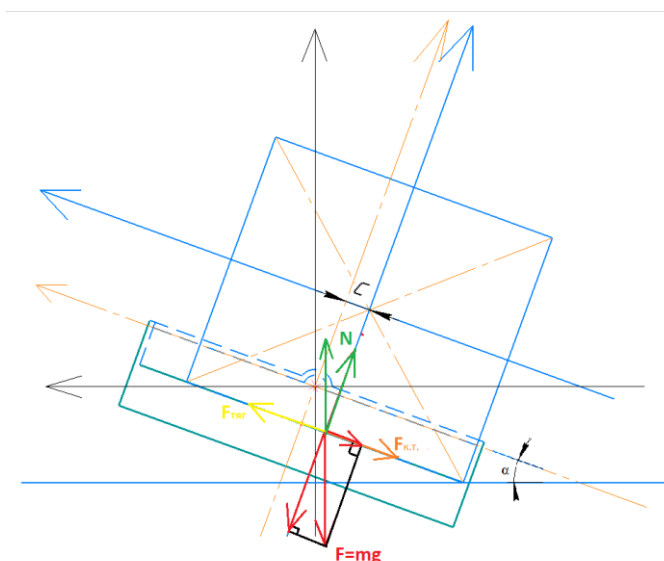


Рисунок 2.11. Розрахункова схема руху вантажу по поверхні під кутом.

Тому, більш детально опишемо та виразимо сили, що діють на вантаж в процесі переміщення його по поверхні під кутом. Для початку опишемо проекції сил на осі OX та OY :

$$OX: F_{\text{тяг}} - F_{\text{к.т.}} - F_{\text{в.т}} - F_{mg} \cdot \sin(\alpha) = 0, \quad (2.2.3)$$

$$OY: N - F_{mg} \cdot \cos(\alpha) = 0, \quad (2.2.4)$$

Із формули 2.2.4 виведемо значення сили реакції опори:

$$N = F_{mg} \cdot \cos(\alpha), \quad (2.2.5)$$

Підставимо формулу 2.2.5 в формулу 2.2.1 та отримаємо формулу контактного тертя для переміщення вантажу по поверхні під кутом:

$$F_{\text{к.т.}} = F_{mg} \cdot \cos(\alpha) \cdot \mu, \quad (2.2.6)$$

Для того, щоб дослідити силу тяги, яку потрібно буде прикласти до вантажу щоб подолати імовірне зміщення за необхідний час, який ми дослідили в попередньому підрозділі, необхідно буде двічі проінтегрувати лінійне прискорення.

Щоб знайти лінійне прискорення скористаємося другим законом Ньютона: $F_{\text{зар}} = m \cdot a$, де a – лінійне прискорення; $F_{\text{зар}}$ – сили що діють на

вантаж при його переміщенні; m – маса вантажу. Підставимо в формулу другого закону Ньютона формулу 2.2.3 та виведемо прискорення :

$$a = \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{F_{\text{ТЯГ}} - F_{\text{К.Т.}} - F_{\text{В.Т}} - F_{mg} \cdot \sin(\alpha_{\text{max}})}{m}, \quad (2.2.7)$$

Тут $F_{\text{К.Т.}}$ – сила контактного тертя; m – маса вантажу; $F_{\text{ТЯГ}}$ – сила тяги, яку необхідно дослідити; F_{mg} – сила земного тяжіння; α_{max} – максимальний кут відхилення платформи; $F_{\text{В.Т}}$ – сила в'язкого тертя.

$$F_{\text{В.Т}} = \vartheta \cdot b, \quad (2.2.8)$$

Де ϑ – швидкість руху вантажу; b – коефіцієнт в'язкого тертя.

$$F_{mg} = m \cdot g, \quad (2.2.9)$$

Для того, щоб побудувати модель випишемо необхідні константи та формули (табл. 2.3), які будемо задавати в цій модель, а також додамо пояснення до них.

Таблиця 2. 3 Значення параметрів та формули необхідні для побудови моделі руху вантажу по поверхні під кутом.

Параметр	Значення/ № Формули	Пояснення	Одиниці вимірювання
$m_{1\text{max}}$	50	Максимальна маса вантажу	кг
b	3	коефіцієнт в'язкого тертя	-
μ	0,2	коефіцієнт контактного тертя	-
g	9,8	Прискорення вільного падіння;	м/с ²
α_{max}	0.35	Максимальний кут відхилення платформи	рад
$F_{\text{В.Т}}$	(3.2.8)	сила в'язкого тертя	Н
$F_{\text{К.Т.}}$	(3.2.6)	сила контактного тертя	Н
F_{mg}	(3.2.9)	сила земного тяжіння	Н
a	(3.2.7)	лінійне прискорення вантажу	м/с ²

Далі, за допомогою таких самих блоків, які використовували при побудові попередньої математичної моделі, сформувавши модель процесу переміщення вантажу по поверхні під кутом до горизонту (рис. 2.12).

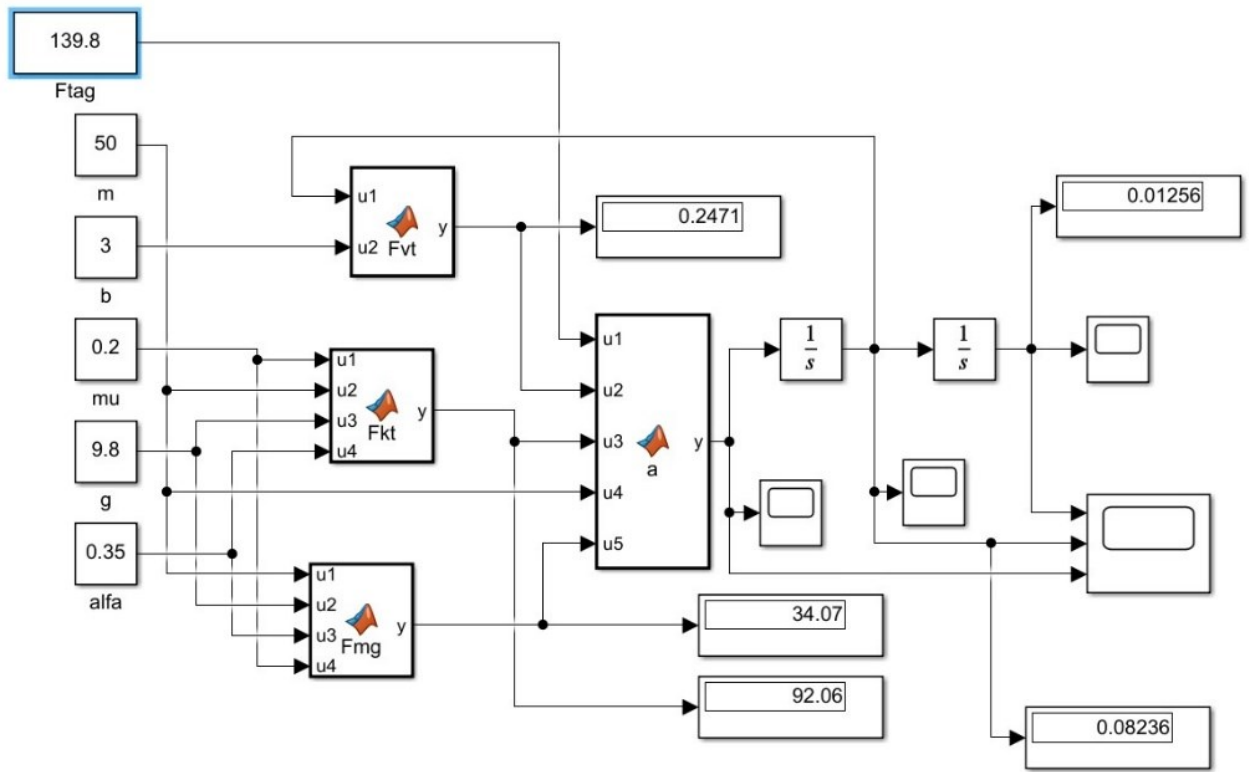


Рисунок 2.12. Математична модель процесу переміщення вантажу по поверхні під кутом.

А також вивели на осцилограф та отримали графіки зміни лінійної швидкості, прискорення та переміщення в часі (рис. 2.13.):

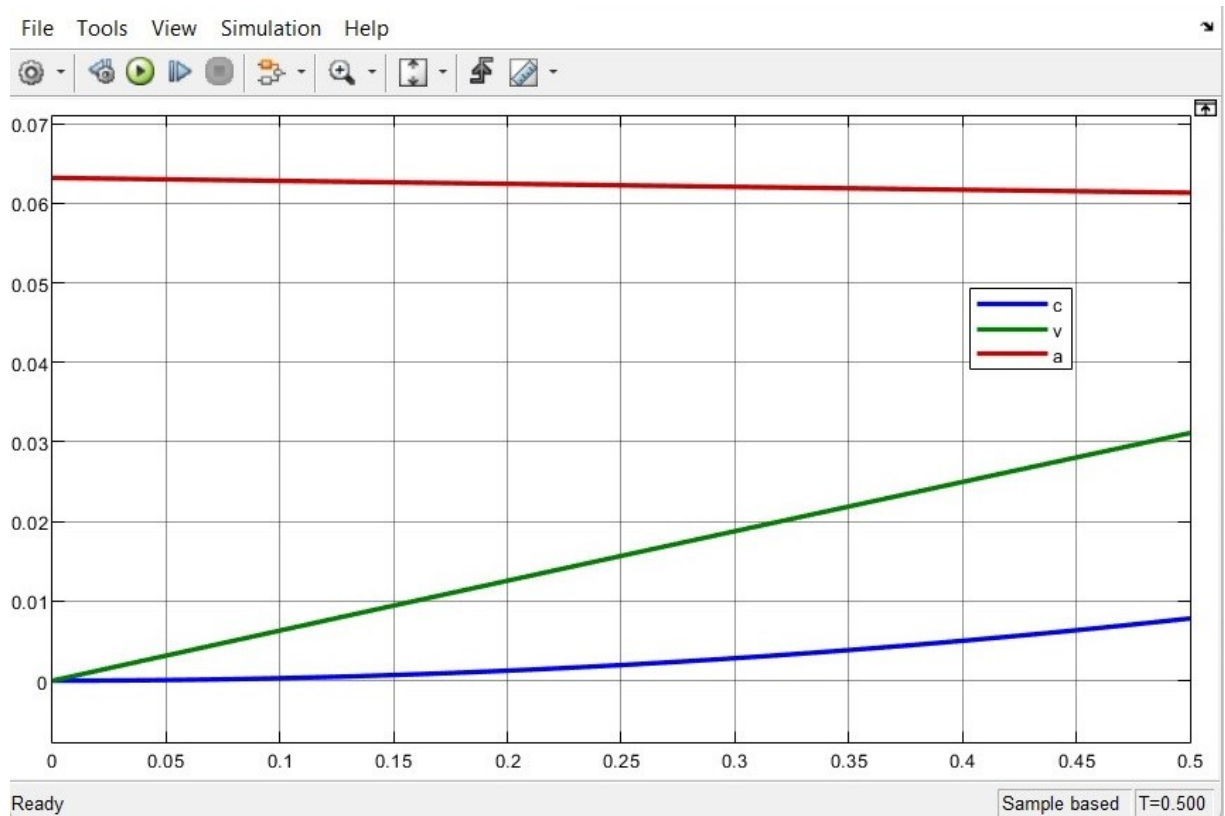


Рисунок 2.13 графіки зміни a , v , c в часі.

Дана модель дала можливість дослідити силу тяги, яку необхідно прикласти до вантажу з певною масою, щоб скомпенсувати відхилення за необхідний час. Провівши дослідження ми отримали наступні результати (табл.2.4):

Таблиця 2.4 Результати досліджень для $m_{1max} = 50$ кг .

с, кг.	0,0025	0,0050	0,0075	0,0100	0,0125
t, с	0,531	0,425	0,369	0,331	0,304
F, Н	127,0400	129,000	131,7000	136,0000	139,8000

Використовуючи значення таблиці 2.4, побудували графік залежності сили тяги від заданого імовірного відхилення (рис. 2.14) та графік залежності сили від часу за який необхідно подолати це відхилення (рис. 2.15).

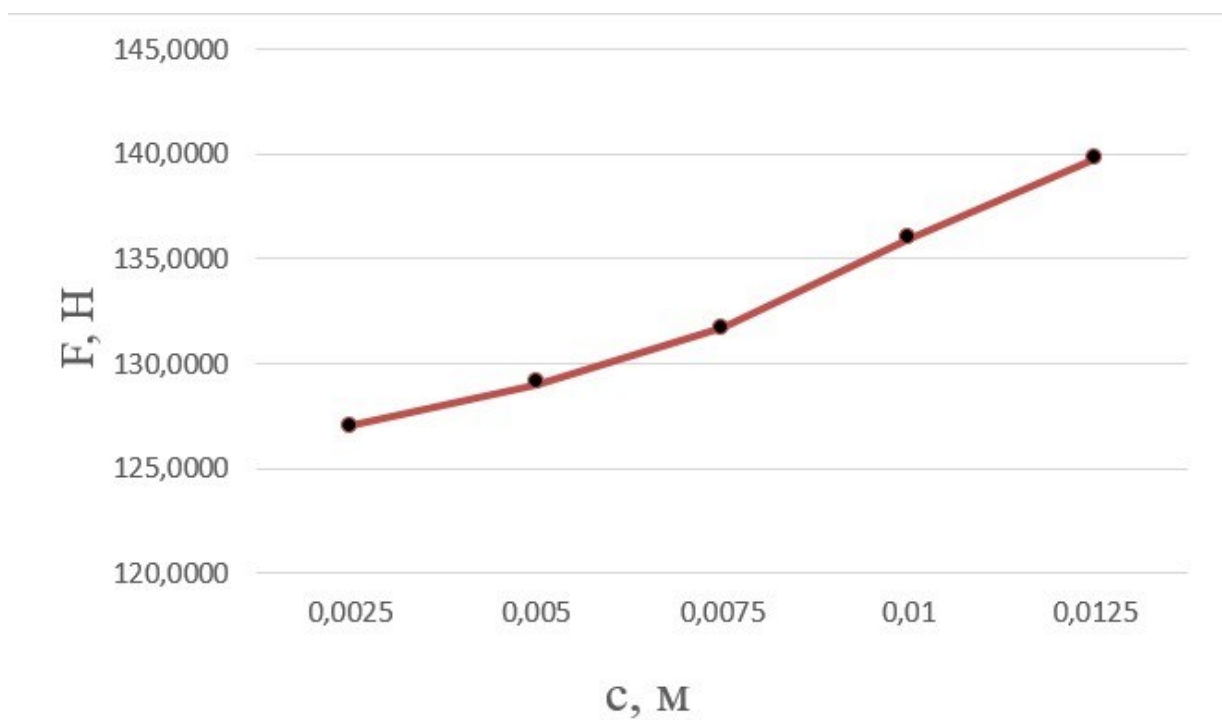


Рисунок 2.14. Графік залежності сили тяги від зміщення вантажу відносно осі рівноваги системи.

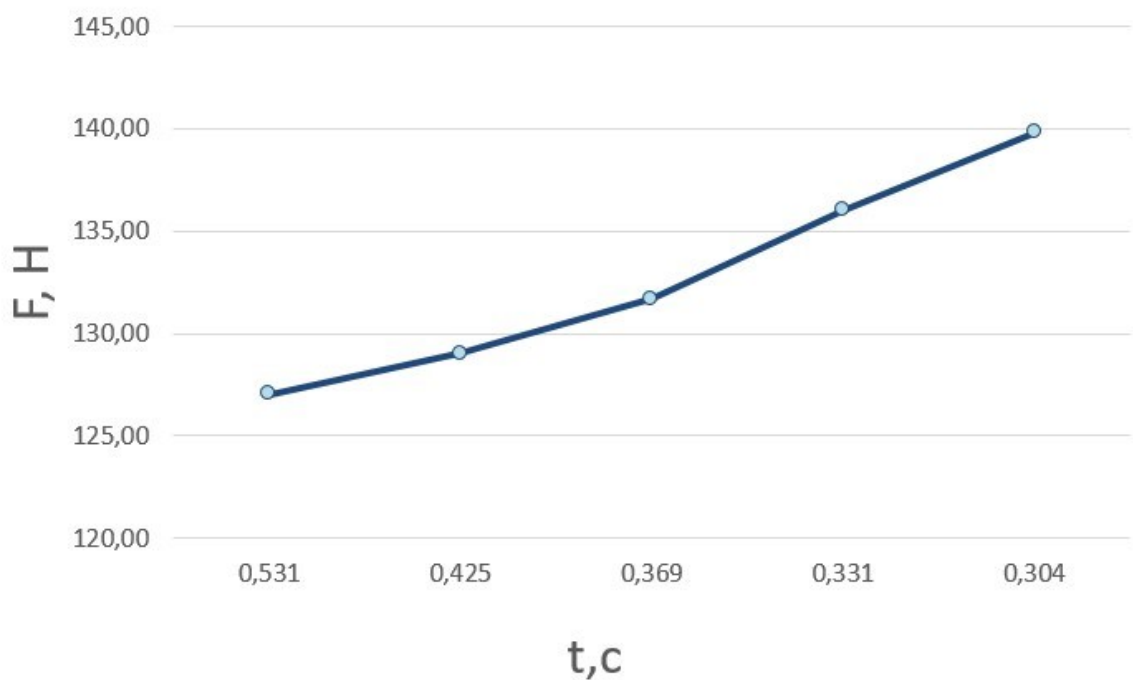


Рисунок 2.15. Графік залежності сили тяги від часу, за який необхідно скомпенсувати зміщення вантажу.

Отже, з даного дослідження можемо зробити висновок, що максимальна сила тяги, яка необхідна для компенсування максимального зміщення вантажу максимально допустимої маси за мінімальний час, дорівнює 140 Н.

Виходячи з отриманих даних, наступним кроком ми можемо зробити розрахунок характеристик крокового двигуна, який необхідний для стабілізації одновісної платформи.

2.3 Математична модель процесу переміщення вантажу по платформі під дією сили тяги, що викликана роботою двигуна та гвинтової пари.

Для того, щоб побудувати математичну модель механізму переміщення, попередньо необхідно з'ясувати за яким принципом працюватиме наш механізм.

До прикладу візьмемо електричний двигун на який подаватимемо напругу. Ця напруга буде у вигляді різниці кута повороту платформи α , який змінюється в часі та кута зрівноваженої системи $\alpha_0 = 0$, що в свою чергу подаватиметься імпульсами. Система буде зрівноважена коли : $\alpha - \alpha_0 = 0$.

Для того ж, щоб досліджувати в часі переміщення вантажу, яке здійснює привід, необхідно проінтегрувати лінійну швидкість передачі гвинт – гайка. Цю ж швидкість ми можемо знайти через кутову швидкість на валу (гвинт) двигуна (ф-ла 2.3.1).

$$\vartheta = \frac{\omega \cdot P \cdot z}{2 \cdot \pi}, \quad (2.3.1)$$

Де P – крок різьби передачі гвинт – гайка; z - хід різьби (ці дані ми задаємо та маємо можливість за допомогою них керувати системою стабілізації);

ω – кутова швидкість на валу двигуна, її ми шукатимемо за наступною формулою 2.3.2.

$$\omega = u \cdot n, \quad (2.3.2)$$

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			52

Де $u, [В]$ – напруга, про яку ми згадували раніше; $n, \left[\frac{об}{хв}\right]$ – частота обертання на валу двигуна, яку ми також задаватимемо.

Отже, задавши всі відомі нам константи та відобразивши формули 2.3.1 та 2.3.2 в середовищі MATLAB Simulink, отримуємо математичну модель механізму переміщення вантажу рис 2.16 (Додаток А).

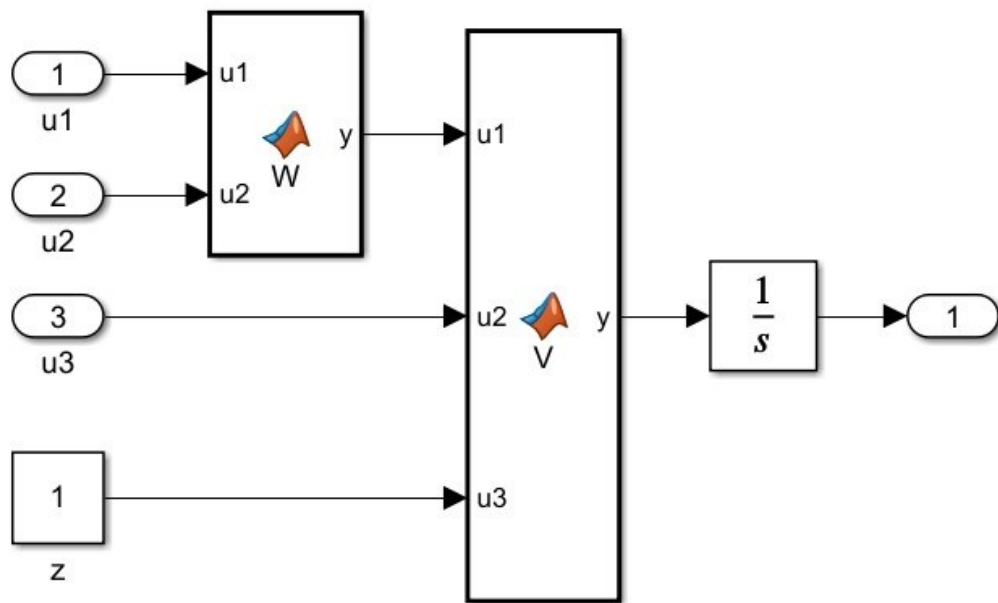


Рисунок 2.16 Математична модель механізму переміщення вантажу.

Тут входи: $u1$ – напруга ($u = \alpha - \alpha_0$); $u2$ – частота n ; $u3$ – крок різьби $P = 1,5 \text{ мм} = 0,0015 \text{ м}$. Та вихід 1 на осцилограф, який показуватиме графік переміщення, що змінюється в часі.

2.4 Загальна математична модель процесу стабілізації платформи за допомогою переміщення маси по платформі оснований на попередніх математичних моделях та дослідженнях.

Отже, ми створили модель процесу обертання платформи при зміщенні вантажу від осі рівноваги системи (МОДЕЛЬ №1), (п.2.1, Розділ 2), та модель механізму переміщення цього ж вантажу, що повертає його в стан рівноваги (МОДЕЛЬ №2), (п.2.3, Розділ 2). Це дозволяє нам об'єднати ці дві моделі,

створюючи загальну модель стабілізації платформи для перевезення вантажу (рис. 2.17), та повноцінно дослідити цей процес.

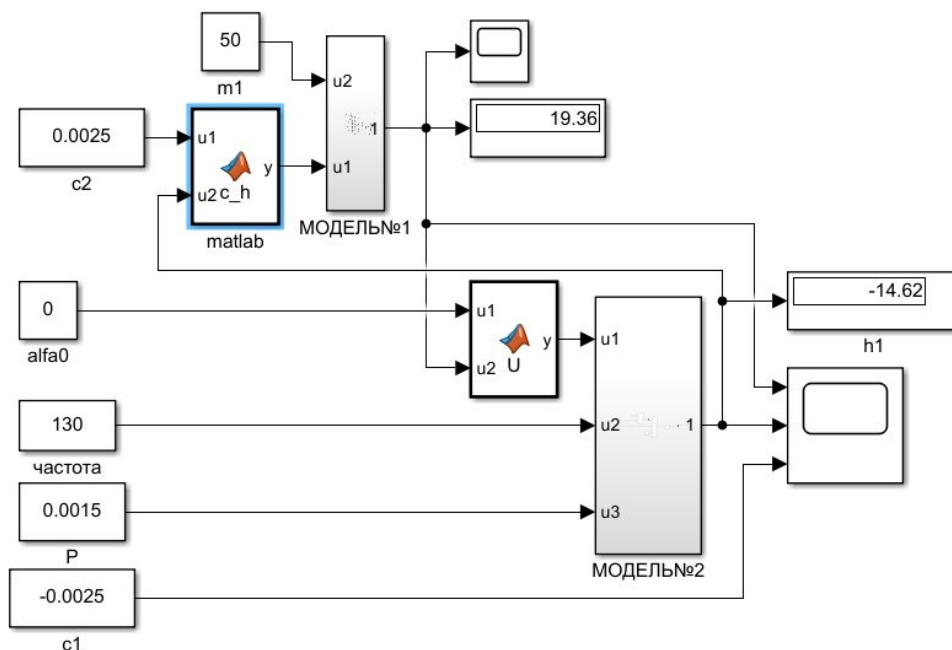


Рисунок 2.17. Загальна модель одновісної платформи для перевезення вантажу з приводом стабілізації цієї платформи.

Ці дві моделі ми об'єднали за допомогою трьох найважливіших для нас змінних параметрів, це кут повороту платформи, що утворюється під дією сил на вантаж - « α » (отримуємо на виході МОДЕЛІ №1), відстань на яку зміщено вантаж - « c » (задаємо на вході МОДЕЛІ №1) та відстань, яку подолав привід пересування при переміщенні вантажу в положення рівноваги - « h » (отримуємо на виході МОДЕЛІ №2).

Перед тим, як подати на МОДЕЛЬ№1 параметр « c », створили блок порівняння початкового заданого зміщення вантажу « c » з величиною його переміщення « h », що відбувається за допомогою приводу врівноваження системи, та яке змінюється в часі. Також кут повороту платформи « α », що отримуємо на виході МОДЕЛІ№1, заводимо на блок в якому будемо порівнювати його з кутом $\alpha_0=0$. Цей блок даватиме значення напруги, яку ми подаватимемо на електродвигун. Від неї буде залежати робота приводу

переміщення вантажу. Результатом роботи даної моделі є графіки зміни переміщення «h» та кута « α » в часі (рис. 2.18).

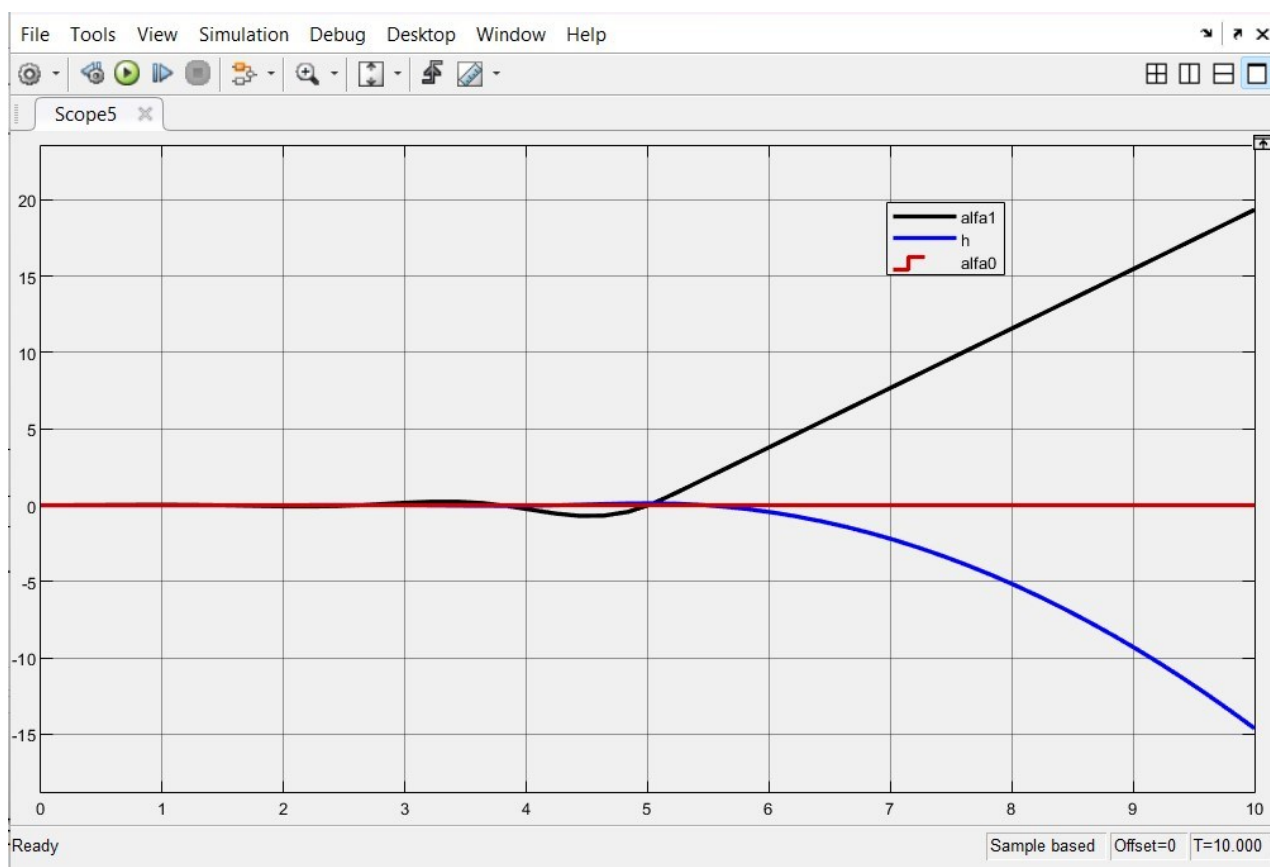


Рисунок 2.18. Графіки зміни кута та переміщення вантажу при роботі механізму пересування вантажу.

З рисунку 2.18 бачимо, що процес виведення параметрів «h» та « α » до значень при яких система врівноважується, є досить неузгодженим, тому, щоб спростити процес врівноваження, було вирішено дещо видозмінити конфігурацію автоматизованої платформи, яка буде перевозити вантаж. Це ми зробимо за допомогою опущення центру маси вантажу нижче осі навколо якої обертається система. Таким чином отримуємо наступну розрахункову схему (рис.2.19).

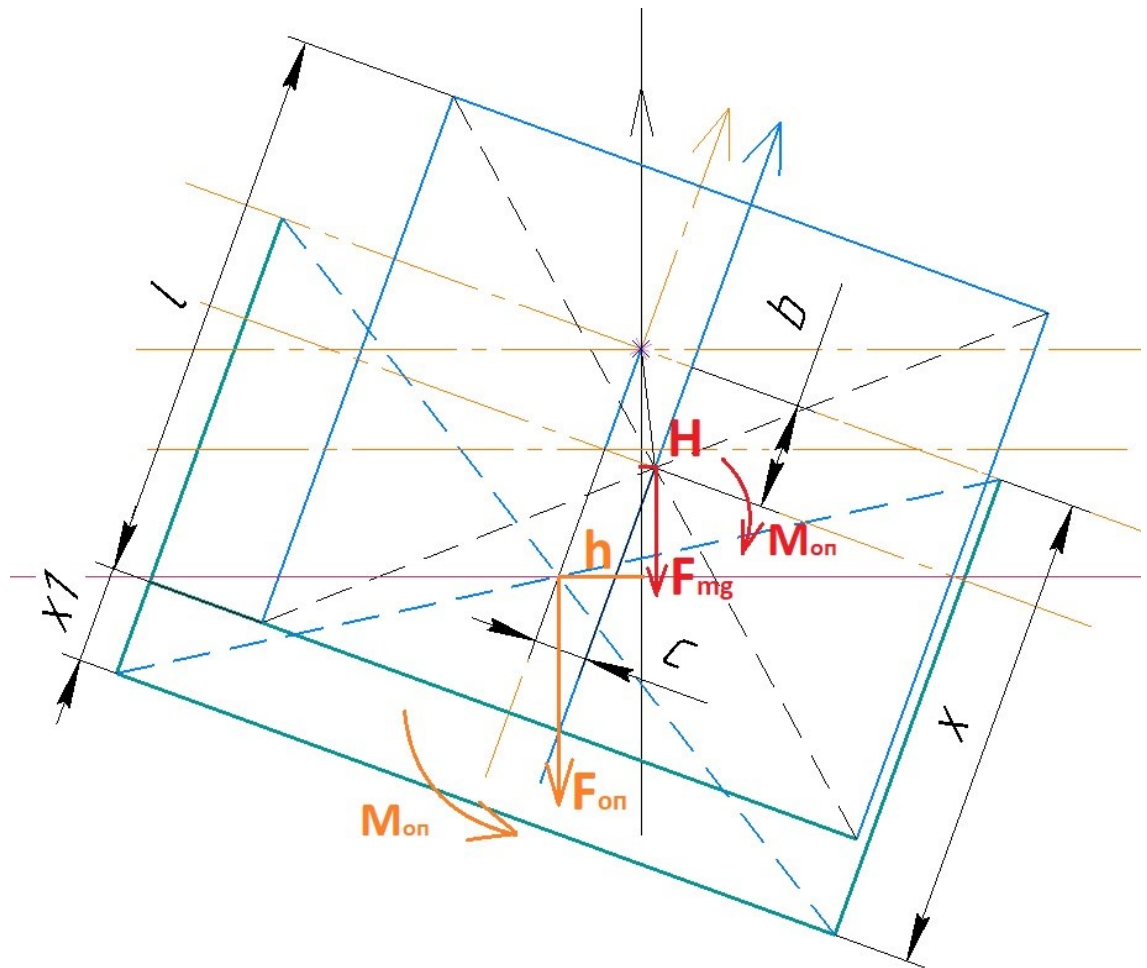


Рисунок 2.19. Розрахункова схема видозміненої платформи з вантажем.

Для того, щоб системи коректно працювала за таких умов необхідно провести перерозрахунок наступних параметрів системи: h , H – плече дії сил F_{mg} та $F_{оп}$ відповідно; e , a – відстані від центру мас вантажу/платформи до центру обертання; x – висота платформи з вантажем; k_1, k_2 – коефіцієнти розподілення маси вантажу між вантажем та платформою з вантажем. Також задамо параметр b – величина опущення центру маси вантажу відносно осі обертання.

Отже, для того, щоб знайти ці величини необхідно виділити з рис.2.19 геометричну частину (рис.2.20), де ці параметри утворюють трикутники, та за допомогою геометричних властивостей цих трикутників виразити необхідні нам величини у вигляді формул.

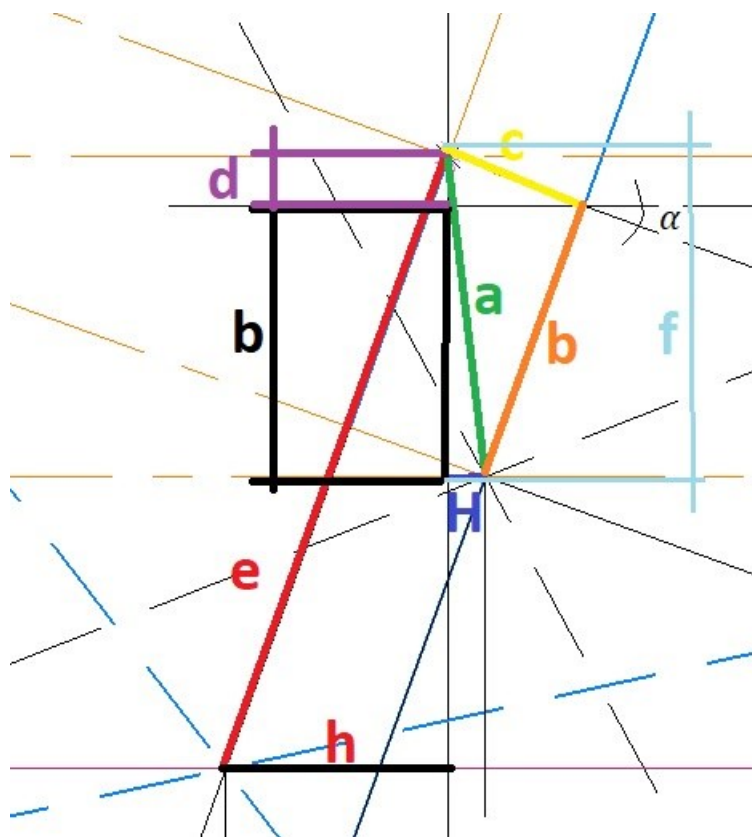


Рисунок 2.20. Геометрична частина системи, яка складається з необхідних нам параметрів системи.

Формула для розрахунку параметру h не змінюється, тому використаємо формулу 2.1.23:

$$h = e \cdot \sin(\alpha), \quad (2.1.23)$$

Для вираження плеча H виведемо іншу формулу із прямокутного ΔafH , де a – гіпотенуза, f, H – катети, згідно теореми Піфагора:

$$H = \sqrt{a^2 - f^2}, \quad (2.4.1)$$

Далі із прямокутного Δabc знайдемо параметр a :

$$a = \sqrt{c^2 + b^2}, \quad (2.4.2)$$

Параметр f знайдемо за допомогою суми величин d та b :

$$f = d + b, \quad (2.4.3)$$

Відповідно параметр d знайдемо з прямокутного Δcdm де α протилежний кут до сторони d :

$$d = c \cdot \sin(\alpha), \quad (2.4.4)$$

Також для коректної роботи системи необхідно врахувати розподілення маси вантажу між масою платформи з вантажем, що впливає на момент інерції платформи та власне масою вантажу, що впливає на момент інерції вантажу. Для цього позначимо коефіцієнти розподілення k_1 – для платформи з вантажем; k_2 – для вантажу та виразимо їх використовуючи висоту вантажу l та величину опущення центру маси вантажу відносно осі обертання – b :

$$k_1 = \frac{\frac{l}{2} + b}{l}, \quad (2.4.5)$$

$$k_2 = \frac{\frac{l}{2} - b}{l}, \quad (2.4.6)$$

Завершальними параметрами, які необхідно виразити, є висота платформи – x ; відстань від центру маси платформи до осі обертання – e .

$$x = x_1 + \frac{l}{2} + b, \quad (2.4.7)$$

$$e = \frac{x}{2}, \quad (2.4.8)$$

Отже, виразивши всі необхідні нам параметри системи, вносимо їх в МОДЕЛЬ№1 та зберігаємо як нову видозмінену МОДЕЛЬ№ 1.1 (рис. 2.21).

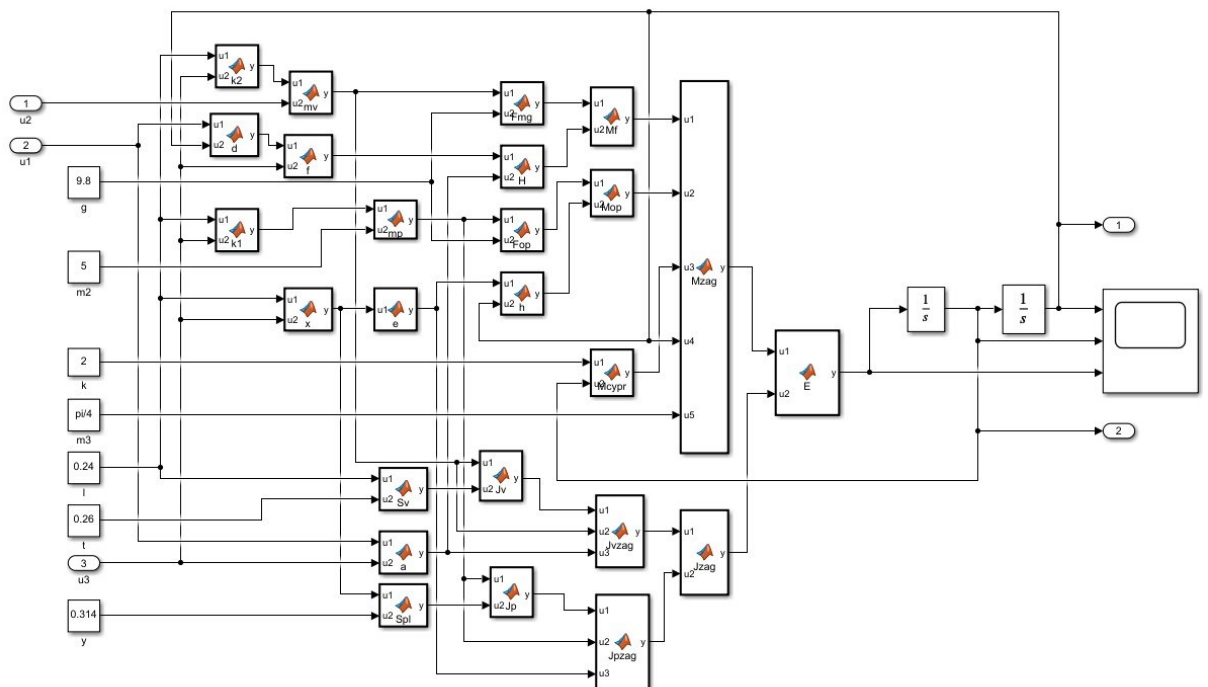


Рисунок 2.21. Модель повороту платформи з видозміненою платформою та опущеним вантажем.

Отже, об'єднаємо МОДЕЛЬ№ 1.1 з МОДЕЛЛЮ№2 тим самим методом, що був описаний вище в даному пункті. Таким чином отримуємо загальну модель стабілізації модернізованої автоматизованої платформи (рис. 2.22).

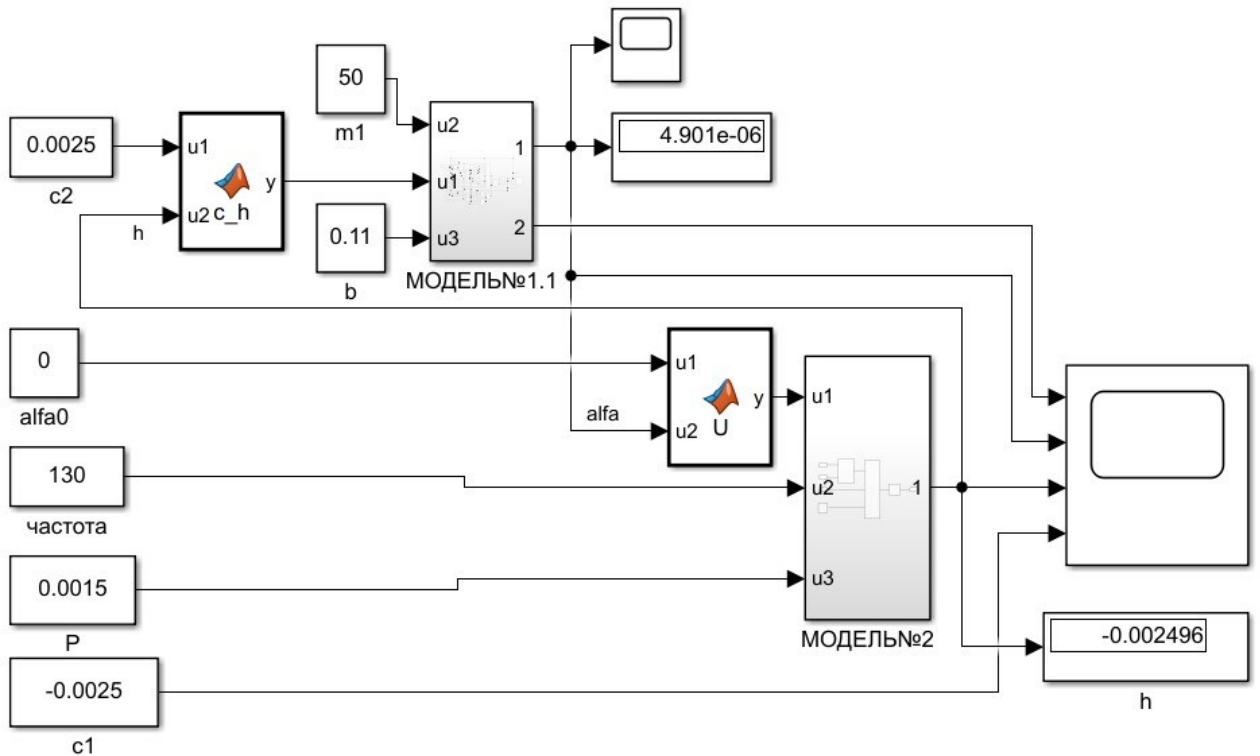


Рисунок 2.22. Загальна математична модель системи стабілізації модернізованої автоматизованої платформи.

Дослідивши цю модель, отримали наступний графік (рис.2.23).

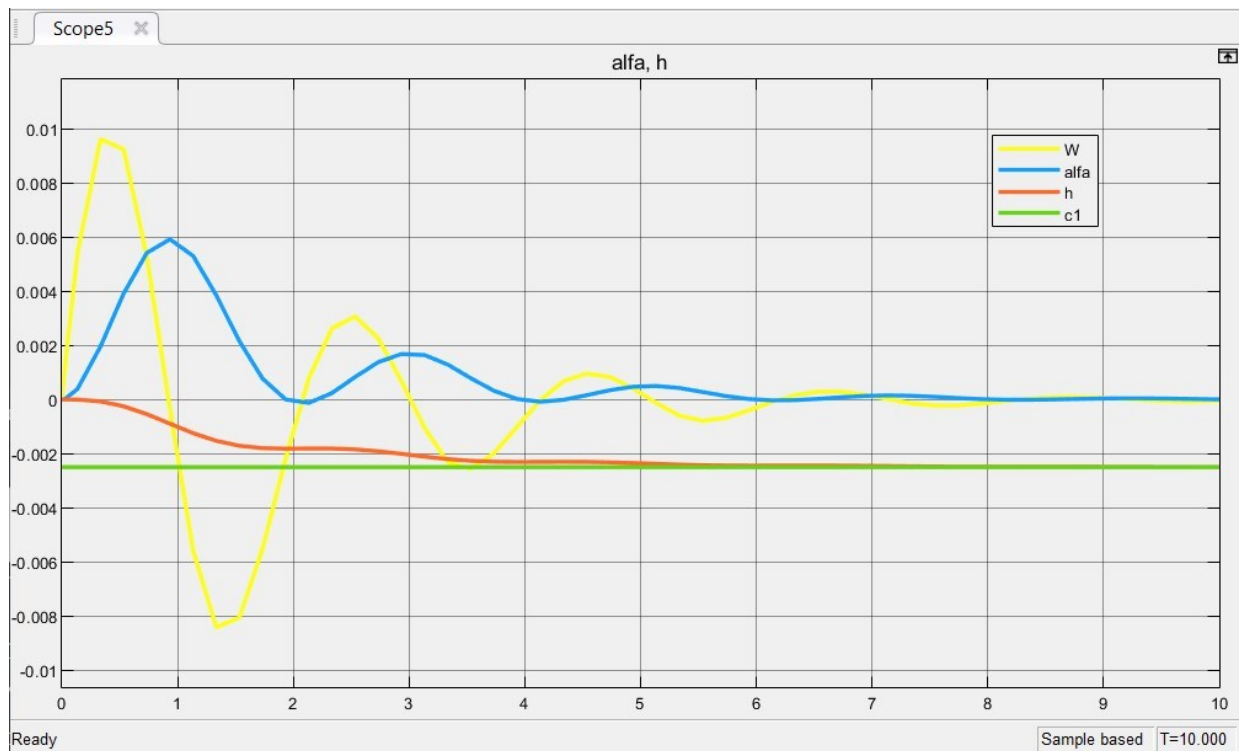


Рисунок 2.23. Графік зміни кута α , переміщення h вантажу та кутової швидкості системи ω при відхиленні вантажу c_1 та масі $m_5 = 50$ кг.

З рисунку 2.23 бачимо, що процеси зміни кута α та переміщення h в часі, узгодилися та не суперечать основним законам фізики.

Тут бачимо, що на початку роботи кут має певну амплітуду колювання так само як і переміщення вантажу, однак за рахунок пристрою, що зрівноважує систему, ця амплітуда швидко та суттєво зменшується. А в момент часу, коли переміщення h , яке здійснює механізм пересування вантажу, виходить на значення початкового зміщення вантажу « c », кут повороту платформи α набуває значення « 0 », що і означає, що система зрівноважена.

Для проведення аналізу системи додаємо ще кілька графіків поведінки системи за різних параметрів. До прикладу змінимо масу вантажу з $m_5 = 50$ кг на $m_3 = 30$ кг (рис. 2.24) та на $m_1 = 10$ кг (рис. 2.25), та прослідкуємо за системою протягом одного й того самого часу $t=10$ с.

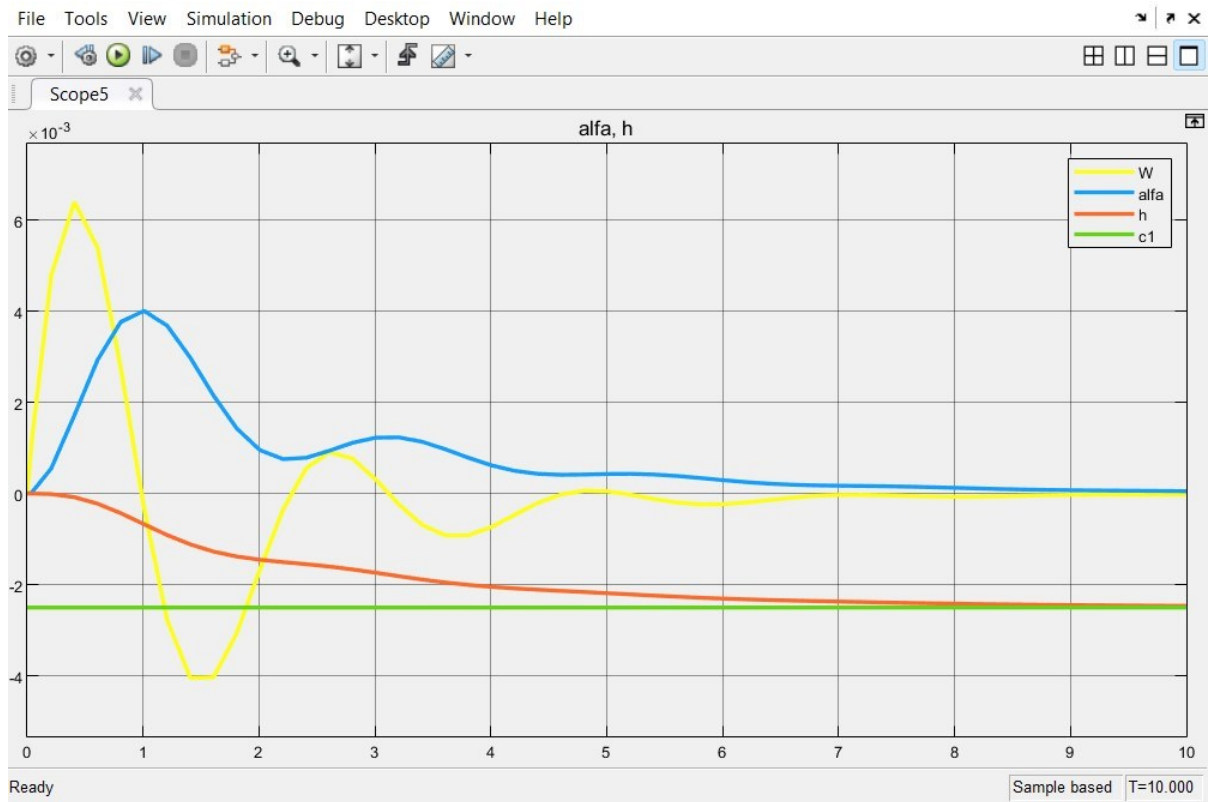


Рисунок 2.24. Графік зміни кута α , переміщення h вантажу та кутової швидкості системи ω при відхиленні вантажу c_1 та масі $m_3 = 30$ кг.

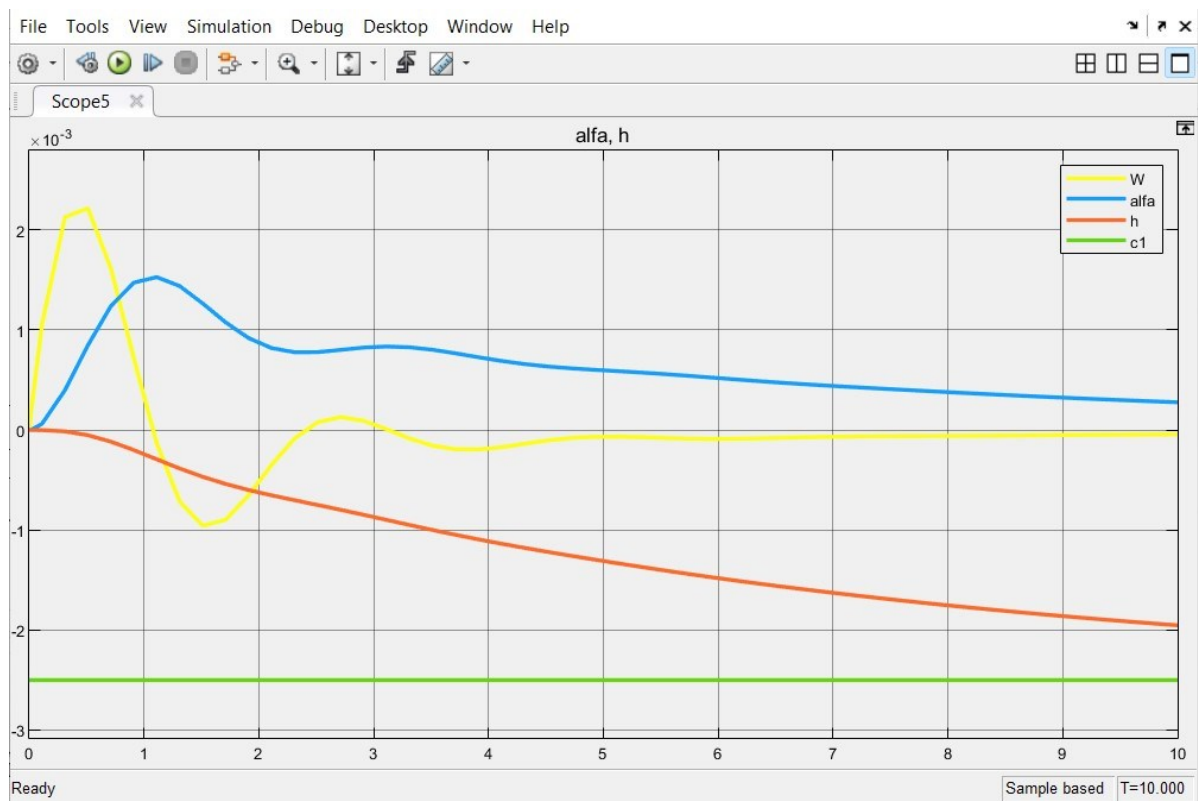


Рисунок 2.25. Графік зміни кута α , переміщення h вантажу та кутової швидкості системи ω при відхиленні вантажу c_1 та масі $m_1 = 10$ кг.

Порівнявши графіки зображених на рисунках 2.23, 2.24, 2.25 бачимо, що при відхиленні вантажа з масою 10 кг амплітуда зміни кута α та кутової швидкості повороту платформи ω , менша ніж при відхиленні вантажу з більшою масою (наприклад 50 кг). При цьому час стабілізації системи з вантажем більшої ваги менший, ніж час стабілізації системи з вантажем меншої ваги.

Спробуємо змінити інший параметр системи та дослідити її поведінку. Нехай це буде початкове відхилення вантажу «с» від осі рівноваги системи, при цьому маса «m» та час «t» залишаються незмінними.

До прикладу змінимо з $c_1 = 0.0025$ м на $c_3 = 0.0075$ м (рис. 2.26) та на $c_5 = 0.0125$ м (рис. 2.27), при вазі вантажу 50 кг, $t=10$ с.

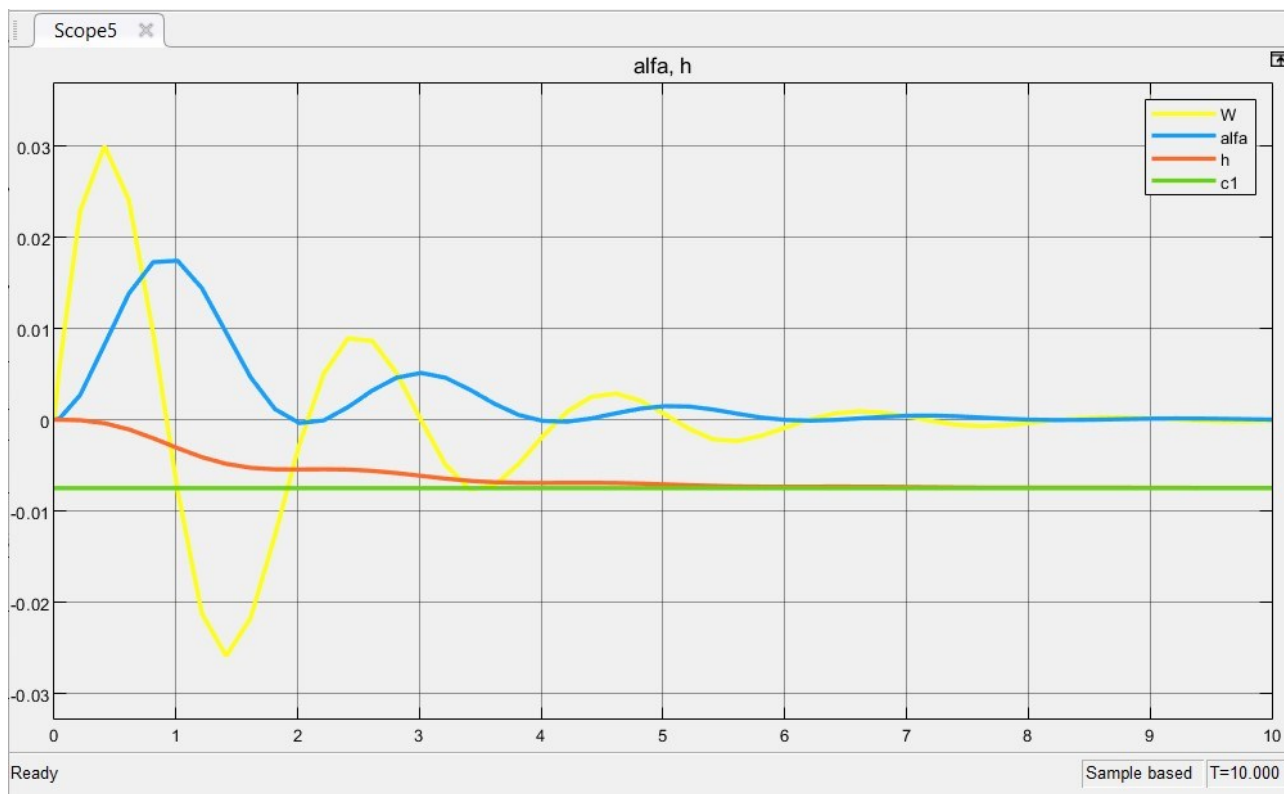


Рисунок 2.26. Графік зміни кута α , переміщення h вантажу та кутової швидкості системи ω при масі вантажу $m_5 = 50$ кг та відхиленні $c_3=0.0075$ м.

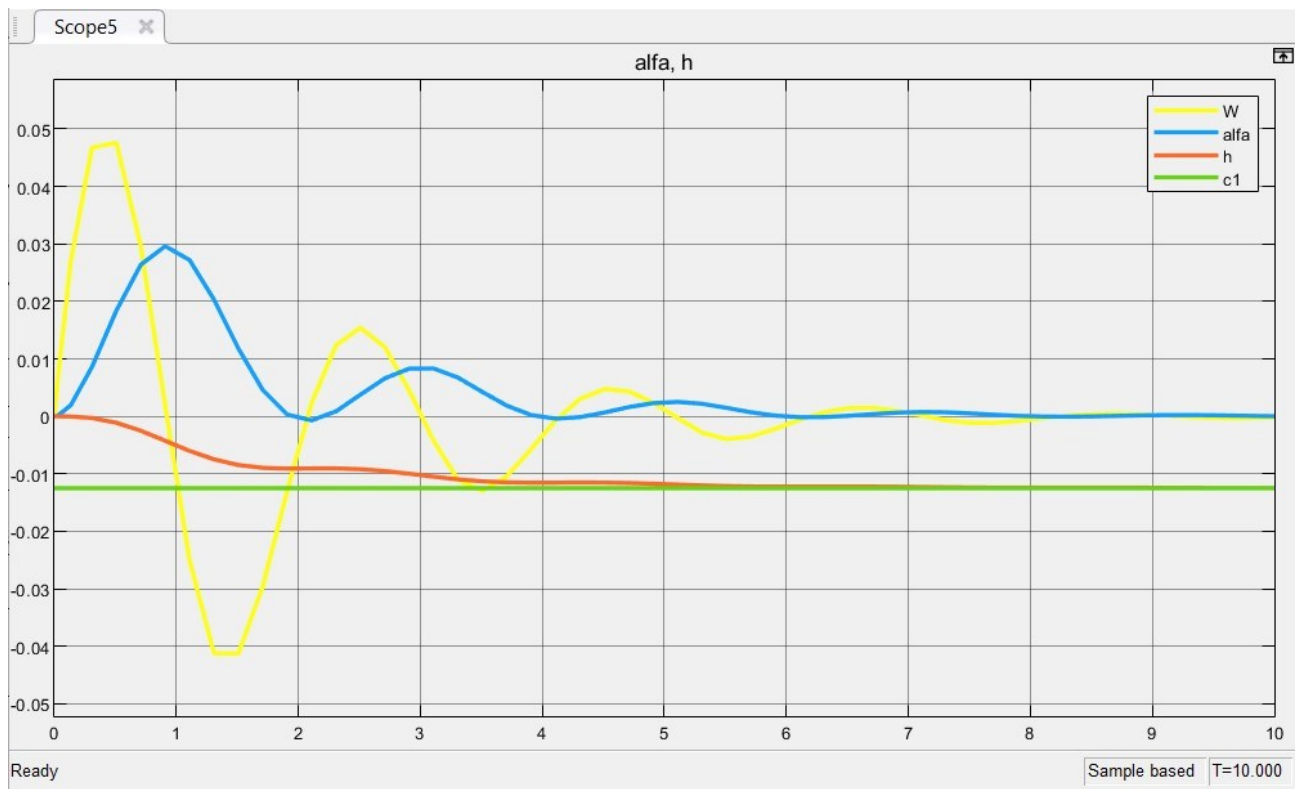


Рисунок 2.27. Графік зміни кута α , переміщення h вантажу та кутової швидкості системи ω при масі вантажу $m_5 = 50$ кг та відхиленні $c_5 = 0.0125$ м.

Порівнявши між собою графіки, зображені на рисунках 2.23, 2.26 та 2.27, бачимо, що характер зміни кута, кутової швидкості та переміщення вантажу не змінився та час, що потрібен для стабілізації системи, залишається однаковим.

Отже, можемо зробити з цього висновок, що величина початкового заданого відхилення вантажу від осі рівноваги системи не значно впливає на поведінку системи, характер зміни параметрів та час стабілізації.

Користуючись даною перевірено моделлю, було проведено ряд досліджень згідно яких ми змогли зробити вибірку значень часу за який система стабілізується при різних значення мас та початкових відхилень (табл.2.5), та на основі цих значень побудувати графіки залежності часу стабілізації від маси (рис.2.28) та початкового зміщення (рис.2.29).

Таблиця 2.5 Значення часу при різних масах та відхиленнях.

с, м	0,0025	0,0050	0,0075	0,0100	0,0125
t(m1)	56,0	61,6	65,0	67,0	52,0
t(m2)	30,0	30,9	32,5	35,0	27,0
t(m3)	20,0	21,5	22,5	24,0	19,0
t(m4)	16,0	17,0	18,0	19,0	15,0
t(m5)	14,0	15,5	16,0	16,0	14,0

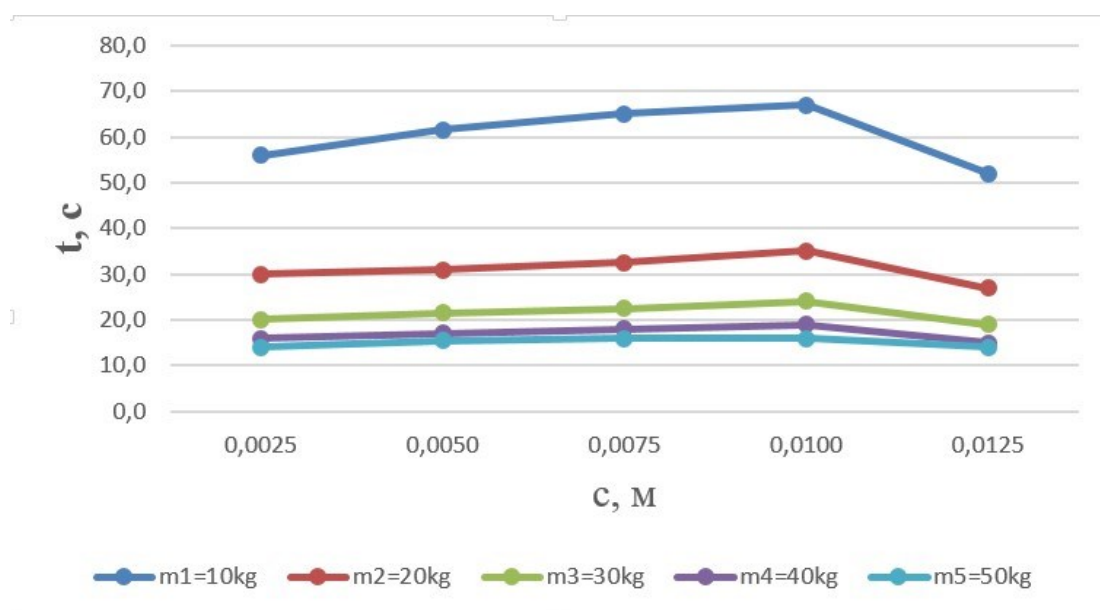


Рисунок 2.28. Залежність часу повернення платформи у стан рівноваги від відхилення при різних масах.

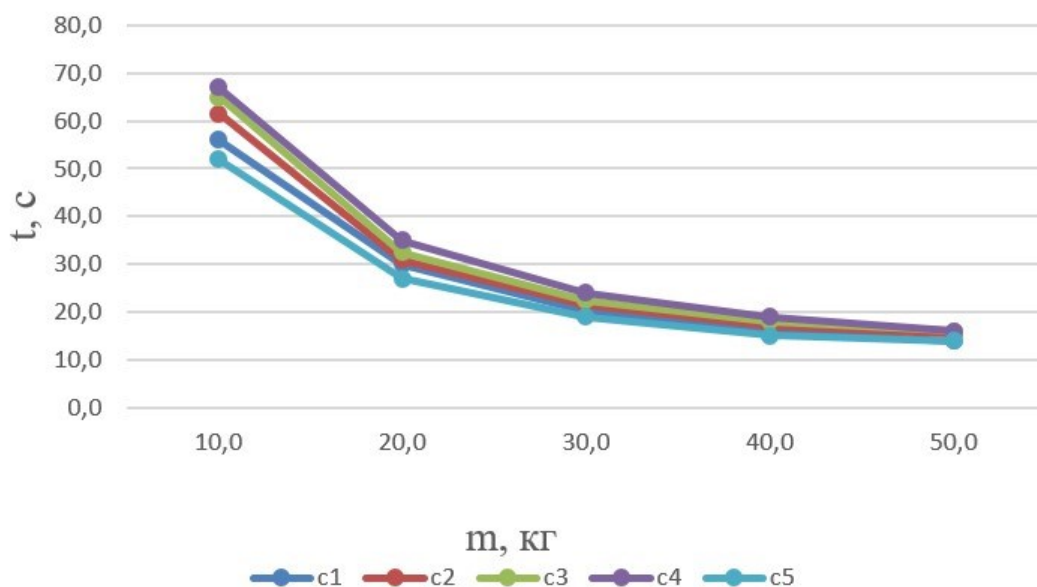


Рисунок 2.29 Залежність часу повернення платформи у стан рівноваги від маси при різних відхиленнях.

З цих графіків бачимо, що час повернення платформи у стан рівноваги більше залежить від значення маси вантажу і менше від значення його зміщення відносно осі обертання. А також можемо зробити висновок, що час на зрівноваження системи буде меншим для вантажу більшої ваги, оскільки за рахунок конфігурації платформи система намагається зрівноважитись сама.

2.5 Висновки з розділу 2.

Створена нами загальна модель врівноваження системи, дозволяє нам досліджувати процес стабілізації платформи, що відбувається в часі, а також регулюючи деякі параметри, підібрати пристрої, що необхідні для реалізації цього процесу, з найбільш вдалими характеристиками.

Дана модель є досить технологічною, оскільки вона створена так, що у випадку зміни одного з параметрів системи, змінюватимуться і решта, що зв'язані з цим параметром. Це дозволяє не робити додаткових перерахунків вручну та робить процес дослідження стабілізації платформи автоматичним.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			65

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

3.1 Вибір матеріалу для виготовлення корпусу та захисних панелей автоматизованої платформи. Його властивості та характеристики.

Корпус таких пристроїв як гірборд ABS матеріалу. Він може бути, як гранульованим (для виготовлення методом лиття під тиском), так і пластина (для обробки фрезерними станками) [14].

Панелі для складання корпусу нашої автоматизованої платформи будемо виготовляти саме з цього матеріалу, тому детальніше ознайомимося з його складом та властивостями.

ABS – це синтетичний полімер, який вирізняється з усіх інших високою еластичністю та стійкістю до ударів. Назва матеріалу «ABS» є скороченням найменувань мономерів, що входять до складу цього полімеру, а саме: акрилонітрил, бутадієн та стирол [15].

Даний композит доволі часто використовують при виготовленні пластикових деталей. Це пояснюється його хорошими технічними характеристиками та властивостями якими він наділений, наприклад:

- Довговічність (зберігається при умові, що на матеріал не потрапляють прямі ультра-фіолетові промені);
- Стійкість до вологи, масел та кислот;
- Не виділяє токсинів за нормальних умов експлуатації;
- Зносостійкість, еластичність та міцність;
- Працює при широкому діапазоні температур (від -40°C до $+90^{\circ}\text{C}$)[14].

Однак, такий вид матеріалу також має свої недоліки. Він чутливий до УФ-променів, погано стійкий до кліматичних умов та втрачає міцність при контакті з ацетатом, ефіром, бензолоном [15].

Оскільки, наша автоматизована платформа працюватиме в приміщенні, тобто на неї не потраплятимуть УФ-промені, а сприятливі кліматичні умови

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			66

на складі можна створити та підтримувати, то такий тип пластику повністю підходить для виготовлення панелей корпусу нашої платформи.

3.2 Методи виготовлення панелей корпусу платформи з ABS матеріалу

Для того щоб виготовити деталь з пластику можна використовувати різні методи. Наприклад це може бути лиття пластику під тиском чи формування під впливом високої температури. Також при створенні пластикових виробів користуються лазерною різкою, токарною та фрезерною обробкою [16].

Виготовляти панелі корпусу нашої платформи будемо двома методами: 4 бічні панелі та верхню панель виготовлятимемо методом фрезерної обробки, а нижню панель корпусу автоматизованої платформи доцільніше виготовити методом формування під впливом високих температур. Тому, для початку, детальніше ознайомимось з цими двома методами.

Фрезерна обробка – це процес обробки заготовки способом зняття зайвого матеріалу та формування необхідної форми деталі методом фрезерування.

Під час фрезерування головним рухом є обертальний рух фрези, за допомогою якої зрізається матеріал, а прямолінійний рух подачі забезпечує рух верстату за заданою необхідною траєкторією. В більшості фрезерування виконують на ЧПК станках.

Перевагами використання фрезерування деталі на ЧПК станках є :

- Висока точність виготовлення деталі у відповідності до заданих параметрів.
- Вища оперативність виконання операцій ніж при ручній обробці.
- Можливість виконувати вироби, що мають складну геометрію.
- Можливість виготовляти серії подібних деталей.
- Економічність. Собівартість деталі виготовленої методом фрезерування є досить низькою [17].

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			67

Важливо зазначити, що фрезерувальна обробка пластику має свої особливості. Найперше, що варто врахувати це робоча температура, яка може розвиватись в процесі обробки. Перегрів матеріалу може спричинити деформацію виробу, що в результаті може видати брак деталі. Щоб попередити це необхідно для початку визначити стійкість оброблювального матеріалу до температур. Якщо матеріал має середню або велику міцність, то імовірність,

що він розігріється при контакті з фрезою дуже велика. Для того, щоб цьому запобігти, утворене в процесі тепло відводиться з робочої зони за допомогою рідинної чи повітряної системи охолодження [17].

Також варто врахувати, що в процесі обробки утворюється стружка, яка може заважати прохідності фрези та стати причиною виготовлення деталі з певними похибками. Для того, щоб очистити робочу поверхню, стружку видувають спеціальною системою. Ще одним чинником, який перешкоджає виготовленню якісного виробу, є намотування стружки на фрезу. Тому важливо налаштувати станок так, щоб при входженні інструменту в матеріал показники подачі були занижені, а вже в процесі обробки поступово їх збільшувати до оптимальних величин [17].

Також якість фрезерування пластику залежить від якісно підібраних фрез та іншого інструменту. Найбільшу увагу варто звернути на ріжучу частину фрези. Вона обов'язково повинна бути добре заточеною та відполірованою, щоб в процесі роботи не залишати на виробі слідів. З цієї причини, для роботи з полімерним матеріалом, рекомендується обирати фрези, виготовлені з полікристалічного алмазу чи з швидкоріжучих сталей.

Оглянемо другий метод формування деталей із пластику – формування виробу під впливом високих температур.

Термоформування - це процес виробництва, під час якого лист термопласту нагрівають до температури, при якій матеріал стає еластичним та текучим. Необхідну форму цьому матеріалу надають за допомогою прес –

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			68

форми, що складається з двох частин, які з'єднуються між собою чим утворюють виріб необхідної форми. При цьому на верстаті обидві платформи будуть рухомими та рухатимуться одна до одної під дією тиску. Заключним етапом формування є обрізка зайвого матеріалу, після чого виріб уже вважається придатним до використання [18]. Отже, зробивши невеликий огляд методів обробки пластику, перейдемо до розробки технологічного процесу.

3.3 Технологічний процес виготовлення панелей корпусу автоматизованої платформи.

Для того, щоб скласти корпус автоматизованої платформи, нам необхідно виготовити шість панелей, а саме це будуть 4 бічні панелі (2 внутрішні та 2 зовнішні (рис.3.1)) та 2 основні (верхня та нижня (рис. 3.2)).

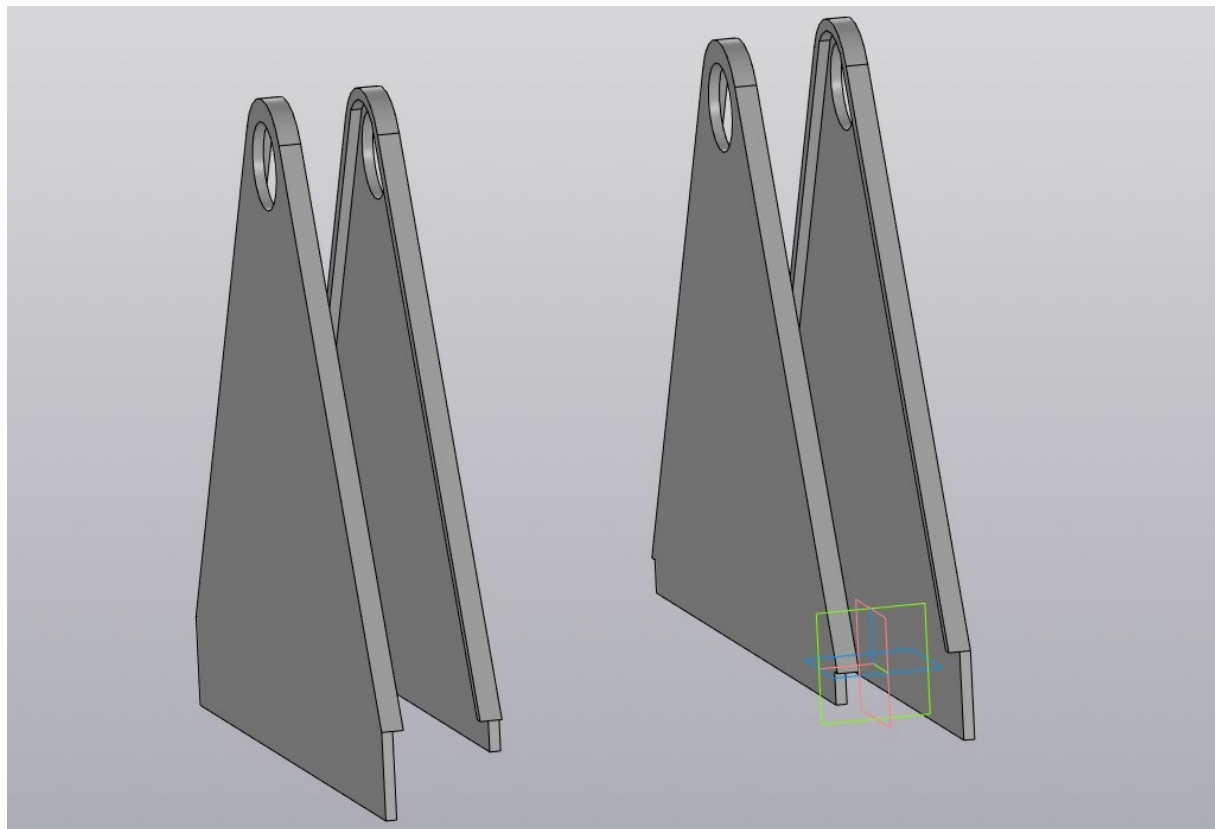


Рисунок 3.1. Бічні панелі корпусу автоматизованої платформи.

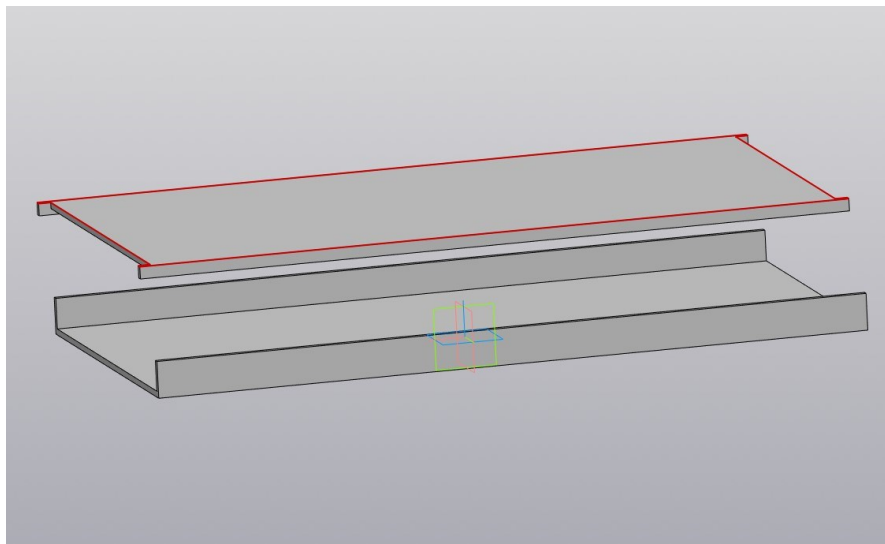


Рисунок 3.2. Основні панелі корпусу платформи.

Першим етапом іде розробка креслень, необхідних нам деталей, згідно яких їх будуть виготовляти. На рисунку 3.3 представлено креслення бічних панелей корпусу платформи, а на рисунках 3.4 та 3.5 – креслення верхньої та нижньої панелі відповідно.

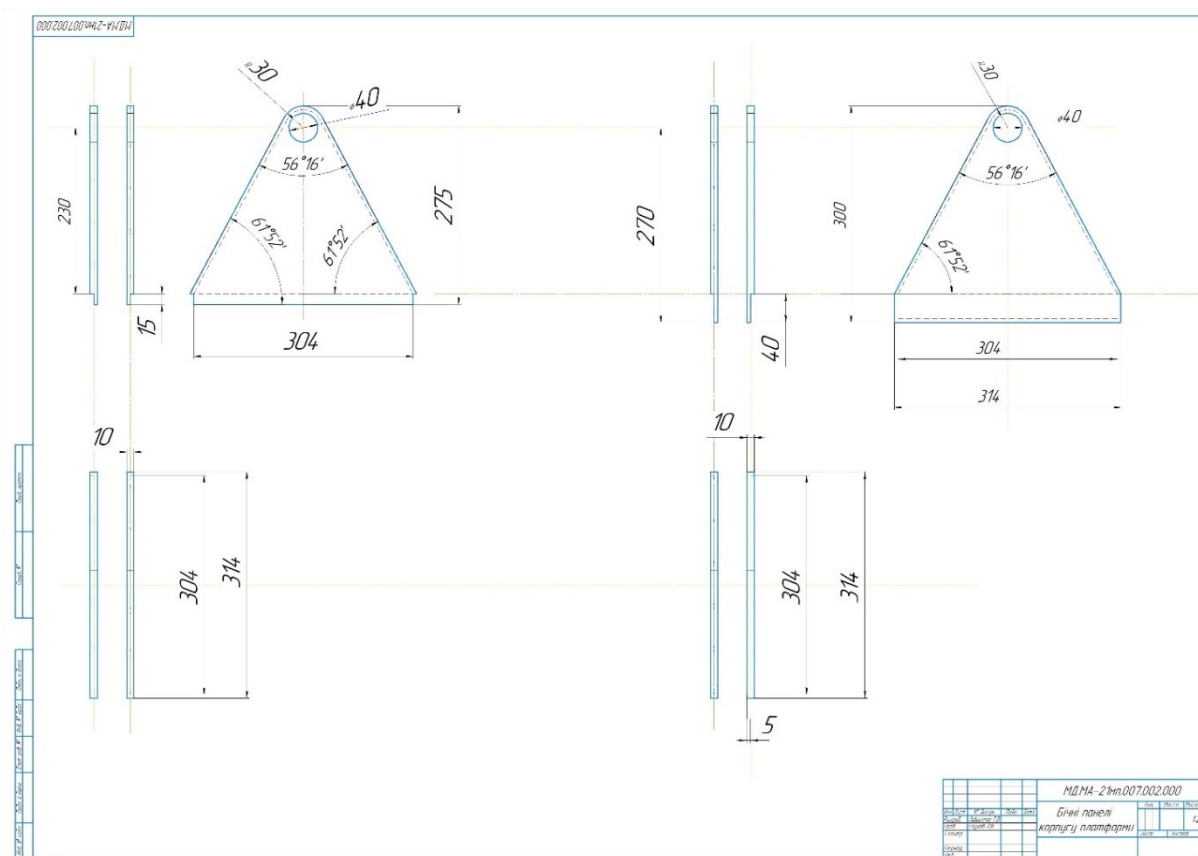


Рисунок. 3.3 Креслення бічних панелей корпусу автоматизованої платформи.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			70

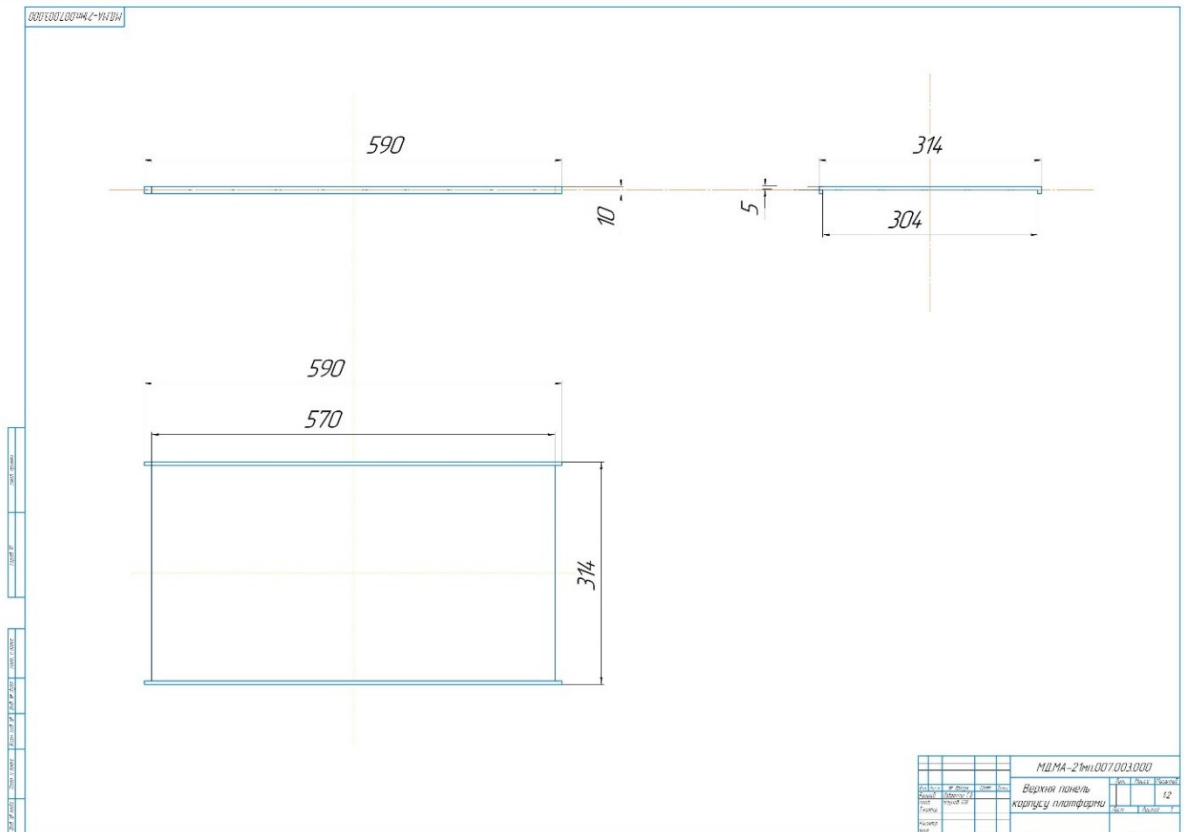


Рисунок 3.4. Верхня панель корпусу автоматизованої платформи.

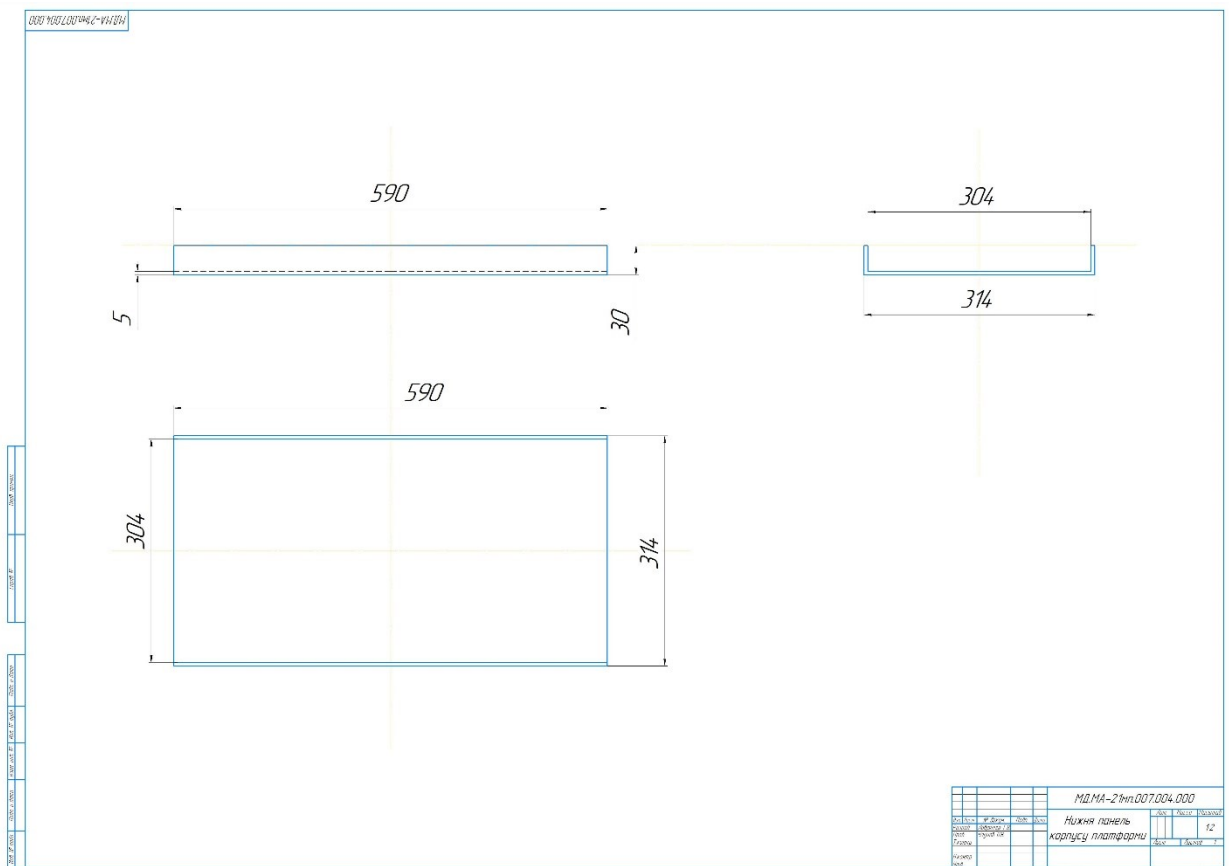


Рисунок 3.5. Нижня панель корпусу автоматизованої платформи.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис

МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ

Отже опишемо детально всі операції, які необхідно виконати для отримання кінцевої деталі. Створимо три окремі процеси виготовлення панелей: «Технологічний процес виготовлення бічних панелей» , «Технологічний процес виготовлення верхньої панелі корпусу автоматизованої платформи» та «Технологічний процес виготовлення нижньої панелі корпусу автоматизованої платформи».

Технологічний процес виготовлення бічних панелей

Операція 1. Вирізання заготовки.

1. На робочий стіл фрезерувального ЧПК станку встановити та зафіксувати ABS пластину товщиною $b=10$ мм.
2. Встановити в патрон спіральну фрезу типу N2LX D3, 175112. Провести перевірку на якість закріплення пластини та інструменту.
3. Запустити на станку, заздалегідь прописану програму для вирізки заготовок по шаблону, створеному згідно креслення МД.МА-21мп.007.002.000.
4. Після завершення роботи верстату прибрати робочу поверхню від залишкового матеріалу та підготувати до наступної операції.

Операція 2. Фрезерування поверхні деталі.

1. На робочий стіл фрезерувального ЧПК станку встановити та зафіксувати заготовку бічної панелі, виготовленої операцією 1.
2. Зняти спіральну фрезу та замінити її на кінцеву фрезу типу A2LX D4×122×L45×20°. Провести перевірку на якість закріплення пластини та інструменту.
3. Запустити на станку, програму, що спрямована на зняття 5-ти мм товщини матеріалу заготовок по шаблону, створеному згідно креслення МД.МА-21мп.007.002.000.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			72

Операція 3. Вирізання отвору.

1. Після виконання операції 2, не змінюючи фрезу запусити програму на вирізання отвору $\varnothing 40$ мм згідно креслення МД.МА-21мп.007.002.000.

Операція 4. Шліфування та полірування. Готову деталь відшліфувати за допомогою ручної шліфувальної машинки.

1. В патрон шліфувальної машинки встановити шліфувальний круг з рівнем зернистості 150-400. Відшліфувати всі поверхні готової деталі.
2. Після шліфування очистити поверхню деталі від забруднень бавовняною серветкою та знежирювачем.
3. Відполірувати деталь за допомогою фланелевої серветки та полірувальної пасти.

Технологічний процес виготовлення верхньої панелі

Операція 1. Вирізання заготовки.

1. На робочий стіл фрезерувального ЧПК станку встановити та зафіксувати ABS пластину товщиною $b=10$ мм.
2. Встановити в патрон спіральну фрезу типу N2LX D3, 175112. Провести перевірку на якість закріплення пластини та інструменту.
3. Запустити на станку, заздалегідь прописану програму для вирізки заготовок по шаблону, створеного згідно креслення МД.МА-21мп.007.003.000.
4. Після завершення роботи верстату прибрати робочу поверхню від залишкового матеріалу та підготувати до наступної операції.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			73

Операція 2. Фрезерування поверхні деталі.

1. На робочий стіл фрезерувального ЧПК станку встановити та зафіксувати заготовку основної верхньої панелі, виготовленої операцією 1.
2. Зняти спіральну фрезу та замінити її на кінцеву фрезу типу A2LX D4×122×L45×20°. Провести перевірку на якість закріплення пластини та інструменту.
3. Запустити на станку, програму, що спрямована на зняття 5-ти мм товщини матеріалу заготовок по шаблону, створеному згідно креслення МД.МА-21мп.007.003.000.

Операція 4. Шліфування та полірування. Готову деталь відшліфувати за допомогою ручної шліфувальної машинки.

1. В патрон шліфувальної машинки встановити шліфувальний круг з рівнем зернистості 150-400. Відшліфувати всі поверхні готової деталі.
2. Після шліфування очистити поверхню деталі від забруднень бавовняною серветкою та знежирювачем.
3. Відполірувати деталь за допомогою фланелевої серветки та полірувальної пасти.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			74

Технологічний процес виготовлення нижньої панелі.

ПРИМІТКА! Виріб виготовляти у виготовленій з алюмінію формі, що виготовлена згідно 3D моделі зображеної на рисунку 3.6.

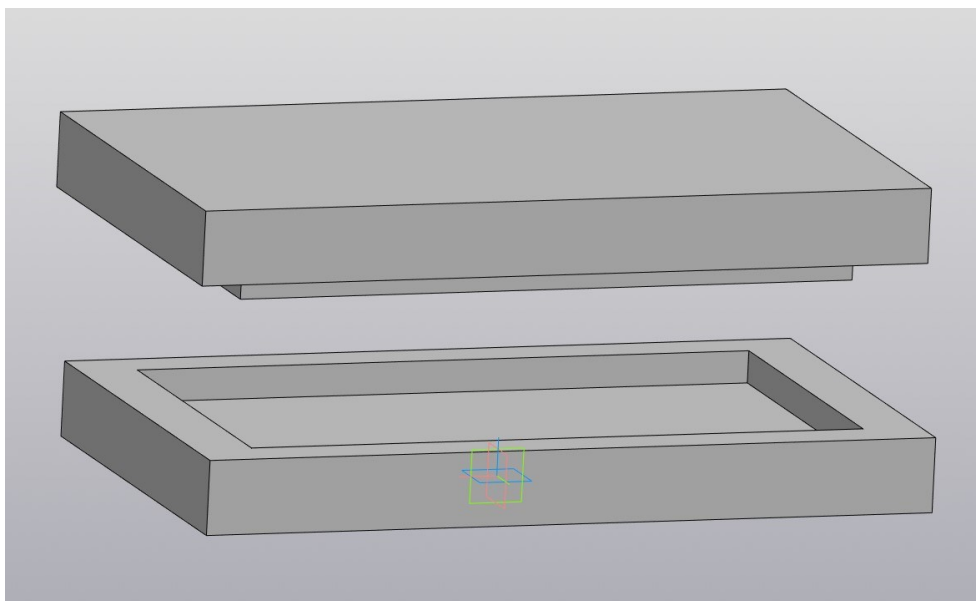


Рисунок 3.6. 3D модель прес – форми для формування нижньої панелі корпусу платформи.

Операція 1. Формування виробу.

1. Встановити на поверхню однієї половини пре – форми заготовку (лист пластмаси).
2. Увімкнути промисловий нагрівальний елемент та розігріти матеріал до еластичного стану.(Температура розігріву 210-230°C).
3. Після того, як матеріал розігріли до необхідного стану, подати тиск на формувальні пластини та сформувати деталь.
4. Вимкнути промисловий нагрівальний елемент та дати час на завершення процесу полімеризації виробу.
5. Після повного застигання вийняти виріб з прес форми.

Операція 2. Обрізання залишків.

1. Обрізати за допомогою ножівки зайвий матеріал.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Операція 3. Шліфування та полірування. Готову деталь відшліфувати за допомогою ручної шліфувальної машинки.

1. В патрон шліфувальної машинки встановити шліфувальний круг з рівнем зернистості 150-400. Відшліфувати всі поверхні готової деталі.
2. Після шліфування очистити поверхню деталі від забруднень бавовняною серветкою та знежирювачем.
3. Відполірувати деталь за допомогою фланелевої серветки та полірувальної пасти.

3.4 Висновок з розділу 3.

Отже, в даному розділі описано вибір матеріалу, з якого виготовлятимуться панелі корпусу автоматизованої платформи, його властивості та переваги; метод обробки для виготовлення деталей необхідної форми, обрано фрезерувальний метод; показано спроектовані креслення згідно яких проводитиметься розробка програми для фрезерувального верстату; окремо створено «Технологічний процес виготовлення бічних панелей», «Технологічний процес виготовлення верхньої панелі», «Технологічний процес виготовлення нижньої панелі корпусу автоматизованої платформи».

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			76

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.

Відповідно до Закону України « Про охорону праці» на промислових підприємствах, де виготовляються нові механізми, машини, устаткування, промислова продукція, повинна бути розроблена інструкція по експлуатуванню виробничого обладнання та загальні правила поведження працівників на підприємстві. Працівники в обов'язковому порядку ознайомлюються з інструкцією та правилами, після чого підписуються у журналі про інформування та ознайомлення з правилами поведження на підприємстві та правилами пожежної безпеки. Непроінструктовані працівники не допускаються до роботи на виробництві. Всі працівники зобов'язані дотримуватись правил задля запобіганню на підприємстві надзвичайних ситуацій та травмуванню під час робочого процесу.

4.1 Характеристика об'єкту який розробляється.

Об'єкт проектування – автоматизована платформа створена для перевезення малогабаритних вантажів. В таблиці 4.1 подано основні характеристики платформи.

Таблиця 4.6 Основні характеристики автоматизованої платформи.

Позначення характеристики	Пояснення	Значення	Одиниці вимірювання
U_{max}	Максимальна напруга яку видає джерело живлення.	36	<i>B</i>
P	Потужність, яка розвивається на кожному колесі платформи.	350 – 400	<i>Bт</i>
v_{max}	Максимальна швидкість руху платформи.	15 – 20	<i>м/с</i>

m_{max}	Максимальна маса вантажу.	50 – 70	кг
-----------	---------------------------	---------	----

Далі представимо функціональну схему з'єднання складових частин автоматизованої платформи (рис. 4.1).

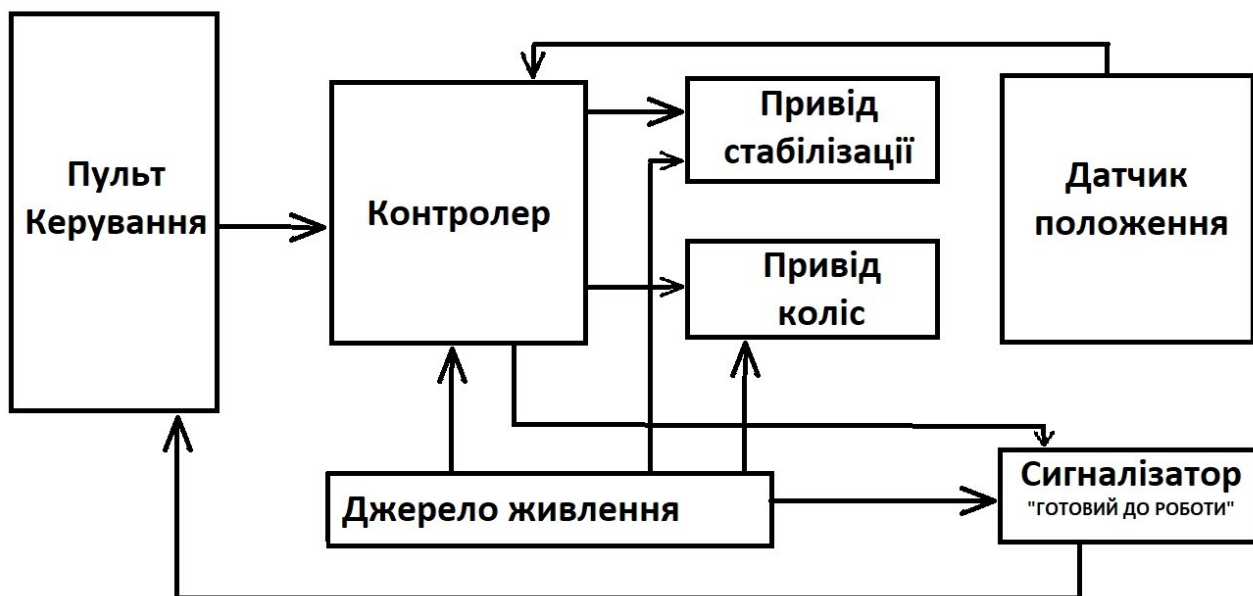


Рисунок 4.1. Функціональна схема підключення пристроїв системи керування автоматизованої платформи.

Основна взаємодія людини з платформою відбувається через дистанційне керування платформою за допомогою пульта керування та пряма – при завантаженні – розвантаженні. Проміжна взаємодія відбувається на початку роботи – увімкнення платформи, та вимкнення – вкінці. Тимчасова взаємодія відбувається при перевірці на справність виробів та технічному обслуговуванні.

Всі типи взаємодій становлять собою ряд потенційних небезпек, які може спричинити дана взаємодія. Тому важливо їх всіх попередити та створити інструкцію по експлуатації даного пристрою та правил поведіння з ним в процесі роботи.

Для цього необхідно проаналізувати всі пристрої з яких складається система керування платформою. Оцінити її характеристики, передбачити як можна більше сценаріїв потенційної небезпеки та розробити план дій, яких фахівець повинен дотримуватись задля запобігання цих ситуацій.

4.2 Оцінка потенційних небезпек.

Фактори виникнення небезпеки можуть бути різних типів, від яких залежать методи запобігання. Наведемо ці фактори:

- Фізичні (за наявності).
- Біологічні (за наявності).
- Хімічні (за наявності).
- Враження людини електричним струмом.
- Пожежна безпека.

Визначимо, які небезпечні ситуації можуть виникнути під час експлуатації нашої автоматизованої платформи. Із вище наведених факторів у нашому випадку не виникатиме лише загроза біологічної небезпеки. Таким чином розглянемо всі інші фактори та опишемо можливі сценарії.

Фізична безпека. Може виникнути при прямому контакті працівника з об'єктом експлуатування. Наприклад, потрапляння одягу чи його елементів в механічні частини пристрою, в нашому випадку колеса (гусениця) платформи. Це може спричинити потрапляння частин тіла в механічні частини, що в свою чергу спричиняє травмування працівника. Тому важливо, щоб робоча форма працівників була підібрана кожному індивідуально, не містила в собі поясів, що можуть в процесі роботи висмикнутись, звисаючих елементів.

Ще один фактор безпеки виникає в процесі завантаження – розвантаження платформи. На неправильно розташовану та не готову до

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			79

робочого процесу платформу не варто завантажувати вантаж, оскільки це може спричинити скидання вантажу з платформи, в результаті чого спричиняє потрапляння його на частини тіла працівника, наприклад ноги, що в свою чергу може травмувати. Тому важливо дотримуватись правил підготовки пристрою до робочого процесу та дотримуватись дистанції щонайменше 1 м від об'єкту пересування під час робочого процесу.

Хімічна небезпека. Може виникнути за неправильних умов зберігання пристрою. Корпус автоматизованої платформи, який виготовлений з пластику, при прямому потрапленні на нього УФ-променів може виділяти шкідливі речовини. Також це може вплинути на міцність корпусу, що в момент експлуатації може з легкістю пошкодитись. Пошкодження корпусу веде за собою ряд імовірних небезпечних ситуацій. Наприклад таких як пошкодження ізоляції проводів, потрапляння вологи на елементи керування, що призводить до їх псування та виводить пристрій з ладу. Для запобігання таких ситуацій необхідно дотримуватись правил зберігання та надавати якісне вчасне обслуговування пристрою.

Небезпека враження електричним струмом може виникнути під час технічного обслуговування пристрою, у випадку заміни комплектуючих та при недотриманні технологічної інструкції при проведенні технічного обслуговування. Також можливість ураження електричним струмом виникає при прямому контакті з проводкою на якій пошкоджена ізоляція. Для запобігання цього необхідно проводити час від часу контроль справності пристрою, забезпечити якісні умови зберігання. Забороняється вмикати зовнішньо пошкоджений пристрій, в такому випадку необхідно його відправити на ремонт та налагодження.

Пожежна небезпека може виникнути на будь якому підприємстві чи у приміщенні, яке оснащене електромережею чи електричними приладами. На промислових підприємствах імовірність виникнення пожежної небезпеки

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			80

вищий, оскільки зазвичай такі підприємства оснащені досить енергоємними приладами та мають велике розгалуження електромережі. Однак правильно сконструйовані шляхи електропроводів та вдало підібрані прилади можуть цьому запобігти. Крім цього, кожен працівник зобов'язаний дотримуватись загальних правил пожежної безпеки в Україні.

4.3 Інструкції по техніці безпеки при експлуатуванні об'єкта проектування та по поводженню на підприємстві де його застосовують.

Отже, з основними факторами виникнення небезпеки ознайомились та розглянули основні сценарії її виникнення, тому далі було розроблено всі необхідні інструкції, а також наведено правила пожежної безпеки та правила поводження з електроприладами.

Модернізований нами пристрій – автоматизована платформа буде працювати у складському приміщенні, тому спершу ознайомимось з правилами техніки безпеки на складі.

« Інструкція по техніці безпеки поводження працівників на складі»

1. На території складського приміщення розміщено стелажні системи, які мають свою максимальну межу навантаження, тому для безпечної експлуатації цих систем необхідно контролювати завантаженість стелажів. Кожен працівник повинен знати максимальну вагу навантаження стелажної системи та не допускати її перевантаження.
2. При роботі не використовувати пошкодженні стелажі, навантажувально – розвантажувальну техніку, піддони та інші використовувані прилади.
3. Слідкувати за правильністю розміщення вантажів на стелажах, піддонах, вантажних тарах, автоматизованих платформах призначених для переміщення вантажу.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			81

4. Не використовувати автоматизовану техніку складського приміщення та за її призначенням.
5. Необхідно періодично проводити перевірку всієї техніки та стелажних систем на справність. У разі несправності відремонтувати або за потреби замінити.
6. Всі працівники складу зобов'язані: проходити періодичне навчання по користуванню технікою; вчасно ознайомлюватись з нововведеними правилами поведження на складі; дотримуватись всіх правил безпеки прописаних в кодексі підприємства.

« Інструкція по експлуатуванню пристрою «Автоматизована платформа для перевезення малогабаритних вантажів»»

1. Автоматизована платформа має свої характеристики та максимально допустиму вагу, яку можна перевозити, тому не перевозити вантажі вагою вище за максимально допустиму.
2. Зберігати пристрій в спеціально відведеному сухому місці де не має прямого потрапляння ультра – фіолетових променів в захисних чохлах.
3. Забезпечити чистоту у місцях пересування пристрою. Прибрати всі можливі перешкоди (сміття, проводи, ганчір'я, стружку), що можуть спричинити неполадки пристрою при його контакті з цими перешкодами.
4. Використовувати пристрій тільки за призначенням.
5. Перед початком роботи провести огляд пристрою на наявність пошкоджень корпусу. При відсутності пошкоджень дозволяється увімкнути пристрій. Після ввімкнення перевірити стан пристрою на виконання всіх необхідних команд. Забороняється користуватись несправною технікою.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			82

6. Періодично проводити перевірку пристроїв на їх коректну роботу та підтримку заявлених виробником характеристик. При виявленні недоліків чи невідповідностей, відправляти пристрій до фахівця з технічного обслуговування.
7. Технічне обслуговування проводити дотримуючись правил безпеки при користуванні електроприладами. Не проводити монтажні – демонтажні роботи приладу у ввімкненому режимі. Налагодження та ремонт техніки виконувати в захисному одязі (захисні окуляри, прорезинені рукавички).
8. Не заряджати пристрій від мережі з більшою напругою ніж допустима та заявлена виробником.
9. Після закінчення роботи вимкнути та перевірити ще раз пристрій (візуально). Помістити у місце зберігання до наступного використання.

4.4Правила дотримання пожежної безпеки.

Окрім загальних правил пожежної безпеки в Україні також кожне підприємство розробляє заходи пожежної безпеки в залежності від призначення виробничих приміщень, наявних чинників вогнебезпеки та електроприладів, що використовуються на виробництві.

Наша автоматизована платформа може використовуватись на складському приміщенні будь якого призначення, тому визначити категорію пожежної небезпеки приміщення ми не можемо. У зв'язку з цим опишемо загальні заходи пожежної безпеки, які повинні застосовуватись на будь якому складі.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			83

Приміщення складу повинно бути спроектовано так, щоб на випадок пожежі:

- Конструкція будівлі зберігала опорну здатність протягом певного часу. Щоб забезпечити час для евакуації людей та ліквідації джерела пожежі.
- Пожежа не поширювалась на сусідні будівлі або територія на яку може перекинутись пожежа була обмеженою.
- Люди, які знаходяться у приміщенні могли з легкістю евакуюватись. Для цього на стінах цеху повинні висіти план будівлі та вказівні знаки, по яким з легкістю можна дістатись до евакуаційного виходу. Виходи для евакуації повинні бути справними та не загромадженими.
- Обмежити поширення появи вогню та диму всередині будівлі [19].

Приміщення складу повинно бути забезпечене всіма видами необхідного справного захисту (системи оповіщення, сигналізації, датчиками, що реагують на тепловиділення чи димовиділення, системами автоматичного пожежогасіння) згідно з вимогами ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» [20].

Зберігати матеріали на складі необхідно відповідно до чинних вимог пожежної небезпеки складських приміщень [19].

4.5 Правила поводження з електроприладами

На будь якому підприємстві чи виробництві є багато енергоємних електроприладі, тому правила поводження з електроприладами також повинні бути прописані у кодексі підприємства і всі працівники зобов'язані ознайомитися з цими правилами та дотримуватись їх.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			84

Наведемо далі основні правила поводження при роботі з електроприладами:

- Перед початком роботи будь який прилад потрібно перевірити на відсутність пошкоджень.
- У разі пошкодження електропроводки приладу чи експлуатаційного приміщення викликати майстра по ремонтним роботам з електроустаткування.
- Не використовувати електроприлади не за призначенням.
- Не залишати без нагляду увімкнені електроприлади.

Щоб забезпечити безпечну роботу працівників з електроприладами спеціалізовані служби підприємств зобов'язані створити інструкції поводження та провести наступні організаційні заходи:

- Провести інструктаж працівників безпечним методам праці з електроустаткуванням;
- Встановити необхідні інформаційні дошки та знаки безпеки;
- забезпечити захисне заземлення і занулення;
- забезпечити систему аварійного відключення електропостачання;
- установити сигналізацію попередження загрози;
- При роботі з електропроводами з оголеної ізоляцією використовувати електрозахисні засоби (діелектричні рукавиці, інструменти з ізолюючими ручками, покажчики напруги).

В процесі роботи на роботу та стан електричних приладів можуть впливати різні чинники. Наприклад це призвести до пошкодження ізоляції. Також кожен електричний пристрій має свій час експлуатації та кількість циклів роботи. Коли термін роботи електроприладу підходить до кінця, то можуть погіршуватись властивості, наприклад зменшується активний опір. У зв'язку з цим час від часу необхідно перевіряти ізоляцію на справність та

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			85

видачу затребуваних характеристик. Така перевірка проводиться вимірюванням активного опору ізоляції за допомогою мегаметру класу 1000 В. Вимірювання опору ізоляції окремих ділянок мережі, трансформаторів, електродвигунів тощо проводиться на вимкненій установці.

4.6 Висновки з розділу 4.

У цьому розділі ми описали характеристики об'єкту проектування. Розглянули типи імовірних небезпек та описали сценарії за якими можуть виникати ці небезпеки. Створили інструкції по поведженню на складському приміщенні та інструкцію з експлуатування та обслуговування об'єкту проектування – автоматизованої платформи для перевезення малогабаритних вантажів. Також розглянули основні правила запобігання пожежної небезпеки та правила поведження з електроустаткуванням.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			86

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

У даному розділі розглянемо економічну доцільність створення стартап – проекту: «Автоматизована мобільна платформа для транспортування малогабаритних вантажів» . Метою даного розділу є проведення маркетингового аналізу стартап – проекту для визначення можливості та перспектив реалізації розробленого науково – технічного рішення; оцінка конкурентної спроможності розробленого зразка на ринку та можливість отримання прибутку з впровадження даного проекту.

5.1 Опис ідеї проекту

У таблиці 5.1 описано зміст та основну ідею проекту, напрямки, де б він міг застосовуватись та основні вигоди, які може отримати користувач. Також розглянемо відмінність продукту відносно аналогів, що існують в цій галузі та є потенційними конкурентами.

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка автоматизованої мобільної платформи для перевезення малогабаритних вантажів у важкодоступних місцях.	1. В якості автоматизованого транспортного засобу для перевезення вантажів на складі.	Користувач може розвантажити працівників від перевезення (переміщення) невеликих вантажів та використати людський ресурс в більш продуктивній роботі.
	2. В якості сортувального приладу на складах.	За допомогою дистанційного автоматизованого керування користувач може задавати напрямок руху платформи з пункту розвантаження -

		завантаження до комірок складу, які розташовані за призначенням вантажу. Таким чином користувач може одразу розвантажувати та сортувати товари. Сортування допомагає в організації складу, правильно відсортований товар легше знайти на складі.
	3. Як помічних при подачі необхідної посилки оператору видачі посилок на великих поштових відділеннях.	За рахунок можливості задавати на автоматизовану платформу координат руху, оператор поштового відділення може отримати необхідну посилку з необхідної комірки до місця видачі, не покидаючи свого робочого місця.

Розроблена нами модель автоматизованої платформи відрізняється від іншої техніки, яку використовують здебільшого на складах, своїми невеликими розмірами, конструкцією та простотою правил експлуатації. Система даної платформи складається з досить доступних приладів, які у разі поломки можна легкою замінити. Не потребує багато місця для її зберігання та обслуговування цього пристрою досить простим.

Для того, щоб оцінити можливості реалізації даної ідеї та її доцільність, дослідимо конкурентів та проаналізуємо техніко – економічні переваги послуг та пропозицій, які вони надають. А також проведемо порівняльний аналіз показників власного проекту з показниками конкурентів. Оцінку аналізу

проставимо за наступною системою оцінювання: гірші значення (W, слабкі); аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (Табл. 5.2).

Таблиця 5.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів					
		Мій проект	Компанія з продажу складської техніки «MIRMEX»	Компанія по виготовленню складського обладнання «STOREHOUSE»			
1.	Сфери застосування	Одна	Одна	Декілька			
2.	Собівартість	Низька	Середня	Середня			
3.	Форма виконання	Технологія	Технологія	Технологія			
4.	Масштаб виробництва	Ні	Так	Так			
5.	Технологічність	Зручний у користуванні та обслуговуванні	Зручний у користуванні	Зручний у користуванні			
6.	Потреба у технології	Висока	Середня	Висока			

Розроблений нами проект є конкурентоспроможним, оскільки на ринку виготовлення складської техніки, аналогу такого пристрою не існує, а також не зважаючи на програшні сторони (сфера застосування), виграє в порівнянні з іншими в ергономічності, та собівартості готового продукту.

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару).

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 5.3)[21]:

Таблиця 5.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Проектування корпусу автоматизованої платформи	Проектування можна виконати у будь якій програмі для 3Д моделювання.	Наявна програма «Компас 3Д»	У вільному доступі
2	Виготовлення заготовки корпусу платформи, що необхідна для виготовлення прес – форми нижньої панелі корпусу.	Щоб створити заготовку нижньої платформи в натуральну величину, використовуючи створену 3Д модель, необхідний 3Д принтер.	Немає необхідного технічного обладнання	Технологія 3Д друку високо доступна, але потребує певних фінансових витрат, для замовлення необхідної нам заготовки.
3	Виготовлення прес-форми для виготовлення нижньої панелі корпусу платформи	При наявності надрукованої заготовки можна створити прес форму за наявності необхідного обладнання (ливарний станок)	Не має повного необхідного технічного обладнання	Ливарний метод виробництва є досить популярним, але його доступність залежить від фінансової можливості замовника.

4	Виготовлення всіх панелей корпусу автоматизованої платформи	Панелі корпусу платформи виготовляються за допомогою фрезерного та термоформуального методу виготовлення деталей з пластику, а отже необхідне обладнання: фрезерний станок та прес установка з промисловим нагрівним елементом та виготовленою під нашу модель прес – формою.	В наявності не має необхідного технічного обладнання.	Технологія є досить популярною та доступною у випадку наявності фінансової сторони проекту.
---	---	---	---	---

Проведений вище аналіз у вигляді таблиці 5.3 показує, що технологічна реалізація цього проекту середня. Основним фактором, який впливає на спроможність виготовлення даного пристрою – фінансове забезпечення проекту.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап – проекту

В цьому підрозділі визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 5.4) [21].

Таблиця 5.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум. Од	8 000 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Практичне застосування, фінансове забезпечення.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	55 %

За результатами таблиці можемо визначити, що вихід на ринок є середнім, при тому, що кількість гравців невелика, їхня виробнича спроможність більш налагоджена та створена певна клієнтська база. Однак за рахунок унікальності нашого проекту може бути великий попит на виготовлення подібної техніки серед користувачів, що значно підвищує ступінь конкурентоспроможності.

Надалі визначимо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5)[21].

Таблиця 5.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Зняття завантаженості з працівників на складах при переміщенні товарів по території складу.	Середні склади, що спрямовані на розподілення чи зберігання великої кількості	Особливості купівлі та експлуатації товару.	Висока енергоефективність та надійність.

		товару незначних розмірів.		
2.	Використання у якості сортувальної машини.	Приміщення призначенні для зберігання продукції, вантажів, товарів. Використання при розвантаженні машини, доставляю товар в необхідну комірку.	Особливість роботи з приладом та необхідної бази знань працівників, що будуть працювати з даним приладом.	Зрозумілість та легкість в користуванні. Надійна та коректна робота приладу.

Після визначення потенційних груп клієнтів, проведемо аналіз ринкового середовища. Для цього складемо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 5.6 та 5.7).

Фактори в таблиці подано в порядку зменшення значущості [21].

Таблиця 5.6 Фактори загроз.

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зміни в економіці	Виробництво товару стає неможливим чи збитковим у випадку інфляції в країні.	На такий зовнішній фактор компанія не може сильно вплинути, але на такий випадок може забезпечити себе створенням резервних фондів
2	Зміни на ринку продажів	Спад ринку в межах країни	Компанія може вийти на міжнародний ринок продажів.

3	Попит на продукцію	Спад попиту на продукцію, що виготовляє компанія	Проведення маркетингового аналізу та на основі його проведення всіх можливих заходів по просуванню продукту та його рекламі.
4	Науково-технічний	Використання застарілих технологій виготовлення.	Осучаснення виробництва новими технологіями та обладнанням. Проведення періодичних навчань серед працівників.
5	Конкуренція	Вихід на ринок конкурентоспроможної компанії по виготовленню подібного товару. Проведення зі сторони конкурентів кампанії по підризу репутації компанії, підсилення шпигунів для витягування технологій виробництва, переманювання працівників, клієнтів.	Вивчити продукт конкурента та розгледіти можливості модернізації свого продукту та надання йому новизни. Забезпечення компанії якісним маркетинговим відділом та адвокатською командою. Підписання з працівниками договорів про нерозголошення інформації підприємства. Проведення навчань працівників, організація якісних робочих місць. Задовольняти клієнтські потреби та надавати якісне обслуговування.
6	Держава	Зростання податків. Введення законопроектів, які можуть шкодити розвитку	Створення резервних фондів. Перегляд цінової політики продажу товару. Можливе підняття ціни на

		підприємницької діяльності.	продукцію за рахунок підвищення податку.
--	--	-----------------------------	--

Таблиця 5.7 Фактори можливостей.

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зміни на ринку продажів	Підвищення ринку продажів.	Аналізувати ринок та потреби ринку. Розробити стратегії задоволення потреб ринку.
2	Попит на продукцію	Підвищений попит на товар, що виготовляє виробництво.	Розроблення нових модифікацій товару. Розширення виробництва.
3	Науково-технічний	Розвиток технологій та поява нових.	Аналіз розвитку в науковій галузі. Пошук новітніх методів виробництва. Застосування їх на виробництві.
4	Конкуренція	Вихід на вищий рівень конкуренції за рахунок унікальності продукту та покращення технології виробництва.	Підвищення якості продукції та обслуговування, впровадження технологій, що дозволяють виробити одночасно якісний та відносно дешевий продукт.
5	Держава	Підвищення економіки держави дає можливість проводити тендери на відкриття нових підприємств.	Розробити стартап проект та взяти участь в тендері для отримання фінансування на впровадження виробництва.

Проведений аналіз факторів загроз та можливостей запуску виробництва автоматизованих платформ для перевезення малогабаритних вантажів,

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			95

показує, що виготовлення такого продукту може мати попит серед ринку логістики та стати сильним конкурентом серед інших подібних виробництв.

Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл.5.8)[21].

Таблиця 5.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Вказати тип конкуренції: монополістична	Існують декілька виробників які пропонують різні види товарів за різними цінами.	Створення унікального продукту, якого не існує на ринку логістичної техніки.
2. За рівнем конкурентної боротьби: національний	Зарубіжні конкуренти	Використання новітніх технологій. Запропонувати дешевший продукт.
3. За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Велика конкуренція в межах однієї галузі	Покращення характеристик товару.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Конкуренція між товарами різних видів.	Виготовлення продукції, яка відповідає заявленим характеристикам та потребам клієнтів.
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Виготовлення якісної нової продукції та якісні зміни в умовах продажу-поставки.	Якісне та швидке надання послуг. Забезпечення клієнтів вигідними умовами купівлі товару.
6. За інтенсивністю: не марочна	Конкурентні компанії пропонують інший продукт, який може виконувати подібні функції виготовленої нами продукції.	Виготовлення продукту, якому не має аналогів на ринку логістики.

Як бачимо з таблиці 5.8, що наявність конкурентів відіграє важливу роль при впровадженні виробництва та є головним фактором, який необхідно враховувати при відкриття підприємства.

Виходячи з цього, проведемо аналіз конкуренції в нашій галузі за кількома його складовими (табл. 5.9).

Таблиця 5.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Існує 5 основних конкурентів в галузі	Компанія «STORE HOUSE» Компанія «MIRMEX»	Є постачальники	Сильно впливають	На ринку України не існує схожих платформ
Висновки:	Найбільш сильний конкурент: Компанія «STORE HOUSE»	Маємо можливість вийти на ринок та бути конкурентоспроможними	Постачальники частково диктують умови. До прикладу вартість сировини, яку вони постачають впливає на вартість кінцевого продукту, що може дещо змінити ситуацію на ринку.	Клієнти можуть диктувати умови на ринку у випадку коли вони задають потребу в тому чи іншому товарі, послугі.	Не обмежений в поширенні на ринок через відсутність аналогів.

Отже, нами було описано та визначено наявних найбільших конкурентів, можливих конкурентних компаній, а також вплив

постачальників та клієнтів на ринок виробництва, подібного до нашого, продукту.

Основаючись на проведених раніше аналізах (табл.5.8 та табл.5.9), та характеристиках ідеї проекту (табл.5.2), враховуючи вимоги споживачів до товару (табл. 5.5) та фактори маркетингового середовища (табл.5.6, 5.7), визначимо та обґрунтуємо перелік факторів конкурентоспроможності в табл.5.10 [21].

Таблиця 5.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Доступність матеріалів	Конструкція платформи виготовляється з легкодоступних матеріалів, що забезпечує виробництво від простоїв. Легкодоступні складові системи платформи спрощують обслуговування та заміну комплектуючих.
2	Унікальність конструкції та призначення продукту.	Розроблена платформа не має подібних за призначенням та конструкцією аналогів, що може стати новинкою на ринку логістики та зацікавити потенційних клієнтів.
3	Низька собівартість	Вартість платформи окупиться при виготовленні серійних партій за рахунок технології її виробництва та дешевих, доступних комплектуючих.

Спираючись на результат аналізу, описаний в таблиці 5.11, проведемо аналіз сильних та слабких сторін нашого стартап-проекту (табл. 5.11).

Таблиця 5.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом
-------	-------------------------------	---

		Б али 1-20	3	2	1	0	1	2	3
1	Доступність матеріалів	1 5			+				
2	Унікальність конструкції та призначення продукту.	1 8		+					
3	Низька собівартість	1 2					+		

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT (Strength, Weak, Opportunities, Troubles) – аналізу, а саме сильних та слабких сторін, можливостей та загроз (табл. 5.12) на основі раніше проведеного аналізу, що відображено в таблиці 5.11.

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення [21].

Таблиця 5.12 SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Відносно невисока собівартість.	Слабкі сторони: Фінансові можливості на старті виробництва.
Можливості: За рахунок унікальності конструкції та призначення продукту, може виникнути зацікавленість серед клієнтів.	Загрози: Незатребуваність продукції такого типу.

На основі SWOT-аналізу розробимо альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (табл.5.9).

Визначені альтернативи проаналізуємо з точки зору термінів та імовірності отримання ресурсів (табл. 5.13).

Таблиця 5.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Проведення маркетингової кампанії по рекламуванню продукції споживачам, імовірним клієнтам в майбутньому.	Висока імовірність	1 рік 3 місяці
2	Дослідження слабких сторін в процесі виробництва та розроблення плану для компенсації цих прогалин за рахунок наявних ринкових можливостей.	Імовірність висока, оскільки компанія-виробник складатиме гідну конкуренцію.	10 місяців
3	Встановлення нижчої стартової ціни, заохочення клієнтів знижками, створення накопичувальних карток для постійних клієнтів. Забезпечення обслуговування техніки за нижчою ціною або впродовж якогось терміну за рахунок продавця, тобто гарантійне технічне обслуговування.	Імовірність висока, оскільки надання послуг клієнтам є досить високим та якісним.	6 місяців

Спираючись на аналіз записаний в таблиці 5.13 робимо висновок, що найбільша перспектива виходу в ринок – це надання якісних послуг та проведення якісної маркетингової реклами.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Перший крок до розроблення ринкової стратегії проекту – опис цільових груп потенційних споживачів, який було проведено в таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Галузь логістики складування.	Так	80 %	Середня	Наявні обмеження

Згідно табл.5.14 можемо зробити висновок, що для поширення нашого товару найбільше підходить стратегія концентрованого маркетингу, оскільки наш продукт здебільшого може використовуватись лише в логістичній галузі.

Далі сформуємо базову стратегію розвитку виробництва (табл.5.15).

Таблиця 5.15 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Встановлення нижчої стартової ціни, заохочення	Стратегія концентрованого маркетингу	Ціна, якісне надання послуг, обслуговування та	Стратегія спеціалізації (з опором на

клієнтів знижками, створення накопичувальних карток для постійних клієнтів. Забезпечення обслуговування техніки за нижчою ціною або впродовж якогось терміну за рахунок продавця, тобто гарантійне технічне обслуговування.		ремонт проданого товару за зниженими цінами.	стратегію диференціації)
---	--	--	--------------------------

Наступний крок – виберемо базову стратегію конкурентної поведінки (табл.5.16).

Таблиця 5.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Так	Так	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника та до продукту (табл. 5.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 5.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл.5.16) , було

розроблено стратегію позиціонування (табл. 5.17), що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект [21].

Таблиця 5.17 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Якісна та коректна робота товару; простота в обслуговуванні	Стратегія спеціалізації	Ціна, якість та простота обслуговування, унікальність продукту.	За унікальністю продукту; За простотою обслуговування та зберігання За наданням якісних послуг;

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап – проекту

По-перше, сформуємо маркетингову концепцію товару, який отримуватиме споживач (табл.5.18).

Таблиця 5.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	У зменшенні навантаження на працівників	Замінивши людський ресурс нашим пристроєм, можна зекономити	Є автоматизованим та унікальним за своєю конструкцією та функціями. Мало затратний та простий в обслуговуванні.

	складу при розподіленню вантажу.	на цьому або використати людину в тій роботі, де не може справитись робот.	
2	Зменшення часу на розвантаження та сортування товару на складі.	Додавши до процесу розвантаження наш пристрій, можна одночасно розвантажувати товар та одразу його сортувати, що заощаджує час розвантажувально-сортувальних робіт.	Має хороші технічні характеристики та невеликі габарити, що дозволяє переміщувати товар між вузькими стелажми та розвантажити людський ресурс.

Другий крок – розробимо трирівневу маркетингову модель товару, де уточнимо ідею продукту, його фізичні складові та особливості процесу його надання.

Таблиця 5.19 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Зменшення навантаження працівників складського приміщення; полегшення умов роботи на складі; економія часу про розвантажувальних роботах.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	Один иці вимірювання	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. $P = 400$ 2. $\vartheta_{max} = 20$ 3. $m_{max} = 50$	Вт м/с кг	

	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо
	Пакування : Захисний чохол + коробка.
	Марка: «TechnoArt» , AutomaticPlatform – 2024.
III. Товар із підкріпленням	До продажу: товар, зарядна станція, захисне пакування.
	Після продажу: товар, зарядна станція, захисне пакування + гарантійне обслуговування впродовж 1 року.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання:	
За рахунок ідеї товару (захист інтелектуальної власності).	

Далі визначимо цінові межі, якими будемо керуватись при встановлені ціни на свій товар (табл.5.20).

Таблиця 5.20 Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар
1	45 000 грн/од.	75 000 грн/од.	100 000 000 грн/рік	35 000 – 70 000 грн/од

Наступний важливий крок - це визначити оптимальну систему збуту продукції в межах якого прийматимемо рішення (табл.5.21):

Таблиця 5.21 Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля великої кількості товару з наявними характеристиками.	Переглянути кількість наявного товару на спроможність виконати замовлення. За наявної	Сильна	Залучена

		спроможності правильно юридично оформити договір купівлі-продажу товару та після продажне обслуговування.		
2.	Замовлення на виготовлення певної кількості товару зі специфічними характеристиками виготовленими під замовника.	Особисто з замовником обговорити ТЗ від замовника та врахувати його вимоги до кінцевого товару. Сформувати графік виконання замовлення, та фінансове забезпечення цього замовлення.	Середня	Власна

Останнім та завершальним кроком розроблення стартап проекту є розроблення концепції маркетингових комунікацій, які було розроблено спираючись на раніше обрану основу для позиціонування та визначену специфіку поведінки клієнтів.

Таблиця 5.22 Концепція маркетингових комунікацій

п/п	Специфік а поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користують ся цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдан ня рекламног о повідомле ння	Концепція рекламного звернення

	Закупівля партії товару з заявленими від виробника характеристиками.	Через посередників або на пряму з виробництвом.	Ціна, якість та простота обслуговування.	Розповіді про призначення продукту, його функціонал та користь для певної сфери.	« Ми компанія по виготовленню автоматизованих платформ для перевезення малогабаритних вантажів пропонуємо Вам незамінний та унікальний продукт, який облегшить та пришвидшить роботу складу будь якого типу та призначення, автоматизує Ваш склад та заощадить кошти на обслуговуванні та зберіганні»
	Замовлення на виготовлення певної кількості товару з характеристиками потрібними замовнику	Відвідування виставок новітньої промислової техніки. Напрямую з виробником.	Здатність створити продукт з необхідними замовнику характеристиками та створити унікальний продукт.	Розповіді про можливість створення продукту на замовлення згідно ТЗ виробника.	« TechnoArt це компанія, яка модернізує власний перевірений продукт під ваші потреби»

Отже, створена нами маркетингова програма дозволяє проаналізувати потреби та поведінку клієнтів при покупці товару, а також продумати хід компанії як реакцію на цю поведінку.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			107

5.6 Висновки з розділу 5

В даному розділі було розроблено стартап проект для оцінки реалізації виробництва автоматизованих платформ для перевезення вантажів. Розглянуто та враховано всі можливі ризики при відкритті виробництва. Вивчений ринок збуту та рівень конкуренції в галузі логістики. Порівняли шанси на конкурентоспроможність з іншими компаніями, що надають подібні до наших послуг. Знайшли слабкі та сильні сторони впровадженого нами проекту та побачили за рахунок чого можемо скласти гідну конкуренцію на ринку збуту автоматизованої техніки. Розробили маркетингову стратегію збуту та реклами виготовленої нами продукції.

ВИСНОВКИ

Отже, в даній магістерській дисертації було досліджено процес повороту одновісної платформи під дією сил на вантаж, що відхилений від осі рівноваги системи. Для цього зобразили розрахункову схему процесу повороту платформи, де позначили всі діючі на вантаж сили. Аналізуючи цю схему провели силовий розрахунок, де врахували всі параметри системи. Також було проведено геометричний розрахунок для знаходження невідомих нам

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			106

параметрів системи, але які залежать від заданих нами. На основі математичного опису цього процесу, побудували математичну модель, в середовищі MATLAB Simulink, та дослідили час досягнення платформою максимально допустимого кута повороту в залежності від маси та величини початкового відхилення вантажу від осі рівноваги системи.

Потім було розглянуто процес пересування вантажу по поверхні під кутом. За аналогічним алгоритмом дій, було розроблено розрахункову схему, проведений силовий та геометричний розрахунки. Та на основі зроблених розрахунків побудовано модель переміщення вантажу по поверхні під кутом до горизонту. На основі цієї моделі дослідили силу тяги, що необхідна для повернення вантажу в положення рівноваги.

Третім етапом було проведено розробку математичної моделі процесу роботи двигуна, що переміщує вантаж. Для цього, за аналогією до попередніх двох моделей, провели силовий розрахунок і на основі цього створили математичну модель. Дослідили її на коректність роботи та після цього приступили до останнього пункту вирішення задачі.

Завершальним кроком було об'єднано математичну модель повороту платформи з математичною моделлю роботи приводу переміщення вантажу по платформі. Попередньо провели аналіз можливих параметрів системи за допомогою яких змогли об'єднати ці дві моделі. Провели дослідження загальної моделі та проаналізували результати роботи системи. В результаті першого експерименту отримали велику незгодженість між кутом та компенсованим переміщенням, що наштовхнуло на ідею зміни конфігурації платформи, за рахунок чого ми спростили процес зрівноваження платформи та вирішили проблему незгодженості двох головних параметрів системи. А ще це дало можливість створити унікальну за конфігурацією платформу.

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			109

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Як побудувати успішний склад. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://forstor.ua/ua/customer-reference/skladskaya-logistika/skladskaya-logistika-kluch-uspeshnogo-upravlenia/>
- 2) Автоматизація та роботизація складу і логістичних підприємств. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			110

<https://sunone.com.ua/articles-uk/avtomatizaciya-ta-robotizaciya-skladu-i-logistichnih-pidpriemstv/>

- 3) Що таке штабелер? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mirmex.com.ua/uk/chto-takoe-shtabeler>
- 4) РОБОТ ШТАБЕЛЕР ДЛЯ СКЛАДУ (AGV) ROBIN. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sbrobotics.ua/uslugi/rozumnij-konveer/shtabeler/>
- 5) Палетайзер. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%B9%D0%B7%D0%B5%D1%80>
- 6) Дрон. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%BE%D0%BD>
- 7) Дрони як новітній засіб отримання інформації та перевезення вантажу. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://patriot-nrg.com/povitriana-logistyka>
- 8) Як побудований гіроскутер і принцип його роботи. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://modelistam.com.ua/ua/ustroistvo-giroskutera-printsip-raboty-a-200/>
- 9) Шембель, О. М. Основні характеристики сучасних хімічних джерел струму різних електрохімічних систем : [укр.] / О. М. Шембель, В. А. Білогуров // Сучасна спеціальна техніка. — 2009. — № 2(17). — С. 66—86.
- 10) Літій-іонний акумулятор. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%82%D1%96%D0%B9-%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80#%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%96%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			111

- 11) Лекція 2.1 Вибір ПЛК. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=332385>
- 12) Математична модель [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua5.org/model/391-matematichna-model.html>
- 13) ДИНАМІКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
http://imfn.lviv.ua/zf/wp-content/uploads/2013/10/ROZD.1_01.doc
- 14) ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ ОРИГІНАЛЬНИХ ГІРОБОРДОВ GTF. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://elitebike.ua/harakternye-osobennosti-originalnyh-girobordov-gtf-uk>
- 15) Що таке ABS-пластик? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pkf-elektroplast.com.ua/ua/a472009-cho-takoe-abs.html>
- 16) Фрезерування пластику. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mirstankov.com/uk/catalog/frezeruvannya-kompakt-laminatu-kopirovat/>
- 17) ФРЕЗЕРУВАННЯ ПЛАСТИКУ НА ЧПК ВЕРСТАТІ. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mirtels.com.ua/ua/statti/frezeruvannya-plastiku-na-chpk-verstati>
- 18) Види і способи формування пластикових виробів. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ten24.com.ua/ua/blog/vidy-i-sposoby-formovaniya-plastikovyx-izdeliy/>
- 19) Основні напрями забезпечення пожежної безпеки на складах. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://oppb.com.ua/news/osnovni-napryamy-zabezpechennya-pozhezhnoyi-bezpeky-na-skladah>
- 20) ДБН В.2.5-56:2014 СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3019199246864746128/2023-01-19/1dfe2d54-a413-40d3-ad9c-20279f948d2f.pdf

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			112

- 21) Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с
- 22) Мультимувер L25. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://multi-mover.eu/product/l25-elektroschlepper-2500kg-de/>
- 23) Оборудование для упаковки грузов на палеты и европоддоны. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://packing.name/upakitalia/materials/?ura=pal>
- 24) РОБОТИЗОВАНА СОРТУВАЛЬНА СИСТЕМА. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sbrobotics.ua/uslugi/sortuvalni-sistemi/>
- 25) Инструкция по эксплуатации гироскутера, гироборда. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://neosegway.com.ua/insrukcia-giroskutera>
- 26) Аккумулятор для гироборда 36V. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://hugo.com.ua/ua/p1379543584-akkumulyator-dlya-giroborda.html>
- 27) Гироскопический датчик Lego EV3. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://legoteacher.ru/datchiki-ev3/giroskopicheskij-datchik/>

					МД.МА21-мп.007.001.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			113