

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

«На правах рукопису»
УДК 621.91

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
В.А. Пасічник
(підпис)

“ ” 20 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн)
(код і назва)

на тему: Автономна модульна платформа для оприскування рослин
(комплексна магістерська дисертація)

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи МІ-62М
(шифр групи)

Мілаєв Роберт Данілович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент, Солодкий В.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(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 – 2018

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет)) Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування (інженерний дизайн)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А.Пасічник

(підпис)

« ____ » _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Мілаєв Роберт Даніілович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Автономна модульна платформа для оприскування рослин (комплексна магістерська дисертація)

науковий керівник дисертації Солодкий В.І., к.т.н., доцент

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

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Процес пошуку дизайну і технічного рішення модулю силового приводу перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві.

4. Предмет дослідження Екстер'єр та компоновка модулю силового приводу перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та його функціональні й технічні характеристики.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити модульний силовий привод, розробити дизайн, виконати розрахунки й провести моделювання основних технічних параметрів приводного модулю для робота-трактора "FLIBot", розробити технологію виготовлення макету робота-трактора «FLIBOT» та дослідити його роботу,

підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошування у сільському господарстві.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Виготовлення макету в масштабі 1:5, підготовка презентації.

7. Орієнтовний перелік публікацій 2 тези доповіді на наукових конференціях за темою дослідження.

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання 1.09.2016 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз перспективних проектів приводів для роботизованих рухомих засобів сільського господарства	1.01.2017	
2	Розрахунок і моделювання основних технічних параметрів приводного модулю для робота-трактора "FLIBot"	1.09.2017	
3	Технологічне забезпечення виготовлення макету робота-трактора «FLIBot» та дослідження його роботи	1.12.2017	
4	Стартап-проект робота-трактора «FLIBot»	1.05.2018	
5	Підготовка презентації, оформлення роботи	5.05.2018	

Студент

_____ (підпис)

Р.Д. Мілаєв
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

В.І. Солодкий
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

АНОТАЦІЯ

Мілаєв Р.Д. Автономна модульна платформа для обприскування рослин (комплексна магістерська дисертація)

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського – Київ, 2018

Для підвищення продуктивності використання сільгоспугідь та економії природних ресурсів було проведено аналіз роботизованої техніки для автоматичної обробки полів та їх систем руху. В результаті чого було розроблено систему бокового модуля, яка може бути використана у сільськогосподарській промисловості.

Для закріплення системи повороту разом з системою руху, було розроблено декілька елементів, один з яких кріпильна плита. В результаті моделювання було проведено топологічну оптимізацію для зменшення маси плити, при цьому не втративши усі механічні якості, це в свою чергу дозволило зменшити вагу усієї платформи.

Для учбових цілей було розроблено діючий прототип платформи для проведення дослідів вже з фізичною моделлю та обґрунтування логіки руху платформи при різних ситуаціях.

АННОТАЦИЯ

Милаев Р.Д. Автономная модульная платформа для опрыскивания растений (комплексная магистерская диссертация)

Диссертация на соискание ученой степени магистра по специальности 133 – Отраслевое машиностроение. - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» имени Игоря Сикорского – Киев, 2018

Для повышения производительности использования сельхозугодий и экономии природных ресурсов был проведен анализ роботизированной техники для автоматической обработки полей и их систем движения. В результате чего была разработана система бокового модуля, которая может быть использована в сельскохозяйственной промышленности.

Для закрепления системы поворота вместе с системой движения, было разработано несколько элементов, один из которых крепежная плита. В результате моделирования было проведено топологическую оптимизацию для уменьшения массы плиты, при этом не потеряв все механические качества, это в свою очередь позволило уменьшить вес всей платформы.

Для учебных целей был разработан действующий прототип платформы для проведения опытов уже с физической моделью и обоснование логики движения платформы при различных ситуациях.

ABSTRACT

Milaiev RD Autonomous modular platform for spraying plants (integrated master's thesis)

MSc thesis by specialty 133 – Branch machine building. - National Technical University of Ukraine " Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" - Kyiv, 2018

To increase the productivity of agricultural use and save natural resources, an analysis of robotic equipment for the automatic processing of fields and their traffic systems was conducted. As a result, a side module system was developed that could be used in the agricultural industry.

To fix the rotation system along with the traffic system, several elements were developed, one of which is a mounting plate. As a result of the simulation, topological optimization was performed to reduce the mass of the plate, while not losing all mechanical qualities, this in turn reduced the weight of the entire platform.

For educational purposes, an active prototype of the platform for conducting experiments was developed with the physical model and the logic of the platform's logic in different situations.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1	АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОЕКТІВ ПРИВОДІВ ДЛЯ РОБОТИЗОВАНИХ РУХОМИХ ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	11
1.1	Сучасні роботизовані рухомі засоби в сільському господарстві	11
1.2	Визначення основних параметрів для модуля приводу	16
1.3	Інженерні задачі забезпечення проекту роботизованої платформи	18
1.4	Матеріали та технології модуля приводу.....	19
1.5	Концепція стартап-проекту FLiBot.....	23
РОЗДІЛ 2	РОЗРАХУНОК І МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИВІДНОГО МОДУЛЮ ДЛЯ РОБОТА-ТРАКТОРА "FLiBOT"	25
2.1	Загальні параметри приводу робота-трактора "FLiBot"	25
2.1.1	Визначення джерела енергії та його основних параметрів.....	25
2.1.2	Вимоги до маневреності та підвіски	25
2.1.3	Привідний модуль робота-трактора «FLiBot».....	26
2.1.4	Загальні вимоги до несучої рами	26
2.2	Обґрунтування технічних параметрів модуля приводу	26
2.2.1	Мотор-колесо та його основні технічні параметри.....	26
2.2.2	Контролер керування мотор-колесом та його основні параметри	28
2.2.3	Блок повороту колеса та його основні параметри.....	29
2.3	Конструкція та розрахунок параметрів привідного модуля.....	30
2.3.1	Розрахунок параметрів блоку батарей	30
2.3.2	Проектування рами блоку батарей.....	31
2.3.3	Розрахунок двигуна повороту колеса.....	31
2.3.4	Проектування вузла фіксації двигунів.....	33
2.3.5	Консольне кріплення	34
2.4	Комп'ютерне моделювання привідного модуля FLiBot.	36
2.4.1	Аналіз статичного навантаження.....	37

2.4.2	Топологічна оптимізація плити фіксуючої.....	39	
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МАКЕТУ			
РОБОТА-ТРАКТОРА «FLIBOT» ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО РОБОТИ.....			42
3.1	Аналіз можливостей основних технологій для виготовлення макету ..	42	
3.1.1	Технології механічного оброблення	42	
3.1.2	Лазерна різка	43	
3.1.3	Адитивні технології	44	
3.2	Вибір системи приводів для макету	45	
3.3	Підготовка до виготовлення макету рами.....	47	
3.4	Дослідження параметрів макету FliBot.....	54	
3.4.1	Виготовлення прототипу рами.....	55	
3.4.2	Виготовлення прототипу коліс.....	56	
3.4.3	Алгоритм переміщення платформи	58	
РОЗДІЛ 4 СТАРТАП-ПРОЕКТ РОБОТА-ТРАКТОРА «FLIBot».....			62
РОЗДІЛ 5 ВИСНОВКИ			72
ЛІТЕРАТУРА.....			80
ДОДАТКИ.....			82

ВСТУП

Згідно досліджень [11], проведених у 2014 році, у всьому світі сільське господарство повинно виробляти приблизно 360 000 000 тон їжі на рік, щоб прогодувати 7 мільярдів людей. Використання поточних методів ведення сільського господарства є неефективними і необхідно поліпшити для задоволення майбутніх потреб, за оцінками науковців у 2050 році кількість людей зросте до 9,5 мільярдів людей, так само зросте і потреба у їжі.

Впровадження роботів сприятиме ефективності методів збору, посадки продуктів та дасть змогу задовольнити потреби в їжі. Роботи дозволять використовувати мінімальні затрати, а отримувати максимально якісні та дешеві продукти. Така техніка буде екологічно чистою та енергоефективною, а сама робототехніка зможе замінити велику сільськогосподарську техніку та збільшити кількість вирощуваної їжі до 1 200 000 000 тон на рік.

На даний час в світі поля знаходяться на високому рівні деградації за рахунок ерозії ґрунтів, деградації водних ресурсів і втрати біорізноманіття. 90% енергії, що йде на вирощування та ущільнення ґрунту, викликане важкою технікою. До 96% полів ущільненні за рахунок шин важких тракторів, які рухаються у «хаотичному русі». Ці дані дали зрозуміти що 25% територій полів є непридатними за рахунок застарілих технологій. Проте порушені сільськогосподарські угіддя можуть бути відновлені за рахунок ведення екологічно чистих методів обробки сільського господарства.

Водні ресурси в світі також згасають, для того щоб полити поле треба ставити спеціальні поливні системи, які будуть поливати сільськогосподарські насадження у певний час. З використанням роботів полив виконуватися саме у те місце де знаходиться потрібна нам культура та в той час коли це буде потрібно їй, це надасть змогу знизити витрати для води. На даний час для того щоб знищити сарники поле заливають з літака великою кількістю пестицидів, це призводить до зниження екологічності поля, якості продукції та знищення біоорганізму поля. Використання роботів дозволить вираховувати сарники та знищувати їх шляхом точкового поливу пестицидами.

Під час збирання врожаю близько 60% не відповідають товарної якості [11]. Заготовлені фрукти і овочі вимагають сортування, для цього процесу необхідне місце, час і це підвищує потреби у грошових витрат. Роботи можуть самостійно виконувати якісні та кількісні оцінки врожаю.

Світ зрозумів усю проблематику та швидко почав створення роботизованих платформ. Одними з таких стали HortiBot [1], BoniRob [4], AgBot [5], OZ Weeding Robot [3]. Ці роботи, мають безліч переваг у порівнянні з людською працею, проте є і певні недоліки.

Актуальність

Традиційні підходи оброблення сільськогосподарських угідь є застарілими та мало ефективними, вони не враховують негативну дію важкої техніки на ґрунт та перенасичення угідь негативними мікроелементами.

Окрім того, близько 15-20% зібраного врожаю гине через несвоєчасне оброблення готової продукції, а близько 60% не відповідає товарній якості.

Створення роботизованих комплексів, які цілодобово контролюють поле та самостійно приймають рішення відносно стану врожаю та необхідності втручання в процес вирощування сільгоспкультур, дозволить зменшити втрати на полях.

Мета дослідження

Удосконалення інженерно-технічних характеристик модулю силового приводу робота-трактора для оприскування рослин.

Задачі дослідження

1. На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити модульний силовий привод.
2. Розробити дизайн, виконати розрахунки й провести моделювання основних технічних параметрів приводного модулю для робота-трактора "FLIBot".
3. Розробити технологію виготовлення макету робота-трактора «FLIBOT» та дослідити його роботу.
4. Підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошування у сільському господарстві.

Об'єкт дослідження

Процес пошуку дизайну і технічного рішення модулю силового приводу перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві.

Предмет дослідження

Екстер'єр та компоновка модулю силового приводу перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та його функціональні й технічні характеристики.

Практична новизна

Вперше в Україні створено діючий прототип роботизовано платформи для застосування у сільському господарстві під час вирощення продукції у промислових масштабах.

Апробація роботи

Виконано проектний розрахунок модулю моторного приводу та виготовлено діючий прототип багатофункціональної платформи, яка може бути використана у сільському господарстві.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПРОЕКТІВ ПРИВОДІВ ДЛЯ РОБОТИЗОВАНИХ РУХОМИХ ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1 Сучасні роботизовані рухомі засоби в сільському господарстві

На даний час існує значна кількість закордонних проектів сільськогосподарських роботів і кожен з яких має свої системи приводу. Найбільше поширення серед них набули роботи-трактори HortiBot [1], BoniRob [4], AgBot [5], OZ Weeding Robot [3]. Частина з них створена для виконання вузькоспеціалізованої задачі. Наприклад, збирання тільки спілих овочів, або точкове зрошування однієї рослини у разі необхідності. Отже, це є вузькоспеціалізовані роботи, що мають обмежене застосування.

Відповідно до поставленої задачі, розробити багатофункціональну роботизовану платформу, виконаємо аналіз моделей що існують на ринки, котрі мають великий функціонал, тобто можливість підтримки різних систем оброблювання. Розглянемо найближчі аналоги за конструкцією та функціоналом.

Платформа HortiBot

Платформа HortiBot розроблена в Орхуському університету в 2007 році. Її загальна компоновка представлена на рис.1.1. Платформа виконана на базі радіокерованої газонокосарки яка працює в автономному режимі (робот автономної компоновки). Їх габаритні розміри приблизно 915×915 мм, вона може обертатися навколо власної осі та використовує GPS (система глобальна система позиціювання). Залежно від модифікації та компоновки важить між 200 та 300 кг [1].

Рух приводу чотирьох коліс керується центральним гідравлічним двигуном з спеціальною шестернею та центральним електричним двигуном постійного струму для керування колісними модулями окремо. Отже, колеса платформи можуть бути скеровані окремо один від одного, це дозволяє збільшити маневреність платформи та виконувати розворот навколо центральної осі, що є дуже позитивним під час роботи на полях малої площі. Однак, на теперішній час існує лише у вигляді прототипу [2].



Рис.1.1 – Платформа корпорації HortiBot [1]

Платформа OZ Weeding Robot

Роботизована платформа OZ Weeding Robot – створена корпорацією NAIO TECHNOLOGIES (рис.1.2), на даний момент знаходиться у виробництві. Має три моделі керування:

- ручну, коли рух здійснюється під ручним керуванням, а наявність оператора під час роботи платформи є обов'язковою;
- слідування по заданому маршруту, або рух за об'єктом. Наявність оператора не обов'язкова;
- і повністю автономний режим, коли маршрут відтворюється за GPS орієнтирами (реперна система позиціювання).

Робот здатний працювати у автономному режимі від 3 до 10 годин із можливістю швидкої зміни акумуляторів (менше 5 хвилин). Обладнаний 4-ма електродвигунами по 110 Вт кожний, тобто встановлені чотири окремі ведучі колеса. Проте модель немає можливості повороту коліс, що змушує його буксувати для того щоб виконати певний поворот. Максимальний допустимий нахил – 10% [3].



Рис.1.2 – OZ Weeding Robot [3]

Платформа BoniRob

Платформа BoniRob зазначена на рис.1.3 – розробка Deerfield Robotics (корпорація Bosch), це багатоцільовий агро-робот із змінним навісним обладнанням, здатний керувати всіма колесами та рухатись у будь-якому напрямку. BoniRob є гнучкою платформою з 4-ма колесами, якими можна керувати окремо. Рухаючи поворотні «руки» BoniRob може адаптувати ширину колії від 0,75 м до 2 м, а його кліренс - від 0,4 м до 0,8 м.



Рис.1.3 – BoniRob [4]

В цілому платформа складається з 16 ступенів свободи, реалізований сумішню електроприводу та гідравлічного приводу. Система BoniRob оснащена рядом спеціальних блоків управління: 4 контролера двигуна,

моторний і гідравлічний інтерфейс, блок керування навігацією та блок керування додатком. Різні блоки управління підключаються через Internet і спілкуються за допомогою протоколу TCP/IP (за винятком контролерів двигуна, підключених шиною CAN) [4].

Платформа AgBot II

Платформа AgBot II – розробка Квінслендського технологічного університету, що фінансується квінслендським урядом (рис.1.4).



Рис.1.4 – AgBot II [5]

Сільськогосподарський робот, що призначений для робіт у складі групи автономних роботів. Обладнаний камерами, сенсорами та розвинутою системою розпізнавання, що дозволяє йому орієнтуватись на полі. Здатний знищувати бур'яни як механічно, так і хімічно. Завдяки низькій масі ущільнення ґрунту менші, ніж при використанні традиційних тракторів. Робот складається з двох бічних модулів. У бокових блоках розміщені акумулятори та привід, а також інша електроніка.

Конструкція керування має два ідентичних привода, які забезпечують диференційне керування двома передніми ведучими колесами та двома колісними модулями ззаду. Ця конфігурація зменшує кількість привідних агрегатів, тим самим зменшуючи вартість агрегату. Знаходиться на стадії розробки з 2013 року, у 2015 році створений діючий прототип [5,6].

Платформа RИPРA та VИPРA

Платформа RИPРA & VИPРA – проекти Австралійського центру польової робототехніки (рис.1.5). Назва "RИPРA" це аббревіатура від Robot for Intelligent Perception and Precision Application (робот для інтелектуальної оцінки та точного застосування).



Рис.1.5 – RIPPA & VIPA [7]

Він був у розробці приблизно три роки та включає у себе VIPA – Variable Injection Intelligent Precision Applicator (інтелектуальний точний аплікатор із змінним розбризкуванням), що монтується на RIPPA та розпилює на бур'яни мікродози речовини.

Вся система базується на більш ранній розробці Ladybird. Вихідну платформу змінили, щоб зробити її більш легкою, міцною та простою у керуванні. Як і Ladybird платформа RIPPA & VIPA оснащена сонячними панелями. Така компоновка дозволяє платформі працювати в автономному режимі. Без використання сонячних панелей платформа здатна працювати до 10-12 годин.

До особливості конструкції можна віднести наявність 4 незалежних приводів на колеса, що дозволяє йому долати невеликі нахили [7, 8]. Треба визначити, що можливість надавати платформі хоча б незначний нахил одразу виводить систему на більш високий рівень застосування. Адже маючи нахил платформа може працювати на зolistих полях (які є переважними у Європі).

Проаналізувавши існуючі роботизовані платформи створюємо порівняльну таблицю 1.1.

Таблиця 1.1. Порівняльні характеристики платформ

Назва	Габарити Д.Ш.В.	Маса, кг	Тип приводу	Модульна конструкція
HortiBot		200-300	Гідропривід	Так
OZ	1000×400×600	110-150	Електромотори	Ні
BoniRob	2800×2400×2200		Електромотори	Ні
AgBot II		~600[6]	Електромотори	Так
RIPPA & VIPA			Електромотори	Ні

Аналіз таблиці показує, що більшість з існуючих аналогів роботизованих платформ використовують електропривод для руху коліс. Мала кількість роботів передбачає використання модульної конструкції. Також в більшості привідних модулів відсутня система підвіски. Тільки деякі роботи мають можливість зміни ширини колії. Окрім них існують вузькоспеціалізовані роботи, що вже вийшли на ринок, проте привідний модуль загалом є на недопрацьований.

Отже, подальшим напрямом роботи є визначення параметрів модулю приводу колісного приводу для застосування у платформах сільського господарства.

1.2 Визначення основних параметрів для модуля приводу

Для визначення основних функцій модуля приводу спробуємо зрозуміти, що таке привід і яке він має значення по відношенню до сільгоспмашин.

Привід (він же силовий привід)

Це сукупність пристроїв, призначених для приведення в дію машин і механізмів. Привід являється тим, що виконує роботу по перетворенню одного типу енергії в інший і передає цю енергію до виконавчого механізму.

Те, що призводить виконавчий механізм в рух, являє собою свого роду «вставку» між приводним двигуном і навантаженням (машиною або механізмом, рушієм) і виконує ті ж функції, що і механічна передача [10]. Тобто привід дає можливість руху системам, які в свою чергу виконують різний виконавчий рух. В нашому випадку це рух колеса та його поворот.

Модуль приводу повинен забезпечувати такі вимоги:

- рух платформи;
- поворот колеса;
- екологічну складову;
- економічне.

Отже, для успішного застосування роботизованої платформи основні складові модулю руху є такі.

Рух платформи

Це здатність забезпечувати рух платформи не дивлячись на нерівність та неоднорідність ґрунтів.

Поворот колеса

Це здатність колеса мати можливість повороту на 180° для отримання максимальної маневреності у місцях, що мають обмежену місцевість для створення даного маневру.

Екологічна складова

Полягає у використанні матеріалів які забезпечать невелику масу, та правильну структуру гумових елементів, для максимального збереження ґрунтів;

Економічність

Це зростання продуктивності і скорочення витрат за рахунок швидко замінних елементів таких як батареї, що надає продуктивність і в свою чергу підвищує прибуток.

Виходячи з цього сформулюємо вимоги до модулю приводу, який повинен надати платформі такі функції:

1. Можливість руху в усі напрямки для обробки невелику ділянку землі, порівняну із площиною, яку займає окремо узята рослина та для швидкого і ефективного маневру, такого як розворот. Для забезпечення майже безперервної роботи необхідно створити його з елементів, що дозволяють виконати швидко заміну елементів обладнання, особливо систему батарей, що дозволить йому в свою чергу поновити свою роботу у найкоротші строки.
2. Для створення платформи та визначення габаритів модулів відносно самого робота трактора, оберемо в якості цільової рослинної культури ріпак. Це дозволить визначити ширину колії та кліренс між землею та найближчою частиною роботизованої платформи.
3. Крім того було висунуто вимоги до встановлюваного обладнання – наявність на ринку України.

Так як робота на полі пов'язана із важкими умовами, то частині компонентів трактора необхідний захист від температур у певному діапазоні температур (-5...40° C), а також від пилу, дощу та протічок робочої рідини¹. Крім того до тракторів висуваються вимоги по надійності та придатності до ремонту. Проте, так як робот-трактор має відносно невеликі габарити і вагу, то у разі поломки його можна евакуувати з поля для подальшого ремонту, якщо немає можливості виконати швидкий ремонт.

Модульність бокових модулів дозволить використовувати робот-трактор для більш широкого спектру задач. Наприклад, бокові модулі, а точніше модулі приводу та відсік для батарей, можна кріпити до різних центральних частин, одна з яких буде використовуватися для поливу, а інша для збору врожаю. Або ставити додатковий відсік з батареями, що надасть можливість довшої роботи платформи.

Так як концепція модуля приводу передбачає різні види ґрунтів для обробки усього поля, можливість використання модульної структури з високою швидкою заміною це створить попит для його використання. На сьогоднішній день аналоги майже не мають швидко змінних елементів, а їх застосування призводить до високого здорожчання, що в свою чергу призводить до певних обмежень.

1.3 Інженерні задачі забезпечення проекту роботизованої платформи

Для виконання проекту необхідні виконати розрахунки й моделювання окремих елементів платформи.

Моделювання ширини колії

Для розробки механізму регулювання ширини колії буде використано програмне забезпечення SolidWorks [24] або Autodesk Inventor [25], так як дані CAD-програми є зручними, та мають усі необхідні інструменти, що дозволяють зробити 3D-моделі та зборки, має вбудовану бібліотеку стандартних елементів та матеріалів, а також дозволяють робити кресленики. Крім того, в даних програмах присутні модулі Simulation, що дозволяє провести дослідження на міцність як окремих деталей, так і зборки, методом кінцевих елементів та видають велику кількість результатів. Ці модулі дозволяють прикладати декілька типів навантажень, у даній роботі будуть використовуватися статичні та циклічні навантаження.

Моделювання обвісу

¹ Не припустимо коли робоча рідина потрапить на поле з сільськогосподарською продукцією, це призведе до забруднення ґрунту.

Для моделювання обвісу, тобто зовнішнього вигляду робота та візуалізації буде застосовуватись програмне забезпечення Autodesk 3DS Max [25]. Ці програми є зручними у користуванні, та мають усі необхідні інструменти для створення моделі складної форми. Також для отримання візуалізації можна застосувати програмне забезпечення Keyshot [26], в якій є можливість створення візуалізації та анімації.

1.4 Матеріали та технології модуля приводу

Для визначення матеріалів та технологій необхідно визначити складові машини, та функції, які вона виконує. Робот-трактор FLIBot (Farm Landscape Intellectual Bot) [27]. Він складається з центрального та бічних модулів. Він повинен бути автономним, вміти без керування людиною орієнтуватися та переміщатися по полю, проводити обробку рослин.

Механізм регулювання ширини колії, який з'єднує бічні модулі до центрального, необхідний для пристосування одного трактора до обробки різних рядків з різними рослинами. У даній роботі розглядатиметься лише бічний модуль, що складається з одного модуля батарей, та 2 модулів приводу. У перспективі ці модулі можна комбінувати для створення раціонального варіанту компоновки для застосування на певних сільськогосподарських угіддях, залежно від посівного матеріалу.

Вимоги до бічного модулю

Бічний модуль повинен складатися з трьох елементів:

- 2 привідних модулі;
- та модуль блока батарей.

Кожен модуль має раму, кожен наступний елемент повинен кріпитися один до одного так, щоб отримати бічний модуль, який в свою чергу буде з'єднаний з системою регулювання ширини.

Елементи обшивки повинні захищати усі системи, які потребують певних умов експлуатації, а саме:

- колісні стійки з механізмами їх повороту, коліс з моторами,;
- та системи регулювання ширини колії.

Крім того захист повинен забезпечувати водо непроникність у центральний модуль в якому встановлюються акумулятори, що живлять систему робота.

Матеріали, з яких буде побудовано робота повинні бути міцними, дешевими та технологічними у виробництві. Крім того повинні забезпечувати невелику вагу та стійкість до певних навантажень.

Для виготовлення рам бічних модулів доцільно використовувати метали, або композитні матеріали.

Для того щоб визначитися з матеріалами для роботизованої платформи, а також для привідного модуля та модуля батарей, визначимо з яких матеріалів, та із застосуванням яких технологій було виготовлено найближчі аналоги FLIBot.

Так як HortiBot побудований на базі існуючої платформи, то проаналізуємо конструкцію газонокосарки Spider ILD001 (рис.1.6).

Як можна побачити із наведеної фотографії, рама HortiBot складається із листового гнучкого металу. Частина елементів виконана у вигляді прямокутного профілю, за виключенням місця кріплення інших елементів. Усі з'єднання – болтові. Кожухи виготовлені методом штампування.



Рис. 1.6 – Spider ILD001

Через наявність пилу та бруду всередині робота (на наведеній фотографії корпус знятий) – захист від вологи та пилу встановлюється лише на ті компоненти, що його потребують. Так, на фото видно два пластикових корпуси, що захищають електронні компоненти, найближча ж плата відкрита для обслуговування.

Інший автономний робот-трактор – AgBot II створений на власній платформі (рис. 1.7 та рис. 1.8), основу якої складає сталева просторова

конструкція типу ферми. Така конструкція поєднує легкість та достатню жорсткість.

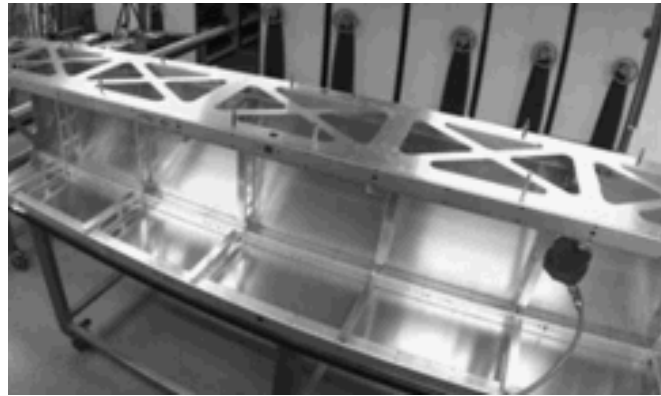


Рис. 1.7 –Конструкція центрального модуля AgBot II



Рис. 1.8 –Конструкція AgBot II

Основні направляючі центрального модуля виконані із прямокутного профілю (рис. 1.9). Поперечні елементи, що підвищують жорсткість модулів виготовлені із листового металу, в якому виконані вікна полегшення, методом лазерної різки. Елементи рами з'єднуються між собою за допомогою зварювання. Обшивка, також виконана із листового металу, попередньо порізаного та вигнутого, закріплюється на модулі за допомогою заклепок.

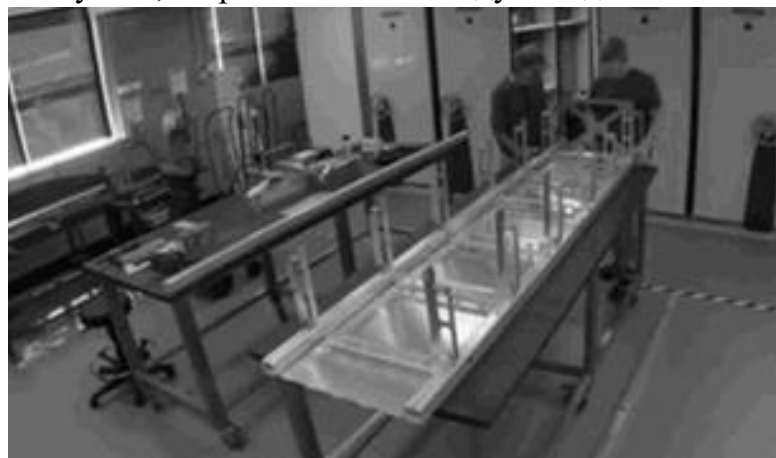


Рис. 1.9 – Прямокутні направляючі AgBot II

Бічні ж модулі робота AgBot II, на відміну від центрального, не містять у собі прямокутних профілів. Силова конструкція повністю набрана із листового металу, вирізаного за допомогою лазера. Між собою пластини з'єднуються за допомогою зварювання. Обшивка бокового модуля є частиною силової конструкції і також приварена.

Доступ до відповідальних компонентів, розташованих всередині робота, відкривається через люки, що відкриваються на навісах.

Важіль підвіски ведучих коліс виконаний із литого металу, із подальшою обробкою різанням. До цього важеля кріпляться кронштейн амортизатора, виконаний із металу, обробленого різанням, та електропривод колеса.

Важіль не ведучого колеса виконаний із гнучкого листового металу, так як на ньому встановлюється лише неведуче опорне колесо без жодного механізму повороту.

Платформа BoniRob від Bosh виготовлена частково із стандартного алюмінієвого профілю (рис.1.10), що забезпечує простоту його збирання та можливість модернізації у разі потреби. Окрім того, треба враховувати те що платформа працює у вологому середовищі і алюміній менше піддається корозії.

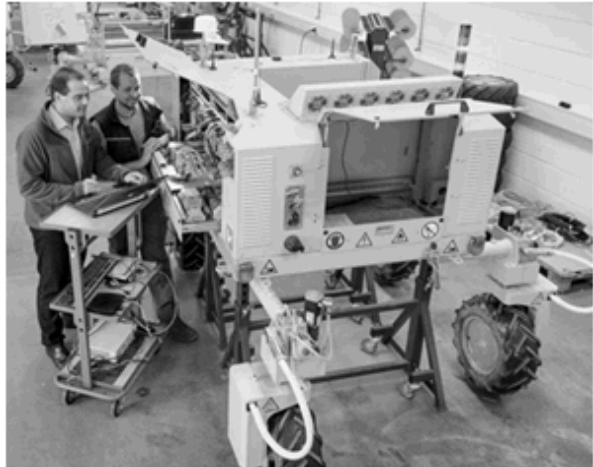


Рис.1.10 – Алюмінієвий корпус BoniRob

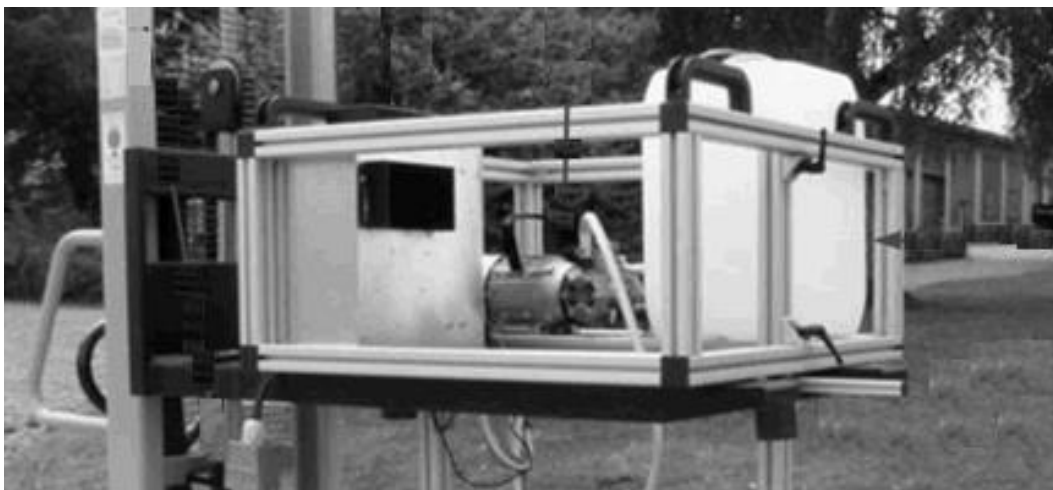


Рис.1.12 – Профіль обладнання BoniRob

Крім того, виготовлення рами для навісного обладнання із того ж самого профіля забезпечує простоту у створення обладнання на робота.

Нижня частина рами робота зібрана із прямокутного профілю більшої товщини (рис.1.12) для забезпечення міцності конструкції. Важелі підвіски виконані зварними із круглих в перетині труб.

Так само, як і у аналогів обшивка робота виконана із гнучого листового металу. Між собою деякі листи зварені, а уся обшивка кріпиться до рами за допомогою заклепок (рис.1.13).



Рис.1.13 – Обшивка BoniRob

1.5 Концепція стартап-проекту FLIBot

Стартап складається з декількох складових [23].

- маркетинговий аналіз стартап-проекту;
- організація стартап-проекту;
- фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту;
- заходи з комерціалізації проекту.

Перший етап

Під час виконання першого етапу потрібно ми описуємо ідею нашого проекту та напрямки в яких буде використовуватися наша платформа. Також важливо показати нашу відмінність від конкурентів. Аналізуємо ринкові можливості, щодо виготовлення платформи та створюємо стратегію по впровадженню роботизованої платформи.

Другий етап

Другим етапом є створення календарного план-графіку реалізації стартап-проекту, розрахунок потреб в отриманні дозволів та інших нематеріальних активів. Також розробляється обсяг виробництва для можливості розрахунку матеріальних ресурсів та кількості робітників, що потрібні для реалізації даного проекту. Потрібно розрахувати початкові загальні витрати на запуск проекту, а також загальногосподарські витрати.

Третій етап

Третім етапом є визначення обсягу інвестиційних витрат, тобто розрахунок обсягу виробництва, його собівартість, ціна реалізації проекту, а також потрібно розрахувати податки та чистий прибуток, що буде отриманий. Визначити запас фінансової міцності, рентабельність продажів та інвестицій, а також період окупності проекту для високих показників інвестиційної привабливості проекту. Також потрібно розрахувати рівень ризикованості проекту, та розробити шляхи для запобігання їм, шляхом швидкого реагування на них.

Четвертий етап

Під час четвертого етапу, основною метою є пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції (оферти). Він передбачає:

- Визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів;
- Складання інвест-пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом;
- Планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок та планування системи заходів з просування в межах обраних каналів;
- планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК І МОДЕЛЮВАННЯ

ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИВІДНОГО

МОДУЛЮ ДЛЯ РОБОТА-ТРАКТОРА "FLIBOT"

Виходячи з аналізу робіт, що вже існують, можна визначити основні потреби та функціонал майбутньої розробки. Треба встановити чіткі потреби трактора, для створення модуля. Таким чином досягається якісний результат, а точніше, розуміння про те, що модуль повинен забезпечувати поворот, стійку конструкцію, тобто можливість витримувати задане навантаження. Вмістити в себе усі необхідні для роботи елементи і мати при цьому легку ремонтно- та заміно- здатність, для підвищення продуктивності кінцевого результату.

2.1 Загальні параметри приводу робота-трактора "FLIBot"

Знаючи всі необхідні позитивні та негативні параметри існуючих робіт конкурентів, можна створити концепцію робота, який буде максимально кращим, та буде мати більший функціонал та можливість підлаштовуватись до тих або інших умов експлуатації.

2.1.1 Визначення джерела енергії та його основних параметрів

Основним джерелом енергії для робота-трактора було обрано електроенергію, так як цей вид енергії є екологічно чистим, а це є ще одним важливим параметром у виборі даного продукту. Електроенергію трактор буде отримувати за рахунок блоків літій-іонних акумуляторів. Також певну частину енергії платформа зможе отримувати за рахунок сонячних батарей. Можливо будуть встановлені ще деякі системи для рекуперації енергії, що надасть платформі збільшити час роботи.

Так як батареї є однією з основних масивних елементів на платформі, це зумовлює те, що вони повинні знаходитися як можна нижче, щоб забезпечити низький центр мас. Це є важливою умовою, так як високий центр мас, може призвести до перекидання платформи, що призведе до неможливості її використання. Для них буде створений додатковий батарейний модуль, що буде розміщуватися між модулями приводу, а також це надасть можливість збільшувати кількість модулів батарей, для довшого використання платформи.

2.1.2 Вимоги до маневреності та підвіски

Важливим елементом модуля приводу, є поворот його на кут не менше 180 градусів, це дасть можливість платформі, легко маневрувати у просторах поля, здійснювати поворот на місці та корегувати свій рух під час виконання поставленої задачі. Також це надасть можливість руху боком, що може бути важливим для завантаження робота на причіп «Матку».

Також важливо зауважити, що модуль приводу повинен витримувати навантаження у п'ятсот кілограм, тобто у пів тони. Це зумовлено тим, що платформа на даний час не передбачає систему підвіски, тобто можливий варіант, що під час обробки полів на певних ділянках платформа буде вставати на два колеса, що розташовані по діагоналі. Тому важливо передбачити дану ситуацію, для попередження можливих проблем.

2.1.3 Привідний модуль робота-трактора «FLIBot»

Системою руху будуть слугувати мотор-колеса. Ця система була вибрана тому, що вона є простою та надійною, а потужності та різновидності даних моторів дає можливість для корегування потужності в залежності від навантажень, та маси яку споряджено на платформу.

Системою для повороту колеса, буде слугувати електромотор з черв'ячною передачею, для підвищення моменту, що є важливим в умовах експлуатації даного механізму. Так як великий протектор колеса буде створювати великі навантаження для повороту колеса, але є невід'ємним елементом для стабільної роботи платформу в агресивному середовищі.



2.1.4 Загальні вимоги до несучої рами

Також важливим етапом при створенні даного модуля приводу є створення рами. Вона, тобто рама, повинна витримувати задані навантаження та мати певний запас міцності, так як поле являється агресивним середовищем і тому під час руху неминуче отримання різних навантажень на раму, як статичних так і динамічних.

2.2 Обґрунтування технічних параметрів модуля приводу

Маючи концепцію модуля приводу доречним етапом буде визначення технічної складової цього модуля. Так як модуль приводу є одним з найважливіших елементів і несе не тільки рушійну складову, а ще й несучу і відповідає за стабільну роботу в агресивному середовищі.

2.2.1 Мотор-колесо та його основні технічні параметри

Знаючи що для руху будуть Рис.2.1 – Мотор-колесо [12] використовуватися мотор-колеса. Було обрано Мотор-колеса (рис.2.1) для електромобіля на 3000 ватт [12] з можливістю консольним кріпленням для легкої експлуатації та ремонту-заміності. Ця система була вибрана тому, що вона є простою та надійною, а загальної потужності при використанні чотирьох мотор коліс буде достатньо для руху платформи при високих навантаженнях. Мотор-колесо має прямий привід тобто він є без редукторний, без щітковий, на постійних магнітах. Мотор-колесо має такі технічні характеристики:

- номінальна робоча напруга 36-144 вольта;
- номінальна потужність: 3000 ват;
- максимальна потужність: 4620 ват;
- максимальний крутний момент: 60.9 Н/м;
- максимальний ККД мотор колеса: 89 %;
- максимальна швидкість електротранспорту, обладнаного такими мотор колесом: до 80 км/год;
- передбачено можливість рекуперації;
- кут фази: 120 градусів;
- корпус мотор колеса: сталь;
- тормоз дисковий;
- відстань між болтами для кріплення обода: 100 мм;
- маса: 16 кг;
- колір: чорний;
- довжина кабелю для підключення к контролеру: 1.5 м;
- допустимий діапазон температур оточуючого середовища при експлуатації :від -30° С до 45° С.

Так як мотор колесо передбачає можливість рекуперації тобто відновлення енергії, це є важливою складовою для автономності платформи, проте потребує використання спеціального контролера з функцією рекуперації, який забезпечує підзарядку акумулятора в наступних режимах:

- рух під кутом;
- рух накатом.

2.2.2 Контролер керування мотор-колесом та його основні параметри

Для того щоб мотор-колесо працювало і мало можливість керування ним потрібно його підключення к контролеру. Тому було вибрано **контролер Volta 60v3000w (рис.2.2) [13]** призначений для регулювання швидкості обертання мотор колеса, які мають номінальну напругу 60 вольт та можливістю реалізації потужності до 9000 ватт. Він рекомендується для використання з мотор колесами з номінальною напругою 60 вольт і номінальною потужністю 2000-3000ватт. Даний контролер має ряд таких характеристик:



Рис.2.2 – Контролер Volta [13]

- номінальна напруга: 60 v;
- максимальна напруга: 84v;
- мінімальна напруга 52.0 v +/- 0.5 v;
- керуюча напруга: 1 – 4.2v;
- кут між фазами: 120° (3-х фазний);
- максимальний струм: 150A;
- номінальна потужність: 3000 w;
- максимальна потужність: 9000 w;
- допустимий діапазон температур навколишнього середовища при експлуатації: -25...+45°C;
- корпус: металевий; пило- волого- захисне виконання ;
- охолодження: повітряне (природне відведення тепла від радіаторів, що є частиною корпусу) ;
- енергозберігаюча електрична принципова схема на 36 польових транзисторах (Mosfet) ;
- розміри контролера: 325 × 143 × 80 мм ;
- довжина проводів: 130 мм ;
- вага контролера 2,9 кг.

Також присутня функція рекуперації. Проте в цьому контролері вона являється похідною від можливості генерації прямо-привідними мотор колесами електричної напруги, при русі накатом і не дає істотного електромагнітного гальмування, забезпечуючи невеликий зарядний струм.

Так як ми маємо 4 модуля приводу на кожне з мотор коліс буде потрібно використати свій контролер.

2.2.3 Блок повороту колеса та його основні параметри

Важливим елементом модуля приводу, є поворот колеса який закріплено консольно на кут 180° , проте для забезпечення більш чіткого руху та більшої маневреності збільшимо кут до 225° . Це дасть можливість платформі легкого маневрування у просторах поля не витрачаючи на поворот багато часу, хоча для повороту на більший кут є лише одна перешкода - це силовий дріт до мотор колеса, який і створює бар'єр у повороті його на більший кут.

Для повороту будемо використовувати серводвигун моделі 180ST-M35010 [14]. Даний двигун (рис.2.3) має необхідну потужність і його буде достатньо для повороту колеса на місці. Він має такі характеристики:

- потужність (КВт): 3.7;
- номінальна напруга (В): 220/380;
- поточний струм (А): 16/10;
- швидкість обертання (об/хв): 1000;
- номінальний крутний момент (Нм): 35;
- максимальний крутний момент (Нм): 70;
- вага (кг): 30.5;
- номер рядка-кодувача (PPR): 2500 Клас ізоляції: клас В (130 °С) Клас безпеки: IP65;
- температура навколишнього середовища: $-20^\circ +50^\circ$ С.



Рис.2.3 – Серводвигун моделі 180ST-M35010 [14]

Для кожного двигуна повороту колеса потрібно його підключення к драйверу. Тому було вибрано **Драйвер SDB50NK5 [2.4]** призначений для регулювання швидкості обертання, які мають потужність від 2,6КВт до 5,5КВт. Даний контролер (рис.17) дає високу точність позиціонування, що вкрай важливе для точного руху платформи.

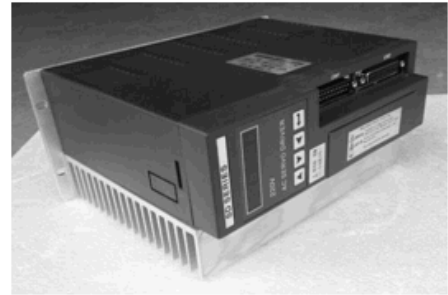


Рис.2.4 – Драйвер SDB50NK5 [18]

2.3 Конструкція та розрахунок параметрів привідного модуля.

Знаючи всі необхідні технічні параметри модуля приводу можна чітко зрозуміти концепцію і перейти до проектування. Для того щоб перейти до комп'ютерного моделювання та проектування привідного модуля потрібно спроектувати раму для блока батарей, який буде кріпитися до рами, а в свою чергу буде кріпити до себе два модулі приводу, які будуть спроектовані далі.

Раму спроектовано з квадратного профілю сталевих труби 20x20 ГОСТ 8639-28 [19].

2.3.1 Розрахунок параметрів блоку батарей

Блок батарей був спроектований таким чином щоб міжосьова відстань між колесами була не менше ніж 1200 мм. Знаючи, що колеса будуть діаметром 603 мм, ширину блока батарей (ШБ) було розраховано таким чином:

$$\text{ШБ} = \left(\text{міжосьова відстань} - 2 \cdot \frac{D_k}{2} \right) \cdot 0,85$$

де D_k - діаметр колеса;

0,85 - коефіцієнт запасу, щоб уникнути зачеплення коліс та блока батарей.

Підставляємо усі значення та маємо

$$\text{ШБ} = \left(1200 - 2 \cdot \frac{603}{2} \right) \cdot 0,85 = 507,45 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину блока (ШБ) батарей 500 мм.

Для того щоб обрати висоту блока батарей треба зрозуміти яка висота буде між низом блока батарей та поверхнею по якій буде рухатися платформа. Мінімальна висота не повинна перевищувати 250 мм. Так як платформа є модульною, є можливість змінювати як і висоту кронштейну для колеса, так і саму висоту батарейного блока, проте мінімальним будемо вважати висоту блока 760мм.

Таким чином товщина блока дорівнює 300мм, товщина була вибрана методом аналізу конкурентів та батарей, які могли би вміщатися в дану конструкцію.

Також слід зауважити, що габарити рами не відповідають габаритам платформи, так як на раму буде виготовлений обвіс, який буде виконувати захисну функцію, тому остаточні габарити можна зрозуміти тільки вже після виготовлення обвісу платформи.

2.3.2 Проектування рами блоку батарей

Підсумовуючи, ми отримуємо батарейний блок, габаритами 500×300×760 мм відповідно. Модулюємо раму блоку батарей (рис.2.5), та передбачуємо кріплення для модулів повороту.

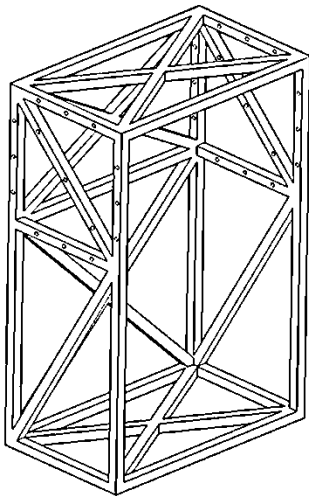


Рис. 2.5 – Рама блоку батарей

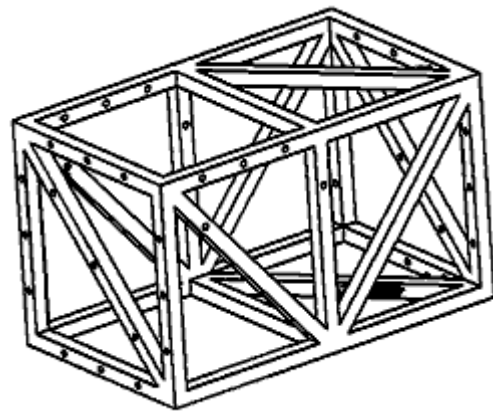


Рис. 2.6 – Рама модуля повороту

Рама модуля повороту (рис.2.6) буде мати такі габарити 500×300× 300 це пов'язано з можливістю вмістити в себе як двигун так і контролер, а також зберегти мінімальну між осьову відстань 1200мм.

2.3.3 Розрахунок двигуна повороту колеса

Важливою і складною задачею є підбір двигуна для повороту колеса, розрахунок якого був виконаний за довідковим посібником «Конструювання і розрахунок сільськогосподарських тракторів» [20].

Момент повороту

Розрахунок моменту опору повороту колеса:

$$M_{\text{п}} = (M_1 + M_2 + M_3) \cdot \frac{1}{\mu_{\text{пр}}} \quad (2.1)$$

де M_1 - момент опору направляючих коліс переключенню;

- M_2 - момент опору коліс повороту;
 M_3 - стабілізуючий момент від нахилу шворня.

Момент опору направляючих коліс перекочуванню розраховується за такою формулою (2.2):

$$M_1 = G_1 \cdot f_1 \cdot a \quad (2.2)$$

- де G_1 - радіальне навантаження на колесо;
 f_1 - коефіцієнт опору перекочування;
 a - плече обкатки.

З цього випливає, що $G_1 \approx 3000$ Н, так як трактор немає власної підвіски, можливі моменти коли він буде мати зчеплення з землею лише на трьох колесах, а знаючи що маса платформи не перевищує 1000кг, робимо висновок, що радіальне навантаження обране вірно. $f_1 = 0,18$, значення взято з посилання [20 табл.1.1 ст.11] Плече обкатки $a = 0$, так як вісь повороту співпадає з центром колеса.

З формули (2.2) розраховуємо момент опору направляючих коліс перекочуванню M_1 :

$$M_1 = 3000 \text{ Н} \cdot 0,18 \cdot 0 \text{ м} = 0 \text{ Нм};$$

Розрахунок момент опору повороту

$$M_2 = 0,14 \cdot G_1 \cdot \varphi_c \cdot r_{\pi} \quad (2.3)$$

- де G_1 - радіальне навантаження на колесо;
 φ_c - коефіцієнт зчеплення з ґрунтом;
 r_{π} - динамічний радіус направляючого колеса.

Таким чином, $\varphi_c=0,5$ значення взято з посилання [20 табл. 1.1 ст.11]. Динамічний радіус $r_{\pi} = 0,3$ м, він є трохи меншим за радіус самого колеса.

З формули (2.3) розраховуємо M_2 :

$$M_2 = 0,14 \cdot 3000 \text{ Н} \cdot 0,5 \cdot 0,3 \text{ м} = 63 \text{ Нм};$$

Стабілізуючий момент від нахилу шворня розраховується за такою формулою:

$$M_3 = G_1 \cdot (a + r_{\pi} \cdot \beta_{\text{ш}}) \cdot \left(\beta_{\text{ш}} \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2} + \gamma_{\text{ш}} \cdot \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \right) \quad (2.4)$$

- де $\beta_{\text{ш}}$ - поперечний нахил шворня;

$\gamma_{ш}$ - поздовжній нахил шворня.

Дані кути в нашому випадку дорівнюють нулю, тому звідси виходить що за формулою (2.4) ми отримуємо такий результат:

$$M_3 = 0 \text{ Нм.}$$

Для того щоб розрахувати момент опору повороту, нам необхідно також розрахувати $\mu_{пр}$, проте наша система не буде мати поворотних цапф, тому ККД в даному випадку буде дорівнювати 1. Звідси розраховуємо $M_{п}$.

За формулою (1), отримуємо такий результат.

$$M_{п} = M_2 = 63 \text{ Нм.}$$

Обравши серводвигун моделі 180ST-M35010 [14] для повороту колеса, розробляємо систему кріплення консолі до двигуна, і фіксацію самого двигуна на рами модуля повороту.

2.3.4 Проектування вузла фіксації двигунів

Для фіксації двигуна на рамі та можливості передачі їм крутного моменту, будимо виготовляти сталеву плиту зі сталі, для надання їй характерних форм та отворів. Тобто для закріплення двигуна на модулі повороту створимо кріпильну плиту (рис.2.7). Дана кріпильна плита, виконує функцію фіксації вала що з'єднує консоль з двигуном. Перехідний вал (рис.2.8) фіксується у корпусі кріпильної плати за допомогою двох роликівих радіально упорних підшипників DIN 720 32910 – 50× 72 × 15:2, та прижимної кришки (рис.2.9), що буде прижимати цей вал.

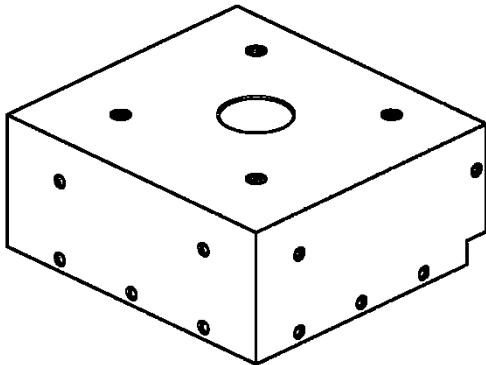


Рис. 2.7 – Кріпильна плита

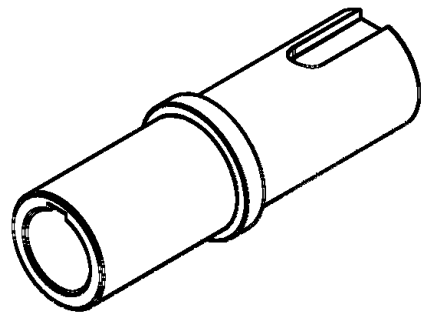


Рис. 2.8 – Перехідний вал

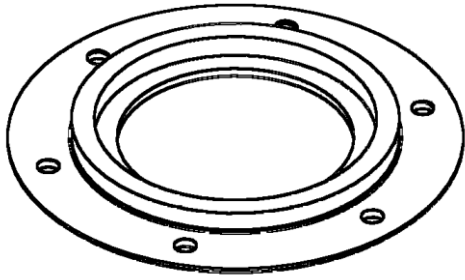


Рис. 2.9 – Прижимна кришка

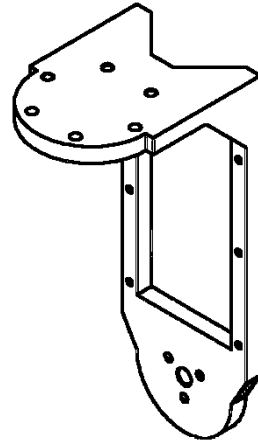


Рис. 2.10 – Консоль повороту

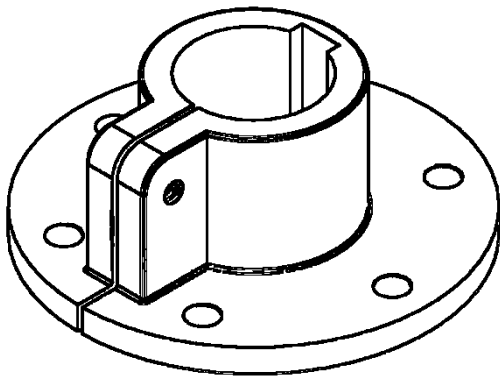


Рис. 2.11 – Зажимна ступиця

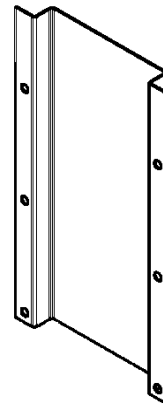


Рис. 2.12 – Листова підтримка консолі

Наступним етапом є створення консольного кріплення (рис.2.10) та зажимної ступиці (рис.2.11), яка буде надійно фіксуватися на консолі за рахунок 6-ти болтових з'єднань та на валу за рахунок зажиму та направляючої шпонки.

Для того, щоб консоль не зламалася під час повороту, або під час найзду на якийсь камінь, слід підсилити рамну конструкцію консолі завдяки листовому матеріалу (рис.2.12), який буде кріпитися до консолі за рахунок 6-ти болтів.

2.3.5 Консольне кріплення

Наступним етапом є закріплення мотор колеса до консолі. Це можна зробити завдяки ступиці (рис.2.13), яку спроектовано для даного мотор колеса. Вона кріпиться до консолі завдяки 3 болтовим з'єднанням, які присутні на ступиці, а саме мотор колесо закріплюється в ступиці за рахунок зажимного механізму самої ступиці, яка надійно фіксує моторколесо від повертання.

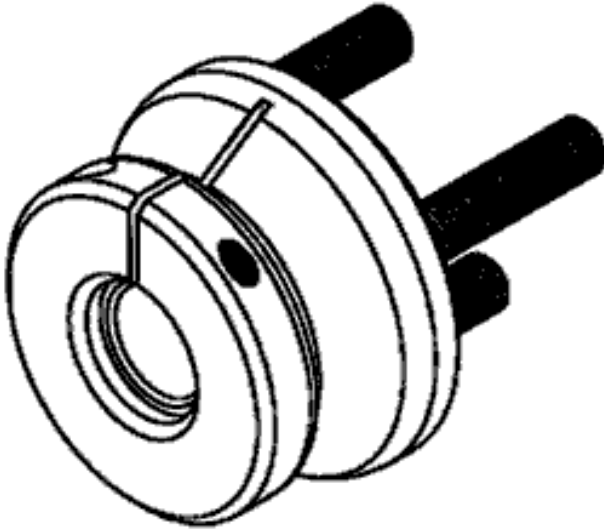


Рис. 2.13



Рис. 2.14 – Колесо Zorat D221 [21]

Також важливим моментом, був для нас підбір самого колеса та шини для нього. Тому було обрано диск моделі Zorat D221 [21], який підходить нам за такими характеристиками:

- діаметр ободу диска: 14";
- ширина диска: 6,5";
- виліт ободу: 35 мм;
- кріпильні отвори: 4;
- діаметр розположення отворів: 100 мм;
- центральний діаметр: 73,1 мм;
- тип виробу: литТЯ;
- матеріал: алюміній;
- колір: білий.

Колесо обране для використання зображено на рис.2.14. Його параметри та колір, повністю задовольняють наші потреби.

Також нам потрібно врахувати, що платформа FliBot, є роботом для обробки полів, тому для нього потрібно обрати шину спеціально для поїздок по сільхоз угіддям. Тому було обрано шину такого модельного ряду 6,5/75-14 72A6 TS02 4PR TT (рис.2.15), фірми Mitas [22]. Вона має такі характеристики: радіус: 14"; профіль: 75; ширина: 6,5".

В такому випадку ми отримали повністю готовий та зібраний боковий модуль платформи (рис.2.16).



Рис. 2.15 – Колесо фірми Mitas [22]

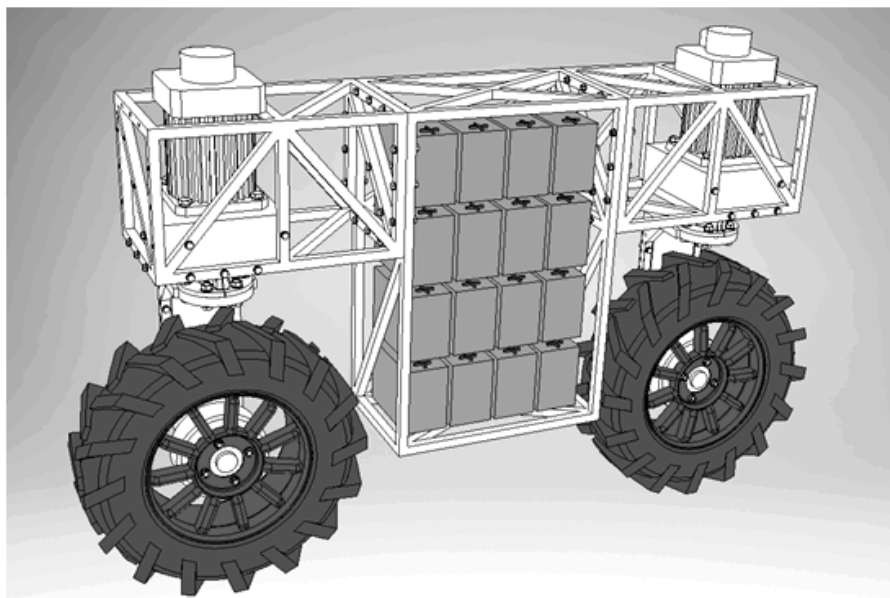


Рис.2.16 – Боковий модуль платформи FliBot

2.4 Комп'ютерне моделювання привідного модуля FliBot.

Для того щоб зменшити масу платформи, потрібно зменшити масу певних її елементів. На даний момент одним з таких методів є оптимізація. Вона дає змогу зменшити кількість матеріалу, що використовується, що в свою чергу зменшує їх вагу, та вартість.

Для того щоб зменшити вагу, потрібно оптимізувати кріпильну плиту (рис.2.7), так як її вага та кількість матеріалу є відносно великою, вага плити становить 50,1 кг.

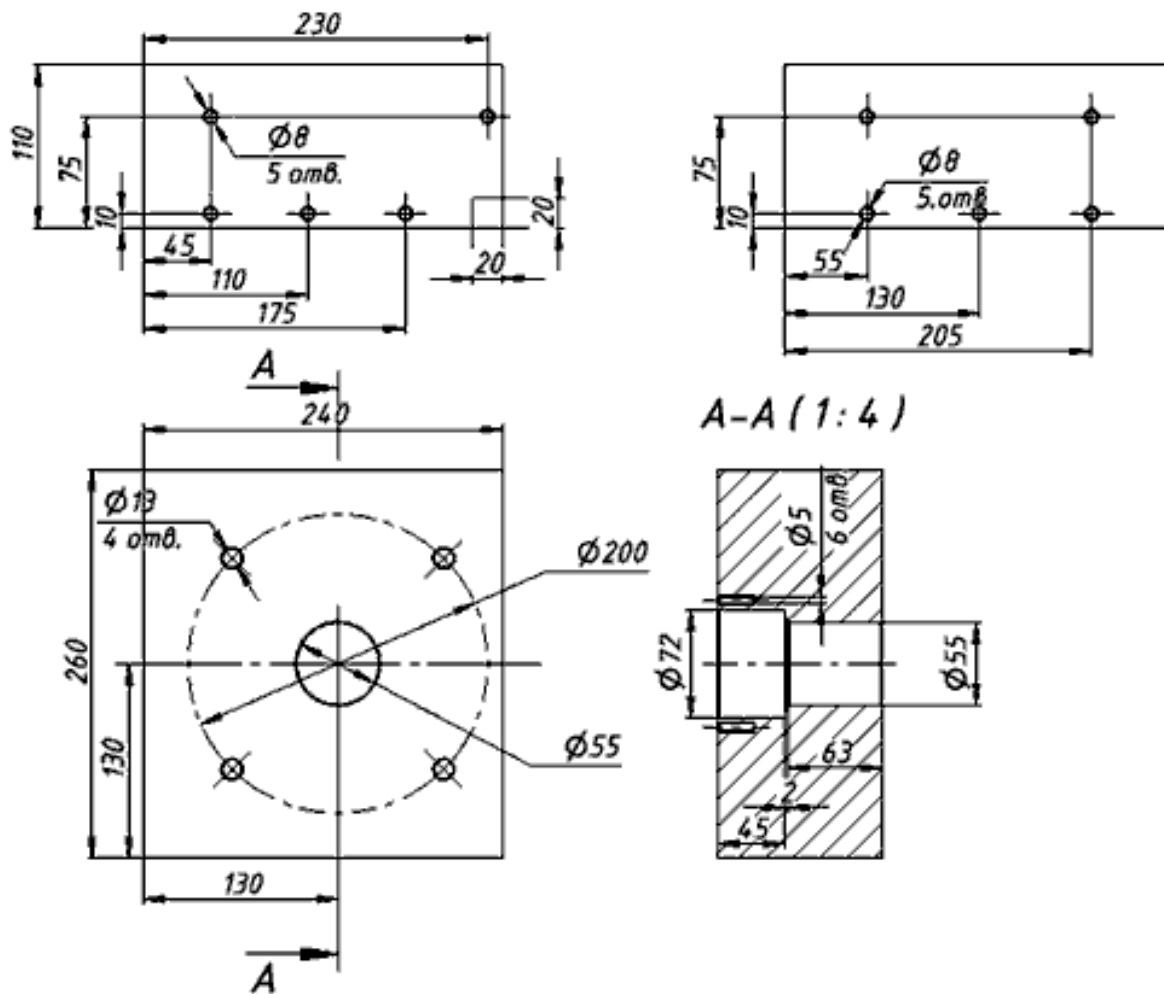


Рис.2.17 – Ескізні розміри плити

Вона використовується для кріплення двигуна та консолі для повороту. Плита повинна забезпечувати надійну фіксацію, а також можливість витримувати 500кг, в ті моменти, коли платформа буде вставати на 2 колеса. Матеріал даної плити сталь. Ескізні розміри можна побачити на рис.2.17.

Кронштейн кріпиться за допомогою 14-ти кріпильних елементів до рами модуля. А також верхня сторона закріплює на собі двигун за рахунок 4-х кріпильних елементів. Також на нижній частині є 6 різьбових отворів для фіксації прижимної кришки.

2.4.1 Аналіз статичного навантаження

Для початку потрібно провести статичні навантаження (рис.2.18а,б) та дізнатися чи витримує дана плита навантаження у 500 кг, та як сильно відбувається деформація. Дану процедуру проведемо у програмі Autodesk Inventor 2017. Для того щоб провести статичне навантаження, зафіксуємо плиту у болтових з'єднаннях, що кріпляться до рами, а до сторони що приймає на себе навантаження прикладемо 500 кг = 4903,325 N та проведемо симуляцію.

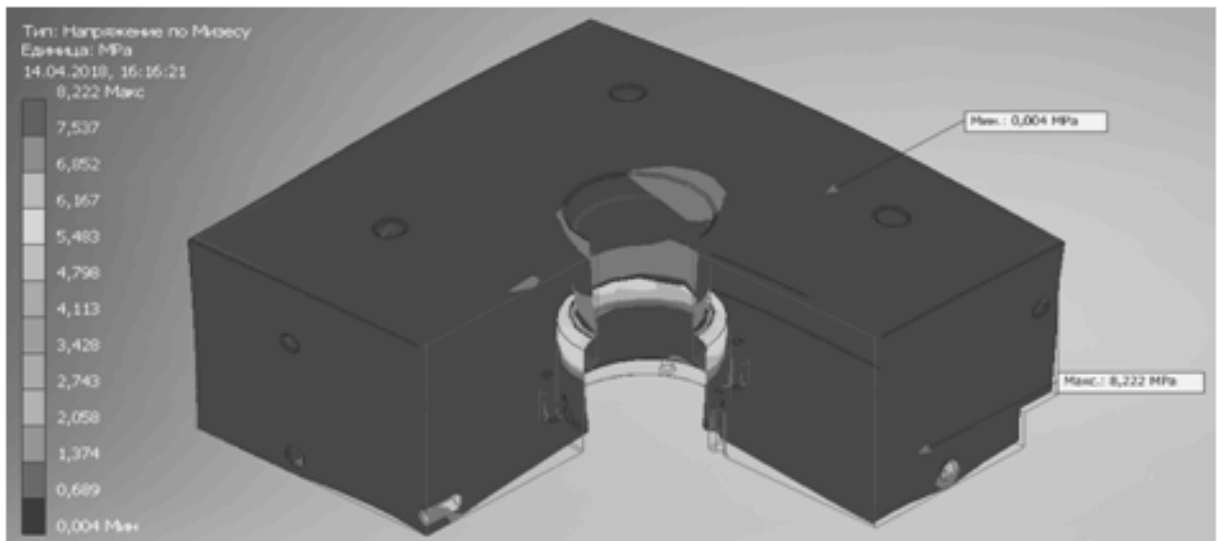


Рис.2.18,а – Напруження по Мізесу

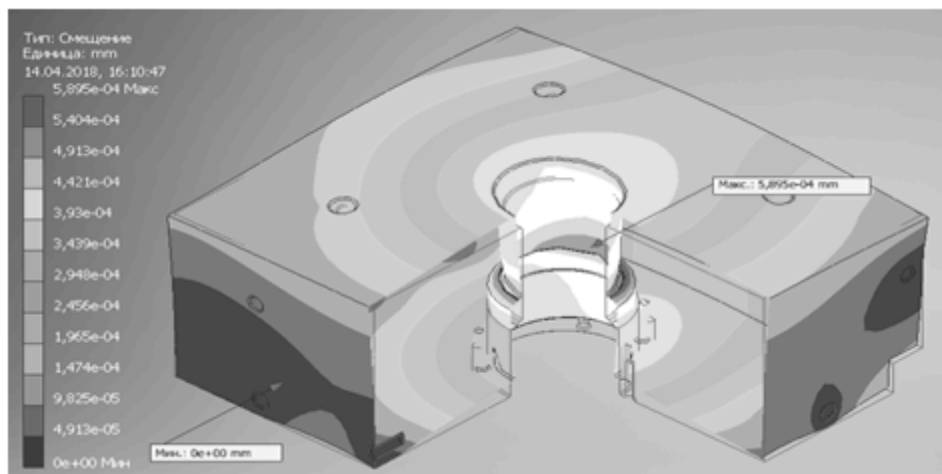


Рис.2.18,б – Зміщення в мм

Провівши статичне навантаження, Можна побачити, що найбільше навантаження на матеріал ми отримуємо в області кріплення до рами, та в області де прикладене саме навантаження, що до зміщення, то найбільше зміщення отримуємо у точці прикладення навантаження. Як висновок можна вважати, що плита буде легко витримувати поставлені задачі, так як максимальні дані є незначними. Максимальне навантаження на матеріал становить 8,22МПа, а зміщення в максимальному значенні дорівнює 0,0005мм.

2.4.2 Топологічна оптимізація плити фіксуючої

Переходимо до етапу оптимізації. Для того щоб провести оптимізацію треба обрати матеріал. Наступним етапом треба закріпити елемент та надати навантаження у розмірі 500 кг або 4903,325 N (рис.2.19).

Для того щоб під час оптимізації не втратити кріпильні отвори треба надати певні критерії, тобто обрати не зміні зони які неможна оптимізувати (рис.2.20). Такий процес проводимо з кожним отвором, а також обираємо площину симетрії оптимізації.

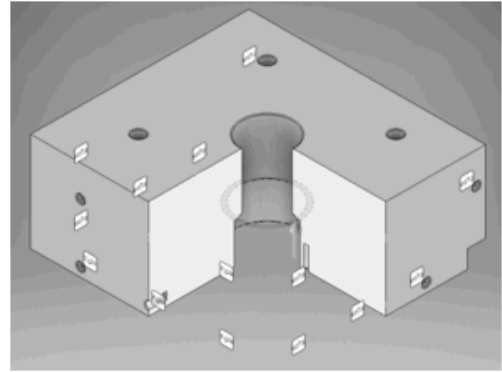


Рис.2.19 – Фіксація та навантаження

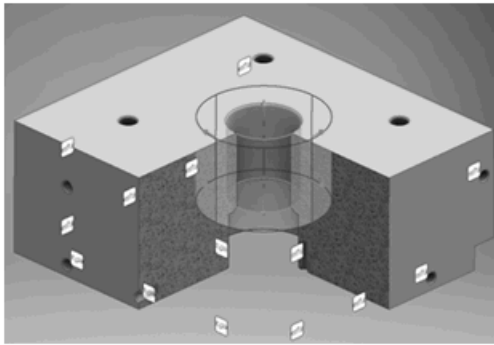


Рис.2.20 – Умови для плити.

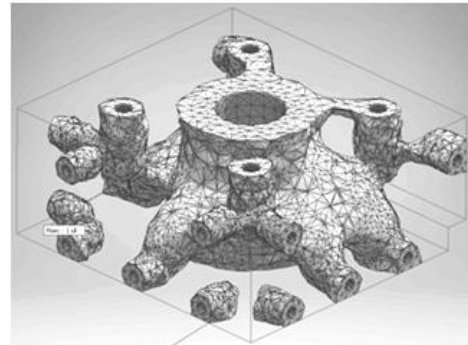


Рис.2.21 – Результат оптимізації.

Проводимо оптимізацію, при цьому задавши умову для зменшення маси на 70% та отримуємо результат(рис.2.21).

Провівши оптимізацію, видно що деякі кріпильні елементи є відокремленими, це пов'язано з тим що вони не є потрібними і не несуть навантаження на собі. Дана модель є не кінцевим варіантом, а лише моделлю для того щоб с корегувати форму самої плити по даній оптимізації.

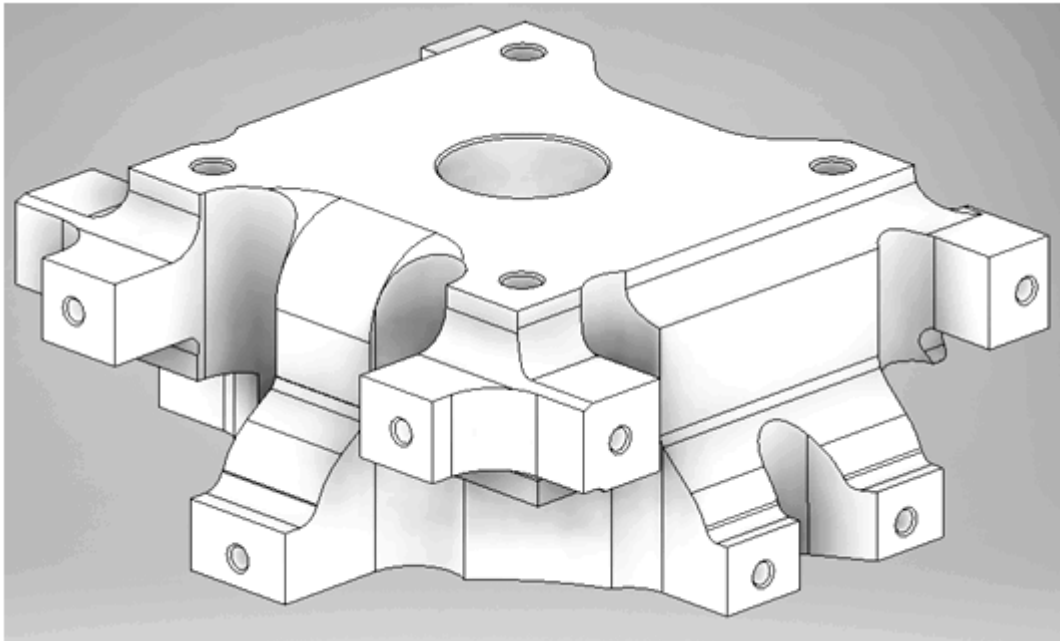


Рис.2.22 – Оптимізована конструкція плити.

Маючи оптимізовану модель (рис.2.21) можна оптимізувати вже існуючу модель з урахуванням оптимізації і отримати вже кінцеву модель (рис.2.22).

Перед тим як виготовити модель, треба впевнитися що оптимізована модель, буде витримувати ті самі навантаження, і мати при цьому допустиме зміщення. Тому проведемо повторний дослід (рис.2.23,а та б).

Провівши повторно статичні навантаження, отримуємо зміщення приблизно 0,0009мм, а навантаження на матеріал становить 19,48 МПа. Не дивлячись на те, що в порівнянні з першими показниками зміщення збільшилося на 35%, а навантаження на матеріал аж у 2.5 рази, значення все одно є досить не значними.

Проте за рахунок оптимізації, маса плити зменшилася з 50,1кг до 26кг, а це становить приблизно 48%. Таким чином робимо висновок, що отримані значення нам цілком задовольняють, платформа, з легкістю витримає навантаження у 500кг,

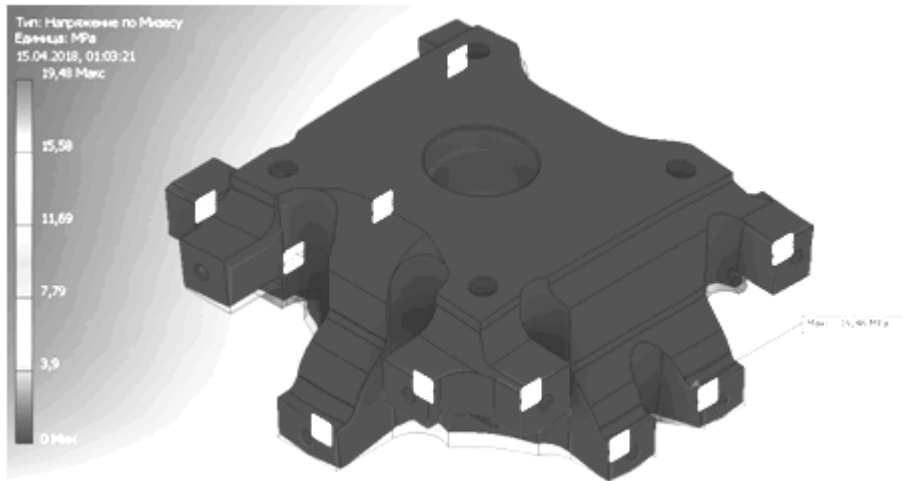


Рис.2.23,а – Навантаження на матеріал по Мізесу.

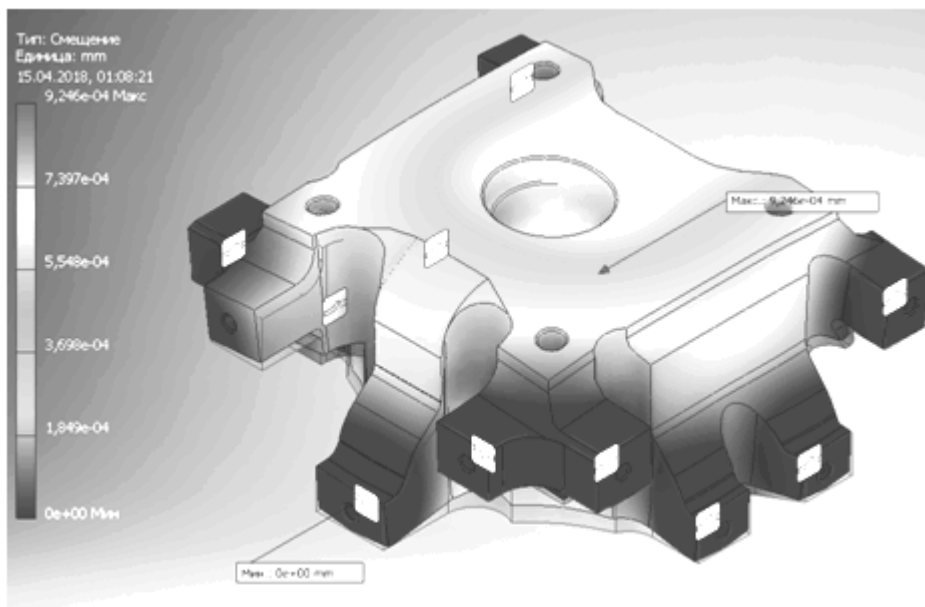


Рис.2.23,б – Зміщення оптимізованої моделі.

При цьому кількість матеріалу зменшилася, це дало нам змогу зменшити вагу платформи майже на 100кг, що є досить суттєвим та важливим значенням для даної сільськогосподарської платформи.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ВИГОТОВЛЕННЯ МАКЕТУ РОБОТА-ТРАКТОРА

«FLIBOT» ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО РОБОТИ

Коли мова заходить про виготовлення макету-прототипу, для повного або хоча б приблизного (часткового) відображення його механічних та функціональних характеристик, створення прототипів є важливою частиною процесу розробки нового продукту, так як він показує усі тонкості моделі та дає змогу майже повністю побачити наживо виріб, який ми плануємо створити.

3.1 Аналіз можливостей основних технологій для виготовлення макету

Для прототипу модуля приводу, який виробляється та інших компонентів таких як рама та траверса, важливим нюансом є тип прототипу, тобто процес яким буде створено прототип та наскільки чітко він зможе відобразити реальну модель та її функціонал. Існує багато процесів прототипування, доступних на вибір. Одними з таких процесів, що максимально підходять нам по співвідношенню ціна-якість та швидкість виготовлення, нам будуть підходити такі процеси:

- оброблення лезовим різанням;
- лазерна різка;
- адитивні технології.

Для розуміння який повинен бути вибраний спосіб розглянемо їх.

3.1.1 Технології механічного оброблення

В ідеалі, 3D-проекування САD приймає центр обробки та прототип виходить в кінці. Машини можуть управлятися цифровим способом (ЧПУ) чи ні - це зазвичай чудовий спосіб отримати кілька прототипів, які повинні виглядати так само, як і при масовому виробництві.

Переваги

Звичайне (традиційне) оброблення має такі переваги:

- сучасні технологічні станки, які можуть виробляти високоточні компоненти;
- матеріал може бути такими самим, як і при масовому виробництві;

- будь-які проведені тестування над цією формою прототипу, буде цілком репрезентативним для дизайну і намірів виробництва, тому будь-який матеріал або питання про міцність, виявлені на даному етапі, можуть бути вирішені та внесені певні модифікації конструкції.

Недоліки

Недоліки звичайної обробки:

- деталь виготовляють з твердих блоків матеріалу, через що багато матеріалу іде в стружку.
- на кінцевому етапі виготовлення деталі може знадобитися кілька різних процесів обробки. Кожен із цих процесів вимагає час і як правило, він буде завершений кваліфікованими машиністами. Все це збільшує трудомісткість виготовлення частини, що збільшує витрати.

3.1.2 Лазерна різка

Лазерна різка дозволяє отримувати швидкі, точні частини прототипів. Використання технологію лазерного розкрою дерев'яних матеріалів таких як багатошарові фанери (застосовується у авіабудуванні), металів, пластику та інших по розкрою. (рис.3.1).

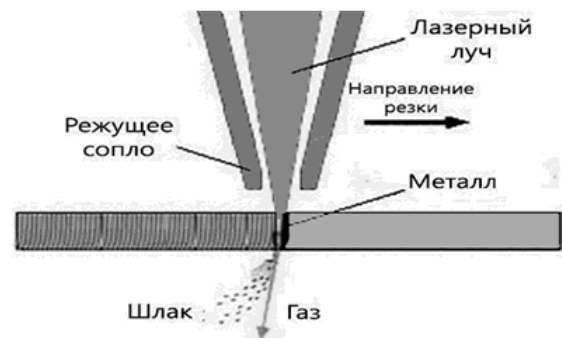


Рис.3.1 Схема лазерної різки

Переваги

Застосування лазерної різки (розкрою) матеріалу має такі переваги перед традиційними методами розкрою матеріалів:

- висока швидкість. Для створення деталі необхідно декілька хвилин;
- висока точність різку.

Недоліки

У той же час лазерна різка має певні недоліки:

- розмір виробничих частин обмежується розмірами робочої зони;
- можливість отримання лише плоских частин, частіше за все це рама;
- обмеження по товщині матеріалу, що ріжеться.

3.1.3 Адитивні технології

3D-друк - одна з технологія додавання матеріалу (адитивна технологія отримання об'єкту). Об'єкт створюється шляхом укладання послідовних шарів матеріалу (рис.3.2).

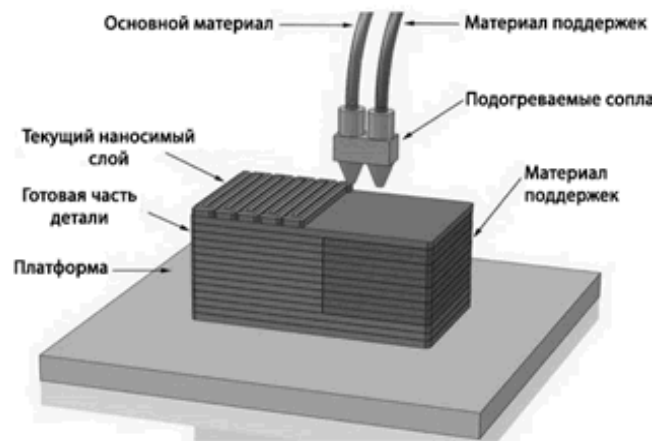


Рис.3.2 Схема стандартного 3D-принтера

Переваги

3D-принтери мають такі переваги:

- 3D-принтери недорогі;
- Можливо створювати кілька однакових продуктів за низькою ціною.

Недоліки

У той же час 3D-принтери мають певні недоліки:

- обмеження розміру деталі;
- матеріал вибору відносно обмежений;
- утворена поверхня є високо текстурованою (низька точність).

Для створення прототипу модуля приводу, та усієї рами роботизованої платформи, потрібно визначити які компоненти нам треба виготовити або ж взяти вузли які ми можемо замінити потрібними системами, або тими які зможуть передати нам потрібний функціонал.

Так як реальний макет буде мати великі габарити і створює великі проблеми у виготовленні, були прийняте рішення про створення прототипу у масштабі 1:5. Це пришвидшить створення самого прототипу та вартість яку затрачено на нього, тобто зменшить витрати на матеріал, проте зможе майже повністю передати функціонал Платформи FliBot.

3.2 Вибір системи приводів для макету

Виходячи з того, що для макету потрібно створити раму, яка буде тримати двигуни для повороту та руху прототипу, а також систему підйому для траверси та створити просту систему для складання траверси, щоб зробити процес транспортування Платформи простішим.

Вибір двигуна повороту колеса та двигуна руху самої платформи співпав і був вибраний двигун MX-28AT_AR (рис.3.3) [15]. Це двигун який використовують у робото будуванні. Він характеризується якісною продуктивністю, можливістю повороту на 360 градусів та контролює своє положення и немає мертвих зон. Також присутня можливість регулювання швидкості вже під час рух двигуна. Також двигун оснащений високою швидкістю передачі даних до 4,5 Мбіт / с TTL рівнем комунікації «Smart Serial Servo (TTL) Dynamixel». MX-28AT є інтелектуальним приводом робота з повністю інтегрованим двигуном постійного струму та системою зменшення Gearhead + Controller + Driver + Network в одному сервомодулі постійного струму. На рисунку 3.4 показані кріпильні елементи двигуна виготовлені з алюмінію.



Рис.3.3 – Двигун MX-28AT_AR



Рис.3.4 – Кріпильні елементи

Двигун має певні габаритні розміри (рис.3.5) котрі допомагають нам створити на рамі прототипа певні кріпильні елементи, для якісного закріплення двигуна, так як він буде нести радіальне навантаження у випадку коли буде виконувати роль мотор колеса і осьове у випадку двигуна для повороту колеса.

Двигун MX-28AT_AR має такі характеристики:

- вага: 77г;
- розміри: 35,6×50,6×35,5 мм;
- коефіцієнт передачі: 193: 1;
- робоча напруга (V): 11,1; 12 та 14,8;

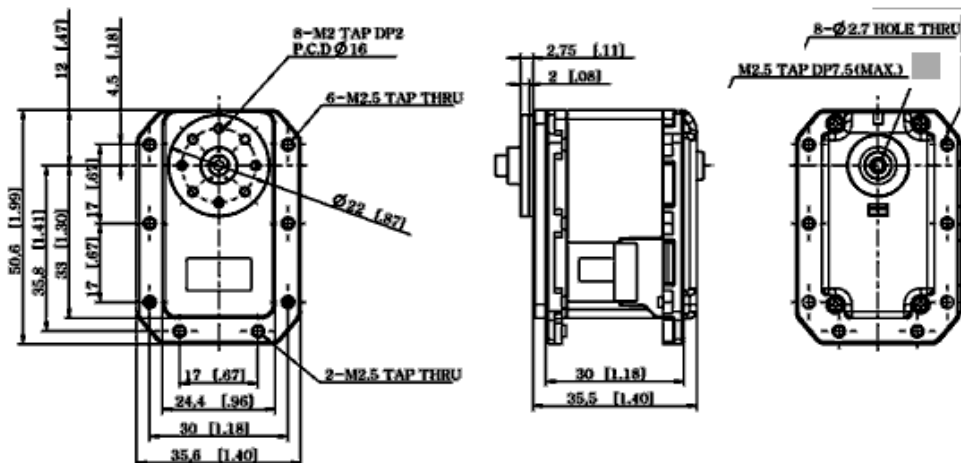


Рис.3.5 – Креслення двигуна MX-28AT_AR

- габаритний момент (Нм): 2.3; 2.5 та 3.1;
- штоковий струм (A): 1,3; 1,4 та 1,7;

- немає швидкості завантаження (RPM): 50; 55 иа 67;
- мотор: Maxon Motor;
- мінімальний кут контролю: близько 0,088 градусів x 4,096;
- режим приводу: 360 градусів;
- режим коліс: нескінченний поворот;
- робочий напруга: 10 ~ 14.8 В (рекомендована напруга: 12 В);
- робоча температура: від - 5 ° С до 80 ° С;
- командний сигнал: цифровий пакет;
- протокол: напівдуплексний асинхронний послідовний зв'язок (8bit, 1stop, No Parity);
- посилення (фізичний): TTL Multi Drop (роз'єм типу родового ланцюга)
- ID: 254 ID (0 ~ 253);
- швидкість передачі даних: 8000 біт ~ 4.5 Мбіт / с
- функції зворотного зв'язку: положення, температура, навантаження, напруга вводу, тощо;
- матеріал корпусу: інженерний пластик;
- механізм: повністю металевий;
- датчик положення: безконтактний абсолютний датчик.

Таким чином ми будемо використовувати цей двигун, як двигун для повороту колеса і для руху прототипу платформи.

3.3 Підготовка до виготовлення макету рами

Знаючи тип двигунів можливо перейти до проектування. Так як рама Платформи в основному буде зроблена з квадратно профілю труби розмірами 20x20мм, найбільш підходящим способом виготовлення рами для прототипа це буде рама з фанери яку буде виготовлено методом лазерної різки. Так як прототип буде виготовлений в масштабі 1:5, то і рама поивина бути виготовлена з елементів розмірами у 5 разів менше, тобто елементи з габаритними розмірами 4x4мм, тому для створення рами обираємо фанеру товщиною 4мм під лазерну різку рами.

Процес моделювання рами розпочинаємо з того, що нам потрібно відтворити елементи рами у масштабі, відштовхуючись від основних габаритних розмірів, таких як висота прояснення, між осьова відстань між колесами, ширина рами, а також висота центральної рами. У випадку прототипування знехтуємо системою розсування бокових модулів, для отримання чітких результатів у найбільш несприятливих ситуаціях тобто коли ширина колії найменша. Розмір найменшої колії дорівнює 2000мм у випадку прототипу він дорівнює 400мм. Осьова відстань між колесами 1200мм, а для прототипу це 240мм. Висота прояснення 900мм, для прототипу це 180мм. Ширина центральної рами 300мм – прототип 60мм. У випадку висоти для блока колеса важливим є висота між кріпильними отворами двигуна МХ-28АТ_АR, так як даний двигун буде сприймати осьове навантаження, тому він потребує закріплення з двох сторін.

Створюємо центральну раму (рис.3.6), та продумуємо кріпильні отвори для кріплення бокового модуля. Також важливим моментом при створенні рами, є створення на окремих елементах рами систему пазів для чіткої фіксації під час склеювання, та підвищення міцності прототипу.

Габаритні розміри 400x300x60мм. Для того щоб рама мала достатню міцність в центральній частині було зроблено ще одне додаткове ребро.

Таким чином була створена рама, з шести елементів та системою кріплення для бокового модулів та для кріплення траверси.

Наступним етапом було створення бокової частини, яка складається з трьох модулів, це два модулі приводу (рис.3.7,3.8), та модуль акумуляторів (рис.3.9). Суть полягала в тому, що модулі приводу базуються завдяки системі пазів на модулі акумулятора та фіксуються за рахунок болтів, що закріплюються у заздалегідь продуманих отворах усіх трьох блоків.

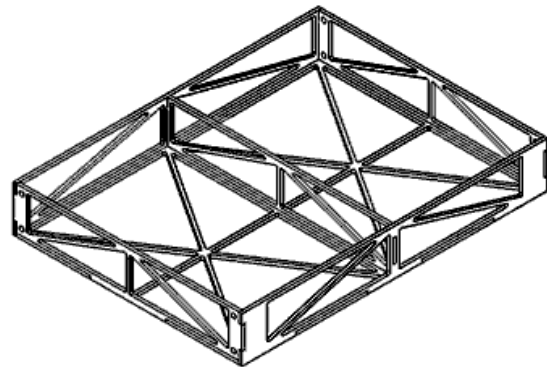


Рис.3.6 – Центральна рама прототипу

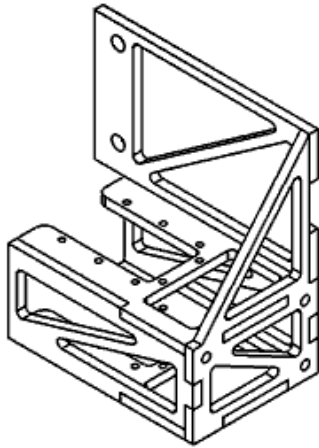


Рис.3.9 – Лівий модуль приводу

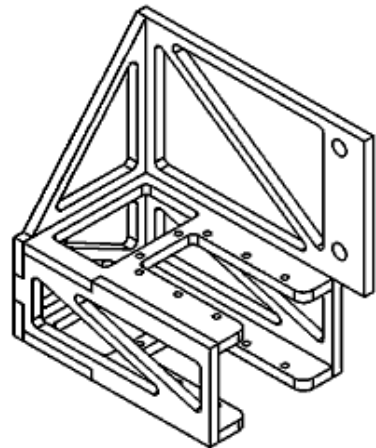


Рис.3.9 – Правий модуль приводу

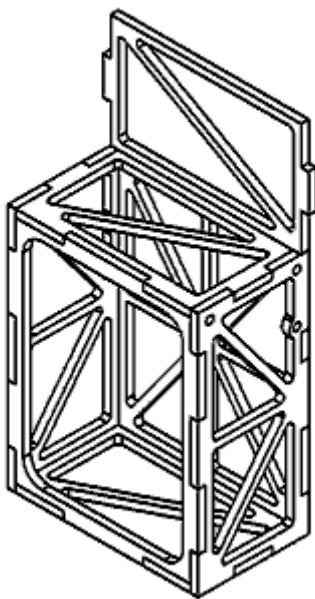


Рис.3.9 – Модуль акумуляторів

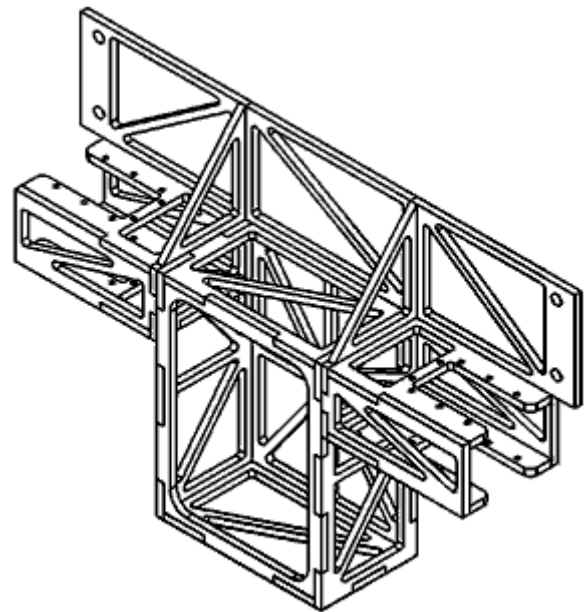


Рис.3.10 – З'єднання бокового модуля

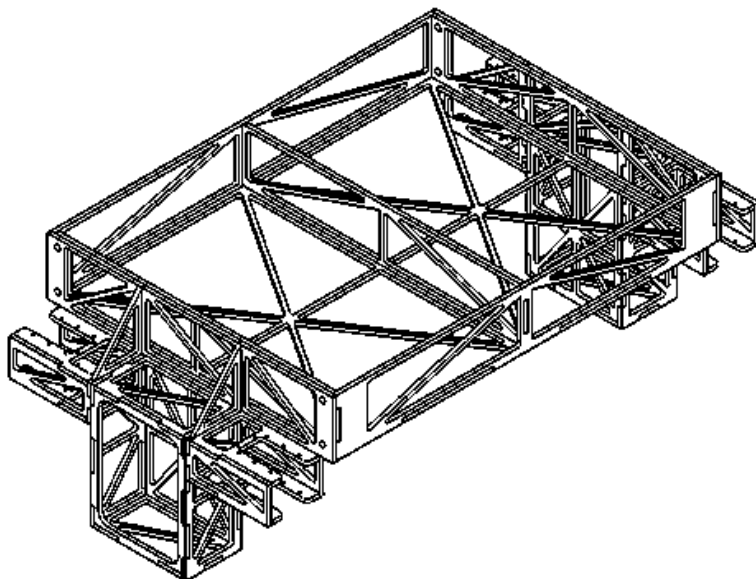


Рис.3.11 – Фіксація на рамі

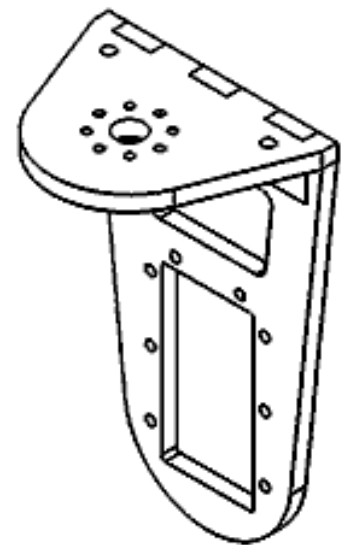


Рис.3.12 – Консоль повороту

Коли всі три модулі були спроектовані ми закріплюємо їх між собою (рис.3.10) та фіксуємо на рамі (рис.3.11), при цьому повторивши операцію для бокового блоку з іншої сторони.

Наступним кроком є створення консольного кріплення (рис.3.12). Тяжкість полягає в тому що на консольному кріпленні, яке кріпиться на двигун MX-28AT_AR, потрібно зафіксувати, ще один такий самий двигун.

Також моделюємо двигун MX-28AT_AR, для того щоб зрозуміти як буде закріплено консольне кріплення. Закріплюємо консоль з закріпленим на ньому двигуном MX-28AT_AR, на раму модуля повороту (рис.3.13), завчасно встановивши на раму модуля повороту двигун, MX-28AT_AR.

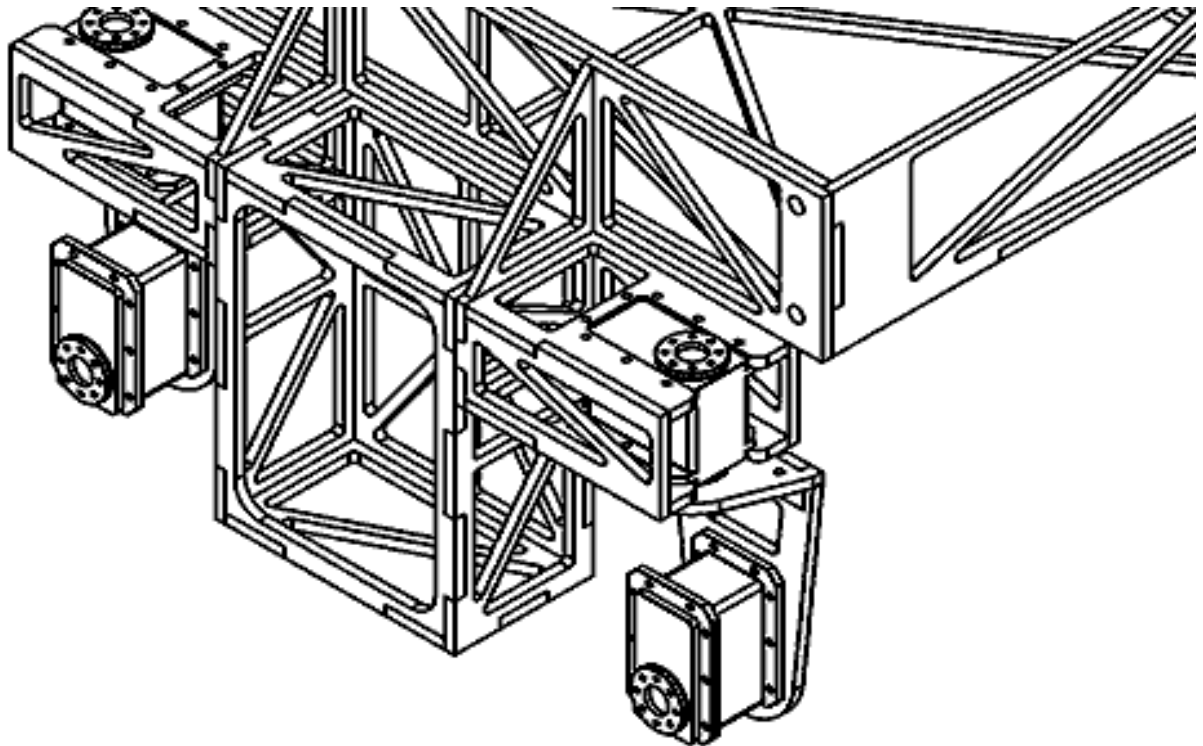


Рис. 3.13 – Кріплення консолі

Так як не вдалося знайти підходящі колеса для прототипу, було вирішено створити їх самостійно. Для цього було використано технологію 3D друку. Були надруковані колеса (рис.3.14) діаметром 120мм.

Маючи усі необхідні компоненти для того, щоб поставити Платформу на колеса, виконуємо збирання усіх елементів і отримуємо Платформу прототипу (рис.3.15).

Проте для того, щоб платформа була завершеним прототипом, потрібно створити макет траверси і зробити систему регулювання її висоти.

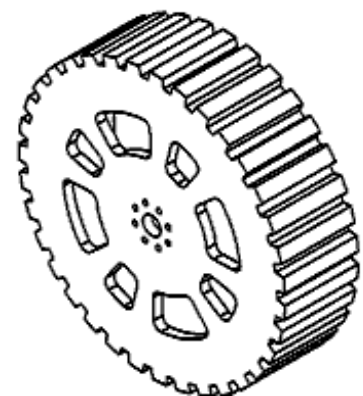


Рис.3.14 – Колеса прототипу

Для того щоб забезпечити режим регулювання висоти будемо використовувати мотор для роботів XL-320 [16]. Даний мотор має цілком підходящий привід з розширеними функціями, такими як:

- контрольний кут (мінімум): близько $0,29^\circ \times 1024$;
- номінальний момент: 0.39N.m ;
- використовує зв'язок TTL з функцією «ромашки».

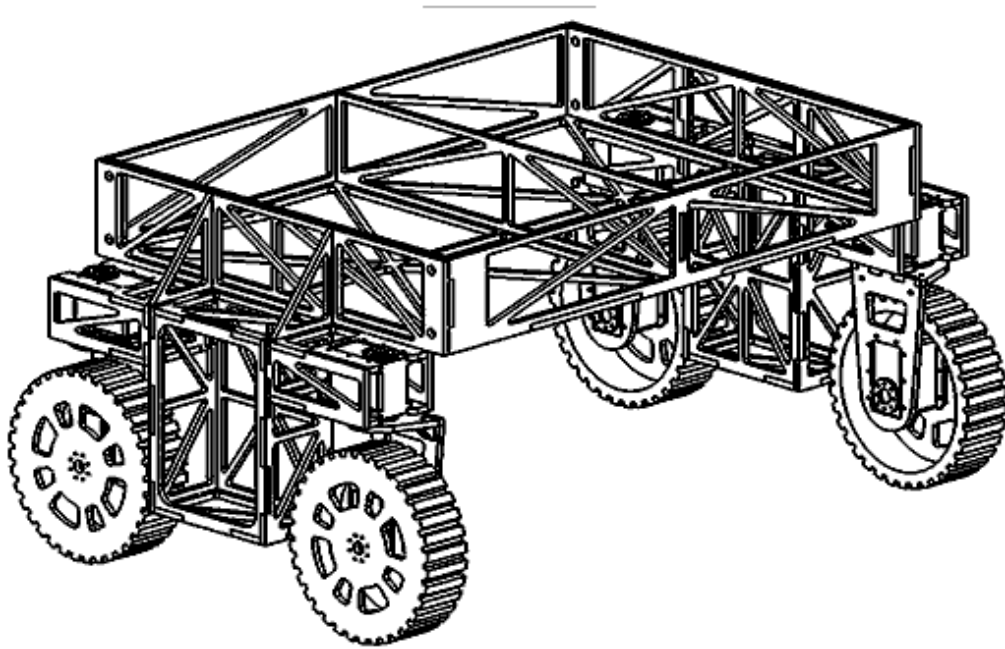


Рис.3.15 – Платформа прототип

Мотор Dynamixel XL-320 (рис.3.16) - це інтелектуальний пристрій для траверси з повністю інтегрованим двигуном постійного струму, редуктором, контролером, драйвером, мережею в одному сервомодулі постійного струму. XL-320 має високу продуктивність і точну функцію керування порівняно з його компактним розміром.

Він використовує зв'язок TTL з функцією «ромашки», що дає можливість використати його для створення дрібних роботів. Саме тому двох таких двигунів буде достатньо для регулювання висоти траверси. Висока надійність та точність для управління положенням за допомогою ПД-регулятора. У сервоприводі є вбудована муфта для захисту редукторів, що підвищує довговічність та безпеку, а також 3 кольорових світлодіодних індикаторів, які можуть запрограмувати користувачі для показу більшості при використанні двигуна.



Рис.3.16 – Мотор XL-320

Даний мотор має такі характеристики:

- коефіцієнт передачі: 238: 1;
- робоча напруга: 6 ~ 8,4 В (рекомендована напруга: 7,4 В);
- струмовий струм: 0.6А;
- немає швидкості завантаження: 114RPM;
- двигун: корінний двигун;
- швидкість передавання даних: 7843 біт ~ 1 Мбіт/с;
- робоча температура: -5 ° С ~ 80 ° С;
- сигнал команд: цифровий пакет;
- сигнал команд: цифровий пакет;
- робоча температура: від -5 до 80 ° С;
- розмір: 24×36×27 мм;
- вага: 16,7 г.

Для того щоб закріпити мотор який має певні габаритні розміри (рис.3.17), було виготовлено спеціальній кронштейн (рис.3.18), кріпильні отвори якого співпадають з отворами двигуна для фіксації його на кронштейні.

Проте даний кронштейн не є модульним і було виготовлено ще один кронштейн симетричний цьому. Крючко-образна система дає нам можливість кріплення кронштейну на платформі проте дає змогу регулювати ширину між двома кронштейнами, це потрібно для того, щоб під час складання була можливість використати шайби або інші прокладки.

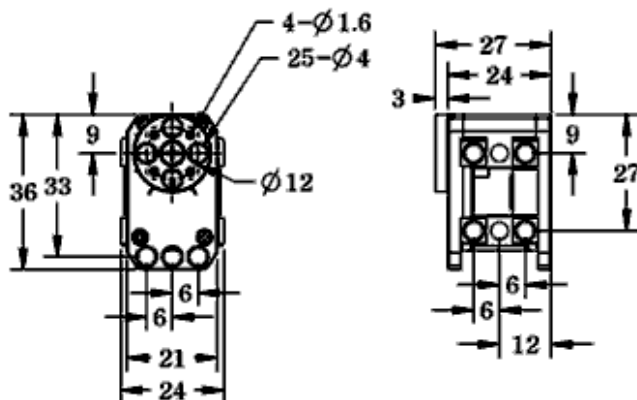


Рис.3.17 – Габарити мотора XL-320

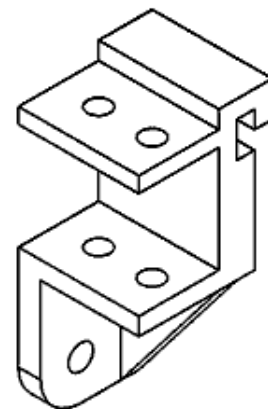


Рис.3.18 – Кронштейн для кріплення мотора

Закріпивши двигуни на кронштейнів та під'єднавши їх до платформи, використаємо направляючі та кутник (рис.3.19), що спроектовані для того, щоб під'єднати їх до двигуна та до траверси, для того щоб створити систему типу «паралелограм» та під'єднати до них траверсу для забезпечення паралельності траверси відносно оброблюємої площини (сільськогосподарські угіддя).

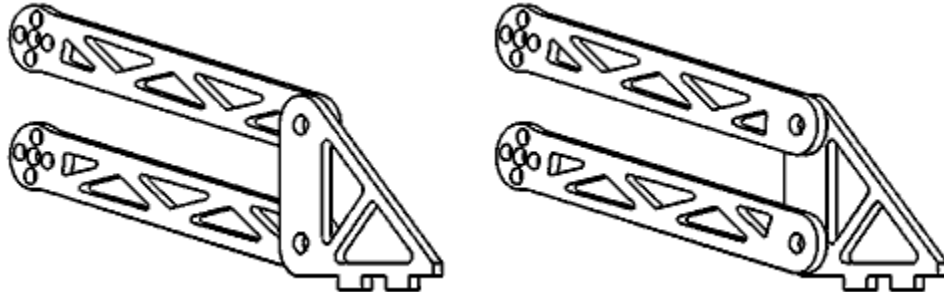


Рис.3.19 – Направляючі траверси

Переходимо до системи траверси. Дана конструкція у реальних умовах має довжину 6000мм, що у масштабі 1:5 буде дорівнювати 1200мм, так як дана конструкція є відносно великою, та складною у транспортуванні, було розроблено систему складання, яка передбачає розділення траверси на 3 рівні частини та можливість складання її на 90° градусів. Це дає змогу роботизованій платформі зменшити свої габарити майже до квадратних розмірів, і займати лише площу трохи більшу за площу самої платформи.

Система складання складається з двох деталей (рис.3.20) які імітують систему дверної петлі. Система є симетрична відносно своєї середини для того щоб була можливість фіксації її у робочому положенні.

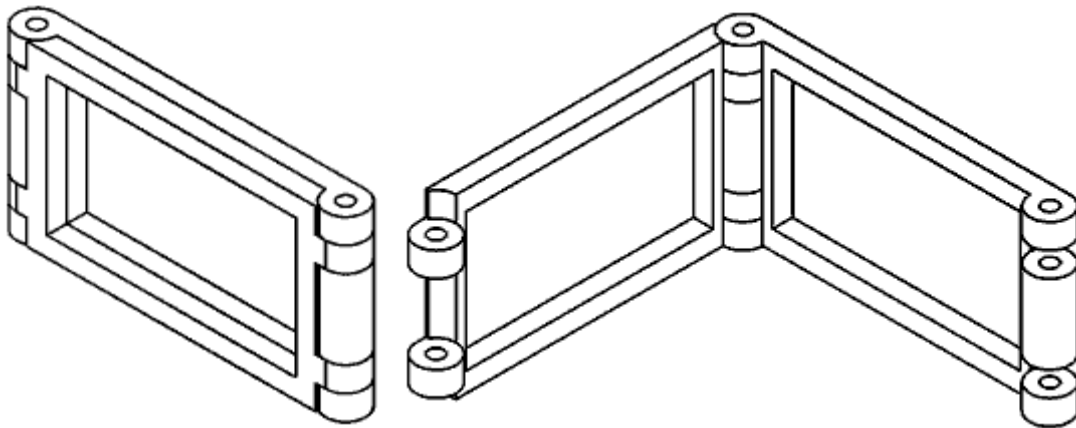


Рис.3.20 – Петля траверси

Для дану систему встановлюємо на траверсу (рис.3.21), яка складається з трьох частин. Зібравши всі необхідні компоненти до купи (рис.3.22), перевіряємо їх роботу придатність та імітуємо їх на даний момент у середовищі Autodesk Inventor 2017.

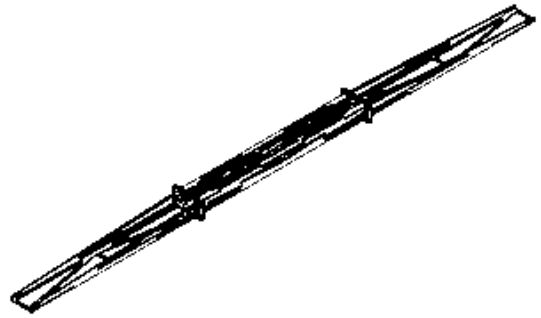


Рис.3.21 – Траверса

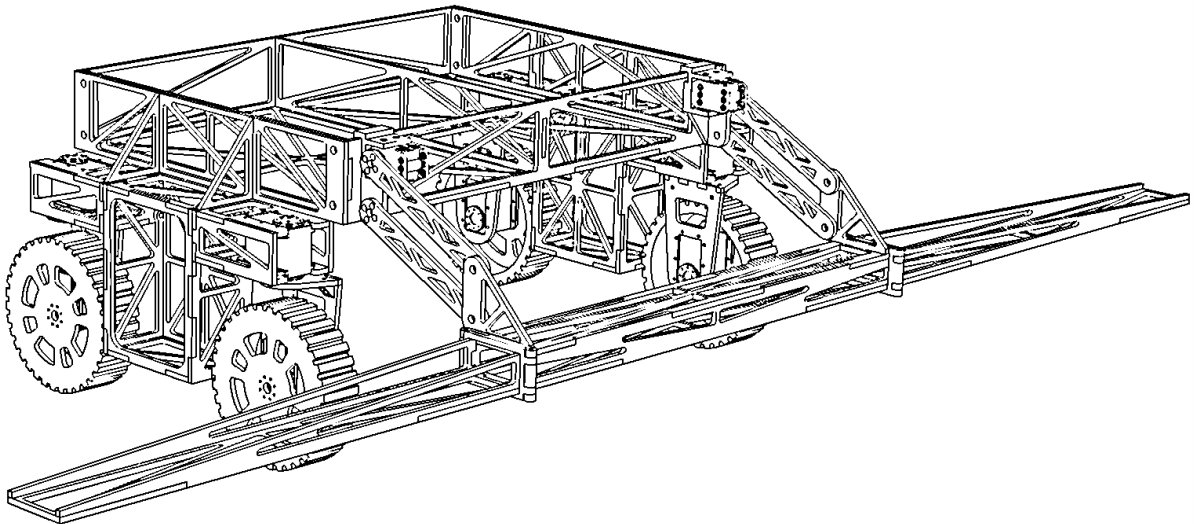


Рис.3.22 – Платформа в зборі

3.4 Дослідження параметрів макету FliBot

Провівши розробку прототипу у CAD середовищі можна перейти до виготовлення його у реальному середовищі. Це є важливим і невід’ємним етапом у процесі дослідження та створення, так як у реальному середовищі, виникають певні складнощі які неможливо передбачити у процесі проектування. Так наприклад під час проектування прототипу спочатку не враховувалося складання траверси, проте коли були отримані готові елементи конструкції рами усієї платформи, стало зрозуміло, що траверса буде створювати проблеми у транспортуванні та у повній роботизації самої платформи, хоча на даному етапі у прототипу, ця система не є автоматизована і

потребує людського втручання, проте стає зрозуміло, які вдосконалення потребує платформа FliBot.

3.4.1 Виготовлення прототипу рами

Для створення прототипу платформи, було спроектовано раму та зроблений розкрій, для можливості обробки лазером фанери 4 мм, методом лазерної різки були отримані складові рами (рис.3.23).

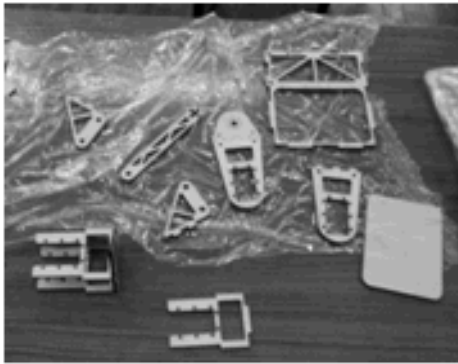


Рис.3.23 – Складові рами.



Рис.3.24 – Сортування та перевірка

Маючи перед собою CAD модель прототипу, були відсортовані усі елементи та проведена перевірка співпадиння реальних елементів рами між собою (рис.3.24), так як лазерна установка також має певну похибку.

Наступним етапом був процес склеювання (рис.3.25), для цього нам знадобилися канцелярські резинки, серветки (туалетний папір), ємність для клею та пачка сірників.



Рис.3.25 – Процес склеювання

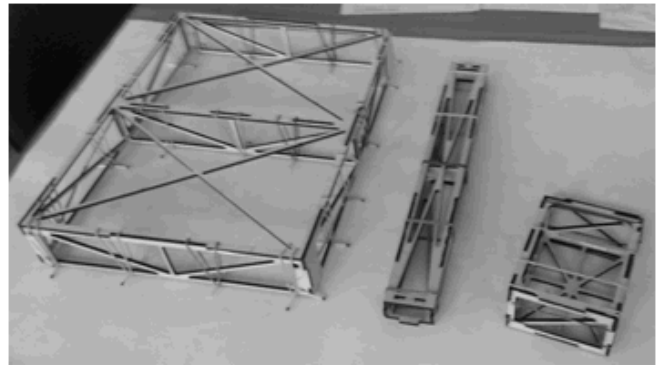


Рис.3.26 – Склеєні елементи

Наступний етап є процес висихання клею (рис.3.26). На даному рисунку видно, яким чином такі елементи як канцелярська резинка та сірники були використанні для фіксації усіх елементів.

Після того як були склеєні усі елементи, потрібно було переходити до етапу виготовлення інших елементів таких як колеса, кріплення для двигунів траверси, а також системи складання траверси.

3.4.2 Виготовлення прототипу коліс

Першим етапом було виготовлення коліс (рис.3.27) для прототипу, з матеріалу PLA. Також після того як було надруковано колесо, процес супроводжувався видаленням його з робочої зони (рис.3.28). Проте під час друку третього колеса були виявленні певні проблеми, одна з яких це брак у матеріалі (рис.3.29), що призвело до розриву нитки, недодрукованого колеса та передрукування нового колеса. Після відновлення працездатності 3D принтеру, роботу було поновлено та виготовлено усі чотири колеса (рис.3.30)

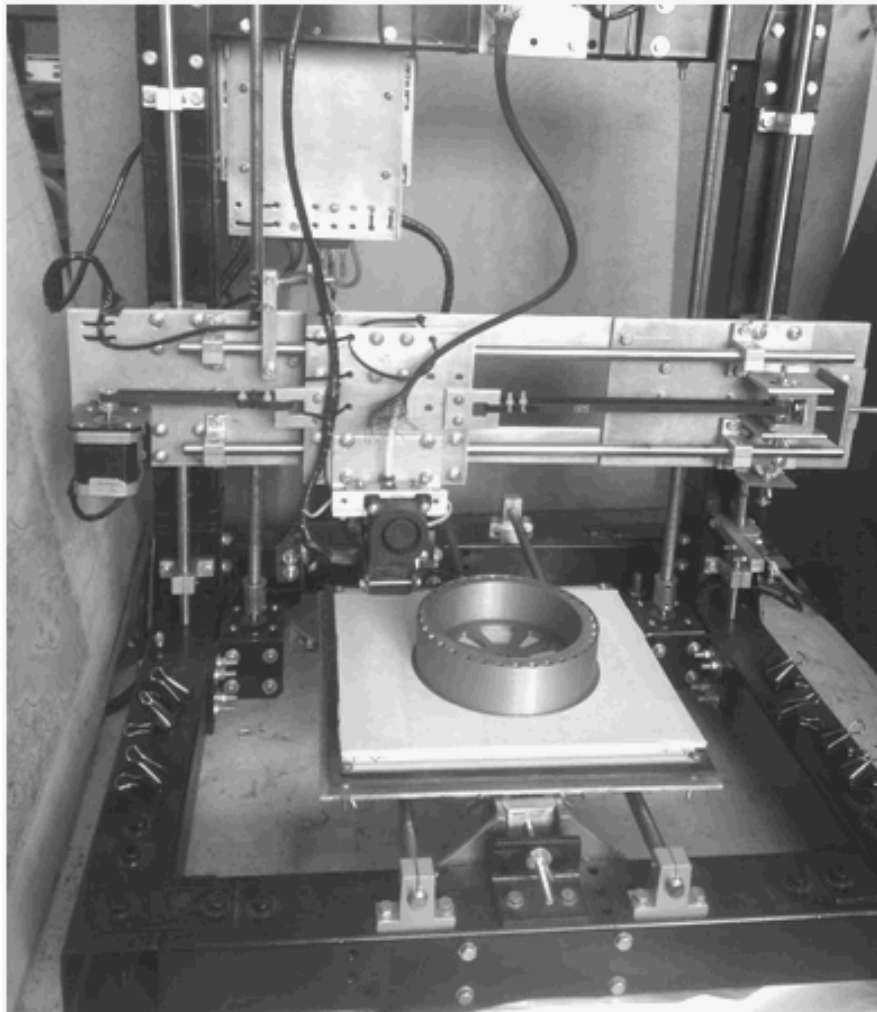


Рис.3.27 – Виготовлення колеса

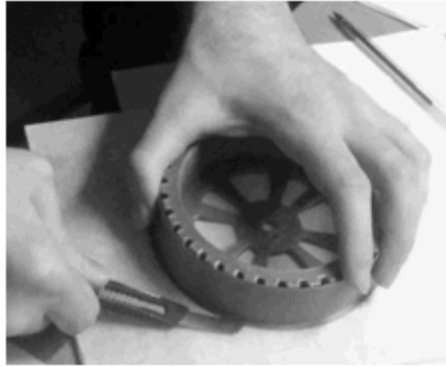


Рис.3.28 – Видалення з робочої зони

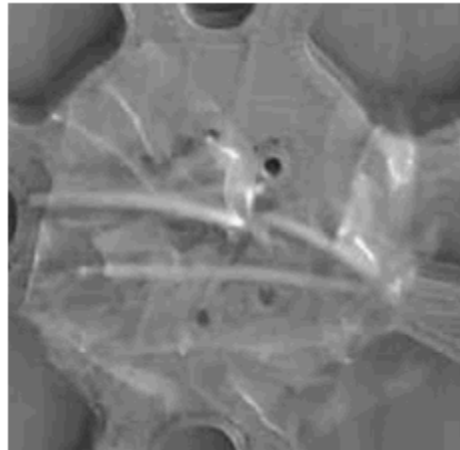
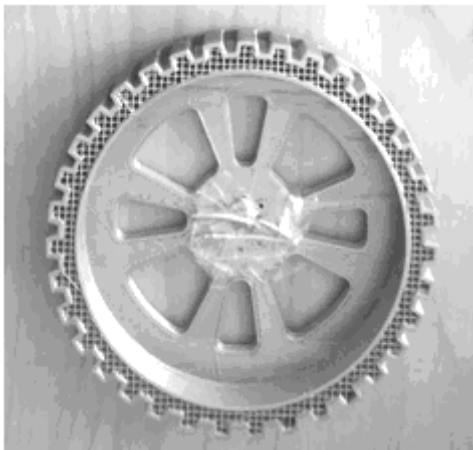


Рис.3.29 – Брак під час друку

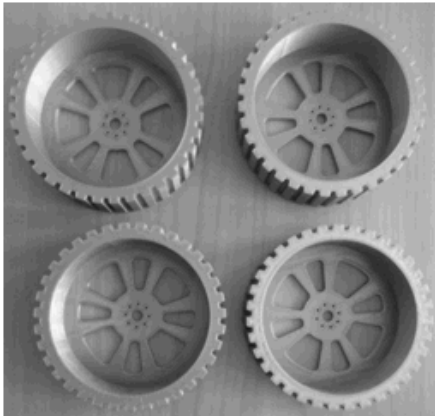


Рис.3.30 – Колеса для прототипу

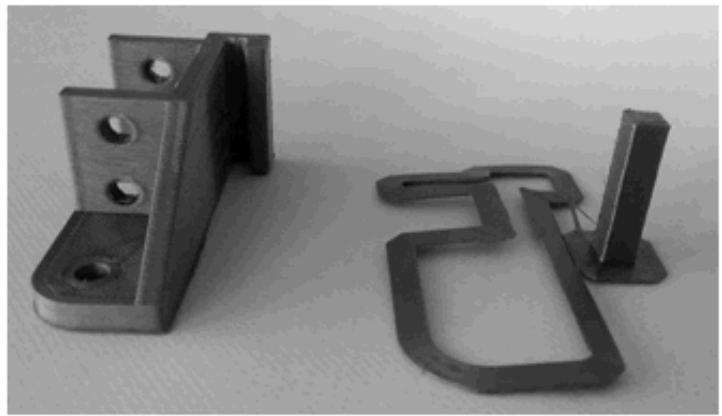


Рис.3.31 – Кріплення траверсного двигуна

Також було надруковано кріплення для двигунів траверси (рис.3.31). Кріплення мають складну форму, проте вони мають можливість регулювання ширини між собою, за рахунок того що вони не фіксуються на одному положенні.

Також важливим елементом було надрукувати систему складання траверси (рис.3.32), так як вона складається з двох частин и була ймовірність, що елементи не будуть з'єднуватися и потребуватимуть певної обробки для їх складання.

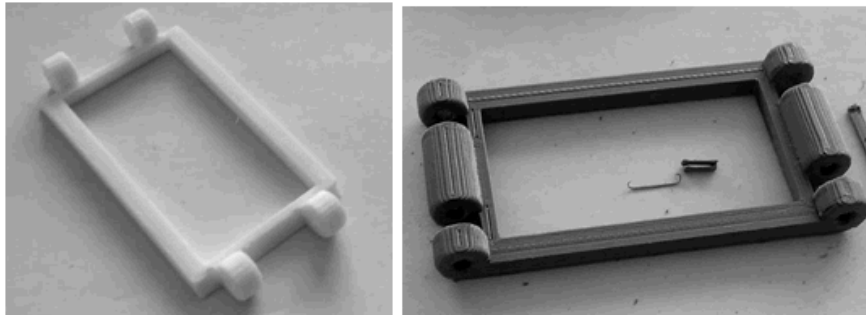


Рис.3.32 – Система складання траверси

3.4.3 Алгоритм переміщення платформи

Так як роботизовано платформа повинна переміщатися і змінювати висоту траверси, потрібно створити певний алгоритм, по якому буде відбуватися програмування платформи.

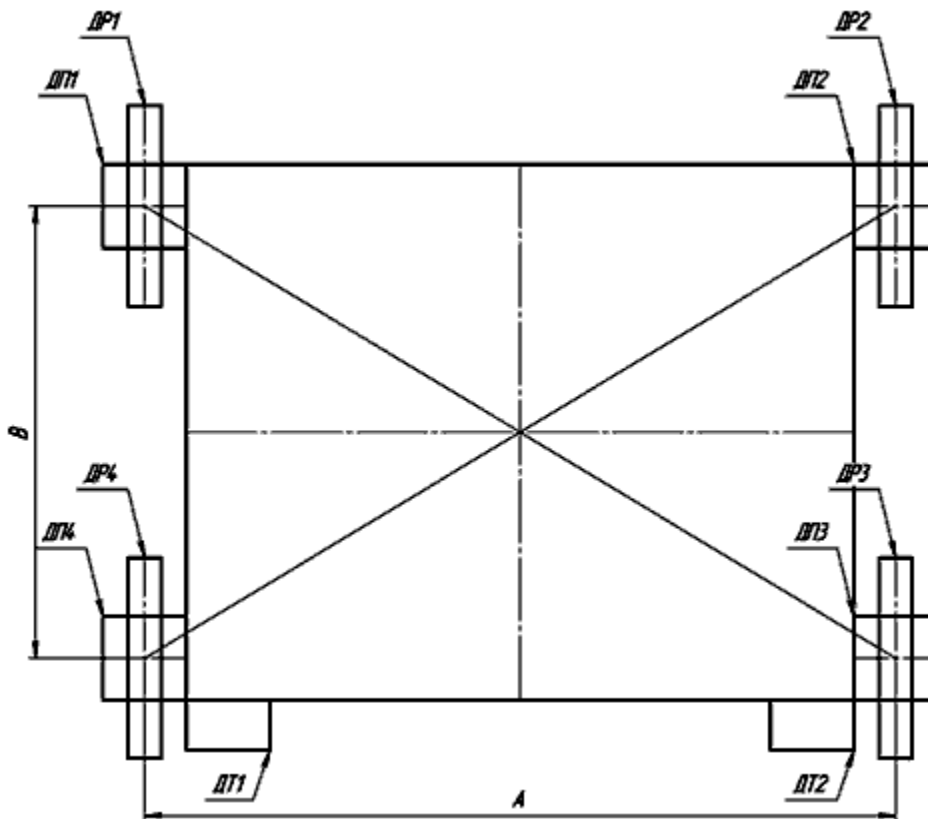


Рис.3.33. Схема 1 – Рух прямо (назад)

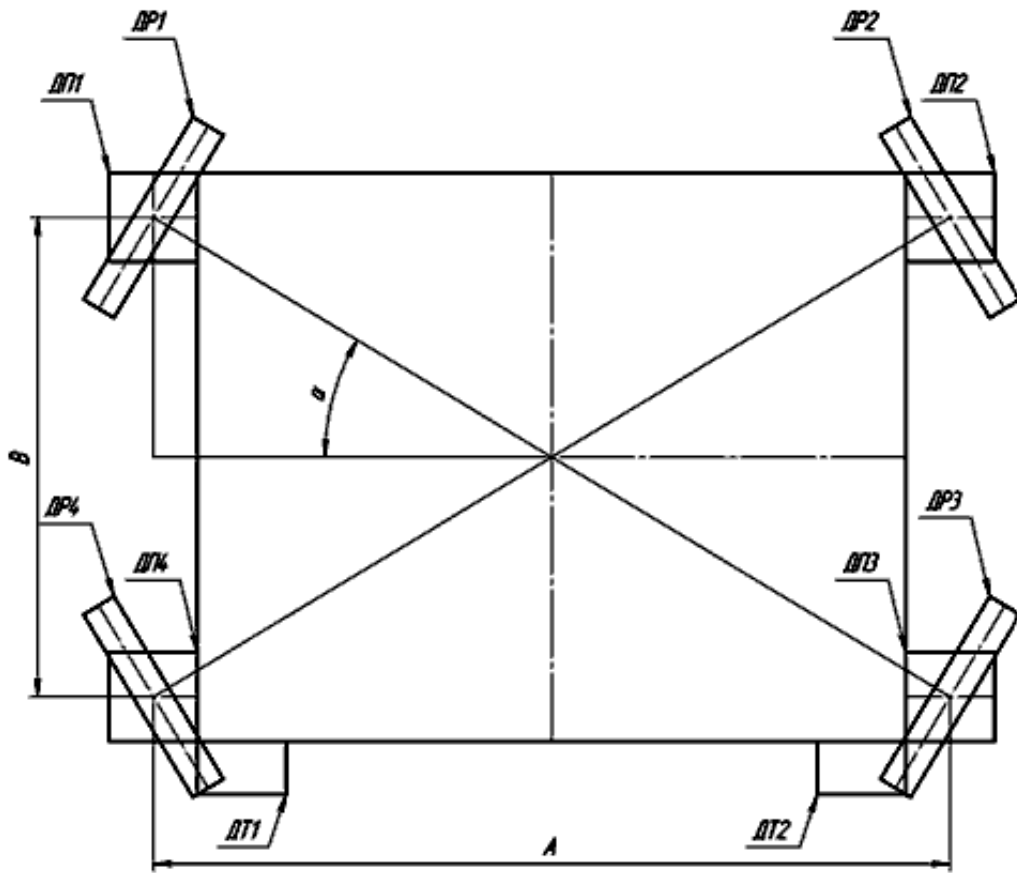


Рис.3.34. Схема 2 – Розворот на місці

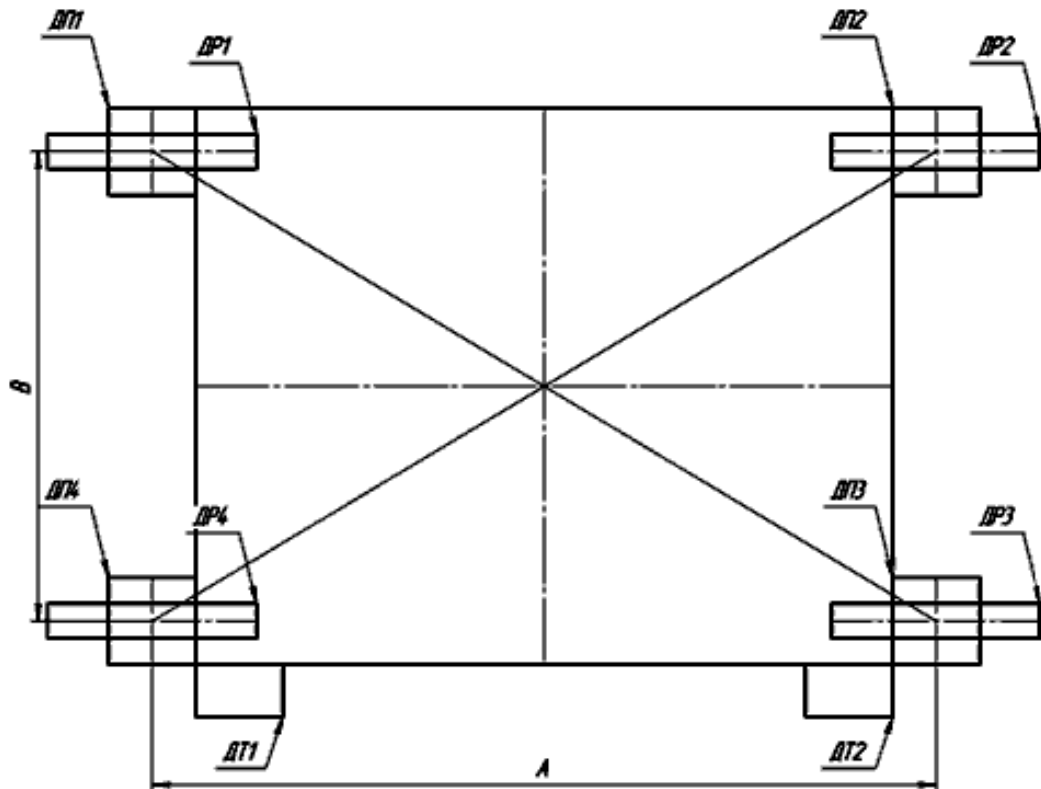


Рис.3.35. Схема 3 – Вправо (вліво)

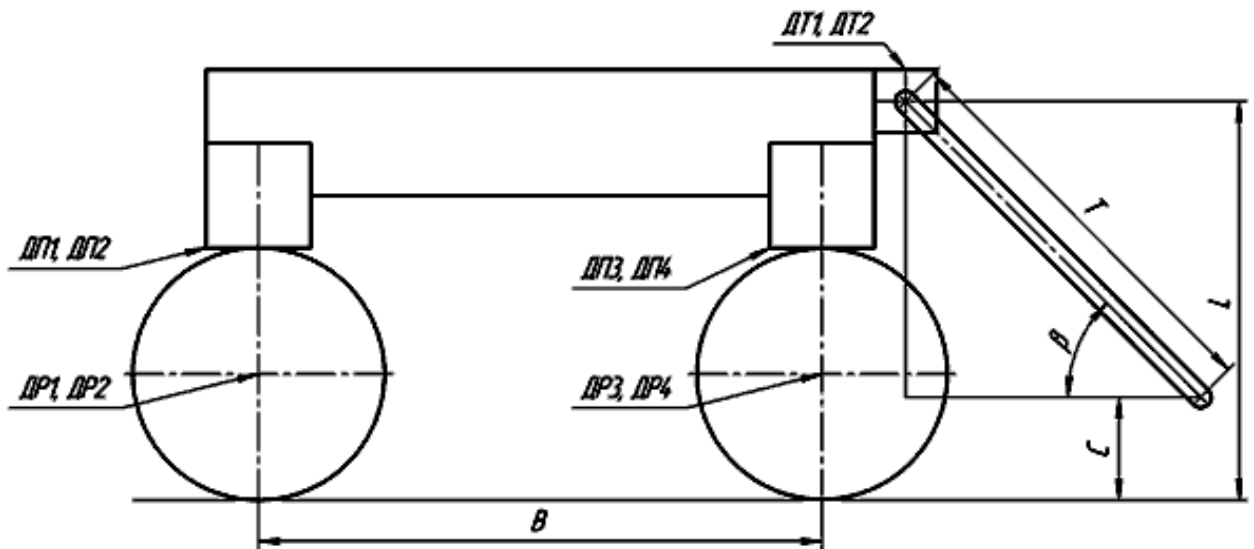


Рис.3.36. Схема 4 – Регулювання траверси

Алгоритм базується на тому щоб забезпечити комплексну роботу усі проводів, та надати певного руху платформі. Для повного відображення алгоритму, було побудовано схеми (рис.3.33 – рис.3.36) платформи яка представлена у певній послідовності, для відображення усіх етапів та таблицю 3.1.

Алгоритм показує рух певних елементів, на певний кут, або оберт на певній швидкості. Так, наприклад, для двигунів ДР1, ДР2, ДР3, ДР4, за одиницю ми приймаємо певну швидкість v км/год, що є заданою для руху платформи, -1 – та сама швидкість тільки оберт колеса іде в зворотному напрямку.

Двигуни ДП1, ДП2, ДП3, ДП4 показують кут на який потрібно щоб повернути колесо для певного руху, чи то для розвороту, чи для руху направо, або наліво. Кут залежить від ширини колісної бази B та довжини між колесами A . Для регулювання траверси основним критерієм є довжина направляючої та висоти на яку потрібно підняти саму траверсу, виходячи з цих значень, можна отримати кут на який потрібно повернути двигуни ДТ1, ДТ2, для регулювання висоти.

Таблиця 3.1. Комбінації параметрів для керування рухом

Режим	ДР 1	ДР 2	ДР 3	ДР 4	ДП1	ДП2	ДП3	ДП4	ДТ1	ДТ2
Вперед	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Назад	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Вправо	1	-1	1	-1	90	-90	90	-90	0	0

Вліво	-1	1	-1	1	90	-90	90	-90	0	0
Розворот на місці (за год.стрілкою)	1	-1	-1	1	$tg\alpha_1 = \frac{B}{\frac{Z}{2}} = \frac{B}{\frac{A}{2}}$	$-tg\alpha_2 = -\frac{B}{\frac{Z}{2}} = -\frac{B}{\frac{A}{2}}$	$tg\alpha_3 = \frac{B}{\frac{Z}{2}} = \frac{B}{\frac{A}{2}}$	$-tg\alpha_4 = -\frac{B}{\frac{Z}{2}} = -\frac{B}{\frac{A}{2}}$	0	0
Розворот на місці (проти год.стрілкою)	-1	1	1	-1	$tg\alpha_1 = \frac{B}{\frac{Z}{2}} = \frac{B}{\frac{A}{2}}$	$-tg\alpha_2 = -\frac{B}{\frac{Z}{2}} = -\frac{B}{\frac{A}{2}}$	$tg\alpha_3 = \frac{B}{\frac{Z}{2}} = \frac{B}{\frac{A}{2}}$	$-tg\alpha_4 = -\frac{B}{\frac{Z}{2}} = -\frac{B}{\frac{A}{2}}$	0	0
Регулювання траверси	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{\sin\beta}{L-C} = \frac{\sin\beta}{T}$	$\frac{\sin\beta}{L-C} = \frac{\sin\beta}{T}$

РОЗДІЛ 4 СТАРТАП-ПРОЕКТ РОБОТА-ТРАКТОРА

«FLIBot»

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка платформи сільськогосподарського робота.	1. хім об-ка полей (розпрознавання сорняків)	Економічна складова витрат, непошкоджуваність корисних культур
	2. полив	Економічна складова витрат
	3. діагностика с\г культур	Збільшення продуктивності ґрунтів

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	AgBot	HortiBot	BoniRobot			
1.	Економічні	Більш дешеві матеріали		За основу взято газонокосарку				+
2.	Призначення (технічні)	Змінна ширина колії; Модульна конструкція; Легкозамінні акумулятори; Електричний привід; Система розпізнавання	Модульна конструкція; Електричний привід; Система розпізнавання	Гідропривід Система розпізнавання	Змінна ширина колії; Електричний привід; Система розпізнавання		+	
3.	Надійності	Частіше потребує обслуговування				+		
4.	Технологічні							

5.	Ергономічні	Легкий доступ к заміні акумуляторів					+	
6.	Органолептичні	Білий та зелений колір	Білий та чорний	Жовто та чорний	Білий або зелений колір		+	
7.	Естетичні	Єдиний стиль товарного вигляду	Єдиний стиль, Гармонічна форма	Відсутній корпоративний стиль	Відсутність стилю		+	
8.	Транспортальності	Швидко розбірна модульна конструкція	Важко транспортувальний	Можливість перевезення у вантажівці	Важко транспортувальний			+
9.	Екологічності	Використовує електроенергію	Використовує електроенергію	Обладнений ДВЗ	Використовує електроенергію	+		
10.	Безпеки	Виключення нанесення шкоди живим організмам	Виключення нанесення шкоди живим організмам	Виключення нанесення шкоди живим організмам	Виключення нанесення шкоди живим організмам		+	

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Наявність електричного приводу	Застосування мотор-колес	Наявна	+
2	Комп'ютерне керування поворотом колес	Застосування сервоприводів, модуля управління, контролера	Наявна	+/-
3	Модульна структура	Зварні конструкції, зборка за допомогою метизів	Наявна	+
4	Можливість	Керування ширини	Наявна	+/-

	зміни ширини колії	колії за допомогою мікроконтролера		
5	Наявність підйомної траверси	Електропривід підйому	Наявна	+
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Даний проект є цілком реалізуємым, проте потребує певних допрацювань.				

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

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

Таблиця 4.5. 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
	Об-ка полей	Фермери та агропромислові комплекси	Відмінність полягає у кількості закупівель, терміні експлуатації продукції, в умовах експлуатації та обслуговування	- низька вартість - довгий термін експлуатації - багатофункціональність - ремонтпридатність - взаємозамінність деталей - гарантійна підтримка

				- наявність запчастин
--	--	--	--	-----------------------

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Використання застарілої техніки і технологій	Традиційно поля обробляються великими тракторами та літаками	Наявність рекламної компанії, популяризація точного землеробства
2	Конкуренція	Доступність великим фірмам більшою кількістю технологій	Низька вартість
3	Неефективна рекламна компанія	Може відштовхнути цільову аудиторію	Зміна підходу до цього питання

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Подорожчання палива	Економічна доцільність використання електричних технологій	Збільшення обсягу виробництва, розширення лінії роботів
2	Вимоги покупців до екологічності продукції	Збільшення продажів через вибір людьми рослин, що не підлягали хім. Обробці	Збільшення обсягу виробництва роботів-оприскувачів, розробка альтернативних методів боротьби з сорняками
3	Перехід на систему точного землеробства	Зріст попиту на високотехнологічну сільськогосподарську техніку	Збільшення обсягу виробництва, розширення лінії роботів

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути
--------------------------------------	---	--

		конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Олігополія	Вибір своєї ніші
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Міжнародний	Рекламна компанія
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	внутрішньогалузева	Рекламна компанія, спрямована на аграріїв
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Товарно-видова	Винаходження нових методологій
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Нецінова	Винаходження нових ідей
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Не марочна	Винаходження нових технологій

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	AgBot, HortiBot, BoniRob	Розмір капіталовкладень, економія на масштабах, доступ до ресурсів	Не продається	Розмір закупівель, рівень чутливості до зміни ціни, прибутки	Лояльність споживачів

Висновки:	Всі конкурентні проекти знаходяться в процесі розробки та дослідження	- чи є можливості входу в ринок? - так - чи є потенційні конкуренти? - так Строки виходу їх на ринок? -	Ніша на ринку вільна	Клієнти диктують умови роботи на ринку.	Покупці звикли до старих технологій об-ки полей.
-----------	---	---	----------------------	---	--

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Низька вартість	Можливість купівлі малими підприємцями
2	Багатофункціональність, універсальність	Більшість конкурентних продуктів вузько направлені
3	Модульність конструкції	Інші конкуруючі продукти вузько спеціалізовані, не можуть бути перебудовані
4	Погана якість матеріалів	Інші фірми використовують високоякісні матеріали
5	Невідомість бренду	Покупці нададуть перевагу вже існуючим виробникам

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Низька вартість	19	+							

2	Багатофункціональність, універсальність	16		+					
3	Модульність конструкції	18	+						
4	Погана якість матеріалів	7						+	
	Невідомість бренду	1							

Таблиця 4.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Низька вартість Універсальність Модульність	Слабкі сторони: Низькоякісні матеріали Невідомість бренду
Можливості: Вимоги покупців до екологічності продукції Подорожчання палива	Загрози: Використання застарілої техніки і технологій Конкуренція Неефективна рекламна компанія

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів прийняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Фермери	Частково	Низький	-	Середня
2	Агропромислові комплекси	Частково	середній	-	Середня
3	Власники приватних земельних	Не готові	Відсутній	-	Складно

	ділянок			
Які цільові групи обрано: Обрано дві цільові групи: фермери та агропромислові комплекси, тому обрано стратегію диференційованого маркетингу.				

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
				диференціація

Таблиця 4.16. 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*
	+	Шукати нових	Так	Заняття конкурентної ніші

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Універсальність	Диференціація	Модульність структури роботи	
2	Якість	Диференціація	Дешеві матеріали	

3	Екологічність	Диференціація	Використання електровигунів	
4	Економічність	Диференціація	Використання дешевих матеріалів, раціональне використання ресурсів	
5	Знайомість бренду	Диференціація	Реклама	

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Полив полей	Економія водних ресурсів	Можна встановлювати стандартні штанги, має відсіки для баків
2	Хімічна обробка сорняків	Економія хім. Ресурсів, чистота цільових культур	Можна встановлювати стандартні штанги, має відсіки для баків
3	Діагностика цільових культур	Вища якість (за людську), економія людських ресурсів	Відсутня
4	Низька вартість	Нижча за інші	Низька вартість

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Об-ка полей: полив, хім.об-ка, діагностика.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Автономний рух 2. Опрыскування 3. Ідентифікує рослини		
	Якість: Усі роботи проходять нормо-контроль та тестуються.		
	Пакування: дерев'яний ящик		

	Марка: FLiBot
III. Товар із підкріпленням	До продажу
	Після продажу
Потенційний товар буде захищено від копіювання: патентуванням.	

Таблиця 4.20. 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/послугу
	20-40 т. дол.	-	50-60 т. дол. (в сезон)	20-60 т. дол.

Таблиця 4.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
		Транспортування, поділ, зберігання, сортування, встановлення контакту, інформування		Власна система збуту

Таблиця 4.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення

РОЗДІЛ 5 ВИСНОВКИ

В результаті виконання науково дослідної роботи, було виконано поставлену задачу створення прототип самокерованої платформи, для вирішення задач пов'язаних з обробкою полів.

Це було досягнуто шляхом аналізу існуючих роботів на ринку, або тих які ще знаходяться на етапі розробки, що дало можливість отримати вхідні данні та параметри для створення модуля приводу, що складається з трьох під модулів.

Створення прототипу у масштабі 1:5 дало можливість зрозуміти основні труднощі пов'язані з компоновкою елементів, а також виявлено проблеми при виготовленні коліс. На етапі збирання прототипу було виявлено, що потрібно зробити складну систему траверси для можливості легкого транспортування.

за результатами виконання даного проекту можливо зробити такі висновки:

1. Проведений аналіз ринку конкурентів та отримання вхідних даних дозволили підтвердити актуальність створення роботизованої платформи.
2. За результатами проведеного аналізу створена концепція бокового модуля приводу.
3. Обґрунтовано та визначено перелік комплектувальних вузлів які дозволяють відтворити роботизовану платформу з покупних елементів модуля при мінімальних фінансових затратах.
4. Виконано проектування бокового модуля та створення системи приводу і руху для повороту на 225° , що дає можливість застосовувати платформу у стислих просторах густо засаджених полів сучасної агропромисловості.
5. Проведено комп'ютерне випробування модуля приводу та оптимізація його для зменшення маси, що забезпечило мінімальне використання матеріальних ресурсів.
6. Розроблено та опрацьовано технології виготовлення та створення віртуального прототипу.

7. Здійснено виготовлення діючого прототипу багатофункціональної платформи, тим самим експериментально підтверджено можливість створення та працездатності об'єкту проектування.

Література

1. <http://www.zdnet.com/article/hortibot-a-weed-removing-robot>
2. R.N. Jørgensen, C.G. Sørensen, J. Maagaard, I. Havn, K. Jensen, H.T. Sjøgaard, and L.B. Sørensen. "HortiBot: A System Design of a Robotic Tool Carrier for High-tech Plant Nursing". Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript ATOE 07 006. Vol. IX. July, 2007.
3. <http://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/weeding-robot-oz/>
4. Navigation System of the Autonomous Agricultural Robot "BoniRob" – Peter Biber, Ulrich Weiss, Michael Dorna, Amos Albert
5. <https://research.qut.edu.au/digital-agriculture/projects/robot-platform-design-agbot-ii-a-new-generation-tool-for-robotic-site-specific-crop-and-weed-management/>
6. <https://zenodo.org/communities/pa17?page=1&size=20>
7. <https://www.qut.edu.au/news/news?news-id=110921>
8. <http://confluence.acfr.usyd.edu.au/display/AGPub/Our+Robots>
9. <https://www.engineersaustralia.org.au/portal/news/sydney-uni-unleashes-rippa-weed-killer>
10. Е. С. Шаньгин «[ПРИВОД МЕХАНИЗМОВ И МАШИН](#)»
11. «<https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science>» - The Journal of Agricultural Science.
12. http://www.e-bike.com.ua/motor-kolesa-i-elektrodivigateli/motor-kolesa-dlya-elektromobiley?product_id=841

13. http://www.e-bike.com.ua/komponenty-i-zapchasti-dlya-elektrotransporta/kontrollery-dlya-motor-koles-i-elektrodivigateley?product_id=1679
14. <http://vs-cnc.com.ua/elektromekhanicheskie-komplektuyushchie/servoprivod/servodvigatel/servodvigatel>
15. <https://www.robotshop.com/en/dynamixel-mx-28at-smart-serial-servo-ttl.html#Specifications>
16. <https://www.robotshop.com/en/dynamixel-xl-320-ollo-smart-serial-servo.html>
17. <http://vs-cnc.com.ua/elektromekhanicheskie-komplektuyushchie/servoprivod/drajver-servodvigatelya/drajver-servodvigatelya>
18. <https://www.dhgate.com/product/motor-driver-sdb50nk5-with-single-phase-or/390903887.html>
19. <http://lador.ru/gost/gost-8639-82.pdf>
20. Довідковим посібником «Конструювання і розрахунок сільськогосподарських тракторів» Анилович В.Я., Водолажченко Ю.Т. – 1976р.
21. <http://m.ua/desc/zorat-d221-6-5x14-4x100-et35-dia73-1/>
22. <http://grandshina.com.ua/6575-14-72a6-ts02-4pr-tt-mitas>
23. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
24. <https://www.solidworks.com/>
25. <https://www.autodesk.ru/>
26. <https://www.keyshot.com/>
27. Диплом «Варцаба Андрій»

ДОДАТКИ

Отчет по анализу напряжений

Анализируемый файл:	плита поворота.ipt
Версия Autodesk Inventor:	2017 (Build 210142000, 142)
Дата создания:	14.04.2018, 16:26
Автор исследования:	Роберт

5.1.1 Сведения о проекте (свойства Inventor)

5.1.1.1 Физические параметры

Материал	Типовые
Плотность	1 г/см ³
Масса	6,37596 кг
Площадь	267981 мм ²
Объем	6375960 мм ³
Центр масс	x=-12,2862 мм y=56,065 мм z=100 мм

Примечание: физические значения могут отличаться от физических значений, используемых в АМКЭ, описанных ниже.

5.2 Статический анализ:1

Общая цель и параметры:

Цель проектирования	Одноточечный
Тип исследования	Статический анализ
Дата последнего изменения	14.04.2018, 16:10
Обнаружить и устранить моды жесткого	Нет

тела	
------	--

Настройки сети:

Средний размер элемента (дробное значение от диаметра модели)	0,1
Минимальный размер элемента (дробное значение от среднего размера)	0,2
Коэффициент разнородности	1,5
Макс. угол поворота	60 град
Создать изогнутые элементы сетки	Да

5.2.1 Материал(-ы)

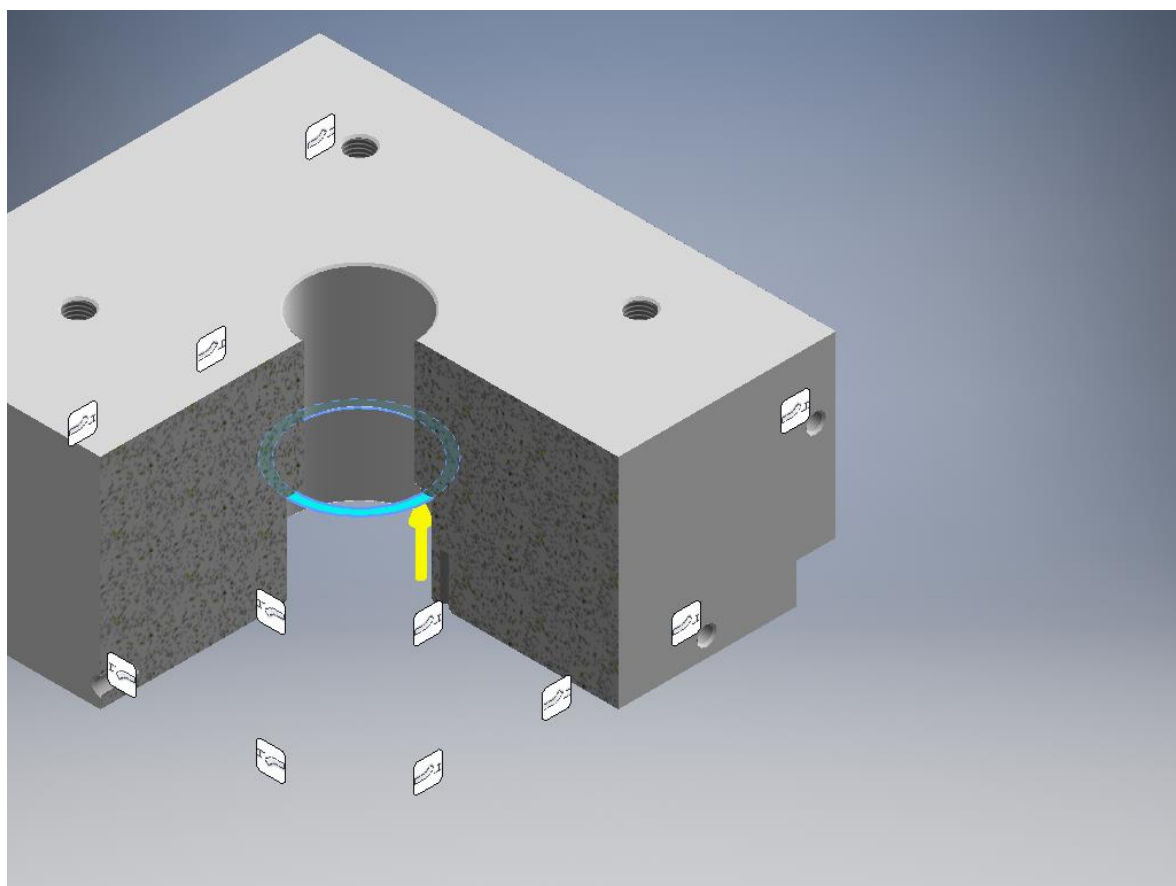
Имя	Сталь	
Общие	Массовая плотность	7,85 г/см ³
	Предел текучести	207 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	345 МПа
Напряжен ие	Модуль Юнга	210 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,3 бр
	Модуль упругости при сдвиге	80,7692 ГПа
Имена деталей	плита поворота.ipt	

5.2.2 Рабочие условия

5.2.2.1 Сила:1

Тип нагрузки	Сила
Величина	4903,3 25 Н
Вектор X	0,000 Н
Вектор Y	4903,3 25 Н
Вектор Z	0,000 Н

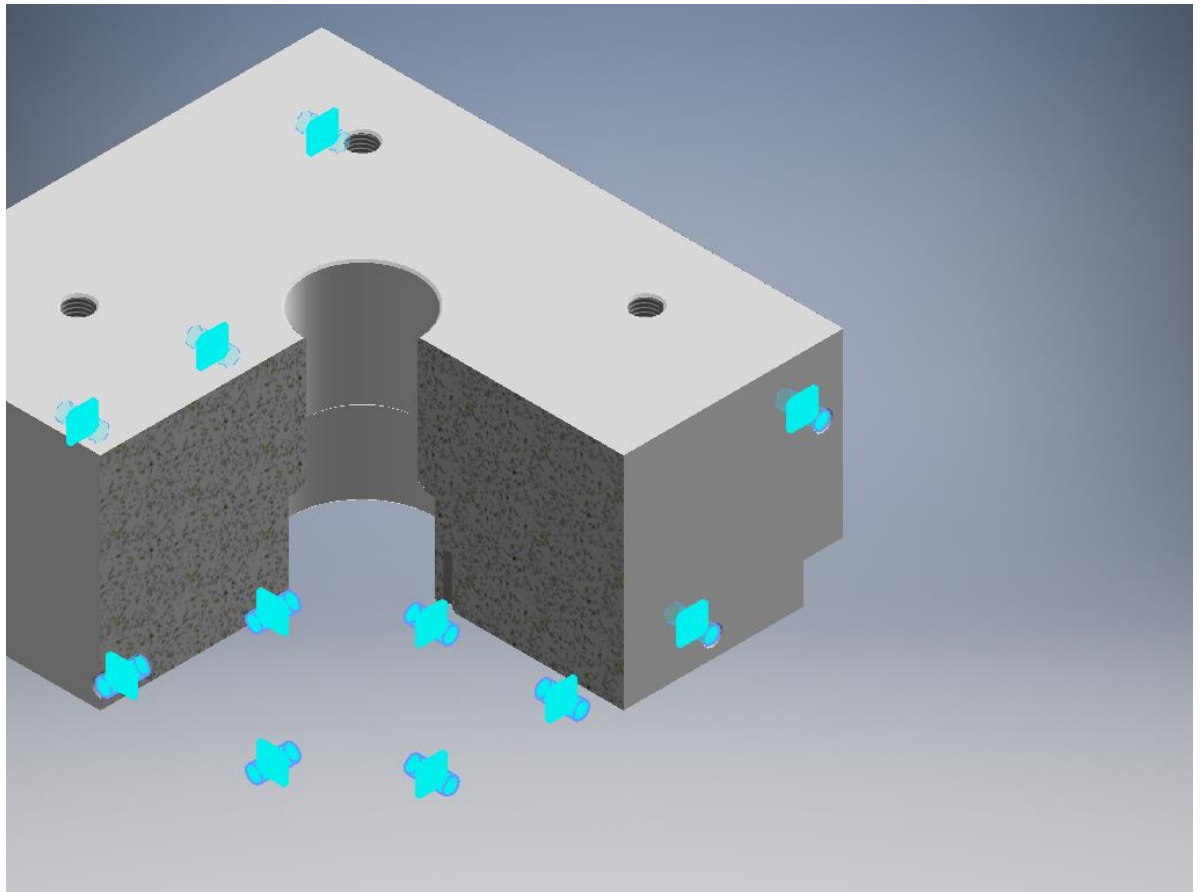
5.2.2.1.1 Выбранные грани



5.2.2.2 Зависимость фиксации:1

Тип зависимости	Зависимость фиксации
-----------------	----------------------

5.2.2.2.1 Выбранные грани



5.2.3 Результаты

5.2.3.1 Сила и момент реакции в зависимостях

Имя зависимости	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Зависимость фиксации:1	4903,3 3 Н	0 Н	196,21 Н м	-24,5945 Н м
		-4903,33 Н		0 Н м
		0 Н		-194,662 Н м

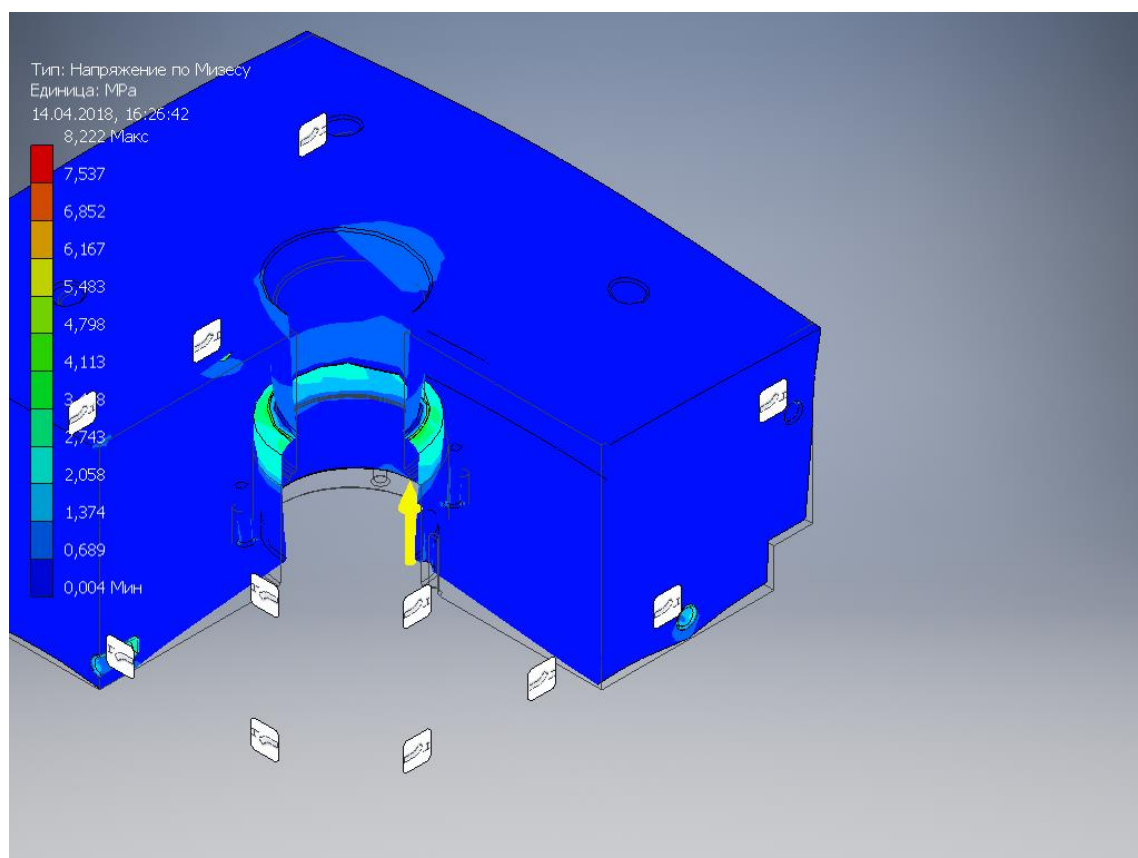
5.2.3.2 Результат

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	6375960 мм ³	
Масса	50,0513 кг	
Напряжение по Мизесу	0,00401389 МПа	8,22185 МПа
1-ое основное	-2,29242	10,0147 МПа

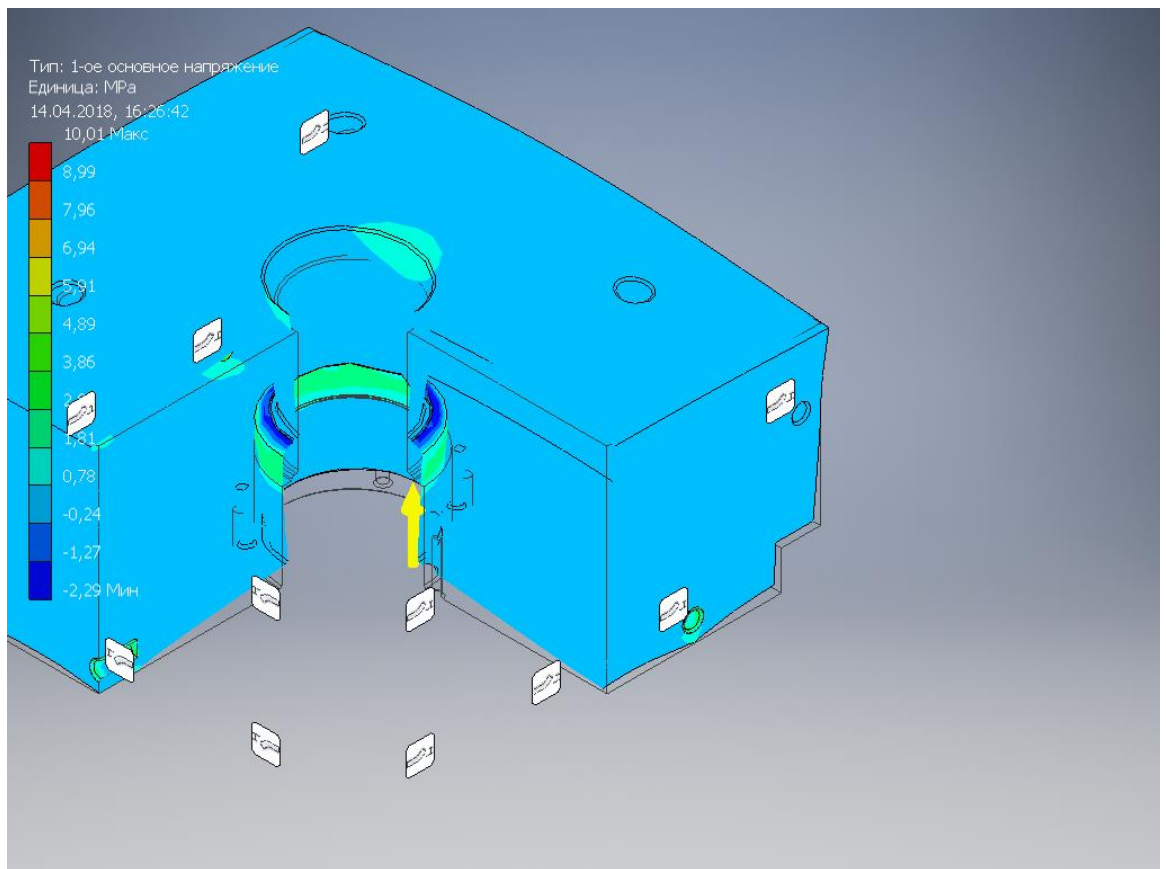
напряжение		МПа	
3-е напряжение	основное	-8,69387 МПа	1,45065 МПа
Смещение		0 мм	0,000589513 мм
Коэфф. прочности	запаса	15 бр	15 бр

5.2.3.3 Рисунки

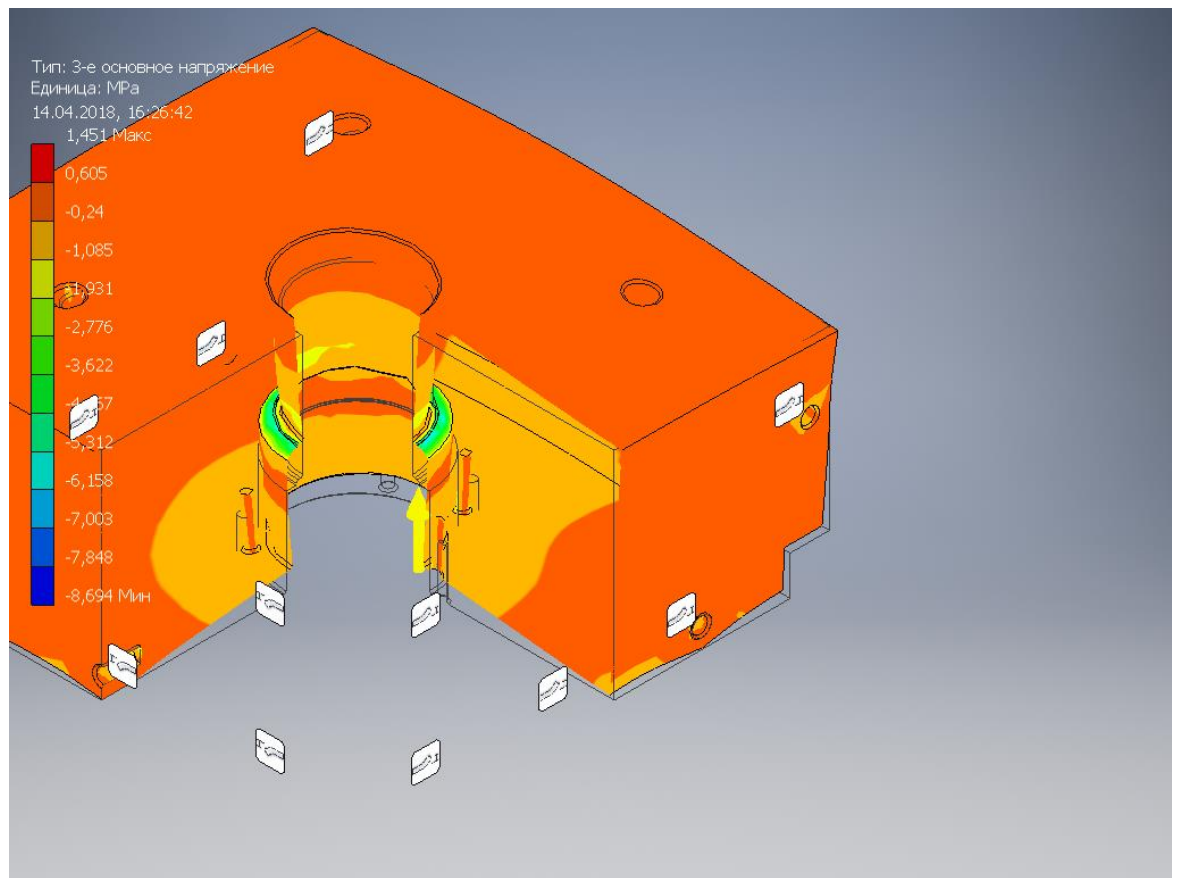
5.2.3.3.1 Напряжение по Мизесу



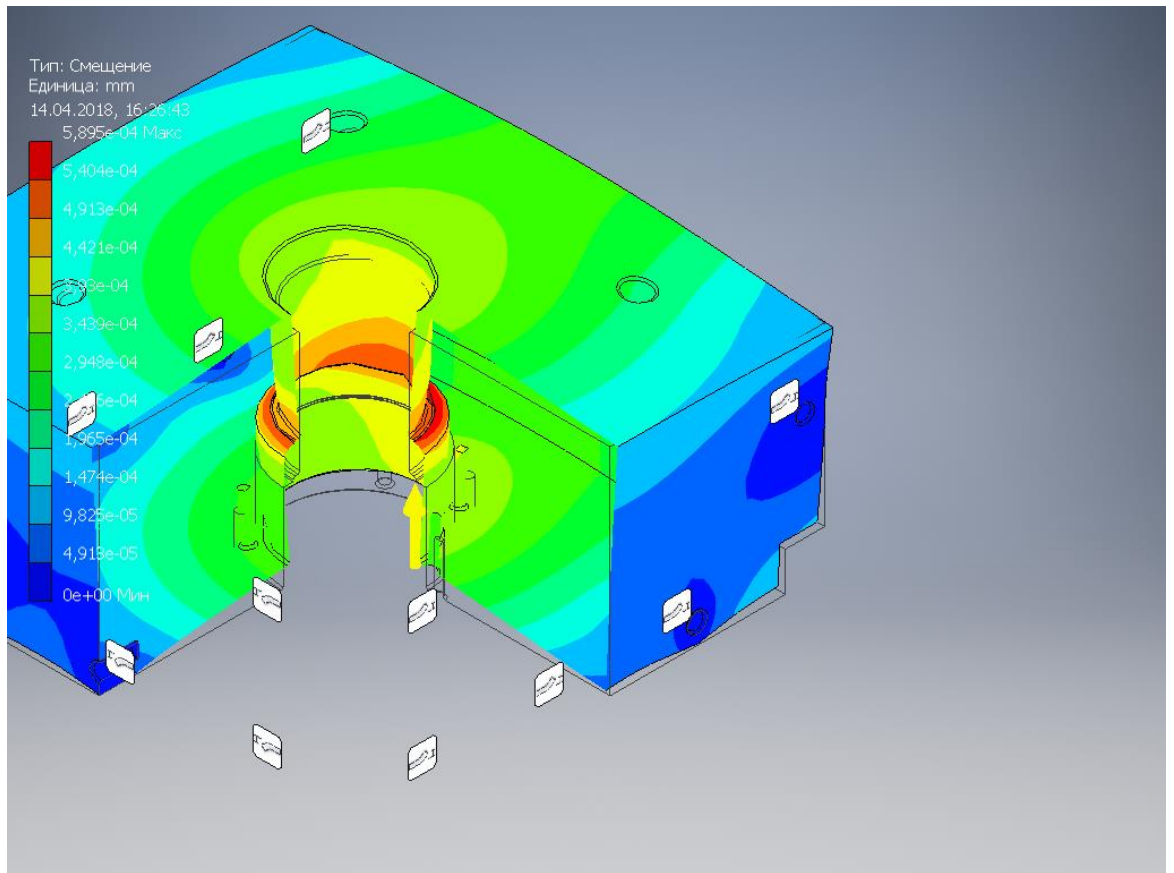
5.2.3.3.2 1-ое основное напряжение



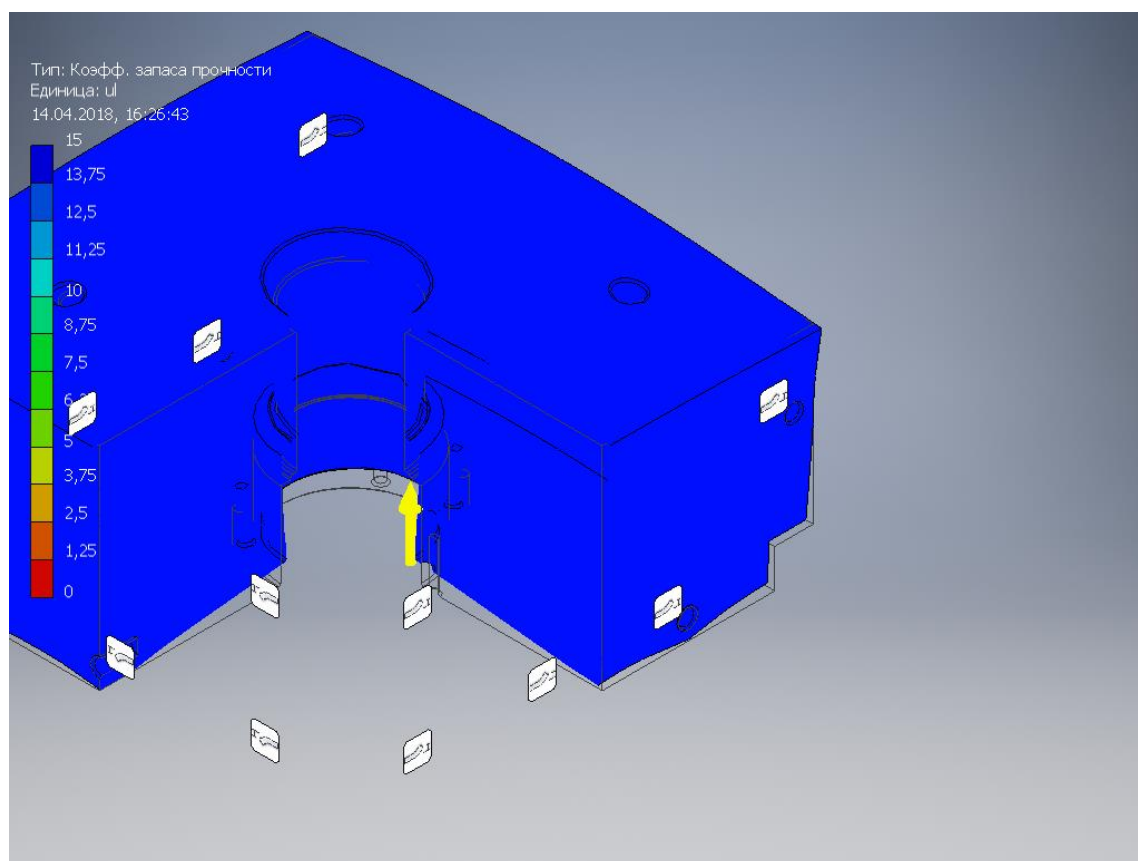
5.2.3.3.3 3-е основное напряжение



5.2.3.3.4 Смещение



5.2.3.3.5 Коэфф. запаса прочности



Отчет по анализу напряжений

Анализируемый файл:	плита поворота — копия.ipt
Версия Autodesk Inventor:	2017 (Build 210142000, 142)
Дата создания:	15.04.2018, 01:06
Автор исследования:	Роберт

5.2.4 Сведения о проекте (свойства Inventor)

5.2.4.1 Физические параметры

Материал	Сталь, углеродистая
Плотность	7,85 г/см ³
Масса	25,9832 кг
Площадь	223852 мм ²
Объем	3309960 мм ³
Центр масс	x=-5,22906 мм y=56,0298 мм z=100 мм

Примечание: физические значения могут отличаться от физических значений, используемых в АМКЭ, описанных ниже.

5.3 Статический анализ:2

Общая цель и параметры:

Цель проектирования	Одноточечный
Тип исследования	Статический анализ
Дата последнего изменения	15.04.2018, 01:03
Обнаружить и устранить моды жесткого тела	Нет

Настройки сети:

Средний размер элемента (дробное значение от диаметра модели)	0,1
Минимальный размер элемента (дробное значение от среднего размера)	0,2
Коэффициент разнородности	1,5
Макс. угол поворота	60 град
Создать изогнутые элементы сетки	Да

5.3.1 Материал(-ы)

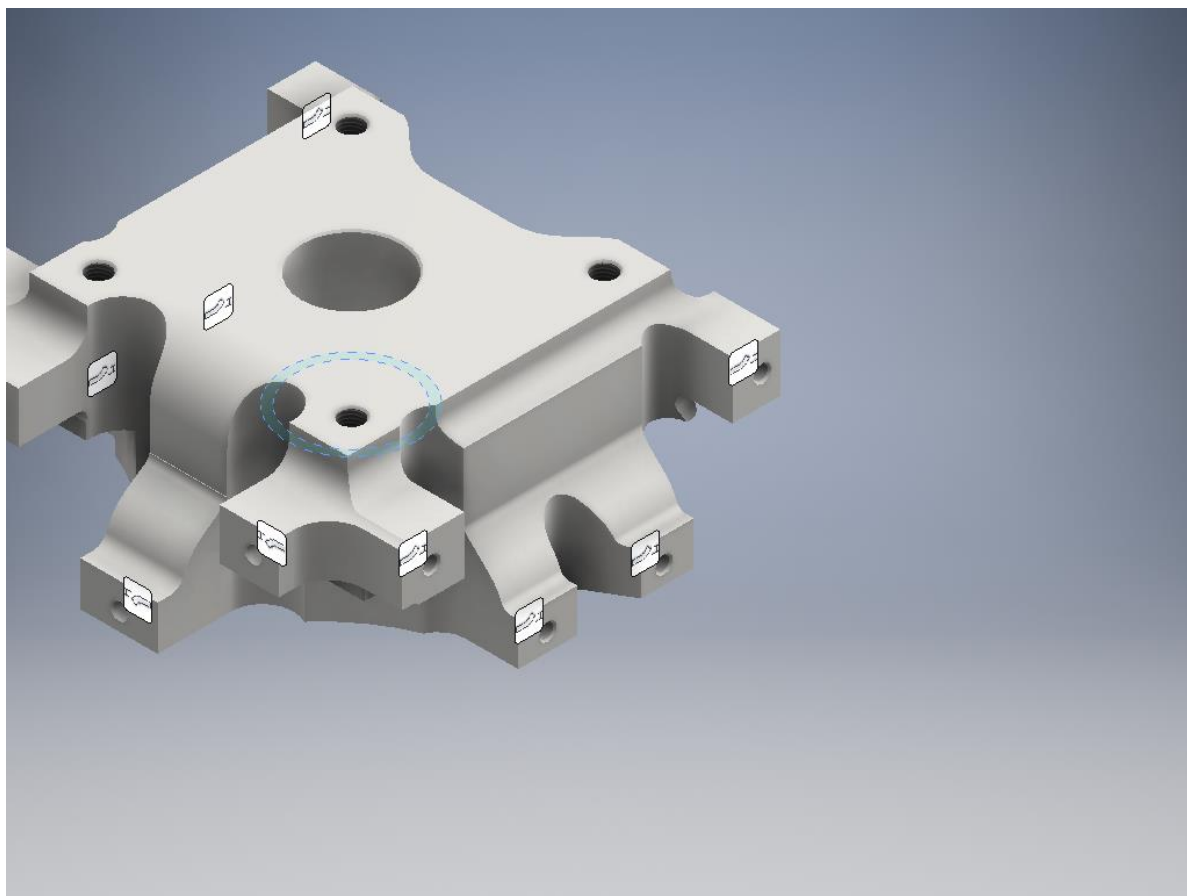
Имя	Сталь, углеродистая	
Общие	Массовая плотность	7,85 г/см ³
	Предел текучести	350 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	420 МПа
Напряжен ие	Модуль Юнга	200 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,29 бр
	Модуль упругости при сдвиге	77,5194 ГПа
Имена деталей	плита поворота — копия.ipt	

5.3.2 Рабочие условия

5.3.2.1 Сила:1

Тип нагрузки	Сила
Величина	4903,3 25 Н
Вектор X	0,000 Н
Вектор Y	4903,3 25 Н
Вектор Z	0,000 Н

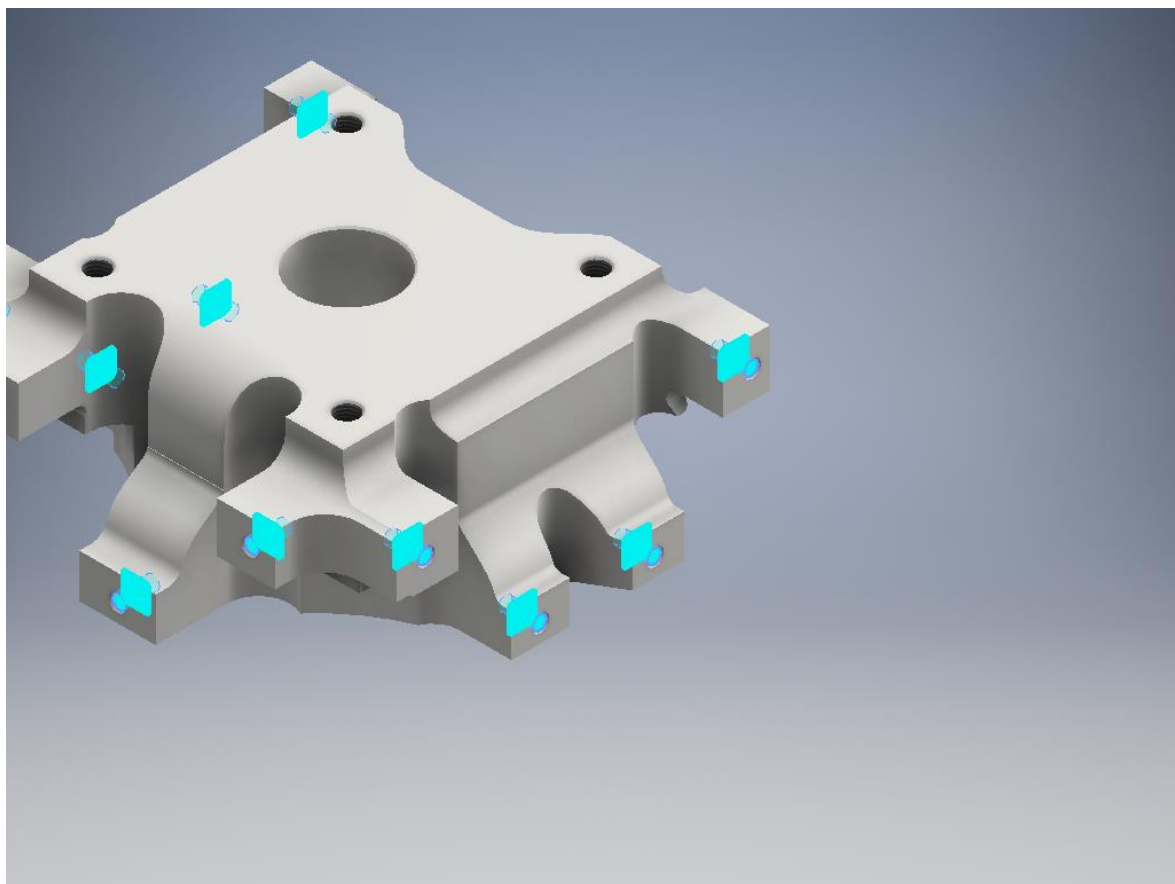
5.3.2.1.1 Выбранные грани



5.3.2.2 Зависимость фиксации:1

Тип зависимости	Зависимость фиксации
-----------------	----------------------

5.3.2.2.1 Выбранные грани



5.3.3 Результаты

5.3.3.1 Сила и момент реакции в зависимостях

Имя зависимости	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
Зависимость фиксации:1	4903,3 3 Н	0 Н	86,3551 Н м	-36,915 Н м
		-4903,33 Н		0 Н м
		0 Н		-78,0672 Н м

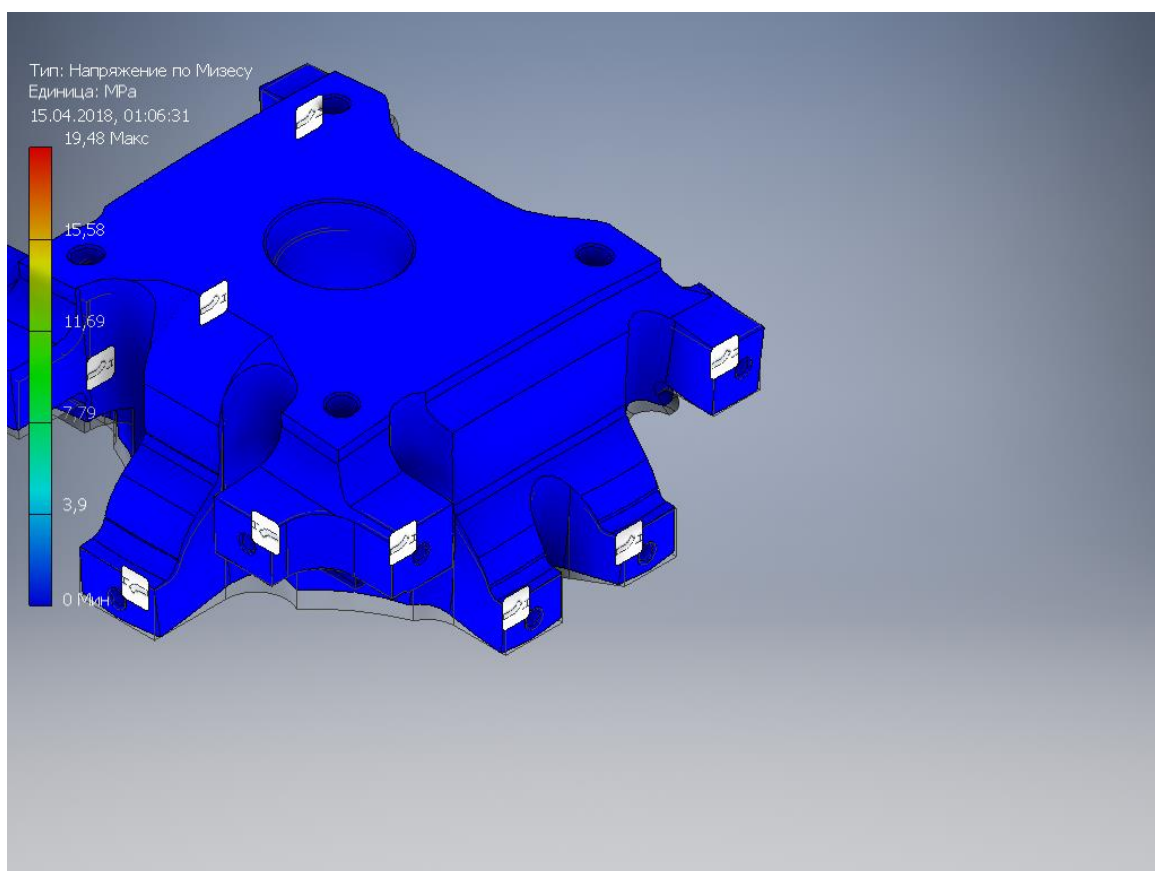
5.3.3.2 Результат

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	3309980 мм ³	
Масса	25,9833 кг	
Напряжение по Мизесу	0,00101238 МПа	19,4795 МПа
1-ое основное	-2,93961	18,51 МПа

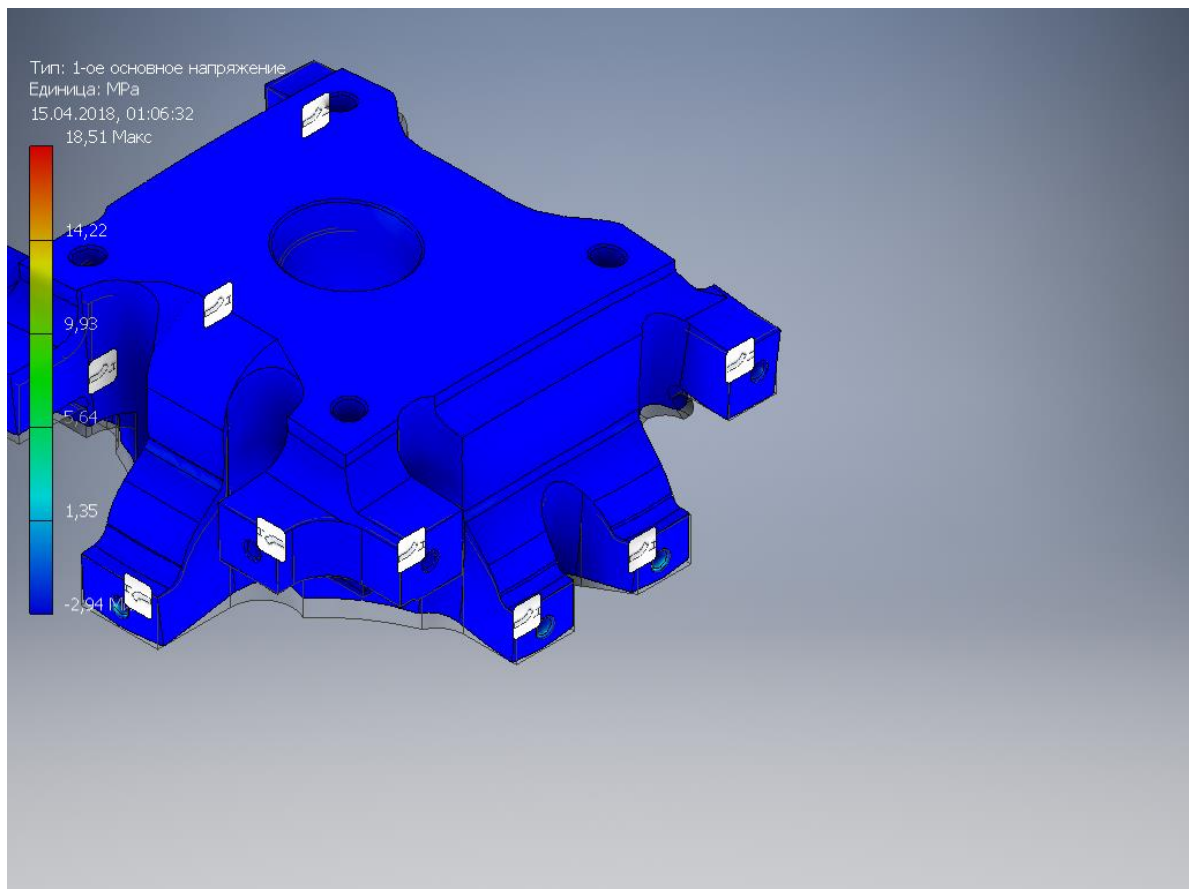
напряжение		МПа	
3-е напряжение	основное	-10,2687 МПа	3,68529 МПа
Смещение		0 мм	0,00092459 мм
Коэфф. прочности	запаса	15 бр	15 бр

5.3.3.3 Рисунки

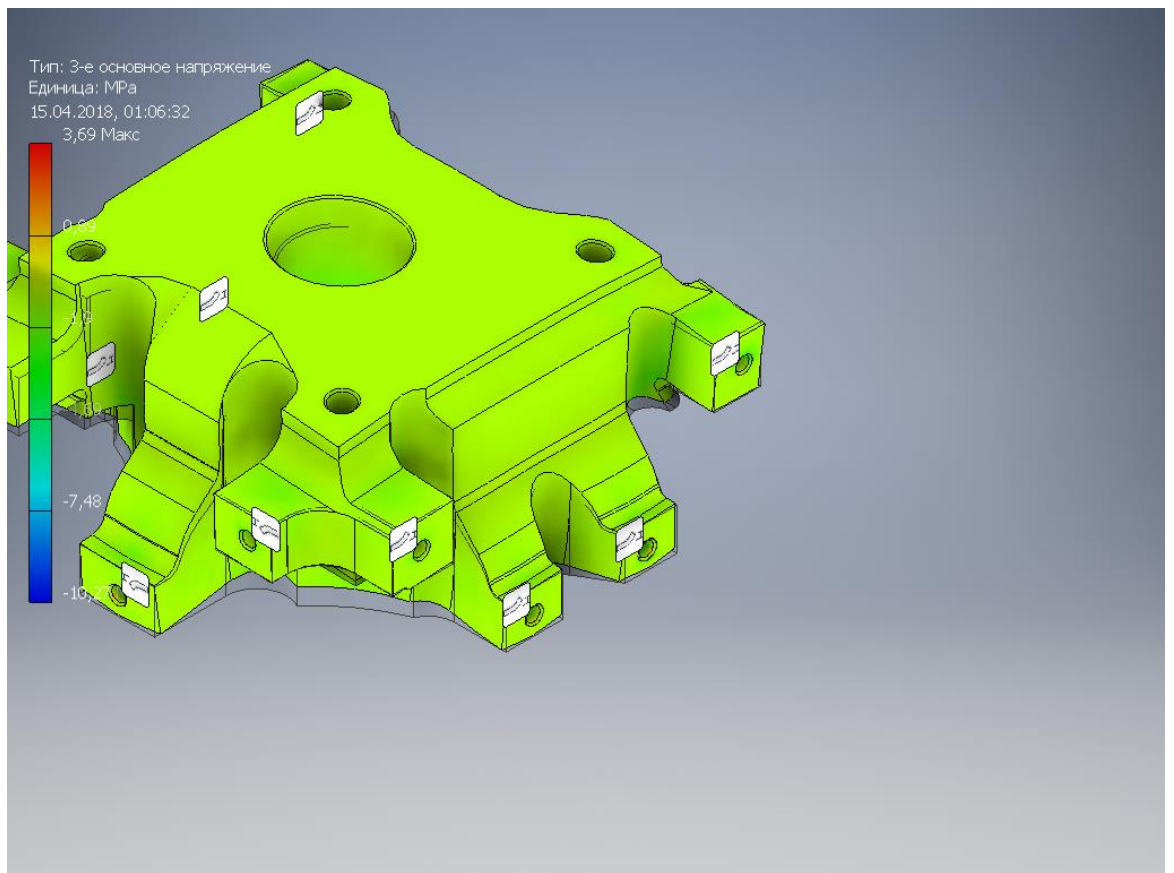
5.3.3.3.1 Напряжение по Мизесу



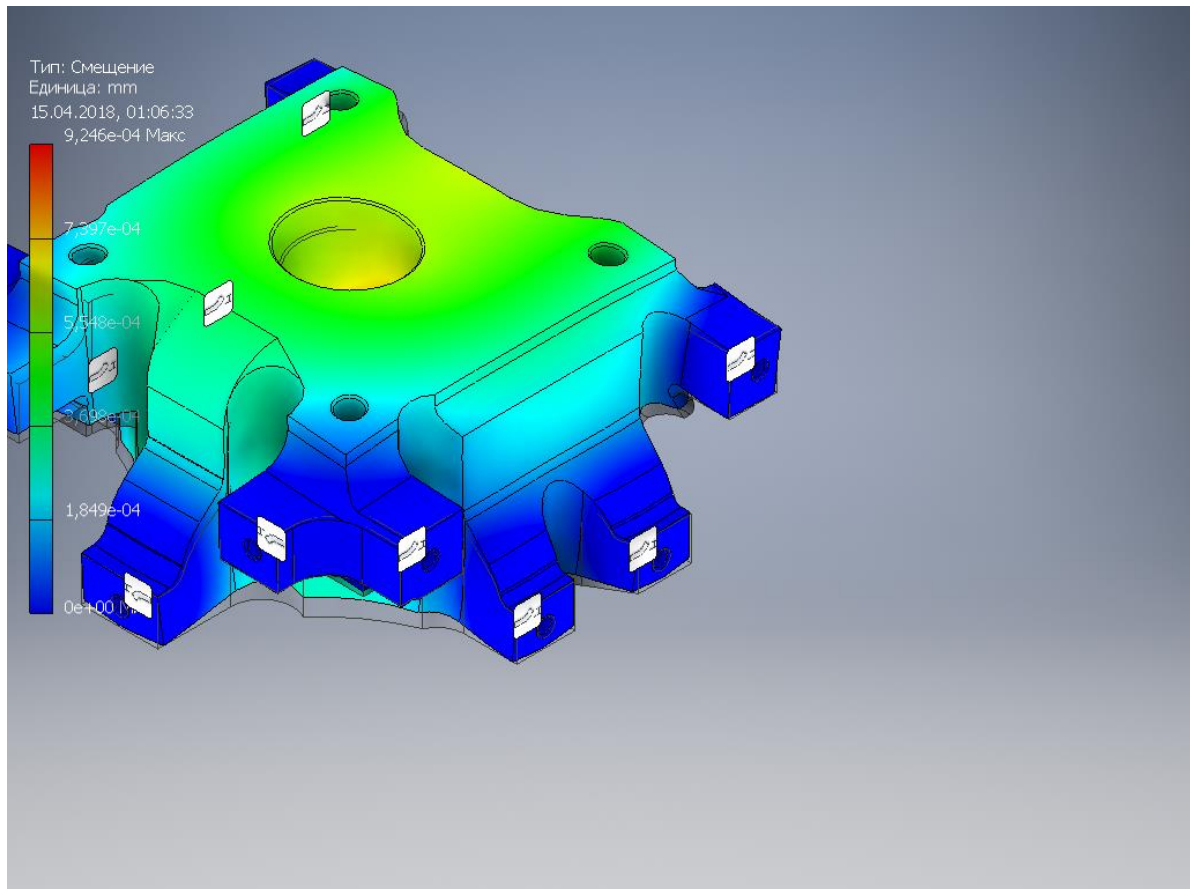
5.3.3.3.2 1-ое основное напряжение



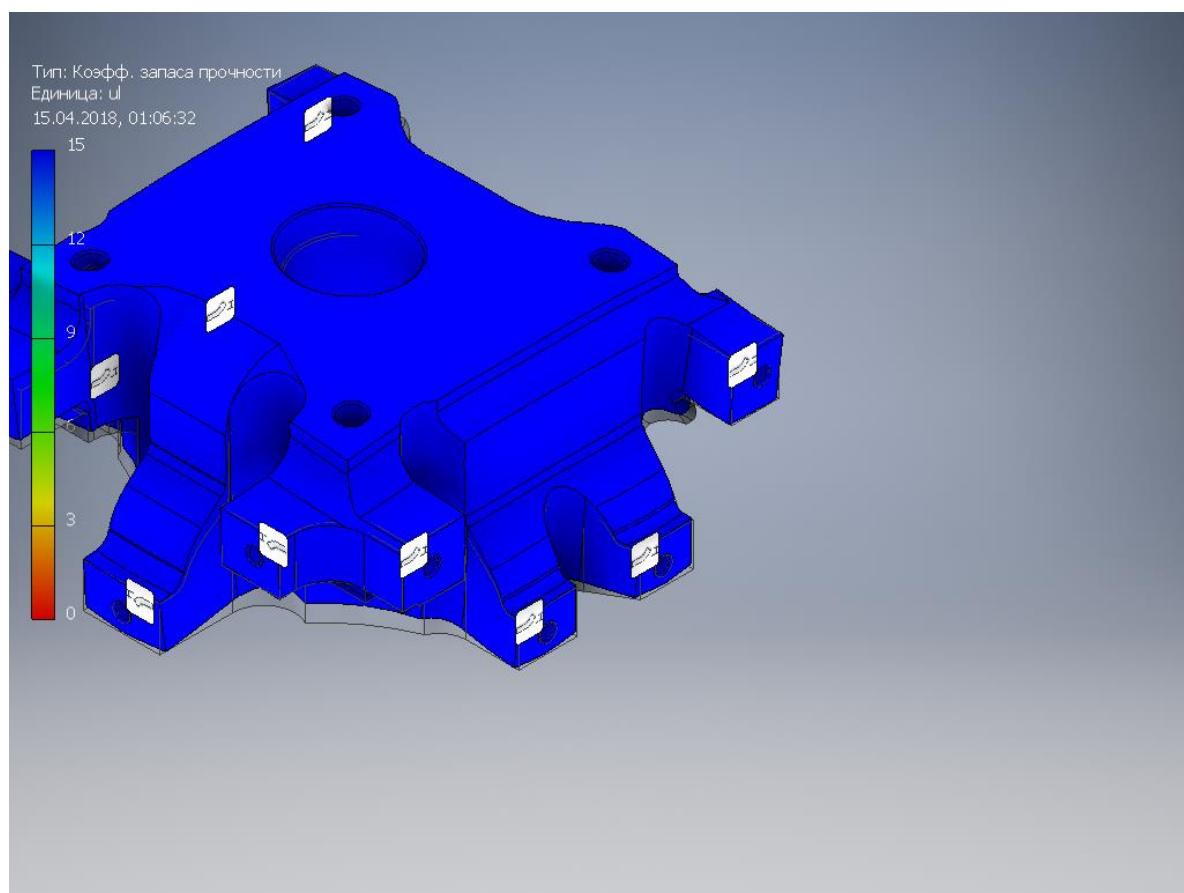
5.3.3.3.3 3-е основное напряжение



5.3.3.4 Смещение



5.3.3.3.5 Коэфф. запаса прочности



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра інтегрованих технологій машинобудування

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

АВТОНОМНА МОДУЛЬНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ
ОПРИСКУВАННЯ РОСЛИН
(комплексна магістерська дисертація)

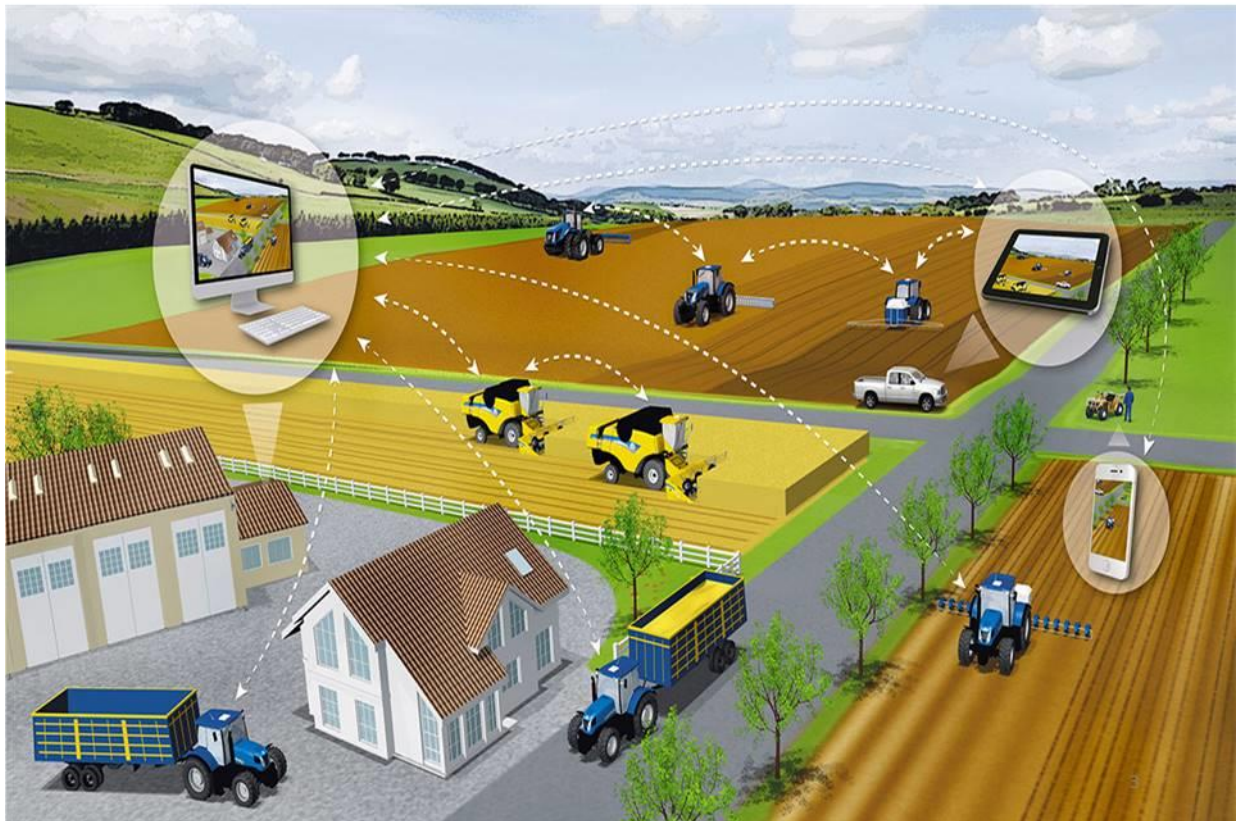
Виконавці:
ст. гр. МІ-62м **Варцаба А. О.**
ст. гр. МІ-62м **Мілаєв Р. Д.**

Наукове керівництво:
д.т.н., проф. **Пасічник В. А.**
к.т.н., доц. **Солодкий В. І.**

Київ, 2018

1

Актуальність



Варцаба А.О.

Мілаєв Р.Д.

Мета

Удосконалення інженерно-технічних характеристик сільськогосподарського робота-трактора для оприскування рослин

Удосконалення інженерно-технічних характеристик модулю силового приводу робота-трактора для оприскування рослин

Задачі

- На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити нове концептуальне рішення.
 - Розробити дизайн екстер'єру та компоновку робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та визначити його основні функціональні й технічні характеристики.
 - Створити й дослідити макет прототипу нового робота-трактора для зрошування у сільському господарстві.
 - Підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошування у сільському господарстві
- На основі аналізу ринку й наявних технічних рішень робота-трактора для зрошування у сільському господарстві розробити модульний силовий привод.
 - Розробити дизайн, виконати розрахунки й провести моделювання основних технічних параметрів приводного модулю для робота-трактора "FLIBot".
 - Розробити технологію виготовлення макету робота-трактора «FLIBOT» та дослідити його роботу.
 - Підготувати пропозицію стартап-проекту для ринку роботів-тракторів для зрошування у сільському господарстві.

4

Варцаба А.О.

Мілаєв Р.Д.

Об'єкт дослідження

процес пошуку дизайну і технічного рішення перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві

процес пошуку дизайну і технічного рішення модулю силового приводу перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві

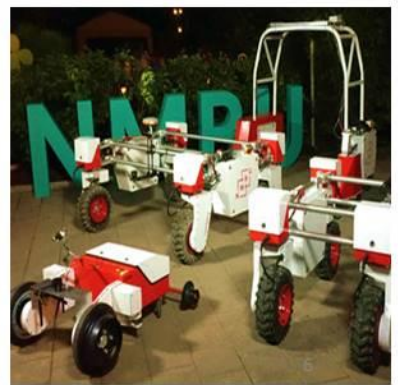
Предмет дослідження

екстер'єр та компоновка перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та його функціональні й технічні характеристики

екстер'єр та компоновка модулю силового приводу перспективного робота-трактора для зрошування у сільському господарстві та його функціональні й технічні характеристики

5

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА



СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Порівняння основних параметрів автономних роботів

Назва	Габарити Д.хШ.х, мм.	Маса, кг	Тип приводу	Модульність	Змінні інструменти
HortiBot	915x915x920	200-300	Гідро	Так	Так
OZ	1000x400x600	110-150	Електро	Ні	Так
BoniRob	2800x2400x2200	1100	Електро	Ні	Так
AgBot II	2000x3000x1400	~600[6]	Електро	Так	Так
RIPPA та VIPPA	1500x2000x1250	~750	Електро	Ні	Ні
Thorvald II	-	-	Електро	Так	Так

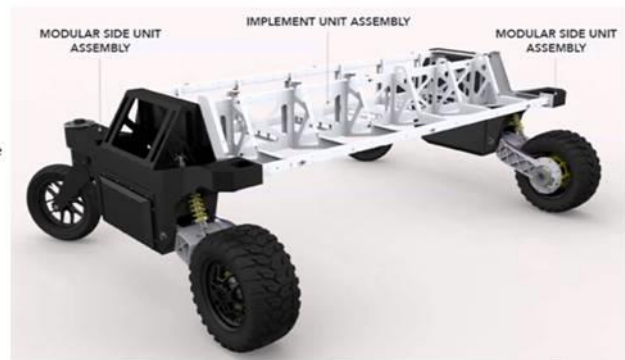
ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СИЛОВИХ ПРИВОДІВ



power supply distribution cabinet pump



tank
camera frame
camera
nozzle arm



8

ПЕРСПЕКТИВИ ПРОЕКТУ, ЯК СТАРТАПУ

Ринок агро-роботів та роботів-тракторів на даний момент ще не повністю сформувався і знаходиться у стадії зростання.

Активно розвивається точне землеробство, елементом якого вони є.

Більшість проектів роботів-тракторів на даний момент залишаються у стані розробки, і жоден із прямих конкурентів ще не вийшов на ринок.

Тому існує можливість вийти на ринок раніше, ніж конкуренти.

Саме тому тема магістерської роботи є
**«АВТОНОМНА МОДУЛЬНА ПЛАТФОРМА
ДЛЯ ОПРИСКУВАННЯ РОСЛИН»**

FLIBot – Farm Land Intellectual Bot

Проект роботизованої інтелектуальної платформи для оприскування в сільському господарстві



Основні технічні характеристики

Споряджена маса	800 кг	Колісна формула	4 x 4
Корисне навантаження	200 кг	Ширина коліс	270 мм
Температура середовища	25 ± 20°C	Потужність (сумарна)	12 кВт
Ширина траверси поливу	6 000 мм	Ємність акумуляторів	16 кВт•год
Положення форсунок	регульоване	Швидкість руху	до 10 км/год
Колісна база	2400–2800 мм	Дорожній просвіт	900 мм

Розрахунок силових параметрів робота-трактора «FLIBot»

Так як відома експлуатаційна вага, то тяглове зусилля будемо знаходити, перетворивши формулу:

$$G = \frac{P_{sp}}{\lambda \varphi_c - \zeta} \quad (2.1)$$

де G – експлуатаційна вага, P_{sp} – тяглове зусилля, λ – коефіцієнт навантаження ведучих коліс (для колісних тракторів 4x4 становить 0,9 – 1,0), φ_c – коефіцієнт зчеплення з ґрунтом (табл. 2.1), ζ – коефіцієнт, що враховує внутрішні втрати у ходовій системі (для колісних тракторів приймають 1), f – супротив самопересуванню.

$$P_{sp} = G(\lambda \varphi_c - \zeta)$$

$$P_{sp} = 3922,661(0,9 \cdot 0,7 - 1 \cdot 0,1) = 2079,01(H)$$

Таблиця 2.1

Коефіцієнти взаємодії ходової частини з різними типами поверхонь

Тип поверхні	f	φ_c при поверхні	
		сухий	вологій
Стерня	0,1-0,12	0,7	0,5
Злежала оранка	0,12-0,14	0,4-0,6	–
Свіжозоране поле	0,18-0,22	0,3-0,5	–
Культивоване поле	0,16-0,20	0,4-0,6	–
Вологий пісок	0,10-0,15	–	0,4-0,6
Сухий пісок	0,16-0,22	0,2-0,3	–

Номинальне тяглове зусилля, згідно ГОСТ 27021-86 визначаємо за формулою:

$$P_n = A \cdot G \quad (2.3)$$

Для трьох і чотирьохколісних тракторів із двома ведучими колесами $A=3,92$.

$$P_n = 3,92 \cdot 400 = 1568 (H)$$

$$N_n = \frac{(P_n + fG)v_n}{270 \eta_m \eta_s \eta_n} \quad (2.4)$$

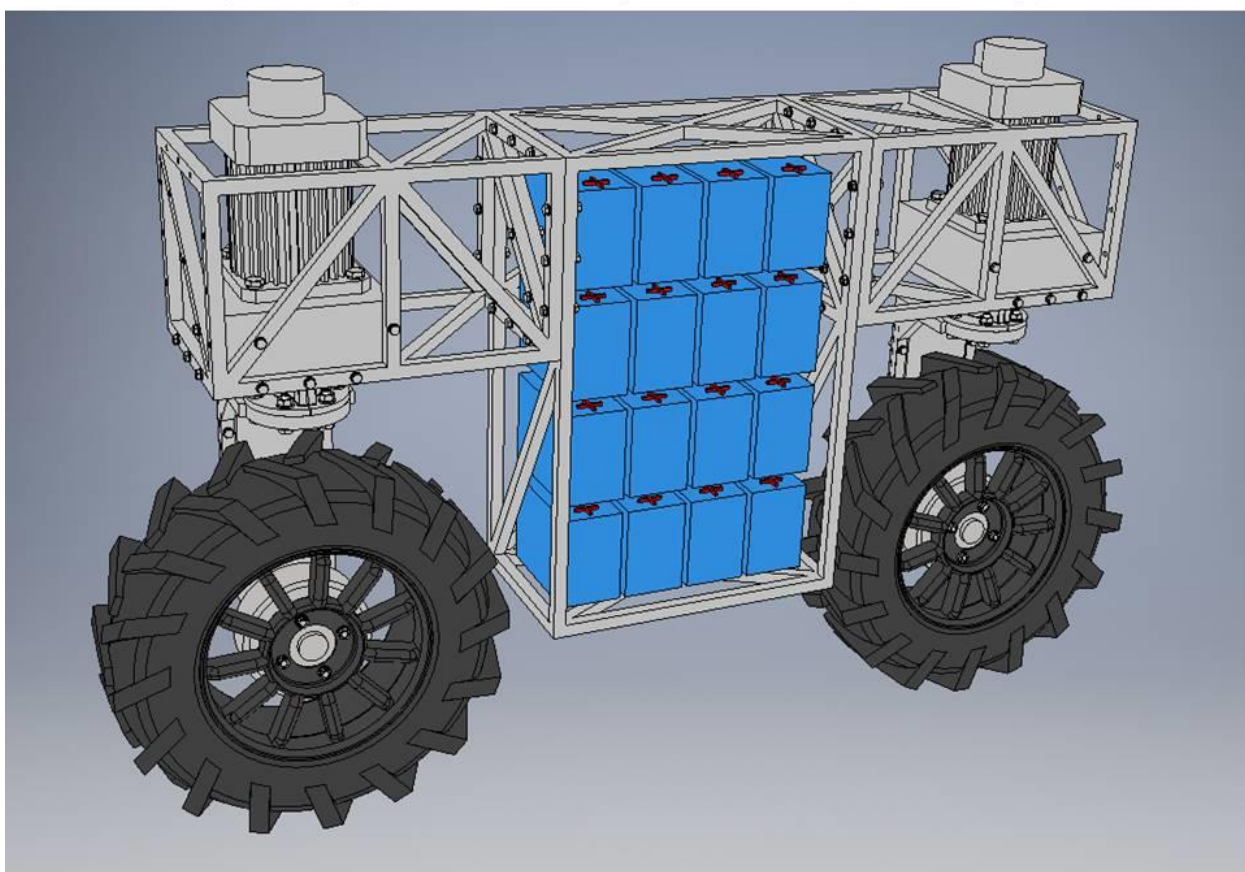
де η_m – механічний коефіцієнт корисної дії силової передачі – 0,9, η_s – коефіцієнт, що враховує втрати від буксування, для колісних тракторів загального призначення рівний від 0,85 до 0,87, η_n – коефіцієнт використання потужності, становить 0,9-0,95, із урахуванням запасу потужності на початок руху та подолання випадкових спротивів. Номинальну швидкість приймемо за 6 км/год.

$$N_n = \frac{(159,89 + 0,1 \cdot 400) \cdot 6}{270 \cdot 0,9 \cdot 0,86 \cdot 0,93} \cdot 0,7355 = 4,54 \text{ кВт.}$$

Проект робота-трактора «FLIBot» (без обвісу)



Проект приводного модулю «FLIBot» (без обвісу)



Розрахунок технічних параметрів приводного модулю «FLIBot»

Момент повороту

Розрахунок моменту опору повороту колеса:

$$M_n = (M_1 + M_2 + M_3) \cdot \frac{1}{\mu_{пр}} \quad (1)$$

де M_1 - момент опору направляючих коліс перекочуванню;

M_2 - момент опору коліс повороту;

M_3 - стабілізуючий момент від нахилу шворня.

Момент опору направляючих коліс перекочуванню розраховується за такою формулою (2):

$$M_1 = G_1 \cdot f_1 \cdot a \quad (2)$$

де G_1 - радіальне навантаження на колесо;

f_1 - коефіцієнт опору перекочування;

a - плече обкатки.

З формули (2) розраховуємо момент опору направляючих коліс перекочуванню M_1 :

$$M_1 = 3000 \text{ Н} \cdot 0,18 \cdot 0 \text{ м} = 0 \text{ Нм};$$

Розрахунок момент опору повороту

$$M_2 = 0,14 \cdot G_1 \cdot \varphi_c \cdot r_n \quad (3)$$

де G_1 - радіальне навантаження на колесо;

φ_c - коефіцієнт зчеплення з ґрунтом;

r_n - динамічний радіус направляючого колеса.

Таким чином, $\varphi_c=0,5$ значення взято з посилання [20 табл. 1.1 ст.11]. Динамічний радіус $r_n = 0,3 \text{ м}$, він є трохи меншим за радіус самого колеса.

З формули (3) розраховуємо M_2 :

$$M_2 = 0,14 \cdot 3000 \text{ Н} \cdot 0,5 \cdot 0,3 \text{ м} = 63 \text{ Нм};$$

Стабілізуючий момент від нахилу шворня розраховується за такою формулою:

$$M_3 = G_1 \cdot (a + r_n \cdot \beta_{ш}) \cdot \left(\beta_{ш} \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2} + \gamma_{ш} \cdot \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \right) \quad (4)$$

де $\beta_{ш}$ - поперечний нахил шворня;

$\gamma_{ш}$ - поздовжній нахил шворня.

Дані кути в нашому випадку дорівнюють нулю, тому звідси виходить що за формулою (4) ми отримуємо такий результат:

$$M_3 = 0 \text{ Нм}.$$

Для того щоб розрахувати момент опору повороту, нам необхідно також розрахувати $\mu_{пр}$, проте наша система не буде мати поворотних цапф, тому ККД в даному випадку буде дорівнювати 1. Звідси розраховуємо M_n .

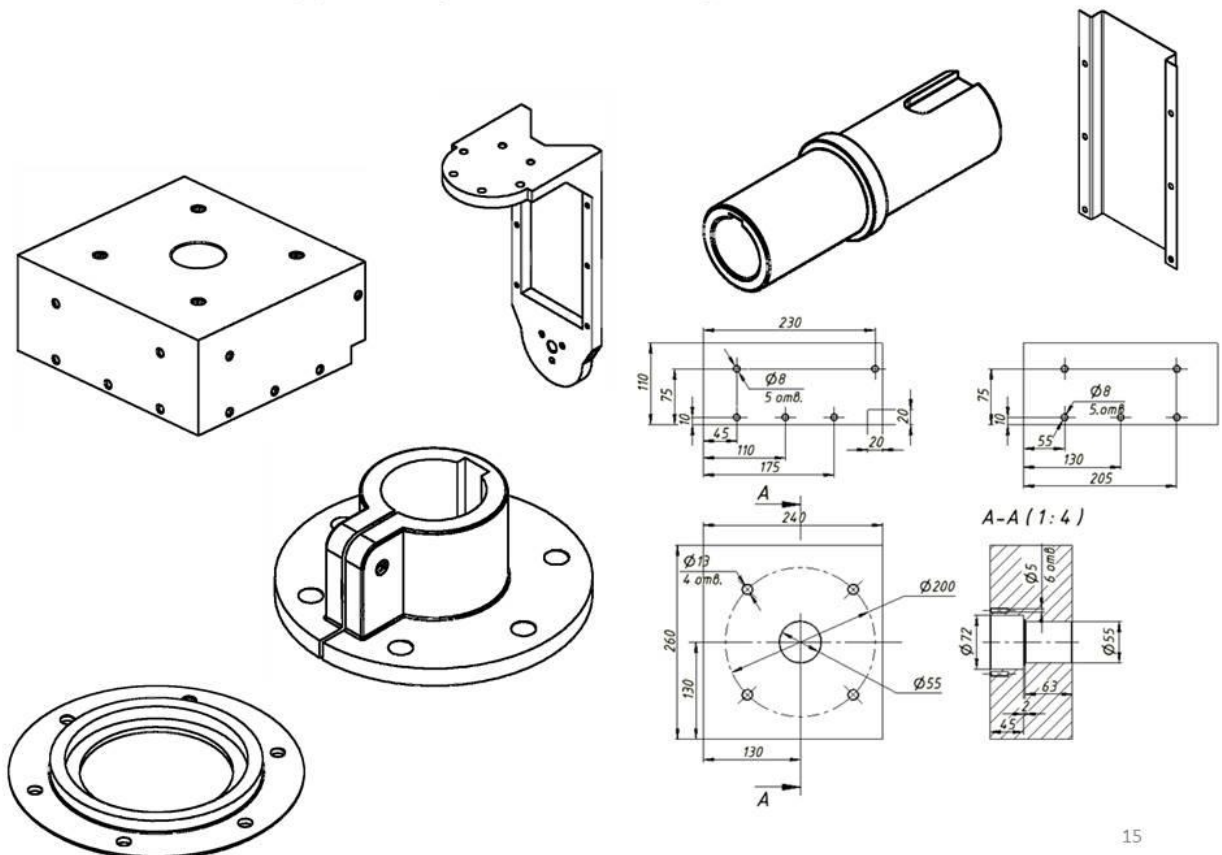
За формулою (1), отримуємо такий результат.

$$M_n = M_2 = 63 \text{ Нм}.$$

Обравши серводвигун моделі 180ST-M35010 [14] для повороту колеса, розробляємо систему кріплення консолі до двигуна, і фіксацію самого двигуна на рами модуля повороту.

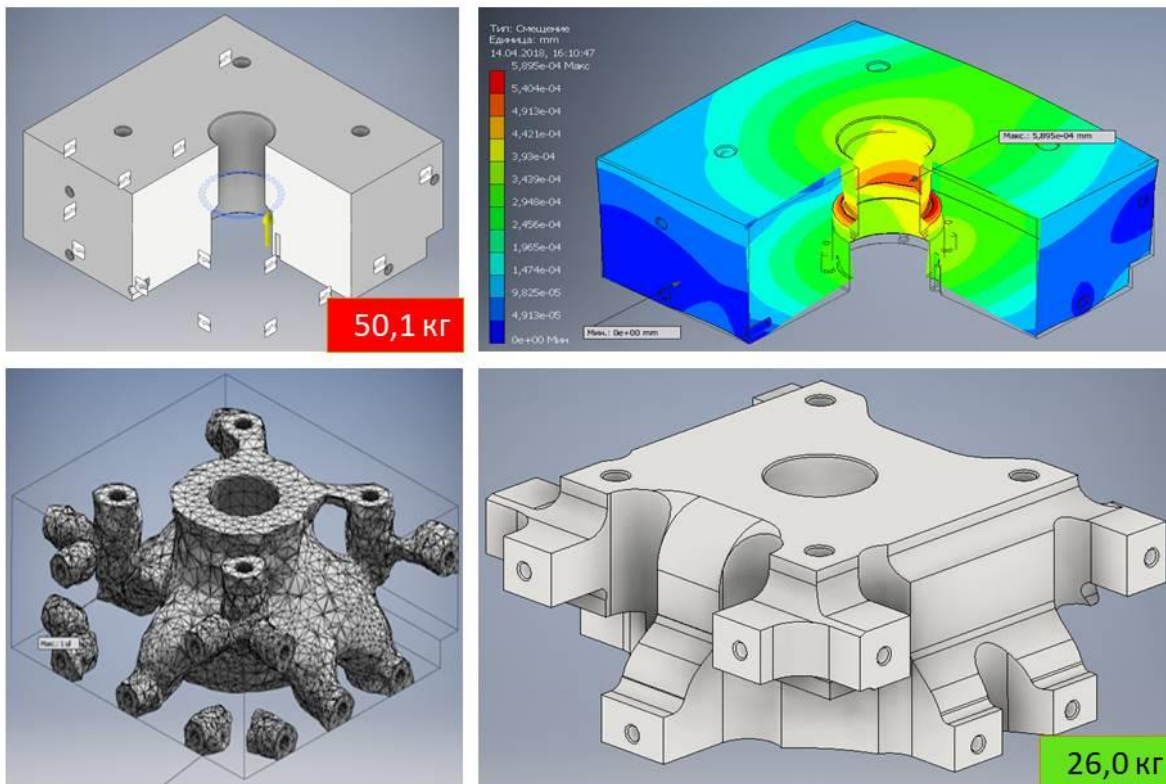
14

Деталі приводного модулю «FLIBot»

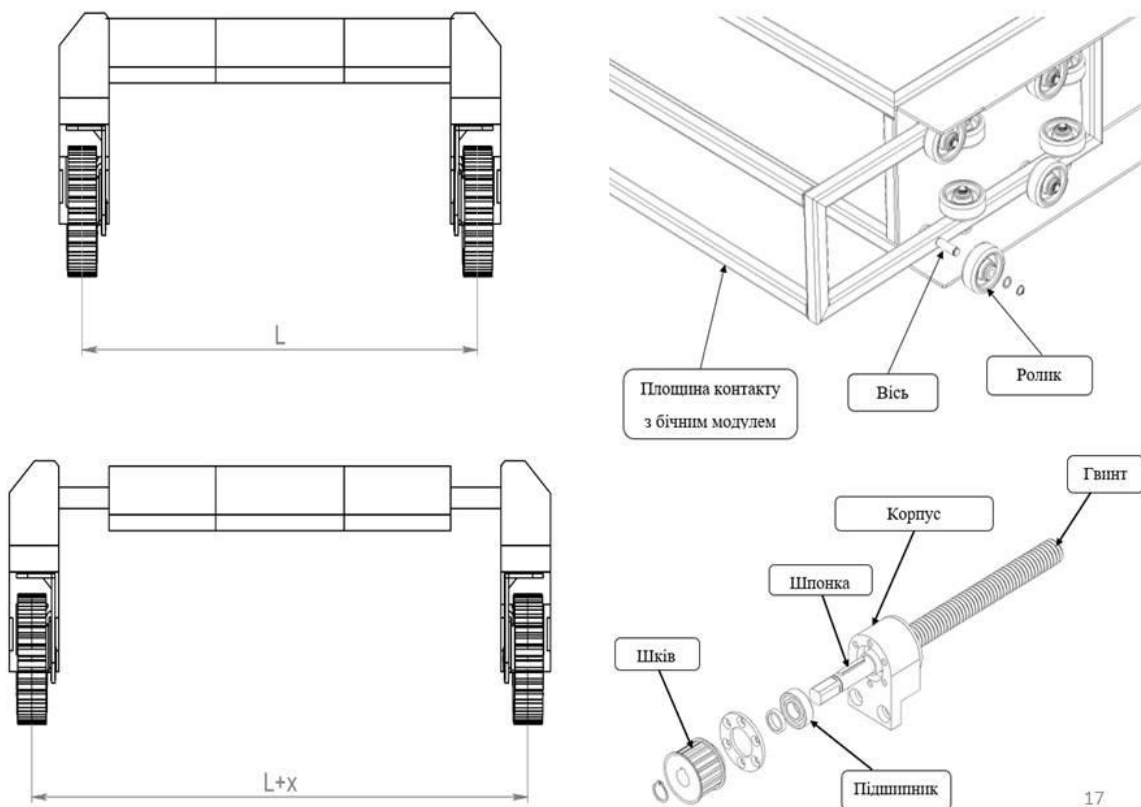


15

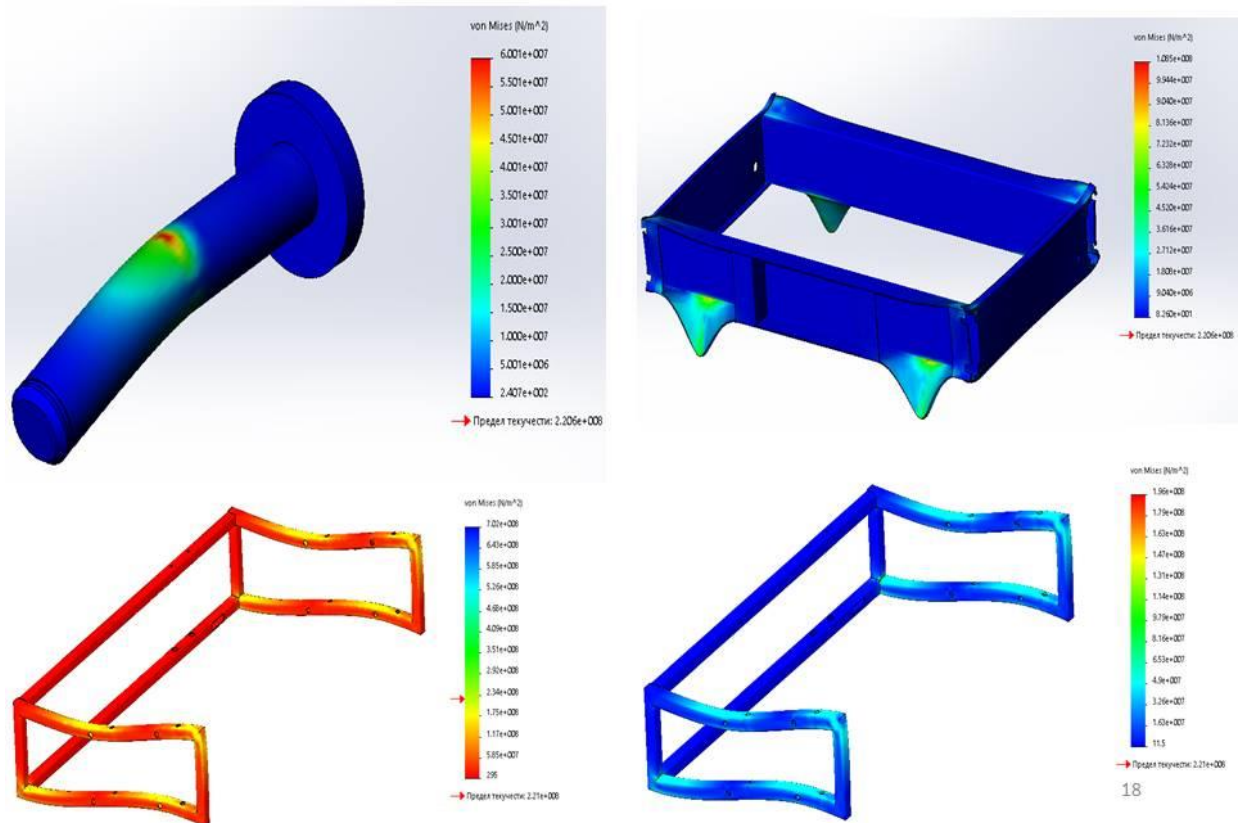
Аналіз напружено-деформованого стану деталей приводного модулю «FLIBot»



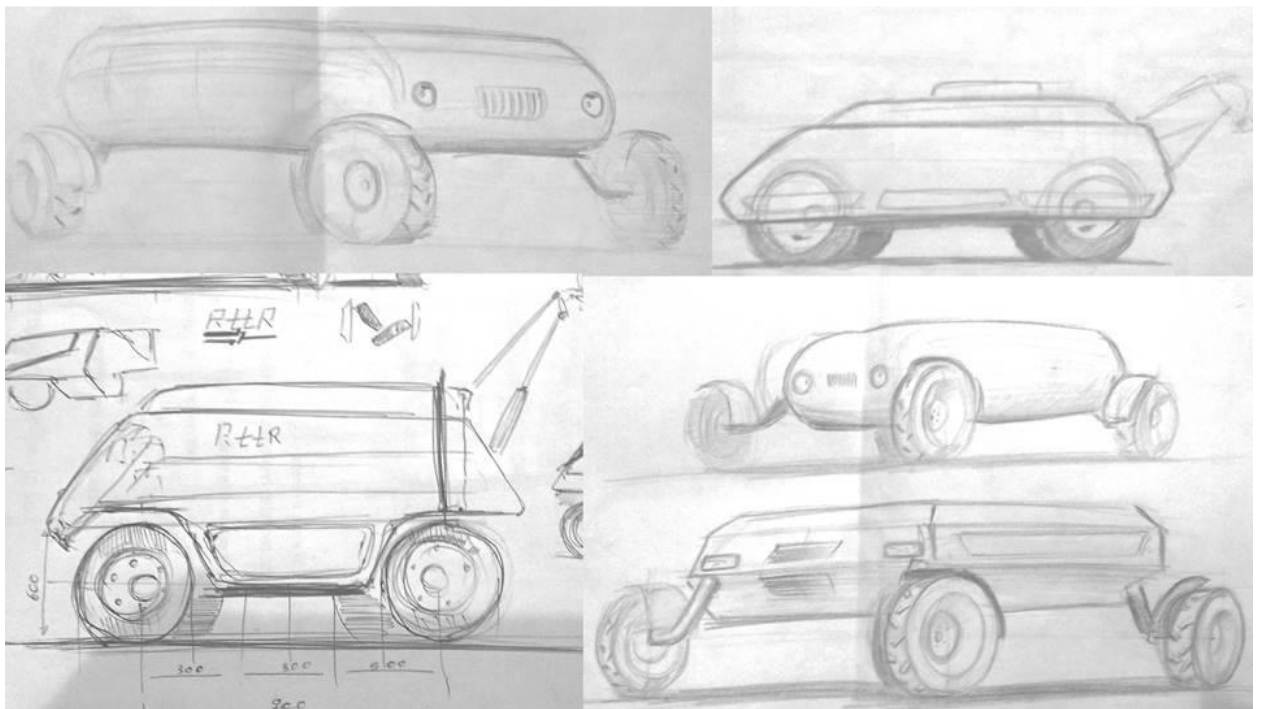
Механізм регулювання ширини колії «FLIBot»



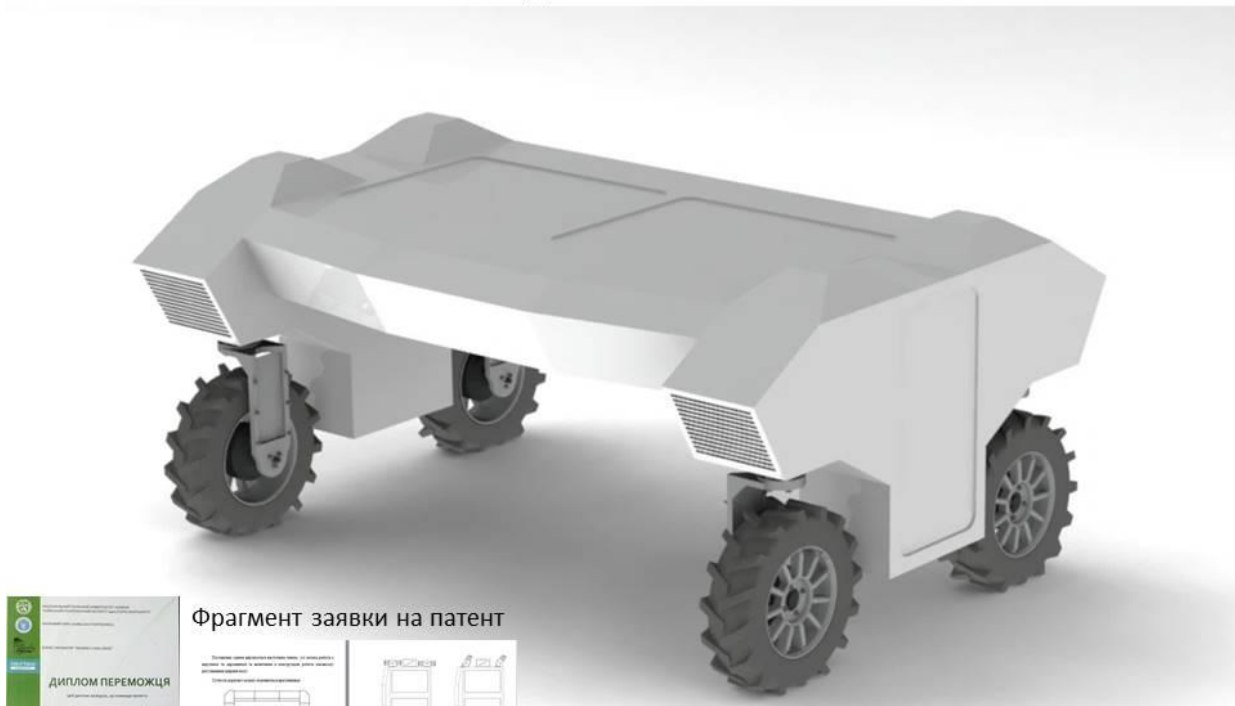
Аналіз напружено-деформованого стану деталей «FLIBot»



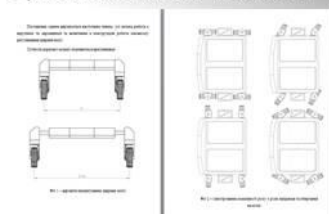
Пошукове ескізування «FLIBot» (осінь 2016)



Модель «FLIBot»

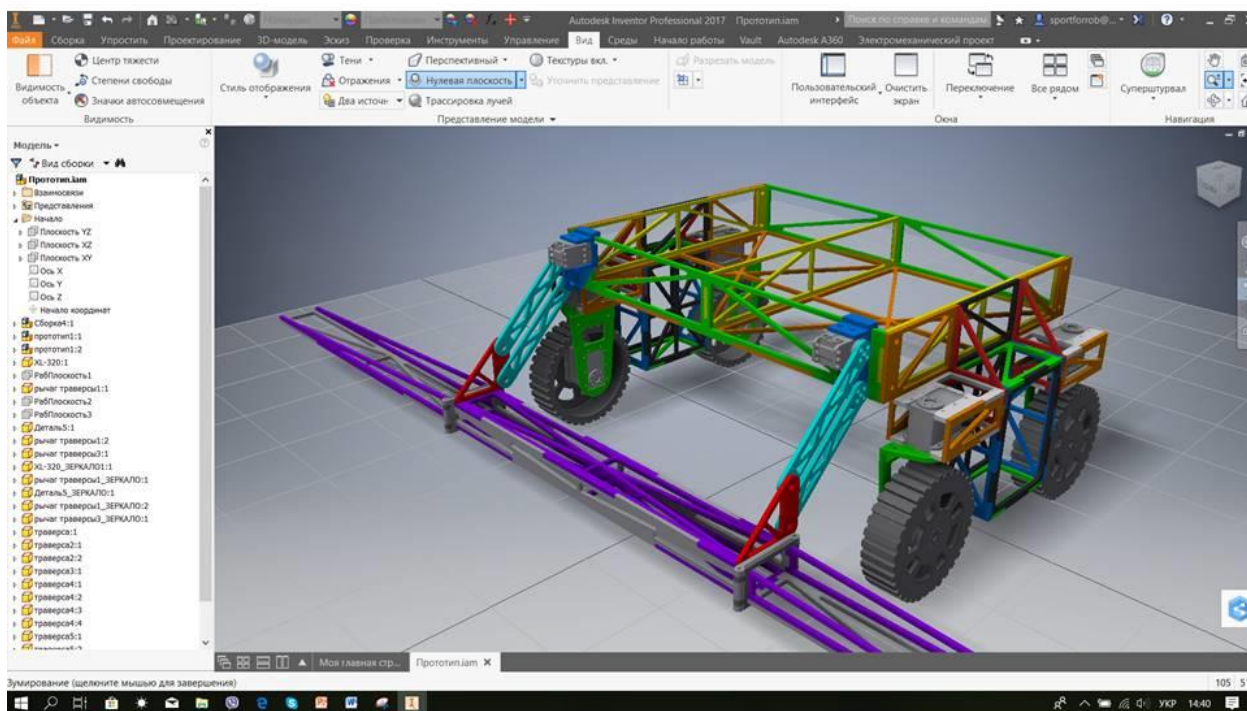


Фрагмент заявки на патент



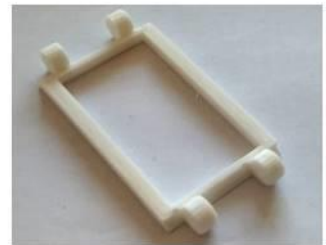
20

Макет «FLIBot» (без обвісу)

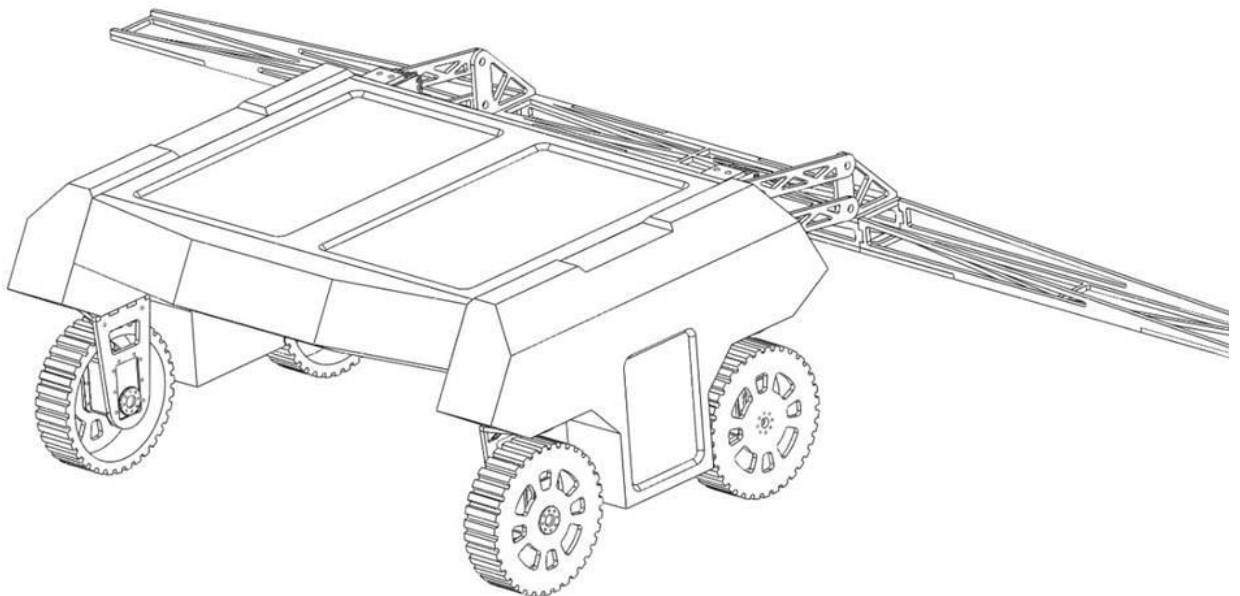


21

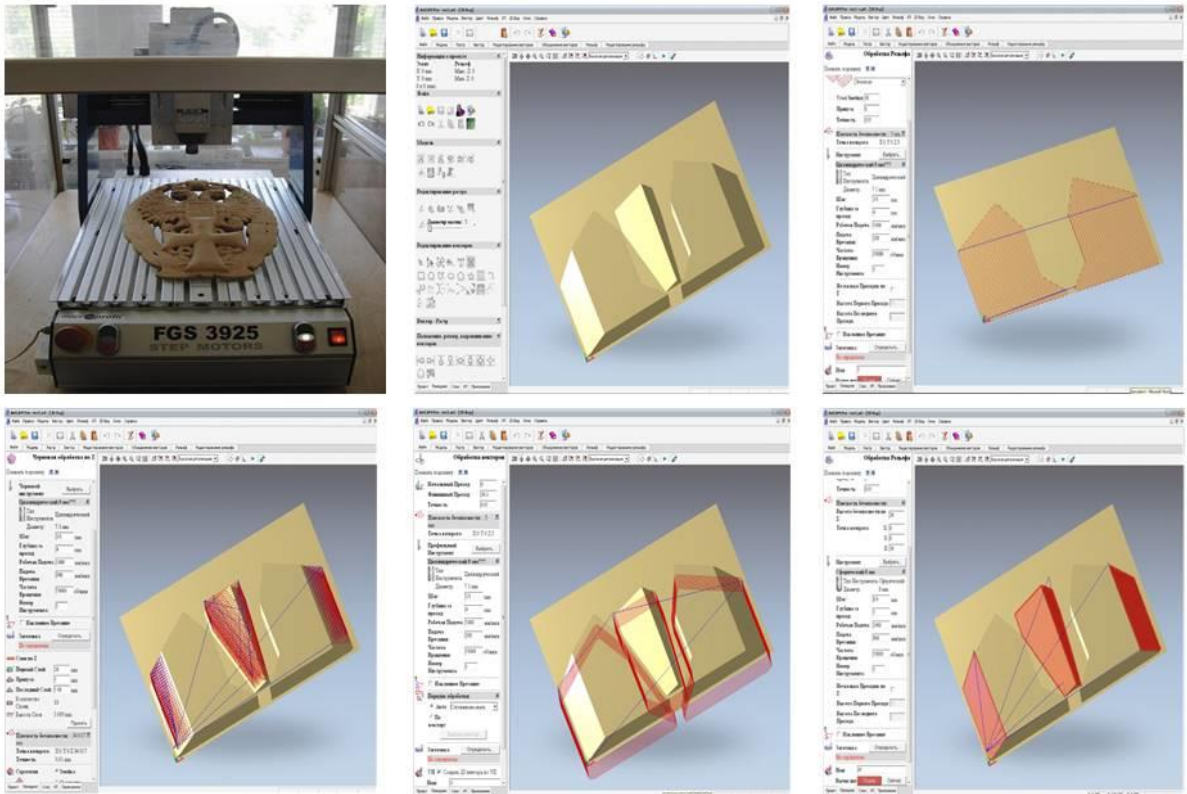
Виготовлення деталей макету «FLIBot»



Макет моделі «FLIBot» (з обвісом)



Технологія виготовлення матриці для обвісу «FLiBot»



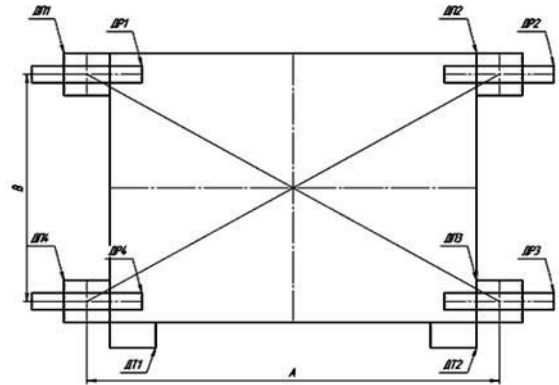
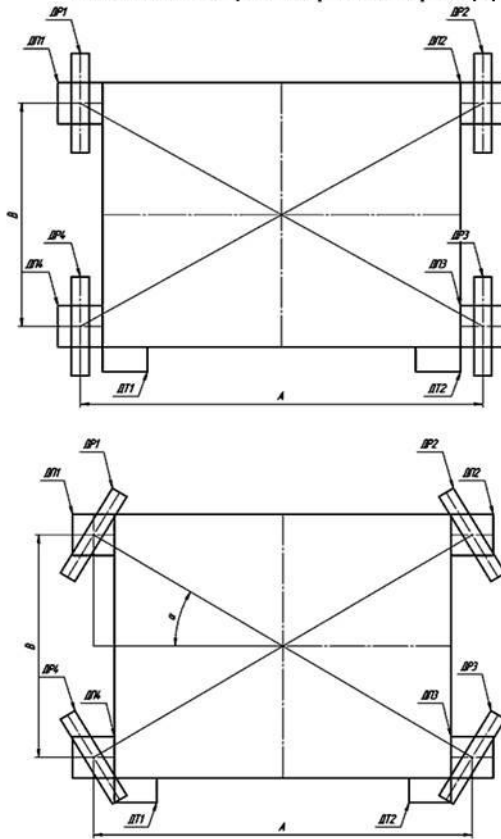
24

Технологія виготовлення обвісу «FLiBot»



25

Комбінація параметрів для керування рухом «FLIBot»



Таблиця 3.1. Комбінації параметрів для керування рухом

Режим	ДР1	ДР2	ДР3	ДР4	ДП1	ДП2	ДП3	ДП4	ДТ1	ДТ2
Вперед	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Назад	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Вправо	1	-1	1	-1	90	-90	90	-90	0	0
Вліво	-1	1	-1	1	90	-90	90	-90	0	0
Розворот на місці (за годстрількою)	1	-1	-1	1	$\frac{tga1 \cdot B}{A}$	$-\frac{tga2 \cdot B}{A}$	$\frac{tga3 \cdot B}{A}$	$-\frac{tga4 \cdot B}{A}$	0	0
Розворот на місці (проти годстрількою)	-1	1	1	-1	$-\frac{tga1 \cdot B}{A}$	$\frac{tga2 \cdot B}{A}$	$-\frac{tga3 \cdot B}{A}$	$\frac{tga4 \cdot B}{A}$	0	0
Регулювання траверси	0	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{\sin\beta}{T}$	$\frac{\sin\beta}{L-C}$

26

FLIBot – Farm Land Intellectual Bot

Проект роботизованої інтелектуальної платформи для оприскування в сільському господарстві



Основні технічні характеристики

Споряджена маса 800 кг
 Корисне навантаження 200 кг
 Температура середовища $25 \pm 20^\circ\text{C}$
 Ширина траверси поливу 6 000 мм
 Положення форсунок регульоване
 Колісна база 2400–2800 мм

Колісна формула 4 x 4
 Ширина коліс 270 мм
 Потужність (сумарна) 12 кВт
 Їмність акумуляторів 16 кВт•год
 Швидкість руху до 10 км/год
 Дорожній просвіт 900 мм

Ідея стартапу

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автономний робот-трактор, що відповідає вимогам точного землеробства	Робота на фермах та агропромислових комплексах	Менший вплив людського фактору при обробці полів. Виконує усе згідно із програмою, що генерується програмним забезпеченням, відповідно до введених умов
Кероване зрошення та внесення добрив	Полив та удобрення	Економія ресурсів
Регулювання ширини колії	Обробка різних рослинних культур	Немає необхідності мати парк різної техніки для обробки різних культур
Розпізнавання рослин	Робота на полі	Робот не буде удобрювати бур'яни та трави корисні культури

28

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Аналіз ринку

Визначення сильних, слабких та нейтральних сторін проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари/концепції конкурентів			
		проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3
1	Вартість обслуговування	N	N	S	N
2	Вартість ремонту	N	N	S	N
3	Спійкість	S	S	W	W
4	Адаптивність	S	N	W	S
5	Доступне обладнання	S	N	W	S
6	Ремонтпридатність	W	N	S	N
7	Інформаційна виразність	S	S	W	N
8	Транспортабельність	S	W	S	W
9	Наявність викидів	N	N	W	N

Технологічна здійсненність проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Використання електроприводу	Застосування мотор-коліс	Наявна	+
2	Читання польових карт	Програмне забезпечення, що може читати та керуватися польовими картами	Наявна	+/-
3	Модульна структура	Зварні конструкції, зборка за допомогою метизів	Наявна	+
4	Можливість зміни ширини колії	Керування шириною колії за допомогою електропривода та контролерів	Наявна	+/-
5	Розпізнавання рослин	Система розпізнавання образів	Наявна	+/-

Обрана технологія реалізації ідеї проекту:
Даний проект є цілком реалізуємим, проте потребує певних допрацювань.

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Обробка полів	Фермери та агропромислові комплекси	Різна кількість придбаних одиниць техніки	Надійність, ремонтпридатність, економічність, наявність запчастин
2	Перехід до точного землеробства	Фермери та агропромислові комплекси	Різні вимоги до функціональності робота та рівня автоматизації його роботи	Автономна робота, економія ресурсів за рахунок нових технологій, вміння читати польові карти

Фактори загрози

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Використання застарілої техніки і технологій на внутрішньому ринку	Традиційно поля обробляються великими тракторами та літаками	Рекламна компанія та популяризація точного землеробства
2	Недостатнє фінансування проекту	Нестача коштів для забезпечення розробки робота-трактора із усіма запланованими технологіями	Визначення інвестиційної привабливості проекту, представлення його інвесторам та представлення робочих прототипів
3	Конкуренція	Доступність великим фірмам більшої кількості технологій	Вдосконалення конструкції та зниження собівартості

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Перехід на систему точного землеробства.	Зріст попиту на високотехнологічну сільськогосподарську техніку.	Розвернути рекламну компанію на території України, розширити виробництво.
2	Вимоги покупців до екологічності продукції.	Збільшення продажів через вибір людьми рослин, що не підлягали хімічній обробці.	Збільшення обсягу виробництва роботів-оприiskувачів, розробка роботів із альтернативними методами боротьби з бур'янами.
3	Подорожчання палива.	Економічна доцільність використання електричних	Збільшення обсягу виробництва, розширення

Аналіз ринку

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари заміники
	AgBot II, HortiBot, BoniRob	Thorvald II Dine	Українські постачальники металічних профілів та роликів. Електрообладнання – Китай, комп'ютерна техніка – країни Азії.	Європейські та американські сільські господарства. В разі підвищення популярності в Україні точного землеробства розширення на вітчизняному ринку.	Традиційні трактори.
Висновки:	Всі існуючі конкуренти знаходяться в процесі розробки та ще не вийшли на ринок.	Були заявлені відносно нещодавно, проте, дані про те, що вони досліджувалися на практиці, відсутні.	Постачальники не диктують умови на ринку, так як усі ці виробники використовуються і у інших галузях.	Клієнти диктують умови роботи на ринку, так як передбачається вихід декількох робіт із схожим призначенням, але різним набором технологічності і автоматизації роботи.	Трактори старих зразків не складають конкуренції, так як потребують дообладнання, при якому не досягнуть рівня технологічності і автоматизації роботи.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін FLiBot

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «FLiBot»							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Низька вартість	18	1,3		2					
2	Багатофункціональність та налаштування ширини колії	16	2	1		3				
3	Модульність конструкції	15		2		1	3			
4	Наявність сонячних панелей	19			1,3	2				
5	Технології і матеріали	10					2	1,3		

№ п/п	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1	Тип конкуренції - одігополія	Вирізняється невеликою кількістю виробників. Всі рішення про обсяги виробництва і ціни є взаємозалежними. Відчувається вплив рішень, які приймають конкуренти. Невелика кількість конкурентів (х навіть відносно монополію).	Встигнути зайняти свою ринкову нішу до того, як на ринок вийдуть інші конкуренти. Зарекомендувати свій товар з крайньої сторони.
2	За рівнем конкурентної боротьби – національний	Проект орієнтований більше на закордонний, ніж на український ринок, а усі потенційні конкуренти є закордонними розробками.	Є потреба дослідження, як українського ринку, так і міжнародного. Для українського ринку цей продукт є повністю новим, проте на міжнародний ринок вже вийшли сільськогосподарські роботи інших призначень.
3	За галузеву ознакою – внутрішньогалузева	Продукт використовується тільки однієї галузі.	Розвиток в середній галузі, посилювати конкурентні позиції.
4	Конкуренція за видами товарів	Виробляється схожий продукт однієї галузі, орієнтований на однакову сферу, тільки різними виробниками.	Бути кращим за усіх конкурентів. Покращення технічних характеристик. Рекламна кампанія, направлена на фермерів.
5	За характером конкурентних переваг - не цінова	Розроблений продукт має свої відмінності від розробок конкурентів.	Зниження собівартості продукту.
6	За інтенсивністю - марочна	Регульована ширина колії, здатність руху в будь-якому напрямку та сонячні батареї повинні стати впізнаваними рисами FLiBot.	Реклама бренду.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Низька вартість	В Україні більш дешева робоча сила, вартість промислових послугностей та нісичі податкові ставки ніж в ЄС.
2	Багатофункціональність та налаштування ширини колії	Більшість потенційних конкурентів мають вужче коло застосування, та не мають змоги регулювати ширину колії.
3	Модульність конструкції	Можливе використання набору з різних модулів для побудови робіт із різним призначенням.
4	Наявність сонячних панелей	Жоден з прямих потенційних конкурентів не обладнаний сонячними панелями.
5	Технології і матеріали	Використовують надійні матеріали, хоча і ті, що мають відносно велику вагу.

SWOT-аналіз стартап-проекту «FLiBot»

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ol style="list-style-type: none"> Низька вартість Універсальність Модульність Розроблений відповідно до концепції точного землеробства Автономність 	<ol style="list-style-type: none"> Наявність потенційних конкурентів Недостатнє фінансування Невідомість бренду
Можливості	Загрози
<ol style="list-style-type: none"> Зріст вимог покупців до екологічності продукції Ранній вихід на ринок Поширення концепції точного землеробства Подорожчання палива Збільшення інвестицій 	<ol style="list-style-type: none"> Вихід на ринок продукції конкурентів Звичність до старої техніки в Україні Недостатнє фінансування проекту Економічна криза

ВИСНОВКИ (Варцаба А.О.)

- Аналіз стану сільськогосподарського машинобудування показав, що на сьогоднішній день все більше поширюється застосування принципів точного землеробства, особливо у розвинутих країнах. При чому точне землеробство потребує специфічних технологій, які були розглянуті у першому та другому розділах даної роботи. І на даний момент жодний з потенційних конкурентів ще не вийшов на ринок.
- За результатами даної роботи було визначено ті характеристики, які, на нашу думку, є необхідними для автономного сільськогосподарського робота-трактора, сформульована концепція та спроектована механічна частина цього робота-трактора. Також був проведений аналіз та визначення необхідних для реалізації інформаційних технологій, а їх застосування дозволило отримати обґрунтовані інженерні рішення. Результати створення стартап-проекту дають зрозуміти, що проект є таким, що має зайняти свою нішу на ринку і буде особливо успішним в тому разі, якщо вийде на ринок раніше за потенційних конкурентів.
- Таким чином на результатах проведених досліджень та розробки можна створити робочий стартап-проект, в тому разі, якщо він знайде своїх інвесторів, що вказує на досягнення мети дипломної роботи.

32

ВИСНОВКИ (Мілаєв Р.Д.)

- Проведений аналіз ринку конкурентів та отримання вхідних даних дозволили підтвердити актуальність створення роботи-зованої платформи.
- За результатами проведеного аналізу створена концепція боко-вого модуля приводу.
- Обґрунтовано та визначено перелік комплектувальних вузлів які дозволяють відтворити роботизовану платформу з покупних елементів модуля при мінімальних фінансових затратах.
- Виконано проектування бокового модуля та створення системи приводу і руху для повороту на 2250 , що дає можливість засто-совувати платформу у стислих просторах густо засаджених полів сучасної агропромисловості.
- Проведено комп'ютерне випробування модуля приводу та оп-тимізація його для зменшення маси, що забезпечило мінімаьльне використання матеріальних ресурсів.
- Розроблено та опрацьовано технології виготовлення та ство-рення віртуального прототипу.
- Здійснено виготовлення діючого прототипу багатофункціона-льної платформи, тим самим експериментально підтверджено можливість створення та працездатності об'єкту проектування.

33

СПИСОК ДРУКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ДОПОВІДІ КОНФЕРЕНЦІЯХ

1. **Мілаєв Р.Д.** Агропромислова платформа для вирішення сільськогосподарських задач [Текст]/ Мілаєв Р.Д., Солодкий В.І. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню». – К., 2017.
2. **Варцаба А.О.** Загальна концепція робота-трактора FLIBot [Текст]/ Варцаба А.О., Пасічник В.А. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню». – К., 2018.
3. **Варцаба А.О.** Механізм регулювання ширини колії автономного робота-трактора FLIBot [Текст]/ Варцаба А.О., Пасічник В.А. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню». – К., 2018.
4. **Мілаєв Р.Д.** Методи прототипування [Текст]/ Мілаєв Р.Д., Солодкий В.І. // Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді – машинобудуванню». – К., 2018.

34

FLIBot – Farm Land Intellectual Bot

*Проект роботизованої інтелектуальної платформи
для оприскування в сільському господарстві*



Основні технічні характеристики

Споряджена маса	800 кг	Колісна формула	4 x 4
Корисне навантаження	200 кг	Ширина коліс	270 мм
Температура середовища	25 ± 20°С	Потужність (сумарна)	12 кВт
Ширина траверси поливу	6 000 мм	Ємність акумуляторів	16 кВт•год
Положення форсунок	регульоване	Швидкість руху	до 10 км/год
Колісна база	2400 – 2800 мм	Дорожній просвіт	900 мм