

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

До захисту допущено  
В. о. завідувача кафедри

О. В. Щевченко

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2019 р.

**Дипломний проект**

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.050503 «Машинобудування»  
(код і назва)

на тему: Система маніпулювання об'єктами мобільного робота

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-51

Павлик Петро Михайлович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Керівник проекту

доц. Кравець О. М.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

доц. каф. ТМ, к. т. н. доц. Лапковський С. В.

(посада, наукова ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2019 року

**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут**  
**ім. Ігоря Сікорського”**  
**Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра конструювання верстатів та машин**

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ **6.050503 «Машинобудування»** \_\_\_\_\_

(код і назва)

Назва програми професійного  
спрямування \_\_\_\_\_ **«Металорізальні верстати та системи»** \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В.Шевченко**

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**  
**Павлику Петру Михайловичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Система маніпулювання об'єктами мобільного робота

керівник проекту Кравець О. М. к. т. н. доц.

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

затверджені наказом по університету від **“22”травня 2019 року № 1326-с**

2. Термін подання студентом проекту: 18 червня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: Максимальний виліт маніпулятора 1590 мм. На максимальному вильоті маніпулятора вантаж масою 5 кг. Охоплення захв. маніпулювання 360 °.

4. Зміст пояснювальної записки: Результати патентно інформативного пошуку. Аналіз кінематичних схем маніпуляторів Кінематичний та динамічний аналіз розрахункової схеми. Розрахунки на міцність деталей приводів та елементів.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Складальне креслення маніпулятора. Робочі креслення деталей. Результат кінематичного та динамічного аналізу.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання: 30 вересня 2018 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Результати патентно – інформативного пошуку	10. 2018	
2.	Результати аналізу схем існуючих моделей	12. 2018	
3.	Розробка кінематичної схеми запропонованої конструкції	02. 2019	
4.	Розробка 3-D моделі	03. 2019	
5.	Проведення кінематичного та динамічного аналізу моделі	04. 2019	
6.	Оформлення складальних та робочих креслень	05. 2019	
7.	Оформлення пояснювальної записки	06. 2019	

Студент \_\_\_\_\_ **Павлик П. М.**  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ **О. М. Кравець**

## Реферат

Дипломна робота складається з пояснювальної записки 91 стор., 109 рис., 18 таблиці. Графічна частина містить 8 аркушів формату А1.

Виконано дослідження маніпулятора мобільного роботизованого комплексу. Проведено аналіз інформації з патентних, реферативних та періодичних джерел дозволив сформулювати мету та задачі дослідження.

Проведено патентно - інформаційний огляд і аналіз промислових зразків та патентів маніпуляторів мобільних роботів.

Розроблено кінематичні та конструктивні схеми маніпулятора мобільного робота.

Проведений кінематичний та динамічний аналіз розробленої конструктивної схеми ( 3D моделі) і визначена необхідна потужність двигунів приводів.

Досліджено та вивчено властивості маніпулятора мобільного роботизованого комплексу.

Розроблені робочі креслення складальної моделі маніпулятора мобільного робота. З використанням модуля « Аналіз напружень» виконали аналіз напруженого стану основних деталей привода і визначили напруження в основних елементах деталей та коефіцієнт запасу міцності конструкцій деталей.

Розроблені робочі креслення основних деталей маніпулятора мобільного робота.



## Реферат

Дипломная работа состоит из пояснительной записки 91 стр., 109 рис., 18 табл. Графическая часть содержит 8 листов формата А1.

Выполнены исследования манипулятора мобильного роботизированного комплекса. Проведен анализ информации по патентным, реферативным и периодическим источникам позволил сформировать цель и задачи исследования.

Проведен патентно - информационный обзор и анализ промышленных образцов и патентов манипуляторов мобильных роботов.

Разработаны кинематические и конструктивные схемы манипулятора мобильного робота.

Проведенный кинематический и динамический анализ разработанной конструктивной схемы (3D модели) и определена необходимая мощность двигателей приводов.

Исследованы и изучены свойства манипулятора мобильного роботизированного комплекса.

Разработанные рабочие чертежи сборочной модели манипулятора мобильного робота. С использованием модуля «Анализ напряжений» выполнили анализ напряженного состояния основных деталей привода и определили напряжения в основных элементах деталей и коэффициент запаса прочности конструкций деталей.

Разработанные рабочие чертежи основных деталей манипулятора мобильного робота.

## Abstract

This is consists of an explanatory note of 91 pages, 109 figures, 18 tables. The graphic part contains 8 sheets of A1 format.

The study of the manipulator of the mobile robotic complex is executed. The analysis of information from patent, abstract and periodical sources has made it possible to form the purpose and tasks of the research.

A patent information review and analysis of industrial designs and patents of mobile robot manipulators was conducted.

The kinematics and design schemes of the mobile robot manipulator are developed.

A kinematic and dynamic analysis of the developed design scheme (3D model) was carried out and the necessary power of the drive motors was determined.

The properties of the mobile robotic complex manipulator have been studied.

The working drawings of the assembly robot manipulator model are developed. With the use of the module "Analysis of stresses" performed the analysis of the stress state of the main parts of the drive and determined the stress in the main elements of the parts and the coefficient of strength of structural components.

The working drawings of the main parts of the mobile robot manipulator are developed.

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Система маніпулювання об'єктами мобільного робота

Київ – 2019 року

Перв. примен.	Зміст			
	Вступ			
Справ. №	1. Дослідження аналогів та патентів			
	1.1 Аналоги моделей мобільних роботизованих комплексів			
	1.2 Патентне дослідження			
	1.3 Мета і задачі дослідження			
	2 Розробка кінематичної та конструктивної схеми маніпулятора мобільного робота.			
	3 Огляд вибухонебезпечних матеріалів			
	4 Кінематика маніпулятора			
	4.1 Структурний аналіз кінематичної схеми			
	4.2 Визначення довжини ланок, та граничні значення узагальнених координат			
	5 Обґрунтування вибору типу приводу			
Подп. и дата	5.1 Існуючи типи приводу			
	5.2 Опис лінійних електроприводів серії SKF CASM			
Инв. № дцбл.	5.3 Геометричні характеристики для лінійних приводів			
	6 Визначення розмірів ланок			
Взам. инв. №	7 Динамічне моделювання в Dynamic Simulator Inventor			
	8 Звіт із динамічного аналізу			
Подп. и дата	8.1 Зусилля у приводах			
	8.2 Аналіз напруження в елементах конструкцій			
Инв. № подл.	8.2.1 Кріплення приводу L1			
	8.2.2 Обертальна ланка №1			
	8.2.3 Поворотна ланка №2			
	МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ			
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
	Разраб.	Павлик П. М.		11.06.2019
	Пров.	Кравець О. М.		
	Н. контр.			
	Утв.			
	Пояснювальна записка			
	Лит.	Лист	Листов	
	В			
	КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ, гр.			
	МВ-51			

8.2.4 Ланка №3	66
8.2.5 Ланка №4	68
8.2.6 Вузол b	70
8.2.7 Вузол d	72
8.2.4 Ланка №3	66
8.2.5 Ланка №4	68
8.2.6 Вузол b	70
8.2.7 Вузол d	72
8.2.8 Вузол f	73
8.2.9 Вузол g	75
8.2.10 Вузол o	75
8.2.11 Вузол n	78
8.2.12 Вузол y	79
8.2.13 Вузол e	81
8.2.14 Ланка 280 мм.	83
8.2.15 Ланка 190 мм.	84
8.2.16 Ланка 200 мм.	86
8.2.17 Ланка 180 мм.	87
8.2.18 Ланка 100 мм.	88
9 Висновки	90
Джерела	91

## Вступ

Розглядаючи актуальність даного питання варто звернути увагу на поширенні проблеми які виникають в процесі розмінування вибухонебезпечних предметів. Це предмети пов'язані із військовим призначенням, або предмети основна мета яких є травмування або знищення живої сили противника чи техніки. Вони можуть встановлюватися в приміщеннях, в польових умовах, в технологічних спорудах, в транспорті. Також велика кількість вибухонебезпечних матеріалів знаходиться в зонах військових конфліктів, чи місць їх недавнього завершення. Велика їх кількість залишається під відкритим небом становлячи загрозу для життя та здоров'я людини.

В сучасності велика кількість вибухонебезпечних матеріалів становить вагомому загрозу життю та здоров'ю військовослужбовцю який вимушений із ними працювати, для розмінування чи знешкодження. В процесі розмінування присутній високий степінь ризику підриву. Це пов'язано із тим, що велика кількість боєприпасів мають високі вимоги до рівня кваліфікації військовослужбовця який із ними може працювати. Це ускладнює роботу розмінувальної групи оскільки вимагає наявності висококваліфікованих кадрів.

Також варто відзначити, що боєприпас може встановлюватися без змоги до розмінування, без видимих візуально ознак. Тому доцільно замінити роботу людини на роботу машини. Це дозволить в автоматичному режимі працювати людині із меншим досвідом та виконувати дані роботи на безпечній віддалі від вибухонебезпечного матеріалу.

Для цього згідно із завданням розробляється маніпулятор для мобільного роботизованого комплексу.

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				10
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 1. Дослідження аналогів та патентів

### 1.1. Аналоги моделей мобільних роботизованих комплексів

Розглянемо аналоги мобільних роботизованих комплексів які представлені на світовому ринку, їх кінематику та технічний опис, за наявністю. За перспективністю вони посідають ключові положення в розвитку інновацій та технологій у сучасному промисловому машинобудуванні [1, с.2-3], оскільки мають вагомні переваги в використанні:

- в службах надзвичайних ситуацій та екологічних службах,
- в службах правопорядку та спецпризначення,
- в військовій справі,
- в дослідницьких організаціях,
- та інші.

Основна функція роботів є заміна праці людини, здешевлення виробництва, та найважливіше зменшення ризику для людини. Прикладом є використання мобільних роботів з радіоактивними матеріалами на відкритих ділянках. Також робота із вибухонебезпечними предметами, різного походження. Розглянемо мобільні роботи провідних компаній світу, в військовій сфері.

В даному напрямку їх можна розділити на три класи за цільовим призначенням, а саме: ударні, розвідники, бойового забезпечення, спецоперацій та інші. Дані класи також можуть поєднуватися в одному роботі, і виконувати одночасно декілька функцій. Розглянемо мобільні роботи які найбільше підходять до ролі розміновувача, але також можуть використовуватися як ударні чи розвідувальні моделі.

Розглянемо продукцію світових фірм в даному напрямку. Такі роботи виготовляються в США, Китаю, Ізраїлю та Європі. На ринку представленні мобільні роботи лінійки із США компанії Andros (F6A, F6B, HD SEL, Wolverine V2, Titus, MarkV-A1/RONS, Nomad). Також є роботи компанії iRobot ( Warrior 700, Warrior 710) та MTRS (Mk2 (TALON), MK1 (PackBot EOD)) та інших

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				11
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата		

компаній HDMS 551s1, MARCbot, 710 Kobra, CHAOS, Harris T7, LT2/F Bulldog, HD2Mastiff

Із Росії представлена лінійка роботизованих комплексів: Кобра 1600, Вепрь, Богомол – 3М, Варяг, Варан, Вездеход ТМЗ, Вездеход – ТМ5, РТК - ( 05, 06, 07, 08, 10, ВТ1 ), МРК – ( 01, 02, 15, 25 "КУЗНЕЧИК", 27, 35, 46М, 61, "КІР", РХ, МВТ ), РД-РХР.

Із Германії можна навести такі приклади лінійки мобільних роботизованих комплексів: Cobham ( tEODor, telemax), ASENDRO EOD, IBIS, GRYF.

Мобільні робото технічні комплекси із Франції, а саме: TYROC , TSR 202, Cameleon CBRN, Cameleon E, IGUANA C

В інших країнах також є свої розробки даних робото технічних комплексів:

- Канада: Avenger , Vanguard ROV, Defender ROV, CALIBER® T5, CALIBER MK4, MK3 CALIBER, Mini-CALIBER
- Англія: Cutlass, Wheelbarrow Mk9.
- Бельгія: DOVOBOT.
- Польща: Balsa, Scout, Inspector, GRYF, PIAP FENIX, IBIS, PIAP GRYF® Snow/Sand.
- Інші: DynaROVR system 324 (Швеція), SIL06 (Іспанія), НОВО (Ірландія), OzBot Titan (Австралія), DAKSH (Індія), EV RVE-1 (Тайланд), Kaplan (Турція), NAT-2 (Турція), КОНГАЗ (Японія).

Розглянемо розробки американської компанії Andros модель мобільного роботу F6A з дистанційним керуванням яка представляє систему для розмінування та інших спецоперацій [11]. Базова комплектація містить: LCD монітор, кабель зв'язку, та робота. За заявою виробника дану модель можна віднести до робота з тяжким режимом роботи. Він відображений на рис. 1.1. Короткі технічні характеристики подані в таблиці 1. 1.

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист 12
		Кравець О. М.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		





Рис. 1.1 Мобільний робот Andros F6A

Таблиця 1. 1

### Характеристики мобільного робота Andros F6A

Геометричні параметри:		
- висота, мм.		1500
- ширина, мм.		700
- довжина, мм.		1300
Вага, кг.		220
Швидкість, км/год.		5,6
Максимальн, кг.		11,35

Даний мобільний робот має 7 степеней вільності включаючи захват, що дозволяє йому виконувати розмінування.

Військовий робот серії TALON від компанії QinetiQ North America відображеного на рис.1.2. [8] випускається із 2000 року. Використовувалися у військових конфліктах де отримали позитивні відгуки щодо міцності та надійності. Технічні характеристики подані в таблиці 1. 2.

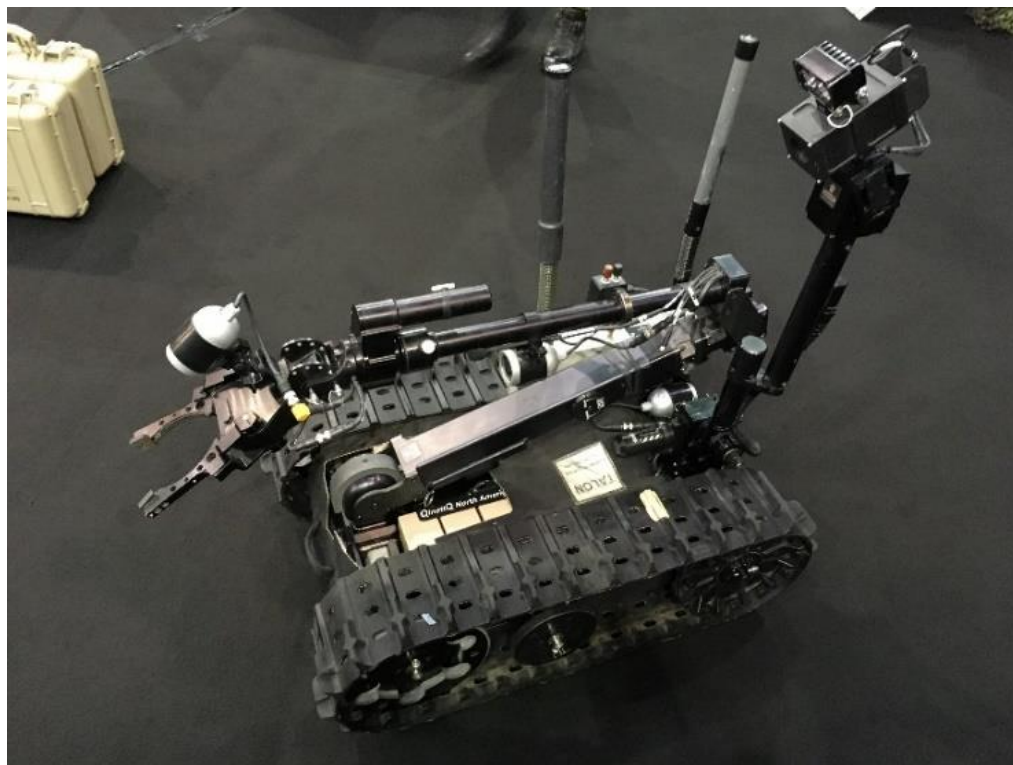


Рис. 1.2 Військовий робот TALON для розмінування

Таблица 1. 2

### Характеристики мобільного робота TALON

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	830
- ширина, мм.	580
- довжина, мм.	870/1100
Вага, кг.	68-102
Швидкість, км/год.	9,6
Коло розвороту діаметром, мм.	1330
Вантажопідйомність, кг.	68
Тривалість роботи, год.	3-4

Згідно характеристик даний маніпулятор має 8 – степеней вільності і складається із 7 ланок.

Керування мобільного робота може здійснюватися за допомогою ноутбука із відповідною керуючою програмою чи із пульта, має достатньо велику кількість портів для підключення системи керування.

Розглянемо представлений робот компанії HARRIS модель T7. Дана модель як і попередні використовується для оперуванням вибухонебезпечними предметами. В характеристиках зазначається [13], що є простота конструкції та простота в керуванні. Також в даній моделі реалізовано зворотній зв'язок, що значно спрощує керування мобільним роботом.



Рис. 1.3 Військовий робот T7 для розмінування

Короткі технічні характеристики подані в таблиці 1. 3. Маніпулятор має 6 степеней вільності не включаючи захвату. Вантажопідйомність маніпулятора вказується в залежність від вильоту. В складеному режимі він може забезпечити стійкість при вазі 113 кг, а в розкладеному варіанті на

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист

15



максимальному вильоті 27 кг. Також в даній моделі присутня функція зворотного повернення маніпулятора, що спрощує роботу з ним.

Таблиця 1. 3

### Характеристики мобільного робота Т7

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	1161
- ширина, мм.	701
- довжина, мм.	1201
Вага, кг.	322
Швидкість, км/год.	6,5
Коло розвороту діаметром, мм.	1391

Розглянемо модель мобільного робота для розмінування із Росії «Богомол-3» [10] рис. 1.4 . Даний робот призначений для роботи в небезпечних зонах та важкодоступних місцях.

Основні технічні характеристики відображено в таблиці 1. 4.



Рис. 1.4 Мобільний робот розмінування БОГОМОЛ-3М

## Характеристики мобільного робота БОГОМОЛ-3М

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	950
- ширина, мм.	600
- довжина, мм.	800/1180
Вага, кг.	до 100
Швидкість, км/год.	1,25
Коло розвороту діаметром, мм.	1330
Вантажопідйомність, кг.	30
Тривалість роботи, год.	4

Є можливість подолання перешкод висотою 250 мм., підйом на гірку 35 градуси. В характеристиках вказані, що не менш важливо, деякі кінематичні властивості маніпулятора. Ступінь вільності маніпулятора складає 5 і схват. Радіус робочої сфери маніпулятора складає не менше 1600 мм. Діапазон робочої температури складає ° С -35 + 40.

Також цікавим представником розмічувального комплексу є ВАРАН на гусеничному ході [15]. Зображений на рис. 1.5 з короткими технічними характеристиками в таблиці 1. 5. Даний мобільний робото технічний комплекс належить до легкого класу. Він здатний працювати в умовах міста, чи в умовах нерівної місцевості. Для спостереження він обладнаний аудіо- та відео-фіксацією.

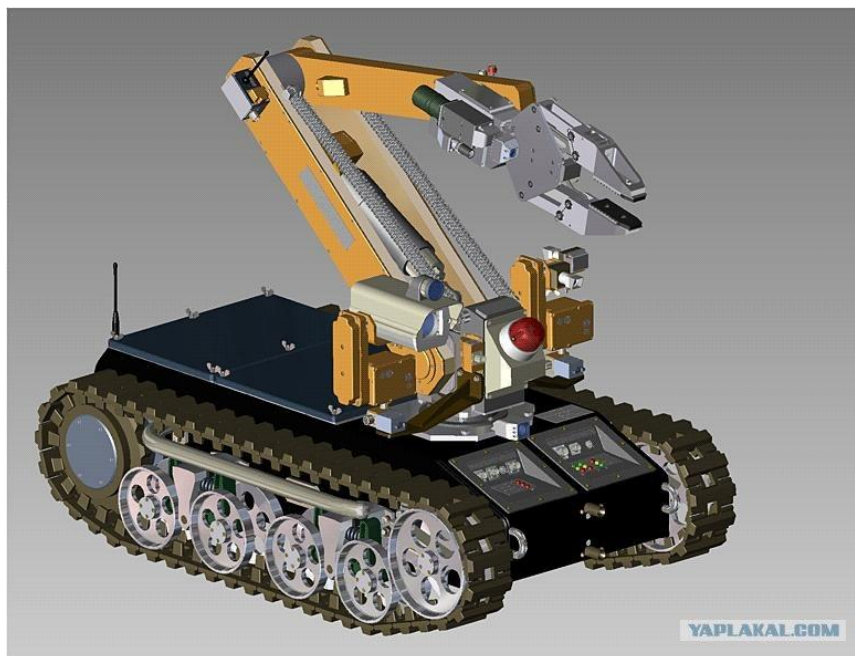


Рис. 1.5 Робот розмінування ВАРАН

Таблиця 5

### Характеристики мобільного робота ВАРАН

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	700
- ширина, мм.	700
- довжина, мм.	1200
Вага, кг.	185
Швидкість, м/с.	0,5
Коло розвороту діаметром, мм.	1330
Вантажопідйомність, кг.	30-50
Тривалість роботи, год.	4

Також до його специфічних характеристик можна додати здатність проходження водяної перепони до 100 мм., рух в снігу до 150 мм. здолання виступів висотою 200 мм. і підйом по нахилу в 30°. Число степеней вільності маніпулятора складає 6, без врахування схвату.

Розглянемо німецького представника мобільного робото технічного комплексу фірми Cobham, а саме EOD robot telemax [14]. Дана модель має відмінний захист, від активних летких хімічних сполук. Тобто підтримується позитивний тиск у корпусі. Також даний комплекс оснащений приладами розмінування та іншими модулями за стандартами НАТО. Модель робота зображена на рис. 1.6 з технічними характеристиками в таблиці 1. 6.



Рис. 1.6 Робот розмінування Telemax

Також варто відмітити, що він здатний долати виступ висотою в 500 мм., підніматися на ухил  $45^\circ$ , має можливість працювати в діапазоні температур  $-60$  до  $+60^\circ\text{C}$ . також фірма виробник представила схему навантаження та розподіл обмеження по масі при роботі із маніпулятором на рис.1.7.

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист 19
		Кравець О. М.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## Характеристики мобільного робота Telemax

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	750
- ширина, мм.	400
- довжина, мм.	800
Вага, кг.	185
Швидкість, км/год.	4-10
Вантажопідйомність, кг.	5
Тривалість роботи, год.	2-4

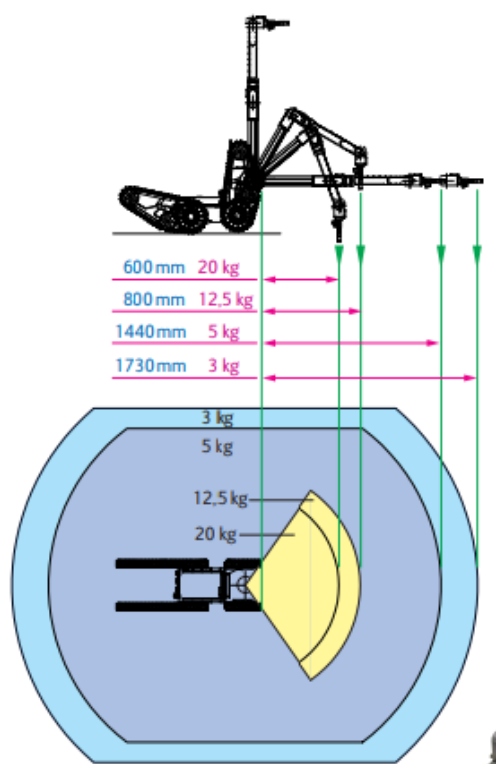


Рис. 1.7 Схема навантаження робота Telemax

Розглянемо Канадський мобільний робото технічний комплекс Digital Vanguard ROV від компанії MED-ENG [16]. Це багатоцільовий мобільний робот для роботи із небезпечними речовинами, вибухонебезпечними матеріалами, спостереження та тактичних цілей. В комплект входить цілий набір засобів, що



робить його універсальним. Наприклад USB адаптер, Bluetooth, та інше. Даний робото технічний комплекс представлено на рис. 1.8 з таблицею 1. 7 в якій відображено його технічні характеристики.



Рис. 1.8 Мобільний робото технічний комплекс  
Digital Vanguard ROV

Таблиця 1. 7

#### Характеристики мобільного робота Digital Vanguard ROV

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	560
- ширина, мм.	450
- довжина, мм.	1040
Вага, кг.	56

Маніпулятор має 6 степеней вільності. Захват обертається навколо власної вісі в діапазоні від  $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ , поворот башні здійснюється  $\pm 90^{\circ}$ . Плечі обертаються в діапазоні  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$ .

Також цікавий робото технологічний комплекс CALIBER MK4 від компанії ICOR Technology [17] рис. 1.9. Вирізняється широкою можливістю перетягування та переносу вантажу із достатньою швидкістю.



Рис. 1.9 Робото технічний комплекс CALIBER MK4

Технічні характеристики робота в таблиці 1. 8.

Таблиця 1. 8

#### Характеристики мобільного робота CALIBER MK4

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	870
- ширина, мм.	750
- довжина, мм.	1400
Вага, кг.	333
Час роботи, год.	2

Вантажопідйомність до 90 кілограм в складеному стані маніпулятора, та 45 кілограм у вийнятому стані.

#### 1.2. Патентне дослідження

Патентне дослідження необхідно виконати для вивчення та ознайомлення з охоронних документів для виявлення схожих чи потрібних винаходів чи відкриті із зробленого чи досліджуваного.

Розглянемо патенти в таких країнах як: США, Канада, Великобританія, Німеччина, Франція, Україна та Росія. Для пошуку патенту використаємо

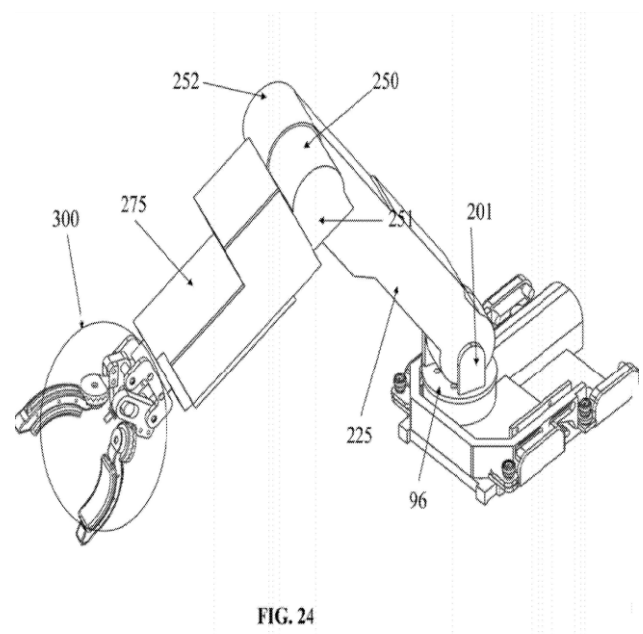
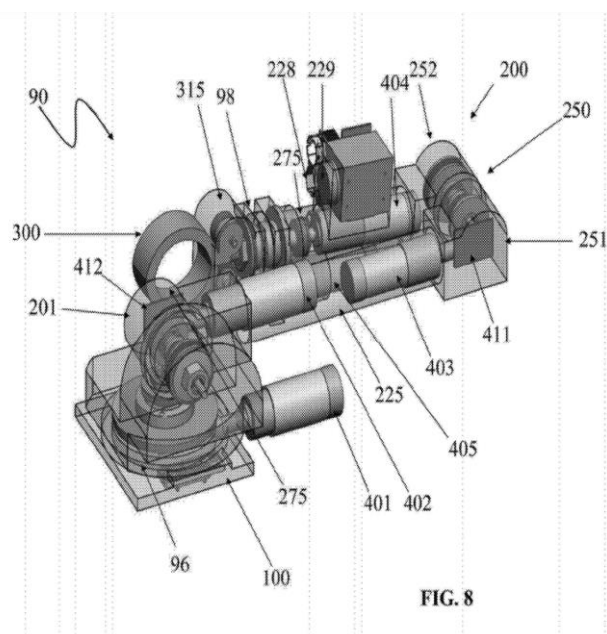
електронні бази пошуку патентів та торгових марок. В США діє міжнародна база патентів USPTO, в Європі представлена Espacenet , в Канаді Canadian Patents Database, в Росії РОСПАТЕНТ, та в Україні УКРПАТЕНТ. Пошук патентів здійснюється загалом за ключовими словами, іменем особи, що зареєструвала документ, датою оформлення, чи міжнародною системою класифікації.

Для пошуку була використана міжнародна система класифікації. Для визначення номеру класифікації необхідно здійснити пошук в даній системі відповідного пункту [18] за призначенням. Формули які задовільняють вхідні параметри є: B25J5/00, B25J13/00, B25J18/00, B25J19/00. Основним класифікатором виступає B25J5/00, що означає: В- різні технологічні процеси; транспортування, 25 - ручні інструменти; переносні інструменти з силовим приводом; рукоятки для ручних інструментів; слюсарні пристосування; маніпулятори, J - маніпулятори; камери, обладнані маніпуляторами, 5 - маніпулятори, встановлені на колесах або на вагонах. Також в даному класі J можна розглянути такі підкласи: 13 – керовані маніпулятори програмою, 18 – військового призначення, 19 – маніпулятори, що керуються в ручну із дисплеєм.

Американський патент для маніпулятора US 2012/0215358 A1 [7], публікація класифікується як B25J 13/08, B25J 5/00, G06F 19/00, B25J18/00, B25J 15/00.

В описі стверджується що для даного маніпулятора робота і роботизованої системи подано способи виготовлення та використання. Також сказано, що конструкція має кінематичні вузли із здатністю обертатися із захистом від обертання більше ніж на граничні кути. Також система має самостійне охолодження. Технічний опис подано нижче. На рис 1.10 взятих з джерела [7].

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



а)

б)

Рис. 1.10 Загальний вид маніпулятора та його компонентів: а) – складений варіант, б) – в робочому положенні.

Дана система Мобільного комплексу має рухому платформу та маніпулятор із змонтованою відеокамерою. Система в себе включає 100 основа, модульний важіль (маніпулятор) 200, та захват 300, та камера 229. Також на рис. 1. 10 позначено двигуни 400-405 які включають контролери 410-420, коробку передач 430, роз'єднувальне пристосування 440, контролер може реалізуватися без щітковим, щітковим, кроковим. Двигуни постійного струму.

На рис. 1. 11 представлено приклад приводу ланок як черв'ячну передачу 430 із коробкою передач з передаточним відношенням від 1 до 4, на другому ступені та від 1 до 35, на першому. Яка може бути реалізована як планетарна передача, конічну чи гепоїдну.

З даними коробками як зазначається в патенті [6] можливий крутний момент від 10 до 100 Н·м.

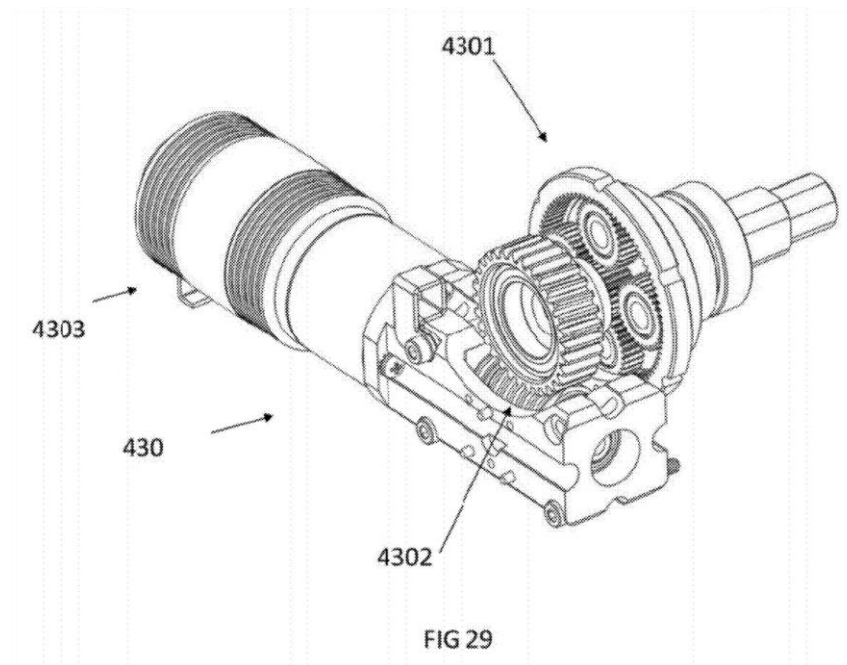


Рис. 1. 11. Кінематичний вузол між ланками

На рис 1. 11 позначено 4301 перша ступінь передачі, 4302 друга ступінь передачі, 4303 третя ступінь передачі.

Для маніпулювання об'єктами застосовується захват із зміним положенням відносно плеча рис. 1.12. Де на рис. 1. 12 позначається 331 важіль,

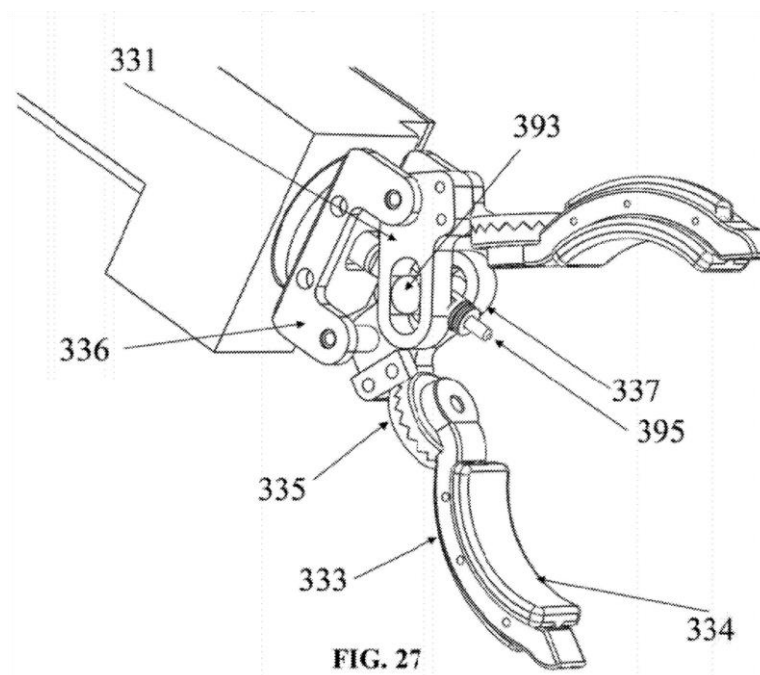


Рис 1. 12. Захват

333 – захват, 334 – захватна підкладка, 394 – латунна висока гайка, 393 – стійка, 337 – датчики дотику.

Американський патент для маніпулятора US 8, 176, 808 B2 [6], публікація класифікується як B25J 17/00, B25J 17/02, G06F 18/00.

В анотації даного патенту описується будова та конструкція вузлів, а саме привід, передавальний механізм.

На рис. 1. 13 Зображено робототехнічний комплекс з пультом 40 керування. Як видно із рис. 1. 13. робот 10 із гусеницями 12a та 12b. Які приводяться в рух від привідних коліс 50.

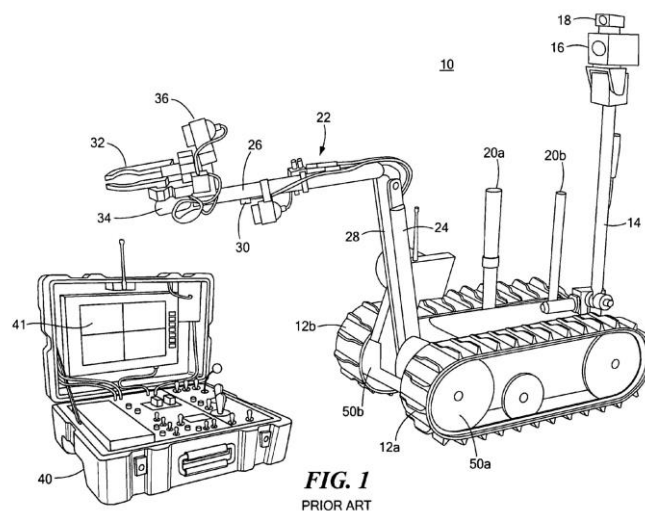


Рис. 1. 13 Робототехнічний комплекс

На роботі монтуються мачта 14, камера 16, та ліхтар 18. Також антени 20. Ланки маніпулятора приводяться в рух завдяки зубчастій передачі в трансмісійному вузлу. Також наявна штанга 26, яка змінює своє кутове положення відносно ланки 28, завдяки ланцюговій передачі в середині корпусу ланки.

Захват 32 оснащений камерою 36, мікрофоном 30, які змонтовано на зап'ястці 34.

На рис. 1. 14 представлено основний блок до якого кріпиться друга ланка маніпулятора 28. Через вушка 80. Трансмісійний блок 104 призначений для реалізації приводу ланки 28, та виконання нею двох обертальних рухів.

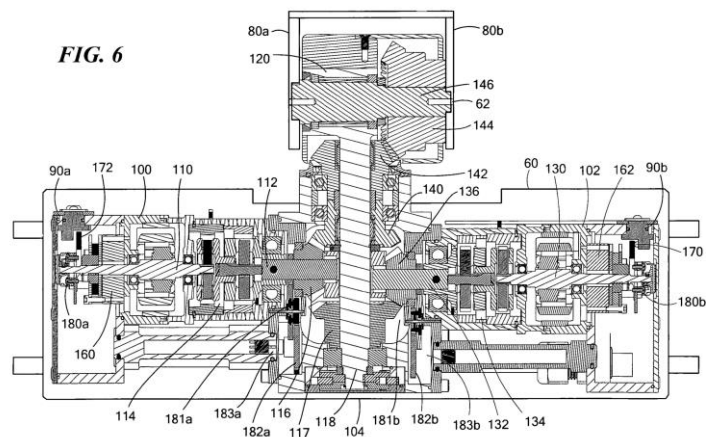


Рис. 1. 14. Базовий блок при основі маніпулятора

За нахил ланки 28 відповідає двигун 100, а за обертання маніпулятора відповідає двигун 102. Нахил ланки 28 реалізується за такої кінематичної схеми: двигун 100, вал 110, двоступінчастий планетарний редуктор 114, конусна зубчаста передача 140, та 144. Для повороту маніпулятора використовується кінематичний ланцюг: двигун 102, вал 130, двоступінчастий планетарний редуктор 134 на вал 132, приводить в рух шестерню 117 яка закріплена безпосередньо на валу 118 який в свою чергу відповідає за поворот корпусу 120. Для відстеження кутової швидкості використовуються датчики 180.

Опис ланки із змінною довжиною подано на рис. 1. 15. а), а обертальної на рис. 1. 15. б).

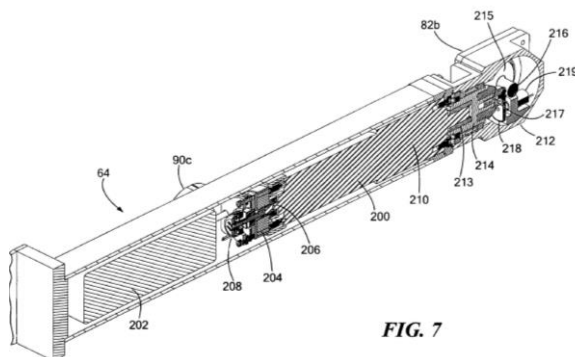


FIG. 7

а)

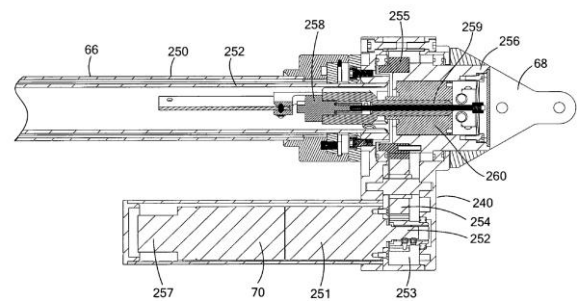


FIG. 9

б)

Рис. 1. 15. Ланки маніпулятора: а) – поворотний механізм на важелі, б) – поворотна ланка для схвату.

Де на рис. 1. 15. Зображено електродвигун 200, із контролером 202. Для

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист

27

утримання важеля в певному положенні використовується гальмо 204. Для контролю кутової швидкості застосовано датчик 208. Для схвату на рис. 1.15 б) представлено двигун 70 в трубці 251 та 252 яка приводиться в дію через циліндричну передачу із зубчастих коліс.

### 1.3. Мета і задачі дослідження

Проведений аналіз інформації з патентних, реферативних та періодичних джерел дозволив сформулювати мету та задачі дослідження.

Мета: Розробка конструкцій маніпулятора мобільного робота з лінійними приводами (активаторами).

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Патентно - інформаційний огляд і аналіз промислових зразків та патентів маніпуляторів мобільних роботів.
2. Розробка кінематичної та конструктивної схеми маніпулятора мобільного робота.
3. Проведення кінематичного та динамічного аналізу розробленої конструктивної схеми ( 3D моделі) і визначення необхідної потужності двигунів приводів.
4. Розробка робочих креслень складальної моделі маніпулятора мобільного робота.
5. З використанням модуля « Аналіз напружень» виконати напруженого стану основних деталей привода і визначити напруження в основних елементах деталей та коефіцієнт запасу міцності конструкцій деталей.
6. Розробити робочі креслення основних деталей маніпулятора мобільного робота.



## 2. Вибір рубрики УДК

Призначимо даній розробці шифр за «Універсальною десятиковою класифікацією». Для визначення шифру скористаємося онлайн довідником [19].

Отже наша розробка визначається наступним шифром:

- 62 Інженерна справа. Техніка в цілому.
- 623 Військова техніка. Техніка наземних та повітряних сил. Техніка військового морського флоту.
- 623, 4 Зброя. озброєння. Артилерійське технічне забезпечення. Броньовані машини та спецтранспорт. Стрілкова зброя. Особисте озброєння. Боєприпаси та бойові отруйні речовини.
- 623, 43 Лафети і установки. Військові транспортні засоби.
- 623, 437 транспортні засоби обслуговування, перевезення, та забезпечення.
- 623, 437, 01 Проектування, рухомість, тактико технічні характеристики.

Звідси отримаємо УДК 623, 437, 01

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				29
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

### 3. Огляд вибухонебезпечних матеріалів

Даний робототехнічний комплекс має використовуватися для проведення вибухонебезпечних операцій із небезпечними матеріалами. До таких матеріалів належать боєприпаси різного призначення, саморобні вибухові предмети та інше.

Розглянемо послідовно боєприпаси які використовуються та є на озброєнні сучасних армій світу. За призначенням вони можуть бути бойові, інженерні, та навчальні. Найчастіше і найбільш небезпечними є боєприпаси. Оскільки вони встановлюються для знищення противника і мають захист проти розмінування, чи знаходяться не детонувавши протягом тривалого періоду. Для саперу із низьким рівнем досвіду робота із такими мінами з великою вірогідністю може привести до фатального випадку чи каліцтва. Тому для розробки маніпулятора та визначення його технічних характеристик варто визначити тип, габарити, масу, способи видобутку та локалізації боєприпасів.

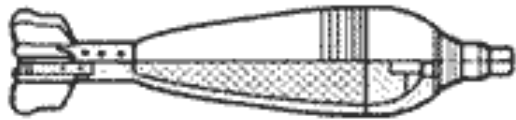
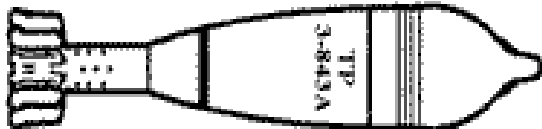
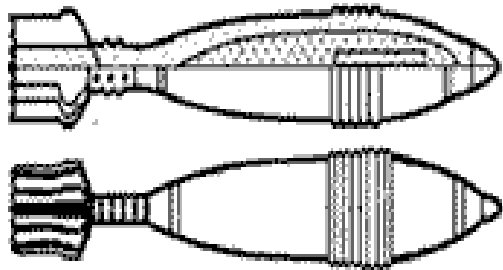
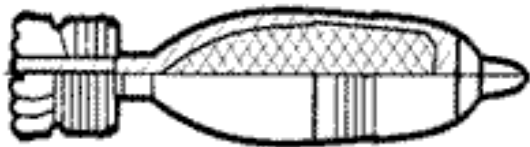
Насамперед розглянемо боєприпаси до артилерійського озброєння міномета, а саме мінометні міни. За конструкцією класичний міномет складається із стволу, опорного елементу, напрямних, і прицілу. Вони використовуються для навісного вогню по противнику в фортифікаційних спорудах, на полі бою, чи в містах. Небезпеку складає сам снаряд міна, після приведення боєприпасу в бойову готовність. Це може бути несправність під час пуску, несправність під час попадання в ціль, тобто не підрив, а залишення в зведеному положенні.

Для дослідження розглянемо характеристики мінометних мін в Україні та зарубіжжі, також мінометних мін періоду Другої світової війни.

В другій світовій війні найбільшого поширення набули мінометні міни подані нижче [20]. Зі сторони ССРСР використовувалися міни подані в таблиці 34. 1, зі сторони Вермахту в таблиці 3. 2.

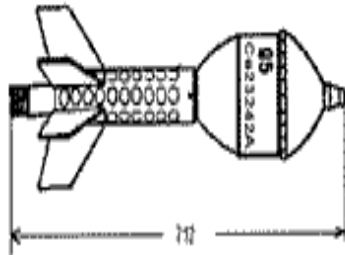

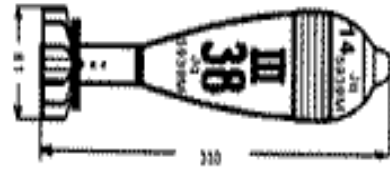
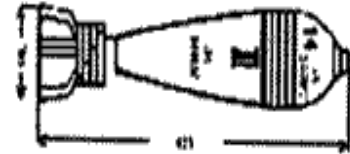
		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				30
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## Мінометні міни другої світової війни ССРСР

Назва	Маса міни, кг	Швидкість польоту, м/с.	Зображення
82 - мм. Осколкова	3,1	211	
120 – мм. запалювальна фосфоро- термітна	15,9	230	
160 – мм. Фугасна	40,53	245	
120 – мм. Соколова- фугасна 5Ф- 843	16,2	235	

Дані міни часто виявляються і сьогодні і вимагають утилізації, оскільки несуть небезпеку.

## Мінометні міни другої світової війни Вермахту

Назва	Маса міни, кг	Довжина, мм.	Зображення
Надкаліберна М14	9,1	712	
50 – мм. Осколкова міна обр. 36	1,035	220	
81 – мм. Осколкова плигаюча.	3,5	330	
105 – мм. Осколкова	7,36	100	




В сучасності також використовуються міномети. Які за тактико-технічними показниками [5] можна поділити на легкі, середні, важкі. Легкі міномети мають калібр до 60 – мм. Середні 80 – 120 мм., а важкі понад 120 мм.

В Україні також використовуються мінометні системи типу: КБА – 48 М, КБА – 118, М60-16 «Камертон», М120 – 15 «Молот», УПК – 82. Також

2С12 «Сані», 2С9 «Нона-С», 2Б9 «Васильок», 2Б14 «Поднос». Боєприпаси до них із зображенням та тактико технічні характеристики подані в таблиці 3. 3.

Таблиця 3. 3.

### Мінометні міни на озброєнні України

Назва	Маса міни, кг	Зображення
82 мм. до КБА – 48 М Осколкова	3	
60 мм. до КБА – 118	1,333	
60 мм. до М60-16 «Камертон»	1,5	

Розглянемо також міни які використовуються у боротьбі із піхотою [21]. Вони поділяються за методом встановлення, дії, та методу підриву. За способом підриву їх можна поділити на: фугасні (ПМН, TS50, М14, ПФМ-1), осколкові (ПОМЗ, ОЗМ-72), направленої дії (МОН - 50, «Клеймор», МС - 1, МС – 4). Зображення та технічні характеристики подані в таблиці 3. 4.

За способом установки їх недоцільно розглядати. Оскільки вони можуть варіюватися досить гнучко, починаючи від розстановки за допомогою авіації та закінчуючи приховуванням в землю чи дерен.

## Протипіхотні міни

Назва	Габаритні розміри, мм.	Маса, кг.	Зображення
ПФМ – 1 С	119х64х20	0,08	
МОН-50	22,6х15,5х6,6	2	
ПМН	50х100	0,55	
ОЗМ-72	108х172	5,12	
TS-50	90х45	0,185	
ПОМ - 2	63х180	1,16	
М18А1 “Клеймор”	215х35х90	1,6	

Також особливу небезпеку становлять протитанкові міни [21], особливо для важкої бронетехніки, оскільки розраховані на високий тиск на одиницю

площі. Їх можна поділити на фугасні та кумулятивні. Для дослідження розглянемо певні приклади мін вітчизняного виробництва та іноземного. Протитанкові міни які розглядаються подані в таблиці 3. 5

Таблиця 3. 5

#### Протитанкові міни

Назва	Габаритні розміри, мм.	Маса, кг.	Зображення
ТМ-57	320x180	9,5	
ПТМ-1	337x69x70	2,7	
РТ Mi-D-1	116x160	2,5	
МАН mod. F.1	270x185	12	

Дані міни можуть встановлюватися встановлюються достатньо глибоко [4], що ускладнює процес розмінування. Також вони можуть встановлюватися шляхом розкидання із літаків.

Звідси можна зробити висновок, що маніпулятор повинен забезпечити підняття матеріалі при максимальній відстані захвату вагою 15 кг. Габарити об'єкту можуть мати різну величину та форму. Прийнемо дві форми – це паралелепіпед, та циліндр. Габаритні розміри паралелепіпеда складуть висота 150 мм., ширина 65 мм., довжина 215 мм.. Габаритні розміри циліндру складуть радіус 330 мм. та висота 180 мм.

#### 4. Кінематика маніпулятора

##### 4.1. Структурний аналіз кінематичної схеми

Після аналізу патентів та отриманої інформації із аналогів можна стверджувати, що в переважній більшості маніпулятори мають розімкнений кінематичний ланцюг із 6 ступенями вільності із захватом. В зв'язках переважно використовується кінематичні пари типу оберտальна без осьового переміщення. Які накладають 5 зав'язків на степінь вільності суміжної ланки. Даний тип зв'язку є технологічно обґрунтованим [2] оскільки легко складається, обслуговується, та є дешевим в виробництві. Отже, варто віддати даній кінематичній парі перевагу. Використаємо кінематичний ланцюг для кінематичного дослідження без ланок паразитів, а припустивши, що привід кожної ланки розташовано безпосередньо в кінематичній парі.

Отже, виконано побудову кінематичного механізму на рис. 4. 1.

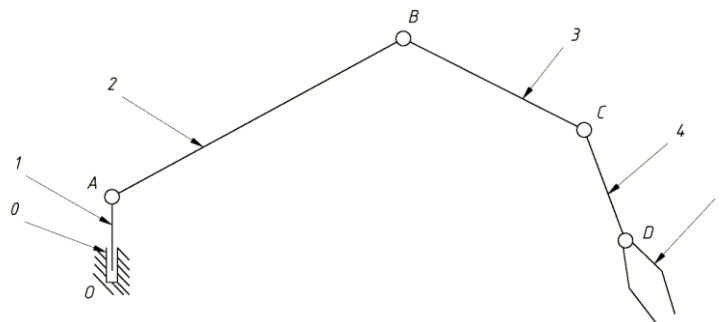


Рис. 4. 1 Кінематична схема маніпулятора: де O, A, B, ..., D – вузли кінематичних ланок, 0, 1, 2, ..., 5 – ланки.

Даний кінематичний ланцюг є простим розімкнутим ланцюгом.

Визначимо степінь рухомості скориставшись формулою Чебишева:

$W = 6 \cdot n - i \cdot p_i$ , де  $W$  – степінь рухомості,  $n$  – число рухомих ланок,  $p_i$  – клас пари. За схемою ми маємо  $n = 5$  число рухомих ланок,  $p_i = 5$  кінематичні пари п'ятого,  $i = 5$ . Звідси отримаємо:

$$W = 6 \cdot 5 - 5 \cdot 5 = 25$$

Даний результат збігається із фактичним, оскільки для визначеного положення кожної ланки даного механізму необхідно 5 приводів.



## 4.2. Визначення довжини ланок, та граничні значення узагальнених координат

Для визначення довжини ланок зобразимо схематично на рис. 4. 2 робочу зону маніпулювання роботу в якій він повинен виконувати завдання.

Також необхідно врахувати, що в транспортному стані маніпулятор має займати мінімальні габарити, але є певні обмеження. Одним із них є те, що ланки знаходяться в одній площині симетрії, звідси розташування приводів один над одним, та обмежений хід ланок.

Відобразимо маніпулятор в транспортному стані на рис. 4. 3 та розкладеному на рис .4. 4.

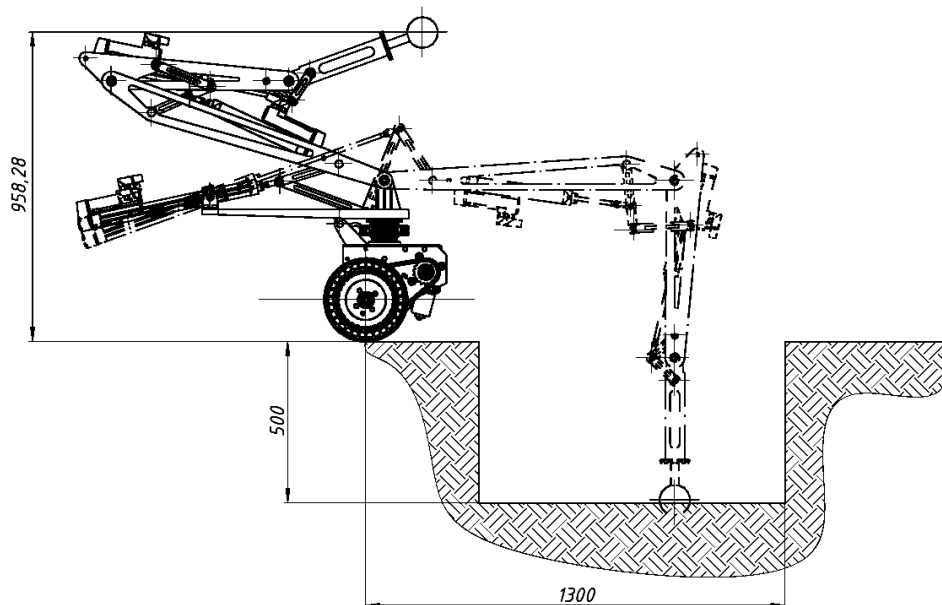


Рис. 4. 2. Робоча зона маніпулятора

Прийmemo довжини ланок які позначимо  $l_i$ , де  $i$  – номер ланки. Прийняті наступні розміри рис 4. 3. Та 5. 4.:  $l_1 = 200 \text{ mm}$ ,  $l_2 = 900 \text{ mm}$ ,  $l_3 = 550 \text{ mm}$ ,  $l_4 = 320 \text{ mm}$ ,  $k = 120 \text{ mm}$ . – приймається як відстань між віссю об'єкта, та площиною кріплення схвату маніпулятора. Виходячи із тих міркувань, що в даній точці міститиметься геометричний цент утримуючого об'єкту.

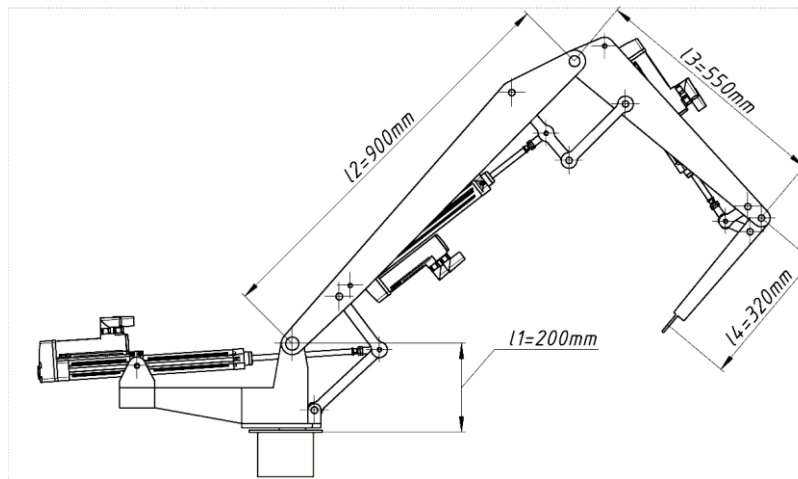


Рис. 4.3 Геометричні розміри ланок

На рис. 4.4 визначено граничні розміри узагальнених координат:  
 $q_{1\max} = 250^\circ$ ,  $q_{2\min} = 20^\circ$ ,  $q_{3\max} = 200^\circ$ .

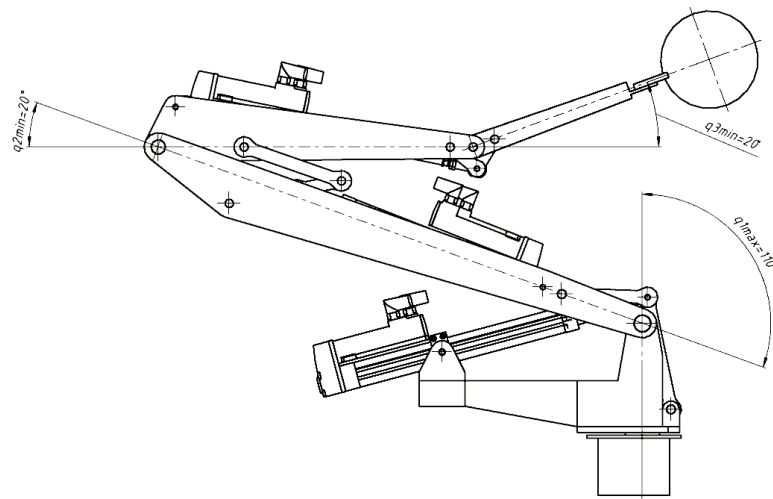


Рис. 4.4. Робот в транспортному стані.

Розглянемо максимально розкладений маніпулятор мобільного робота на рис. 4.5.

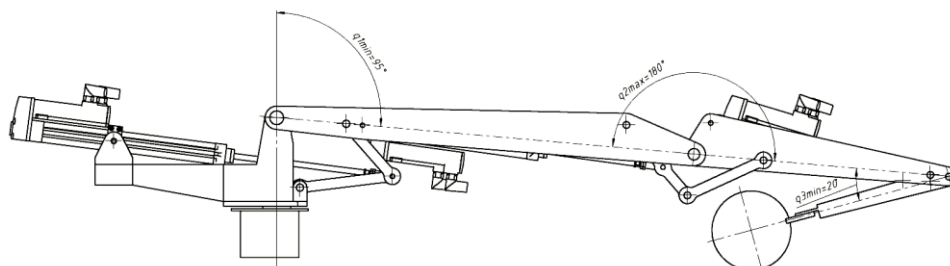


Рис. 4.5. Робот в розгорнутому стані

На даному рис. 4. 5. визначено інші граничні розміри узагальнених координат:  $q_{1min} = 85^\circ$ ,  $q_{2max} = 180^\circ$ ,  $q_{3min} = 20^\circ$ . З технічних вимог приймемо що  $q_0 = \pm 60^\circ$ ,

## 5. Обґрунтування вибору типу приводу

### 5.1. Існуючі типи приводу

В аналога та патентах відзначається велика кількість способів забезпечення відносного руху двох ланок ода відносно одної. Загалом це реалізація черв'ячних передач, ланцюгових, планетарних, зубчастих конічних, та циліндричних, та за допомогою важелів.

Приводи до даних механізмів загалом можна віднести до електроприводу так і до гідро-, пневмо- приводу. Електропривод за частіше використовується разом із механічною системою.

На рис 5. 1 представлена механічна передача за рахунок електроприводу та механічної передачі, що являє собою планетарну та черв'ячну передачу.

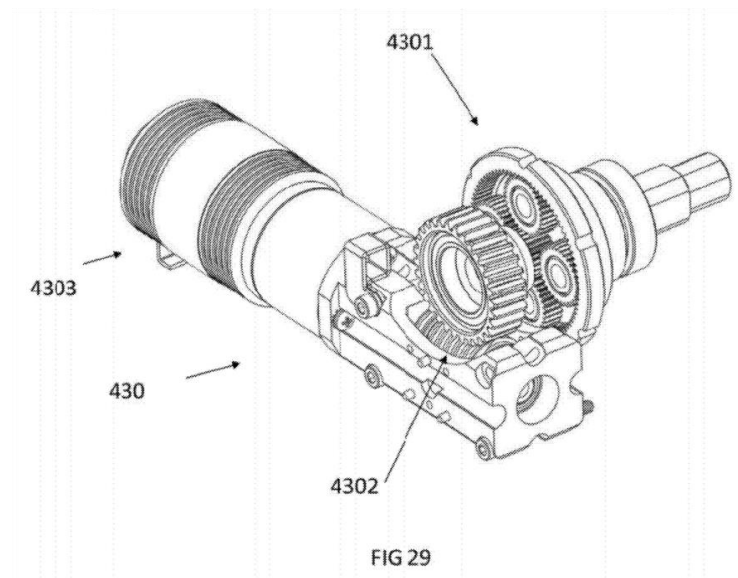


Рис. 5. 1. Вузол кінематичної ланки

Як видно із рис. 5. 1 дана система має по суті дві передачі це планетарна передача із високим передаточним числом та черв'ячна. Планетарна передача приводиться у дію за допомогою електродвигуна який невідображено. Даний вузол має позитивною стороною, габарит. Привід із редуктором знаходиться

безпосередньо у вузлу кінематичної пари. Також є можливість реалізувати достатньо велике передаточне число. До недоліків можна віднести високу собівартість даного типу розв'язки вузла.

Оскільки, черв'ячна передача вимагає високої точності при установці, що безпосередньо відображається на собівартості виготовлення корпусу вузла, встановлення підшипників, та інше. Не менш складним є реалізація планетарної передачі невеликому вузлу. Також варто звернути увагу на затрати пов'язані із розробкою, ремонтом, матеріалом.

Розглянемо альтернативний привід у вигляді лінійного електричного активатора який приводить механічну систему в дію. Зображено на рис. 5. 2.



Рис. 5. 2. Мобільний роботизований комплекс Charos

Як видно із рис. 5. основні ланки які сприймають найбільші навантаження приводяться лінійними активаторами. На відміну від вище розглянутої даний спосіб є габаритним. Але в нього є вагома перевага в модульності, ремонтпридатності, та простоті конструкції із низькими вимогами до точності.

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист 40
		Кравець О. М.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 5.2.Опис лінійних електроприводів серії SKF CASM

Застосуємо лінійні приводи для реалізації наступних керуючих координат:  $q_1, q_2, q_3$ . Дані приводи набули широкого походження і виготовляються в багатьох провідних компаніях. Вони реалізуються для широкого спектру споживачів і мають невисокі вимоги до експлуатації.

Розглянемо приводи компанії SKF. За конструкцією їх можна поділити на три групи за розташуванням електроприводу: співвісне розташування електродвигуна та робочого циліндру, паралельне розташування електродвигуна та робочого циліндру, та перпендикулярне.

Розглянемо приводи серії CASM – 32 вони мають допустимі розміри, та оперують із осьовими силами в діапазоні 200-10 000 Н.

Основна будова приводу подана на рис. 5. 3. Де позначено 1 – представлена шарико гвинтова чи гвинтова пари із низьким коефіцієнтом тертя і малим зазором, 2 – трубка із нержавіючої сталі, 3 – ущільнення, 4 – магнітне кільце, 5 – фрикційне захисне кільце, 6 – підшипник, 7 – фільтр, 8 – ущільнення, 9 – профіль.



Рис. 5. 3. Лінійний привід серії SKF CASM – 32.

Основна механічна передача представлена на рис. 5. 4.

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ



а)



б)

Рис. 5. 4. Гвинтова передача: а) – ШВП, б) – пара гвинт гайка.

В даній серії використовуються крокові двигуни від компанії Siemens.

Короткий технічний опис приводів наведено в таблиці 5. 1.

Таблиця 5. 1.

### Характеристики крокових двигунів

Характеристика.	1FK7015- 5AK71-1SH3	1FK7022- 5AK71-1UH3	1FK7034- 2AK71-1UH0	1FK7044- 4CH71-1UH0
Номінальна потужність, kW.	0.1	0.43	0.63	1.41
Номінальна швидкість, $min^{-1}$	6000	6000	6000	4500
Номінальний струм, А.	0.85	1.4	1.3	4.9
Номінальний момент, Nm.	0.16	0.6	1	3
Статичний момент, Nm.	0.35	0.85	1.6	4
Піковий момент, Nm.	1	3.4	6.5	12
Інерція з гальмом. $10^{-4} \cdot$ $kg \cdot m^2$ .	0.102	0.35	0.98	1.41
Діаметр вала, mm.	20	28	36	48
Вага з гальмом, kg/	1.2	2	4	8.3

Розглянемо також характеристику гвинтової пари для зовнішнього навантаження в таблиці 7. 2.

Також в технічному описі представлено графіки для гвинтових пар на рис. 7. 5.

## Характеристика гвинтової пари

Дані	Поз.	CASM-32-LS	CASM-32-BS	CASM-32-BN
Макс. динамічна осьова сила	$F_{max}, kN$	0.3	0.7	0.63
Макс. статична осьова сила	$F_{0max}, kN$	0.7	0.7	0.7
Динамічна вантажопідйомність	$C, kN$	—	2.8	2.8
Максимальний крутний момент	$M_{max}, Nm$	0.24	0.45	1.19
Макс. лінійна швидкість	$V_{max}, mm/s$	60	150	500
Макс. частота обертання	$n_{max}, 1/min$	2400	3000	3000
Макс. прискорення	$a_{max}, m/s^2$	1	6	6
Тривалість циклу	%	60	100	100

На діаграмах рис. 5. 5 зображено характеристики гвинтової пари: синім кольором для CASM-32-LS, зеленим для CASM-32-BS, помаранчевим для CASM-32-BN.

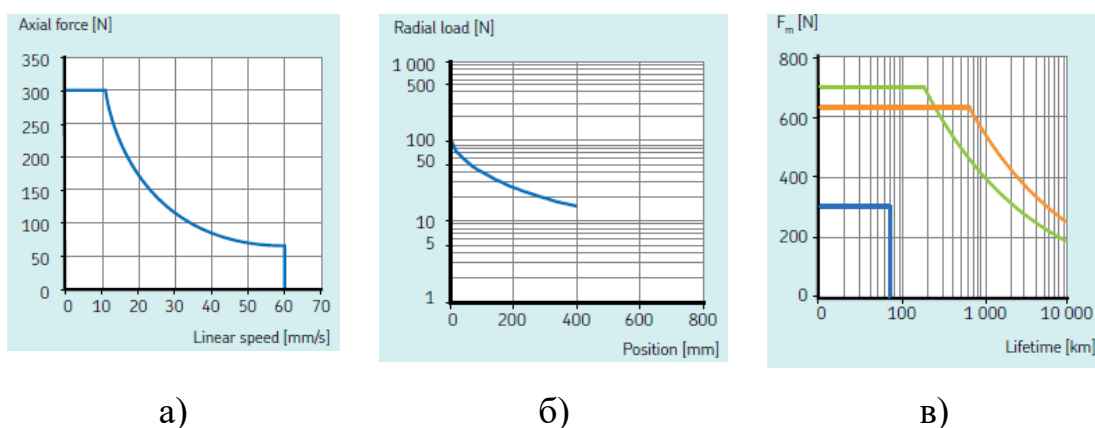


Рис. 5. 5. Характеристики гвинтової пари: а) залежність осьового зусилля від лінійної швидкості, б) – кутове зусилля від позиції, в) – служба в, км.

Габаритні розміри гвинтової пари із корпусом подано на рис. 5. 6.



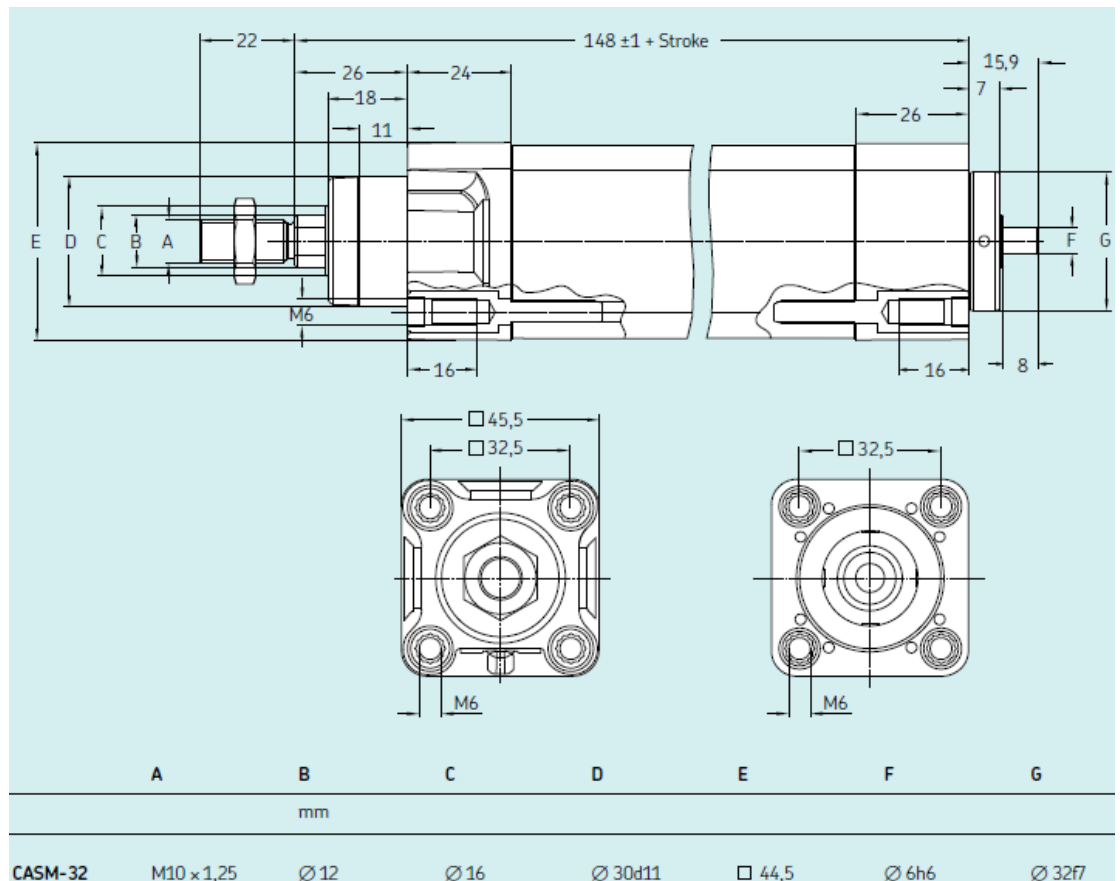


Рис. 5. 6 Приєднувальні розміри

Існує три модифікації модулів CASM-32: LS, BS, BN. Вони відрізняються осьовим зусиллям, габаритами, та розташуванням електроприводом.

Також в заводському позначенні відображається довжини штоків які використовуються для даної моделі гвинтової пари рис. 5. 7.

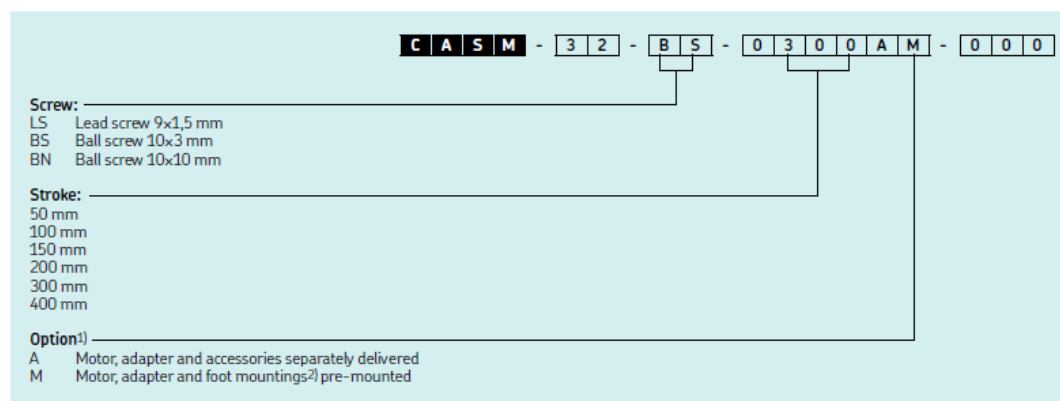


Рис. 5. 7 Позначення модуля.



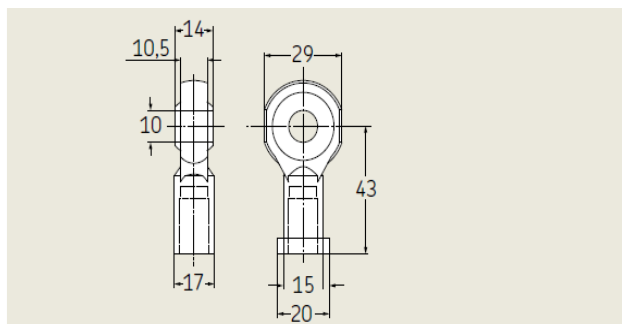
### 5.3.Геометричні характеристики для лінійних приводів

Для попереднього проектування складемо розміри лінійному електроприводу серії CASM-32-BS: Робочий хід штоку варіюється наступним рядом розмірів, мм. Stroke: 50, 100, 150, 200, 300.

Розглянемо габаритні розміри гвинтової пари із двигуном рис. 5. 8. Двигун Servo motor 1FK7015, та 1FK7022 на рис. 5. 9.

Для кріплення штоку до вісі використаємо сферичний кінцевик рис.5.10. Таким методом ми звільнимся від перекосів в гвинтовій парі.

Rod end



Ordering key  
ZBE-375511-32

Рис. 5. 10. Кінцевик.

Звідси маємо розмір від вісі сфери до площини контакту із штоком:

$$L_{end} = 43 \text{ mm.},$$

Модуль із гвинтовою парою фіксується через комплект кріплень рис. 5.

11.

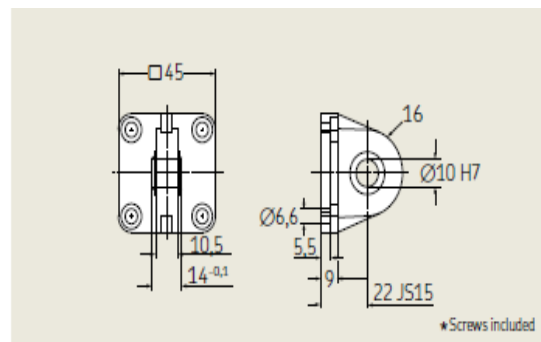
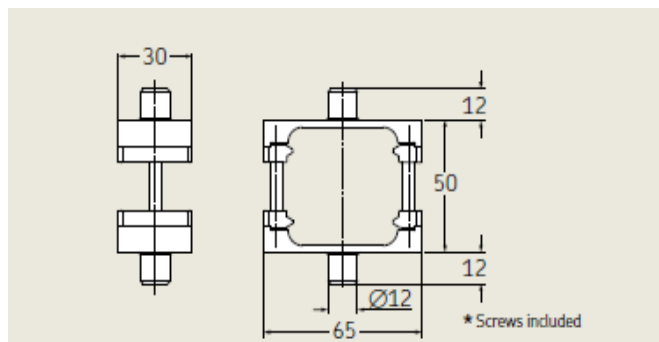


Рис. 5. 12. Комплект кріплення: а) – для гвинтової пари, б) – до редуктора

Даний комплект кріпиться вздовж профілю корпусу гвинтової пари.

Оскільки, він симетричний то розмір між бічною поверхнею та віссю опор складе:

$$L_{hold} = 15 \text{ mm.},$$

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист

45

Модуль із гвинтовою парою має один розмір для всієї серії даного типу і отже постійні розміри рис. 5. 13.

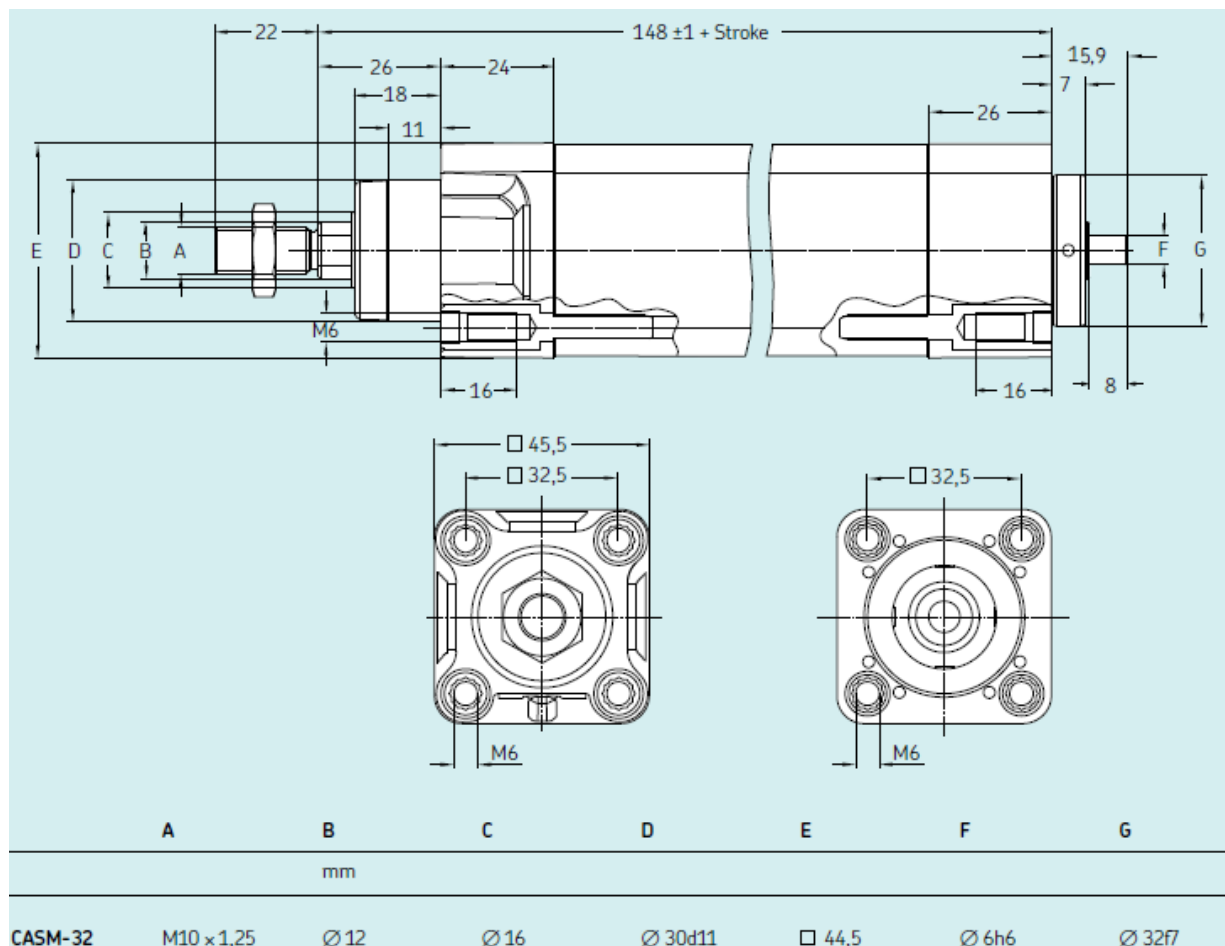


Рис. 5. 13 Модуль гвинтової передачі.

З даного модуля нам потрібно визначити діапазон переміщення комплекту кріплення, та граничну відстань до стінки яка контактує із фланцем двигуна:

$$L_{shold} = 26 \text{ mm.}$$

$$Sl_{Stroke} = 148 + \text{Stroke} - 26 - 24 - 26 - 2 \cdot L_{hold},$$

З врахуванням розташування приводу відносно вісі гвинтової передачі розглянемо, коли гвинтова передача співвісна із електроприводом, рис. 5. 9., та паралельна до гвинтової передачі рис. 5. 9.

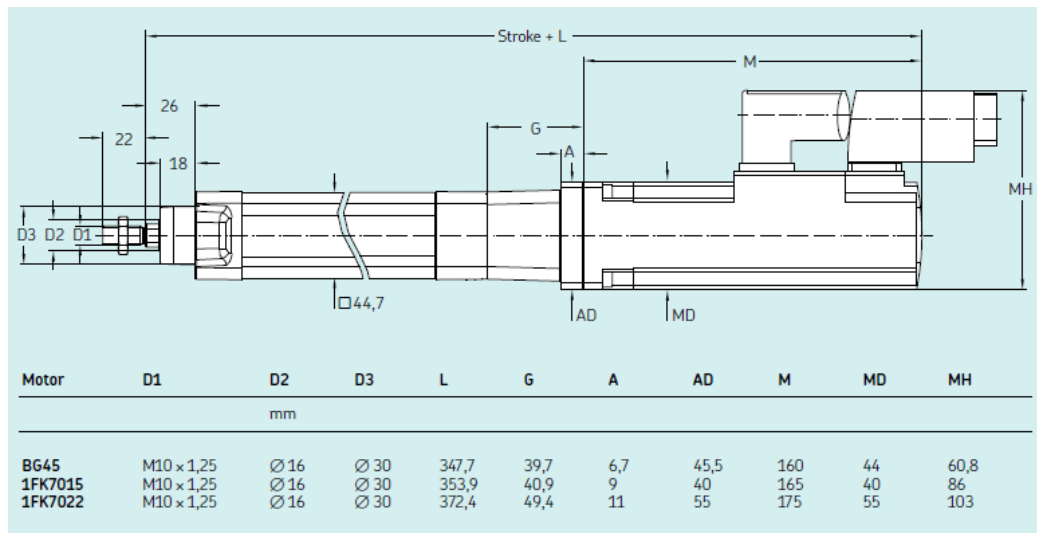


Рис. 5. 8. Привід із співвісним розташованим електродвигуном.

Звідси відстань між віссю комплекту кріплення та віссю кінцевика.

$$L_i = (\text{Stroke} + L + 22 - 14 + L_{end}) - M - G - 26 - L_{hold} ,$$

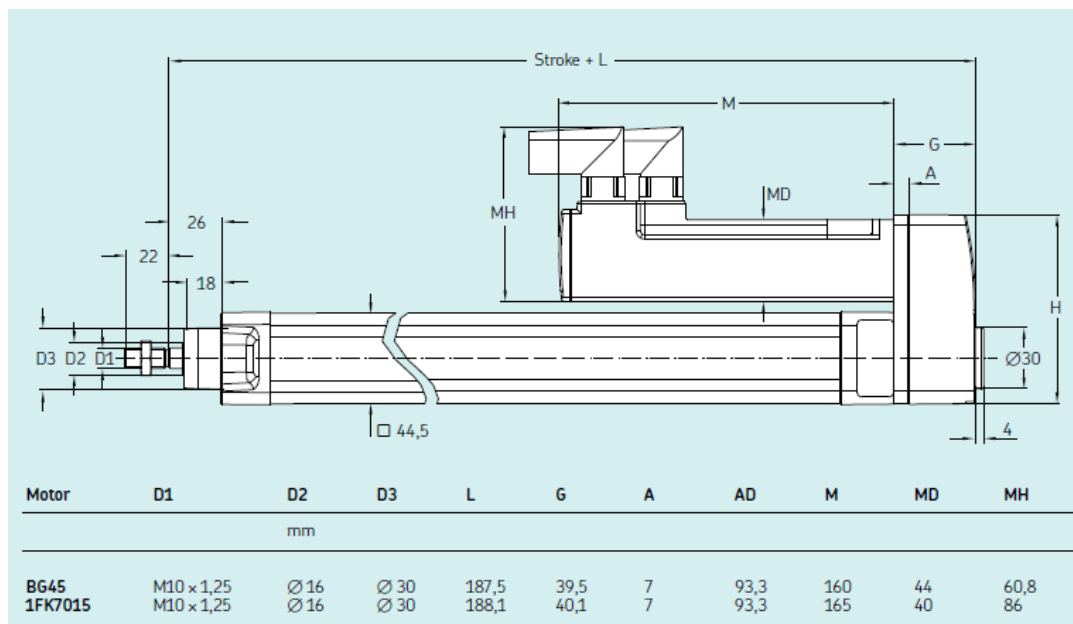


Рис. 5. 9. Привід із паралельним розташованим електродвигуном.

Звідси відстань між віссю комплекту кріплення та віссю кінцевика при максимально убраному штоці визначимо за формулою:

$$L_i = (\text{Stroke} + L + 22 - 14 + L_{end}) - G - 26 - L_{hold} ,$$

Проведемо розрахунок для послідовно підставляючи значення робочого ходу штоку.

- Для приводу із співвісною будовою:

1. 1FK7015:

$$L_{50min} = (50 + 353,9 + 51) - 165 - 40,9 - 26 - 15 = 208 \text{ mm.},$$

$$L_{100min} = (100 + 353,9 + 51) - 165 - 40,9 - 26 - 15 = 258 \text{ mm.},$$

$$L_{150min} = (150 + 353,9 + 51) - 165 - 40,9 - 26 - 15 = 308 \text{ mm.},$$

$$L_{200min} = (200 + 353,9 + 51) - 165 - 40,9 - 26 - 15 = 358 \text{ mm.},$$

$$L_{300min} = (300 + 353,9 + 51) - 165 - 40,9 - 26 - 15 = 458 \text{ mm.},$$

$$L_{400min} = (400 + 353,9 + 51) - 165 - 40,9 - 26 - 15 = 558 \text{ mm.},$$

1. 1FK7022:

$$L_{50min} = (50 + 372.4 + 51) - 175 - 49.4 - 26 - 15 = 208 \text{ mm.},$$

$$L_{100min} = (100 + 372.4 + 51) - 175 - 49.4 - 26 - 15 = 258 \text{ mm.},$$

$$L_{150min} = (150 + 372.4 + 51) - 175 - 49.4 - 26 - 15 = 308 \text{ mm.},$$

$$L_{200min} = (200 + 372.4 + 51) - 175 - 49.4 - 26 - 15 = 358 \text{ mm.},$$

$$L_{300min} = (300 + 372.4 + 51) - 175 - 49.4 - 26 - 15 = 458 \text{ mm.},$$

$$L_{400min} = (400 + 372.4 + 51) - 175 - 49.4 - 26 - 15 = 558 \text{ mm.},$$

- Для приводу із паралельною будовою:

$$L_{50min} = (50 + 188,1 + 51) - 40,1 - 26 - 15 = 208 \text{ mm.},$$

$$L_{100min} = (100 + 188,1 + 51) - 40,1 - 26 - 15 = 258 \text{ mm.},$$

$$L_{150min} = (150 + 188,1 + 51) - 40,1 - 26 - 15 = 308 \text{ mm.},$$

$$L_{200min} = (200 + 188,1 + 51) - 40,1 - 26 - 15 = 358 \text{ mm.},$$

$$L_{300min} = (300 + 188,1 + 51) - 40,1 - 26 - 15 = 458 \text{ mm.},$$

$$L_{400min} = (400 + 188,1 + 51) - 40,1 - 26 - 15 = 558 \text{ mm.},$$

Звідси випливає, що робоча довжина залежить лише від довжини штока, та розташуванням комплекту кріплення.

Звідси отримаємо:

$$L_i = (\text{Stroke} + L + 22 - 14 + L_{end}) - M - G - 26 - L_{hold} - R,$$

, де  $R = [0; S_{l\text{Stroke}}]$  – міжосьова відстань при складеному штоці.

Визначимо діапазони зміни  $L_i$ , для приводів з різною довжиною штоків. Як видно із конструкторських особливостей  $L_{min}$  постійна величина при  $R=\max$ . Тому визначимо її за формулою підставивши довільну довжину штоку отримаємо:

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				48
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$L_{minR} = 208 - R = 208 - (148 + \text{Stroke}_i - 26 - 24 - 26 - 2 \cdot L_{hold}),$$

$$L_{minR} = 208 - 148 - \text{Stroke}_i + 26 + 24 + 26 + 2 \cdot L_{hold},$$

$$L_{minR} = 208 - 148 - 50 + 26 + 24 + 26 + 2 \cdot 15 = 116 \text{ mm},$$

Максимальна відстань залежить від положення комплекту кріплення,  
При  $R = \max$  величина  $L_{\max R}$  буде розраховуватися, за простою формулою:

$$L_{\max R} = L_{minR} + \text{Stroke},$$

Так само і при  $R = 0$

Визначимо  $L_{min}$  при  $R = 0$  за формулою:

$$L_{\max} = L_{min} + \text{Stroke},$$

Розрахунки занесемо до таблиці 5. 3. , також можливе кріплення при паралельному розташуванні привода сферичний кінцевик, тоді розмірний ряд набере вигляду таблиця 5. 4.

Таблиця 5. 3.

Діапазони для міжосьової відстані при використовуючи комплект кріплення

		Stroke, mm.					
		50	100	150	200	300	400
$L_{minR}$	$R=\max$	116	116	116	116	116	116
$L_{\max R}$	$R=\max$	166	216	266	316	416	516
$L_{min}$	$R=0$	208	258	308	358	458	558
$L_{\max}$	$R=0$	258	358	458	558	758	958

Таблиця 5. 4.

Діапазони для міжосьової відстані при використанні кінцевика

		Stroke, mm.					
		50	100	150	200	300	400
$L_{min}$		310	360	410	460	560	660
$L_{\max}$		360	460	560	660	860	1060

## 6. Визначення розмірів ланок

Розглянемо вузли:  $A, B, D$ . Відносний рух ланок відбувається за рахунок зміни кутів між ланками. Діапазон кутів яких для  $q_1$  становить  $165^\circ$ , для  $q_2$  становить  $160^\circ$ , та для  $q_3$  становить  $180^\circ$ . Розглянемо типову ричажну систему із лінійним приводом, стояка, та кривошипа. Схема подана на рис 6, 1. Як видно величина плеча  $h$  змінюється із зміною  $q$ . при незмінних  $r, t$ .

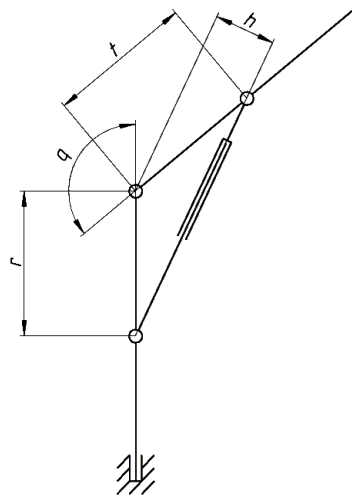


Рис. 6. 1 Кінематична схема простого лінійного приводу

Також варто відзначити, що дана кінематика має обмеження щодо діапазону  $q$ , а при наближенні до  $180^\circ$  або  $0^\circ$  механізм заклинює. Зміна плеча відобразиться на змінні величині зусилля.

Запропоновано наступну кінематичну схему маніпулятора із додатковими ланками для зменшення

Маніпулятора, що розробляється має достатньо великі діапазони узагальнених координат. Для цього слід використати мультиплікатор який при відносно невеликому лінійному переміщенні дасть достатній кут керуючої координати.

Спроекуємо кінематичну схему приводів для ланок із узагальненими координатами  $q_1, q_2, q_3$ .

Розглянемо вузол А на рис 6. 2. Передача зусилля відбувається по силовій схемі домкрата . Визначимо невідомі величини із геометричної побудови, конструкторських міркувань, та робочим ходом приводів.

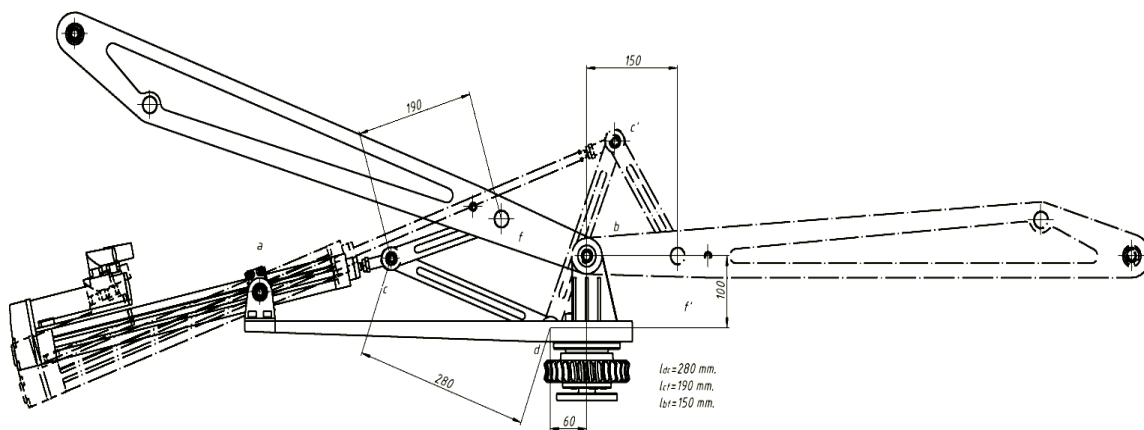


Рис 6. 2 Кінематична схема приводу в вузлу А

Невідомі довжини були визначені шляхом проектування та перетинів. Тобто зображувався механізм в крайніх положеннях. Проводяться прямі які обмежують зону попадання ланки в якій за рахунок тертя ланки заклинують. Розміри округлим до цілого значення.

Таким чином побудуємо і для вузла В рис. 6. 3. Зміним деякі елементи конструкції для зменшення зони пересікання із приводом на цій самій ланці.

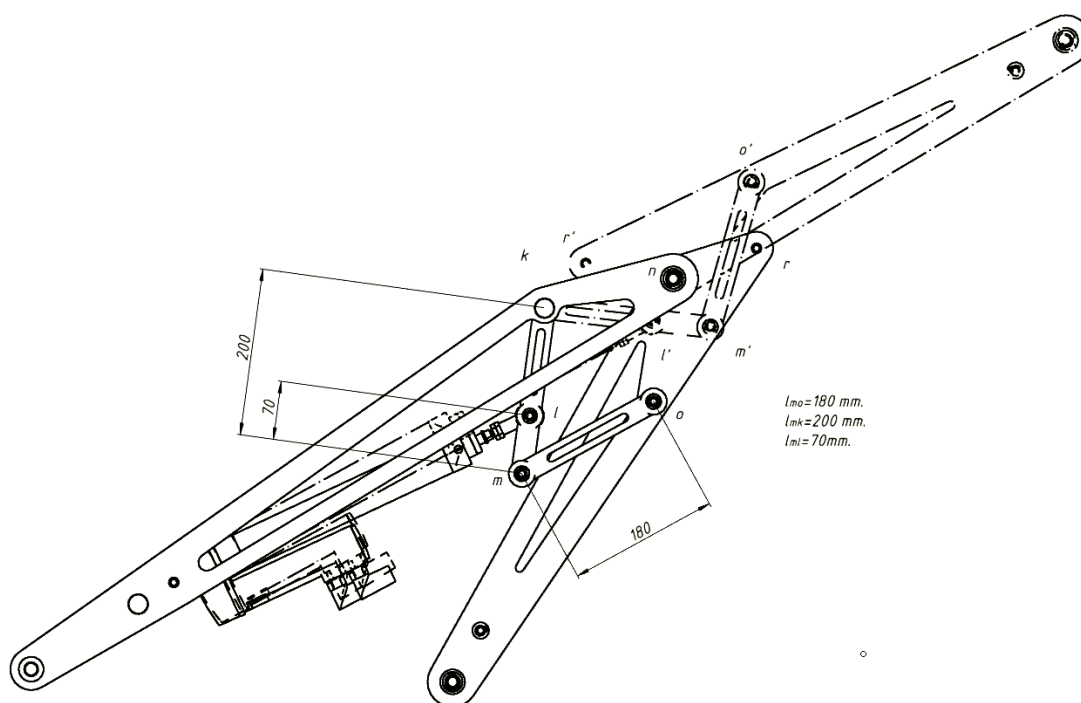


Рис. 6. 3. Кінематична схема приводу в вузлу В

Як видно із рисунку дана схема зменшує робочий простір елементів приводу та дозволяє нам сконструювати два привода на одній ланці із мінімальним перетинанням.

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист  
51

Аналогічно користуючись прикладами кінематичними схемами вище застосуємо і до вузла С рис. 6. 4.

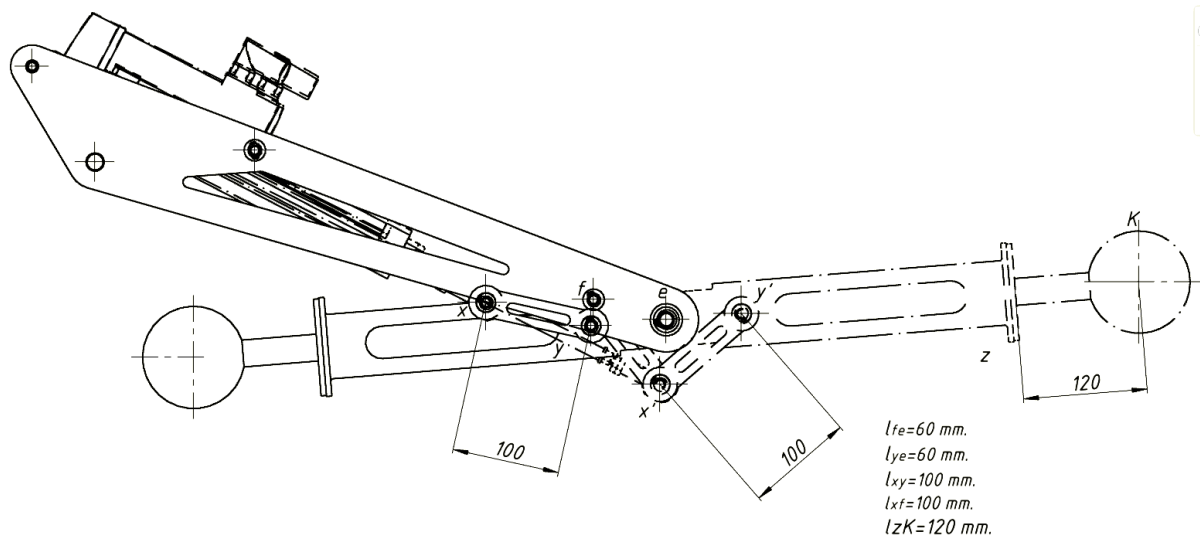


Рис. 6. 4. Кінематична схема приводу в вузлі С

## 7. Динамічне моделювання в Dynamic Simulator Inventor

При динамічному розрахунку на напружений стан тіла додаються сили Доламбера, інерційні сили. Вони виникають внаслідок прискорення елементів механізму, і можуть набувати значень більших ніж ті сили які використовувалися при статичному розрахунку.

Для попереднього розрахунку ми побудуємо просту розрахункову схему маніпулятора. Дана схема використається для подальшого розрахунку. Також даний розрахунок дозволить оцінити навантаження на привиди для задання узагальнених координат, та попереднього оцінювання підбору профілів для ланок.

Для розрахунку навантажимо наш маніпулятор тілом вагою 4 кг. На відстані від ланки №4 на 120 мм. Для маніпулювання даним тілом розглянемо рух який виконують ланки при піднятті тіла із максимально нижньої точки в максимально верхню точку проходячи максимальний виліт.

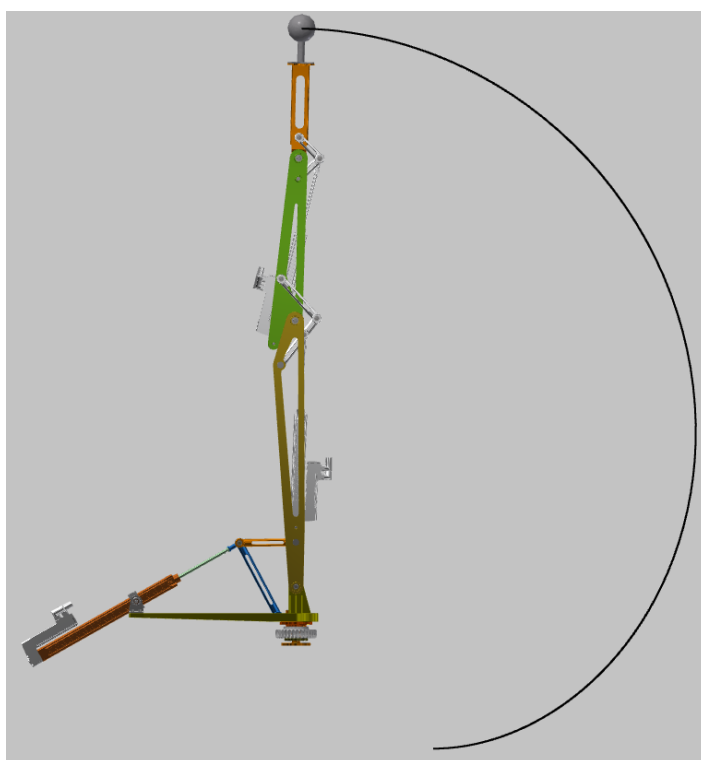
Для цього побудуємо траєкторію руху точок на рис. 7. 1 а) зображено початкове положення маніпулятора. На рис. 7. 1 б) зображено кінцеве



положення після закінчення руху. Дана схема дослідження запропоновано для визначення пікових максимальних навантажень на максимальному вильоті.



а) початкове положення



б) кінцеве положення

Рис. 7. 1. Граничні положення.

В модулі динамічного моделювання задаємо початкові значення положення ланок, та закон руху лінійного приводу.

На рис 7. 2 подано графічно вікно задання вимушеного руху для лінійного приводу L1.

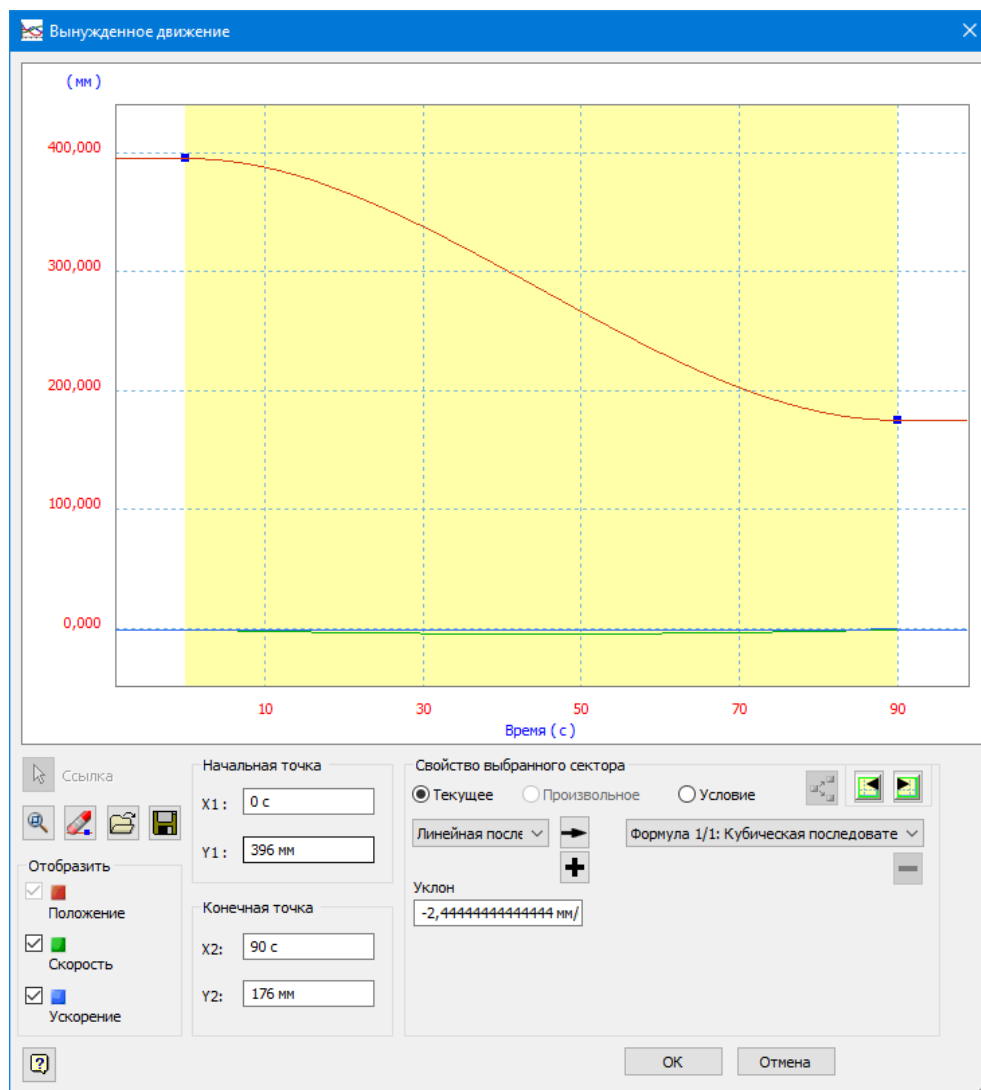
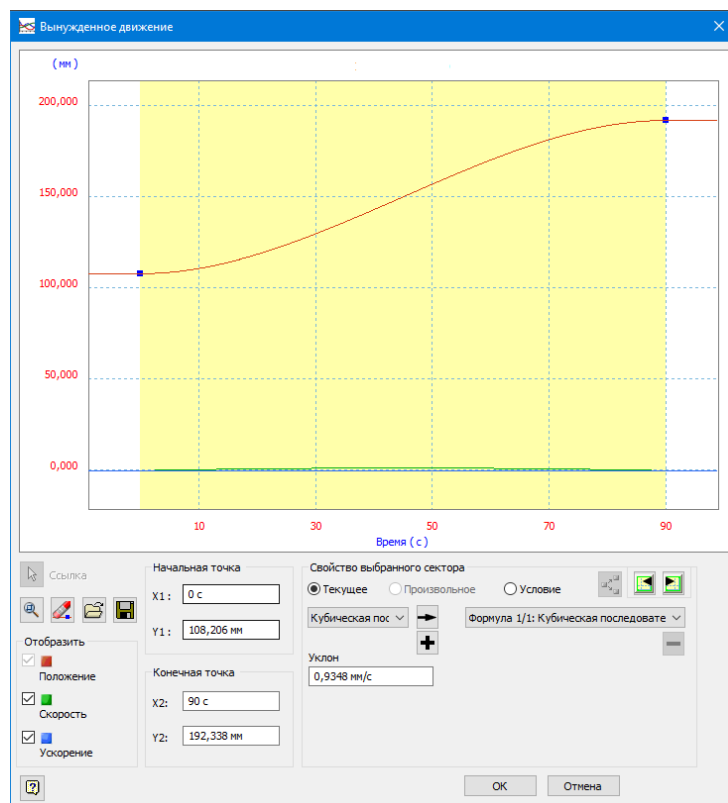


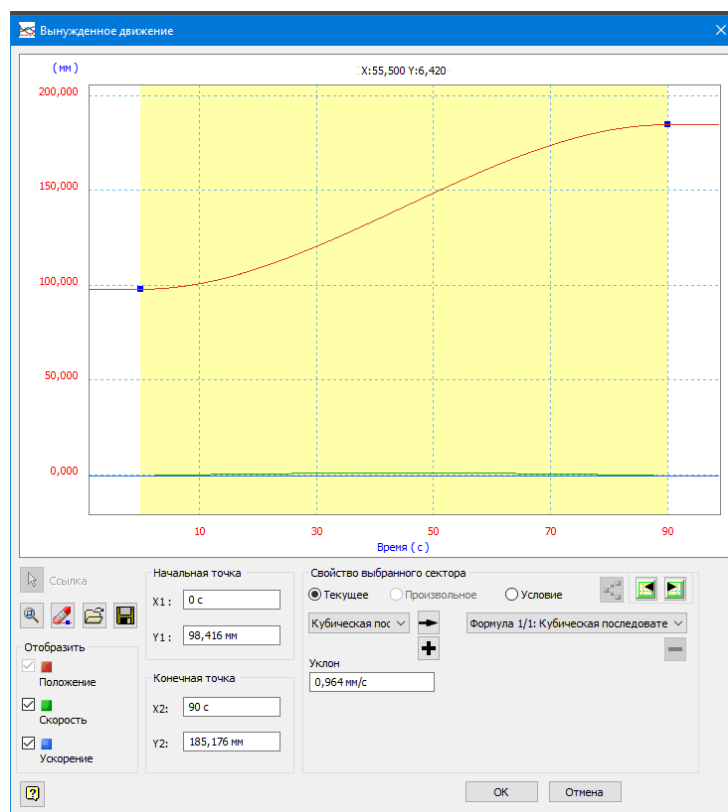
Рис. 7. 2. Закон руху приводу L1.

Для данного привода закон руху було прийнято призначити кубічний закон руху. Даний закон руху дозволив зменшити прискорення в крайніх положеннях та запобігти виникненню ударів при зупинці приводу.

Задаємо час руху приводів протягом 90 с. Призначимо аналогічним способом закон руху для приводів L2, та L3, графік зміни координат їх подано на рис. 7. 3.



а) L2



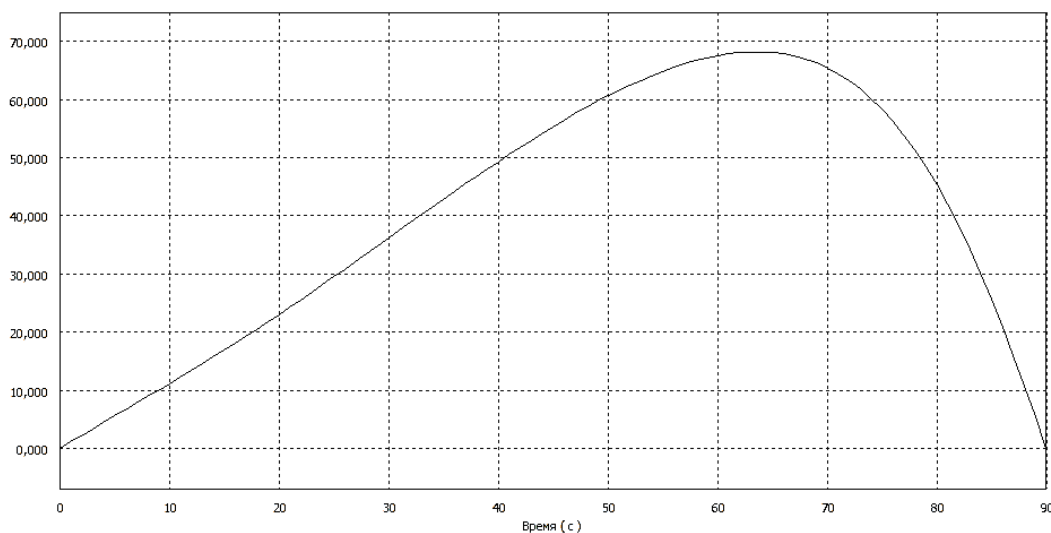
б) L3

Рис. 7. 3. Законы руху лінійних приводів

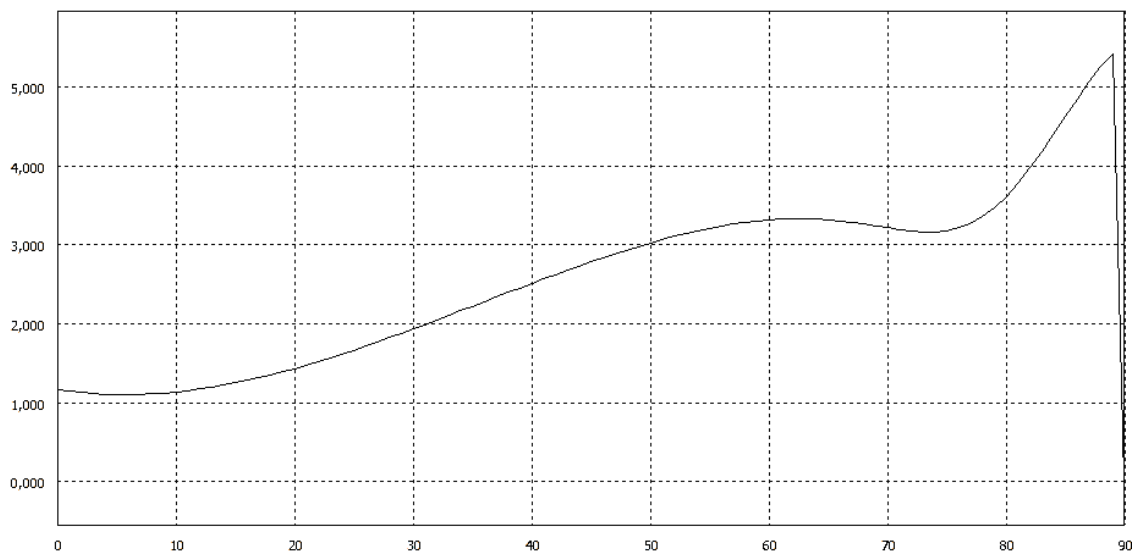
## 8. Звіт із динамічного аналізу

Після динамічного аналізу отримаємо набір даних які описують характеристики маніпулятора. Вони подаються у вигляді графіків, прискорення точок, їх швидкості, переміщення, зусиль які виникають у вузлах. Розглянемо послідовно зусилля прикладені в приводах, аналіз зусиль у вузлах та зусилля які виникають у ланках.

Розглянемо результуючу траєкторію, швидкість, та прискорення кінцевої точки. На рис. 8. 1. подані графіки геометричних параметрів кінцевої точки.



а) швидкість,  $mm/s$ .



б) прискорення,  $mm/s^2$ .

Рис. 8. 1. геометрична характеристика вихідної точки

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист

56

### 8.1.Зусилля у приводах

Для виконання заданого переміщення із відповідною швидкістю і прискоренням. Необхідно прикласти зовнішню силу до приводів позначених відповідно L1, L2, L3. Зусилля які виникають при цьому подані на рис. 8. 2. Визначимо максимальні та мінімальні екстремуми зусиль та час їх виникнення.

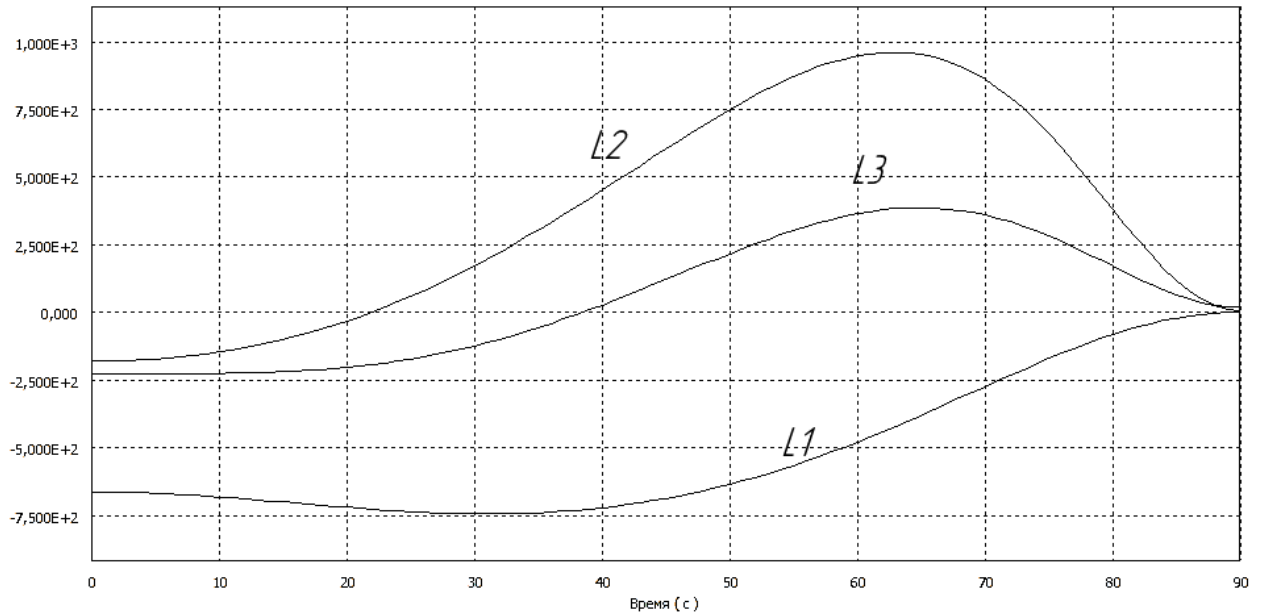


Рис. 8. 2. Криві активних сил: L1 – перший привід, L2 – другий привід, L3 – третій привід.

Визначимо екстремуми даних кривих та занесемо їх до таблиці 8. 1.

Таблиця 8.1

Екстремуми зусиль у приводах

	Fmax, N.	t, с.	Fmin, N.	t, с.
L1	1,4	89,5	-7,26	31,5
L2	951,7	63	183,8	0
L3	392,05	65	-229,7	5

Звідси можна зробити висновок, що другий привід необхідно замінити. Перенавантаження на даний привід складає 135% звідси впливає заміна на більш потужний привід 1FK7022 замість 1FK7015. Дана заміна не змінить геометричні параметри маніпулятор, оскільки він кріпиться через редуктор, а зміна в масових характеристиках незначна. Отже нею можемо знехтувати.

Також із графіків можна побачити про плавну зміну навантаження на приводи, на початку та вкінці. Це дозволяє знехтувати навантаженнями в моментом зупинки, оскільки він не супроводжується значним прискоренням.

Зусилля які виникають у кріпленні, а саме в комплекті кріплень або в сферичній парі відобразимо на рис. 8. 3. На якому аналогічно до попереднього маємо екстремуми, лише варто врахувати їх значення по модулю.

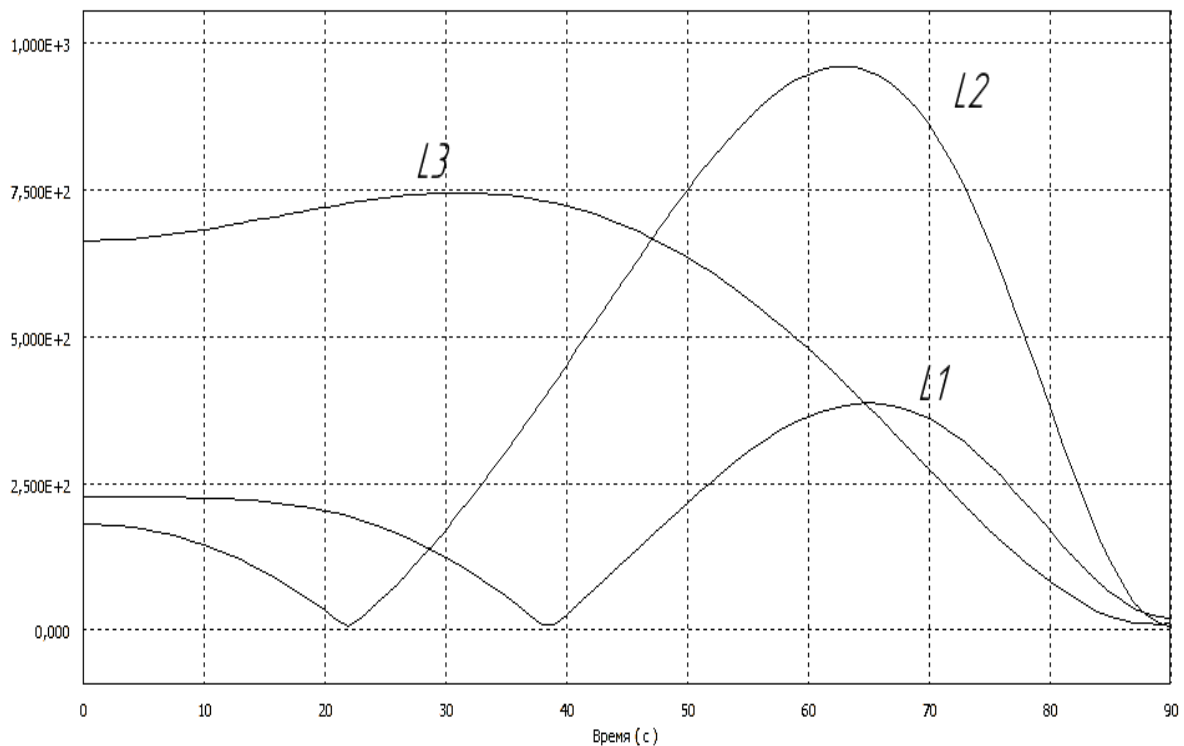
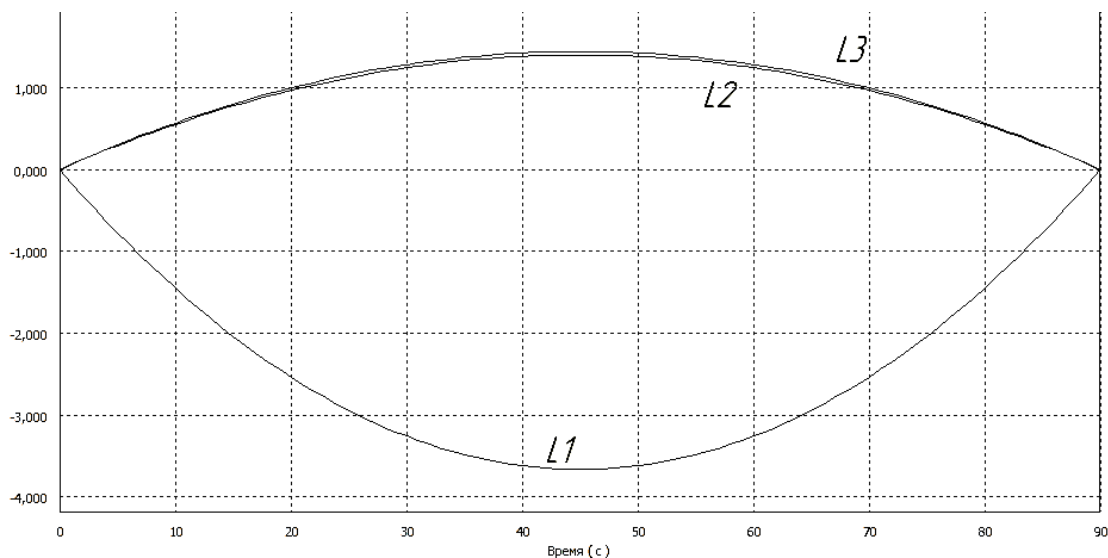
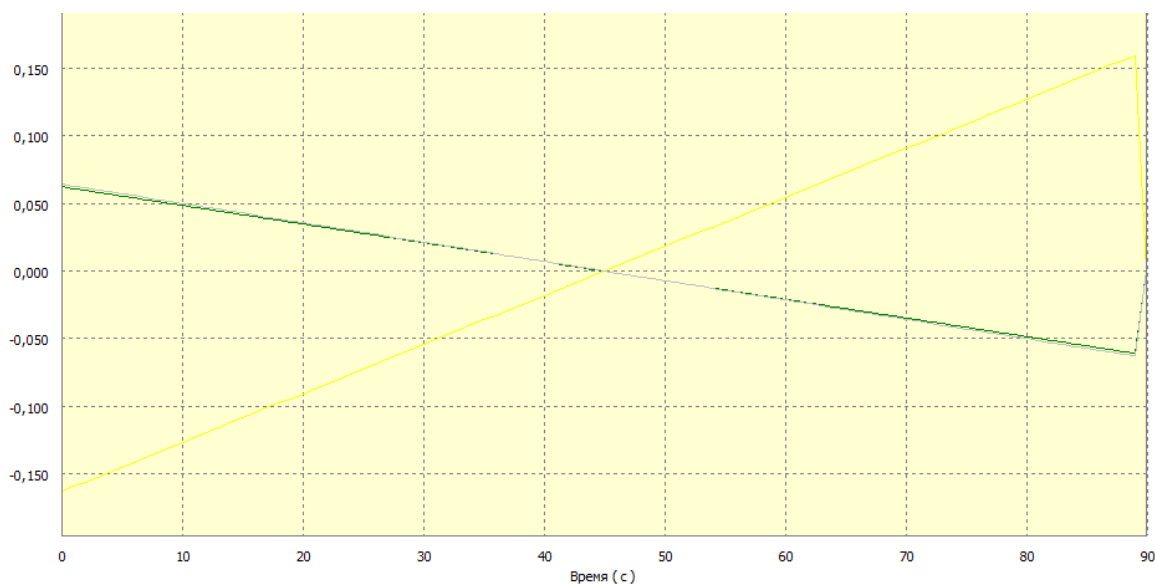


Рис. 8. 3. Криві реакцій в опорах: L1 – перший привід, L2 – другий привід, L3 – третій привід.

Розглянемо також зміну швидкості та прискорення які виникають у приводі внаслідок руху за заданим законом. Дані графіки подані на рис. 8. 4. Граничні значення подані в таблиці 8. 2. Дані значення прискорень можливо реалізувати на даних приводах які використовуються. Дані величини швидкості дозволяють забезпечити максимальне зусилля в приводі без втрати потужності і збереженням ресурсу шарико гвинтової пари.



а) – графік швидкостей  $mm/s$ ,



б) – графік прискорень,  $mm/s^2$

Рис. 8. 4. Швидкості та прискорення в приводі

Таблица 8. 2

Екстремуми зусиль у приводах

	$V_{max}, mm/s.$	$t, c.$	$A_{max}, mm/s^2.$	$t, c.$
L1	1,4	45	0,16	0
L2	1,4	45	0,06	0
L3	-3,6	45	0,06'	0

Розглядати напружений стан в покупному виробі, лінійному приводі не доцільно. Оскільки не відомі матеріали його виготовлення та точної його геометрії.

## 8.2. Аналіз напруження в елементах конструкцій

### 8.2.1. Кріплення приводу L1

Даний вузол представлений на рис. 8. 5. він використовується для кріплення корпусу приводу до обертальної ланки №1 в маніпуляторі встановлюється симетрично до корпусу. Він складається із комплекту кріплень 1 які нерухомо закріплені на корпусі приводу SKF CASM – 32 0400U. Приймемо, що даний комплект кріплення виготовлено із алюмінієвого сплаву. Також в даний вузол входять втулка 2, виготовлено із БрАЖ9-4, 3 вушка із сталі 15Х та кріплення 4.

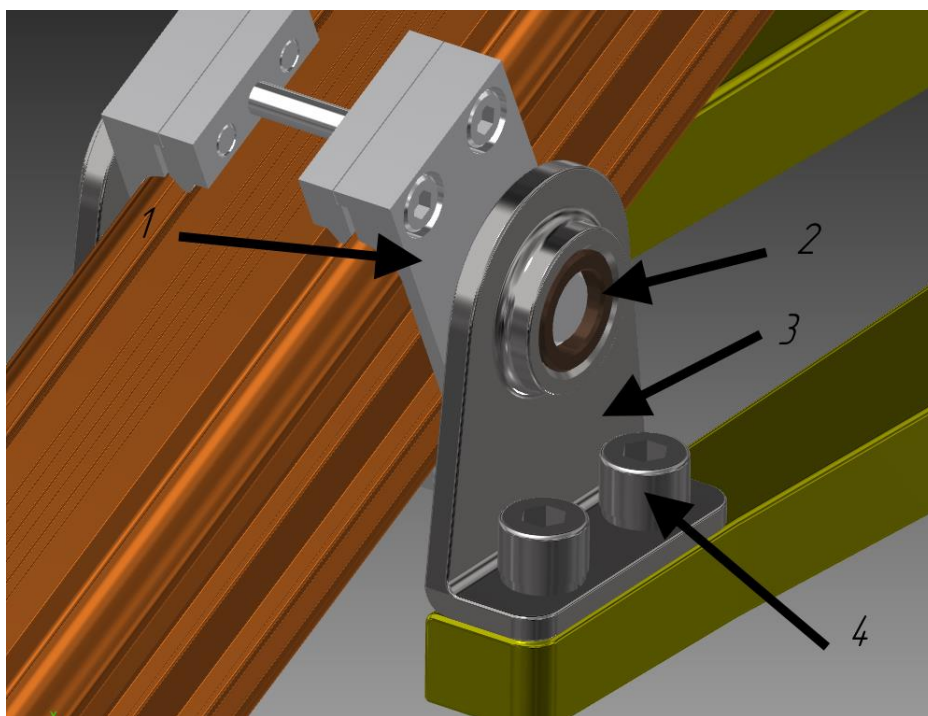
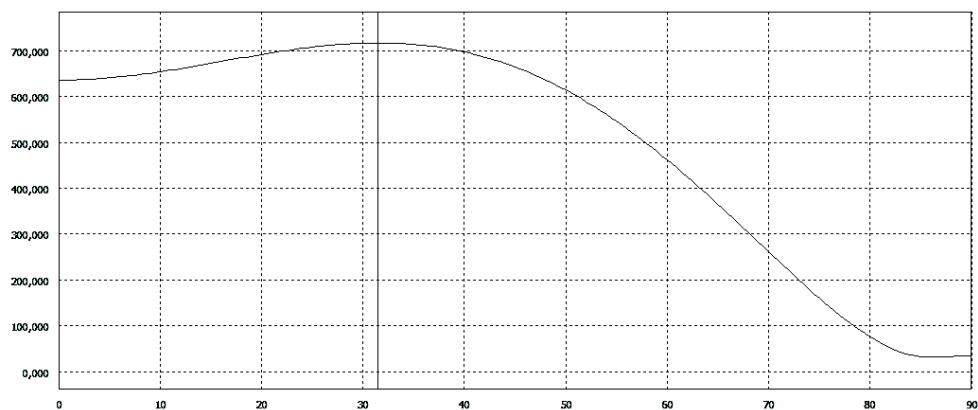


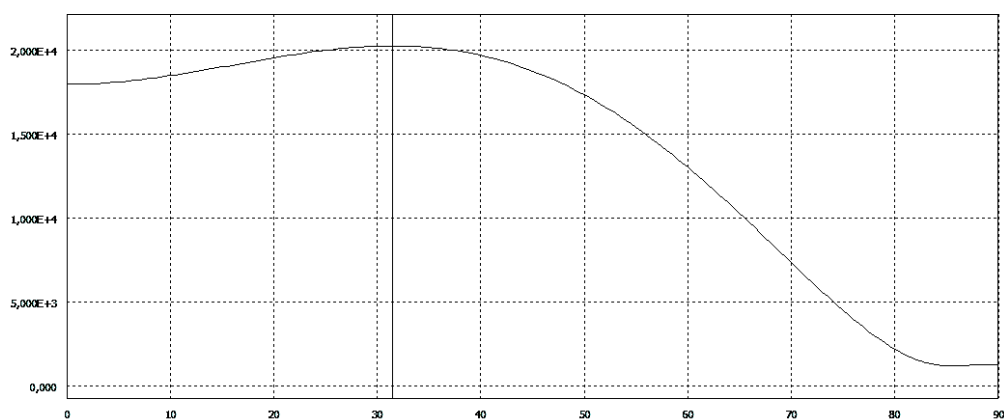
Рис. 8. 5. Вузол а.

Комплект кріплення обертається на двох вісях і передає лише радіальне навантаження. Втулки сприймають крім радіального навантаження також навантаження від згинального моменту. Графіки навантаження подані на рис. 8. 6. З графіку визначимо час на який припадає максимальне навантаження. На рис. 8. 7. представлено статистичний аналіз.





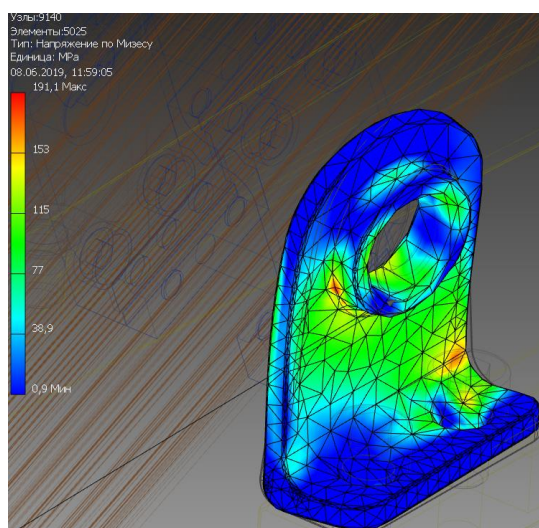
а) Максимальне радіальне зусилля, 735,8 N.



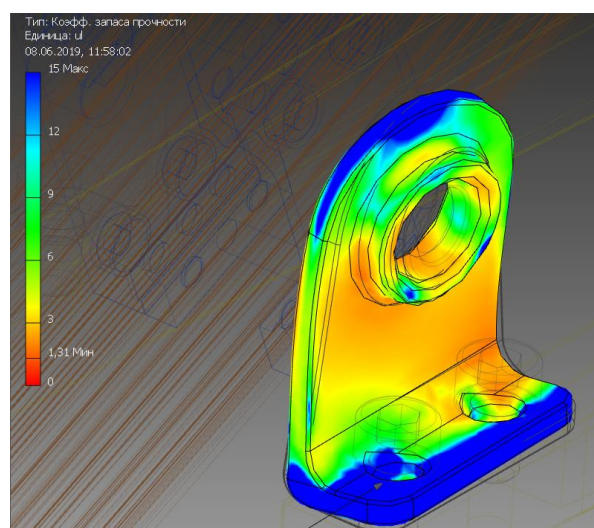
б) Максимальний момент, 27,2 N·m.

Рис. 8. 6. Зусилля в вузлі.

Завантажимо даний час в аналіз напружень та виконаємо статичний аналіз в даний час 31 с.



а) Напруження за Мізисом



б) Коефіцієнт запасу міцності

Рис. 8. 7. Результати аналізу напружень.

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Звідси можна зробити висновок, що при коефіцієнті запасу 1.31 варто підвищити міцність даного вузла, а отже необхідність його зміцнення. Для цього можна використати інший матеріал, чи змінити конструктивно.

### 8.2.2. Обертальна ланка №1

Розглянемо приклад навантаження на обертальну ланку №1. Вона кріпиться до обертальної гільзи за допомогою болтового з'єднання. Зовнішні навантаження прикладаються через експортовані зусилля із динамічного аналізу. На рис. 8. 8. зображено схематично прикладені зусилля до ланки.

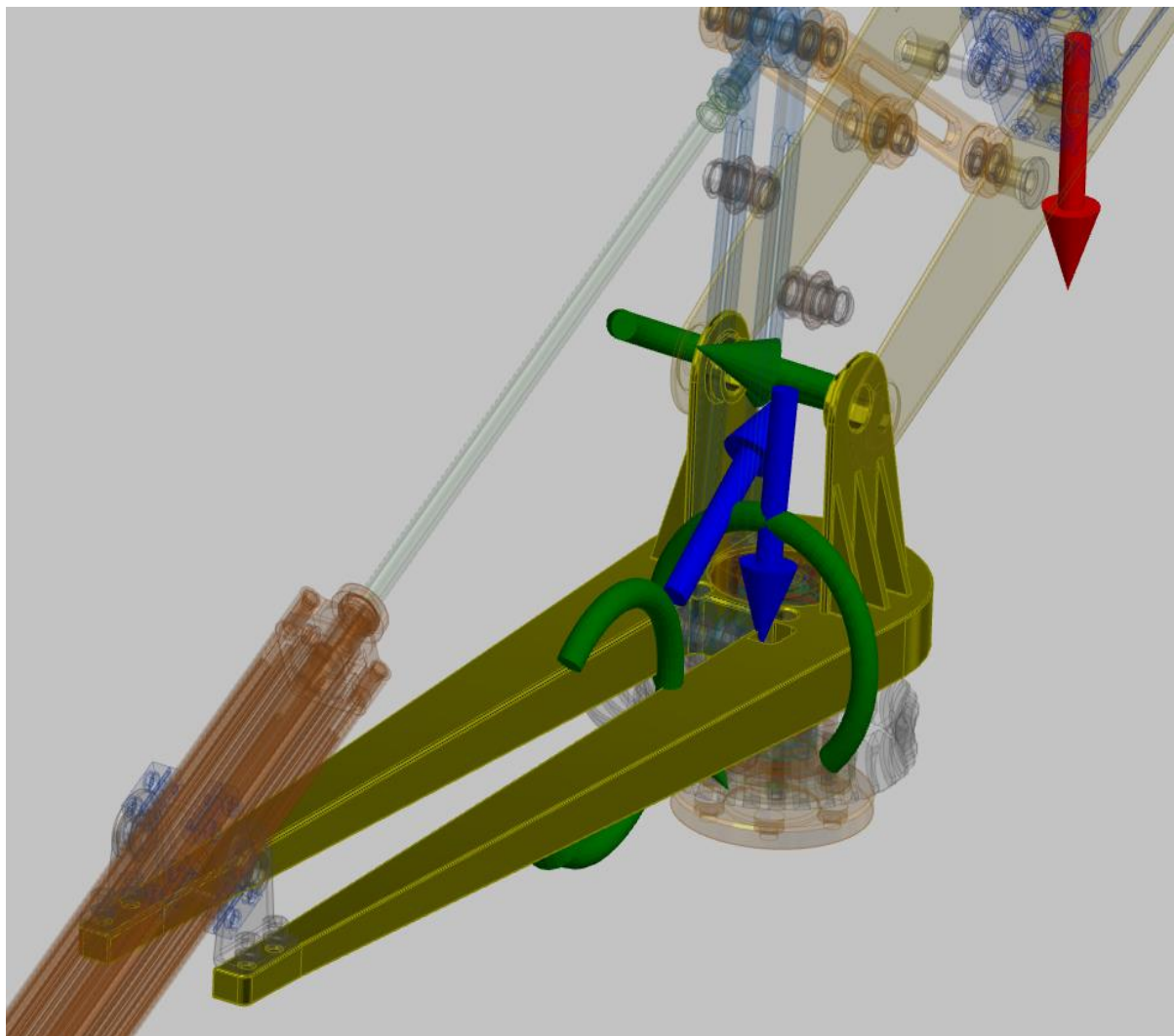
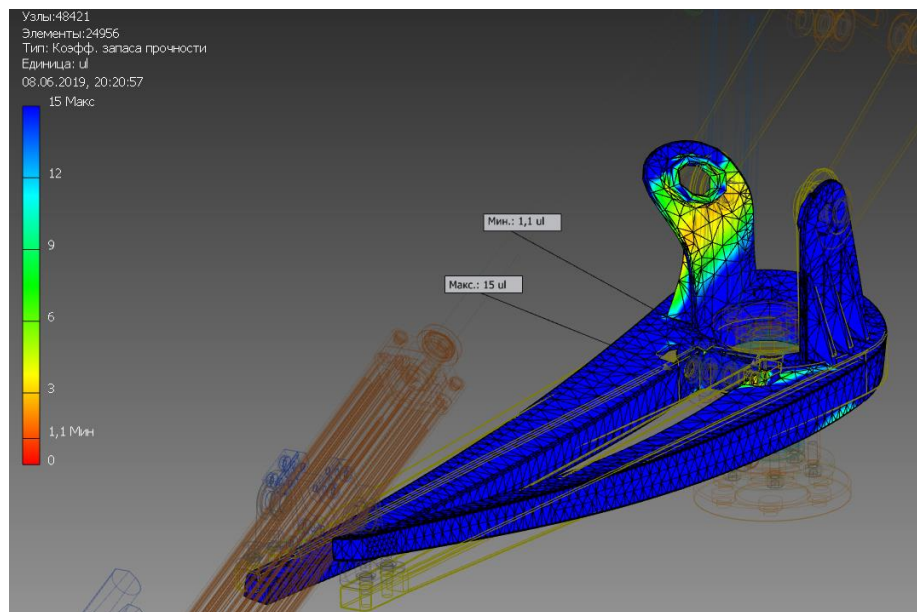
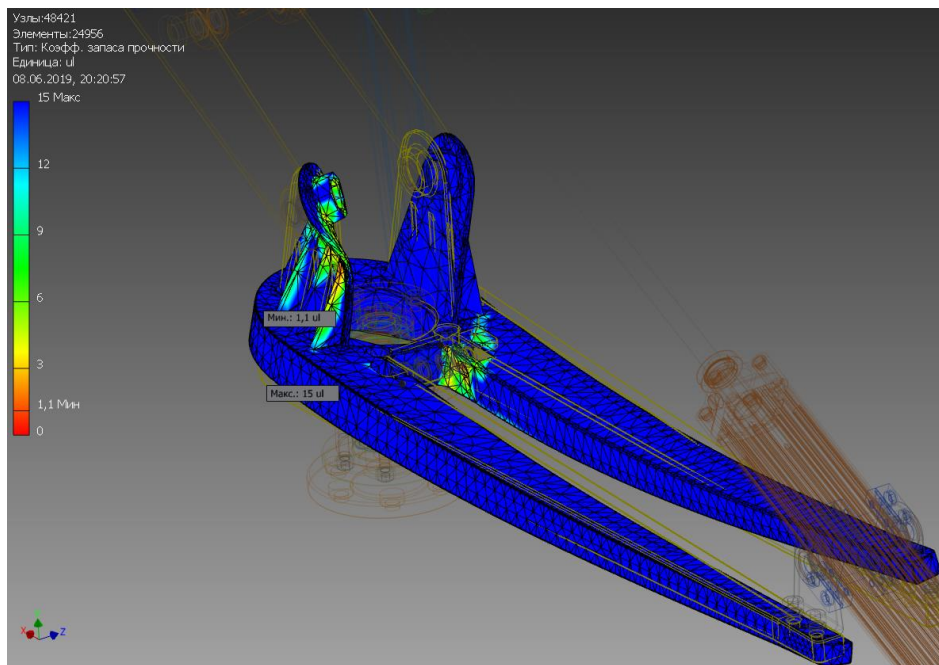


Рис. 8. 8. Схема прикладання зовнішніх сил до Ланки №1

Результати аналізу зображуються на рис. 8. 9. а) напружень за Мізисом складає максимальне значення 251 МПа.



а) Напруження за Мізисом



б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 9. Аналіз напружень ланки №1

В даній точці знаходиться перехід між кріпленням із ланкою 280 мм. довжиною. Для збільшення запасу міцності достатньо виконати зміцнення конструктивно, тобто збільшити площу контакту між валом та віссю.

### 8.2.3. Поворотна ланка №2

Поворотна ланка №2 кріпиться до ланки №1 за допомогою втулки та вісі яка передає радіальні навантаження та осьові. Аналогічним способом дана ланка фіксує наступну ланку №3. На рис. 8. 10. подано схематично зображення навантажень які прикладаються до даної ланки.

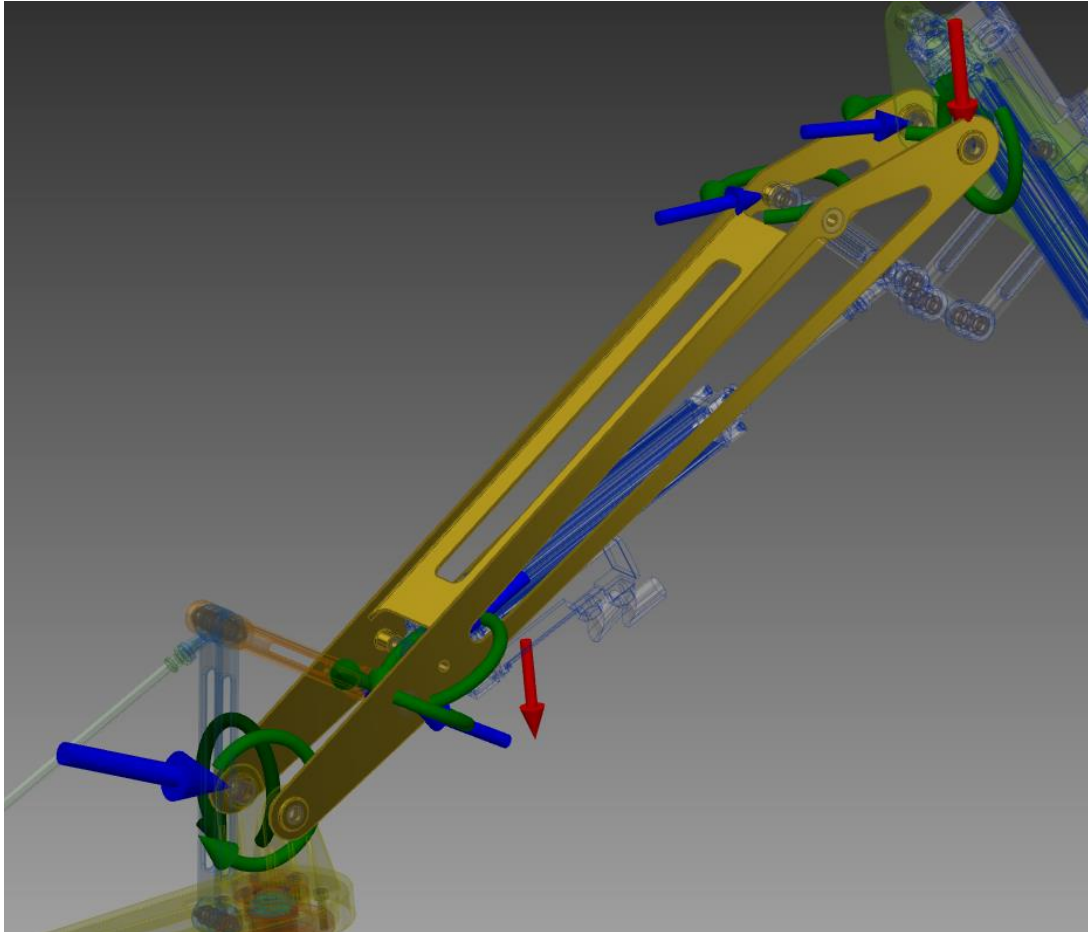


Рис. 8. 10. Схема прикладання зовнішніх сил до ланки №2

Як видно із рис. 8. 10 до даної ланки автоматично прикладається зовнішні сили від приводів які на ній закріплено та від привідних ланок у вигляді моментів та зосереджених сил. Також до даної ланки прикладаються сили які виникають внаслідок не рівномірного обертання навколо МЦШ.

Тобто модуль динамічного навантаження довантажує зусилля пов'язанні із нерівномірним рухом.

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

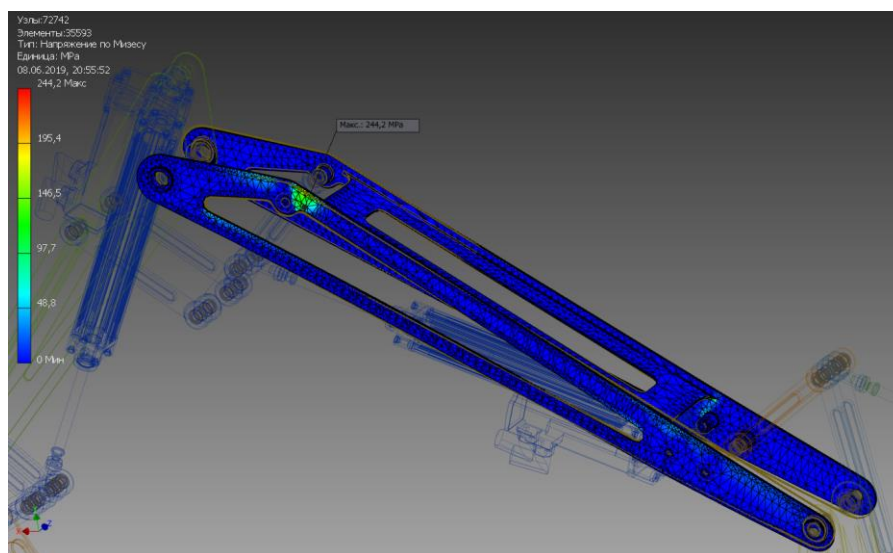
МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист

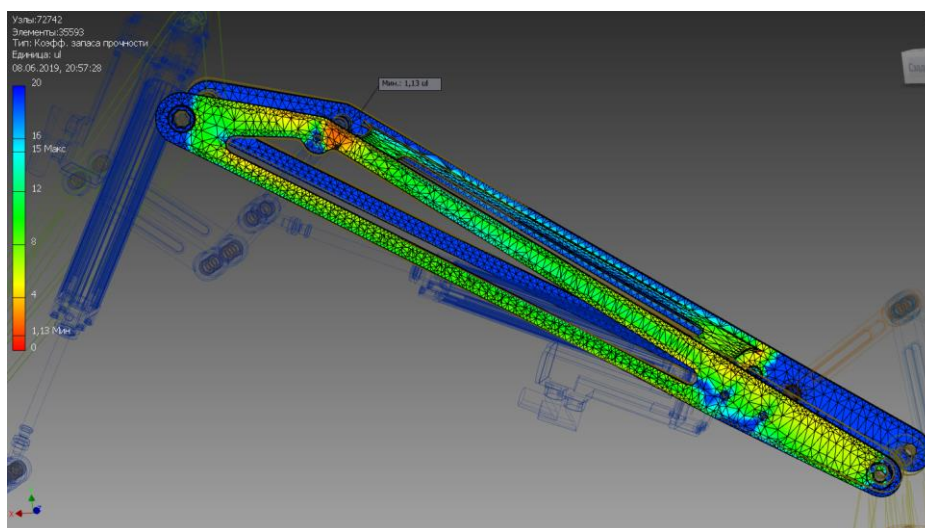
64



Після виконання побудови сітки виконався статичний аналіз рис. 8. 11. Із даного рисунку отримано найбільше напруження за Мізісом на рівні 244 МПа.



а) Напруження за Мізісом



б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 11. Аналіз напружень ланки №2

Коефіцієнт запасу мінімальний при цьому складає на рівні 1, 13. Дана деталь має найбільше навантаження біля кріплення важеля довжиною 200 мм.

Для зміцнення даного місця доцільно використати конструктивні зміни та заміни матеріалу на більш міцний.

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				65
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

#### 8.2.4. Ланка №3

Розглянемо напруження в ланки №3 Вона з'єднується між сусідніми ланками №2 та №4 за допомогою циліндричних кінематичних пар. Вони реалізуються у вигляді втулок із віссю. Втулка закріплюється нерухомо в одній ланці та утворює пару ковзання із віссю. До даної ланки також кріпляться як і до попередньої ланки привід і привідний механізми.

Розглянемо зусилля які прикладаються до ланки №3 у вигляді рис. 8.12.

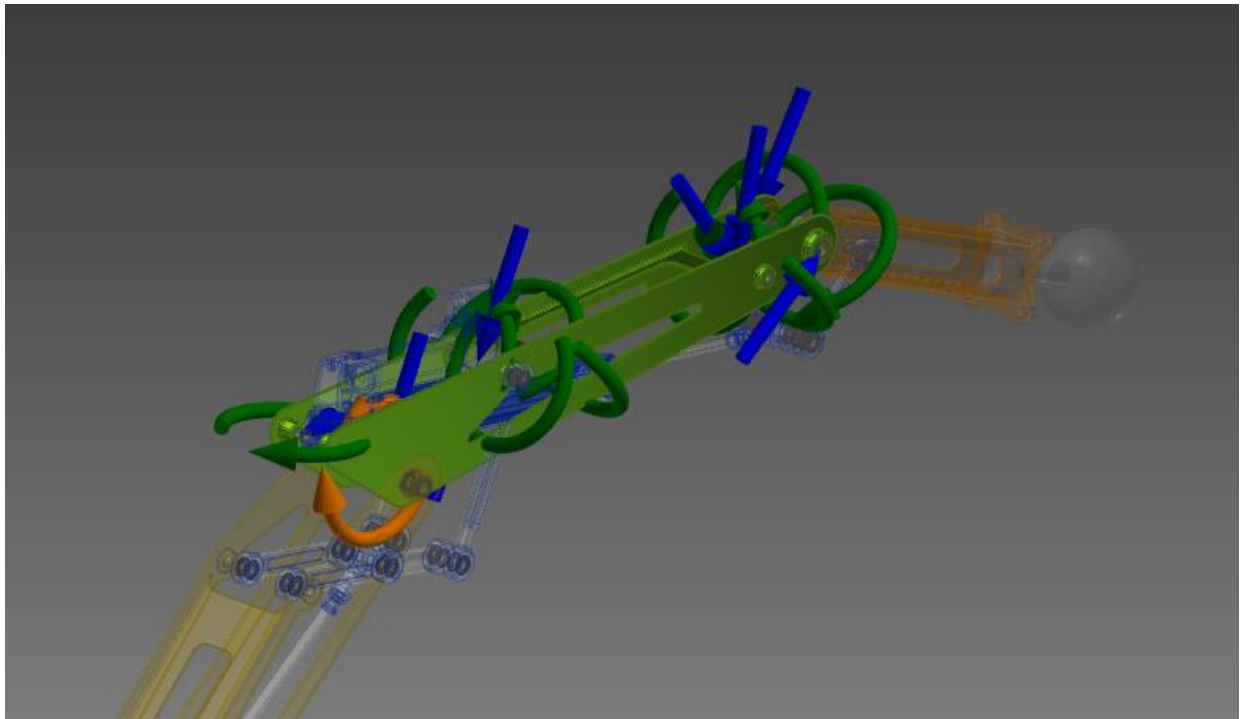
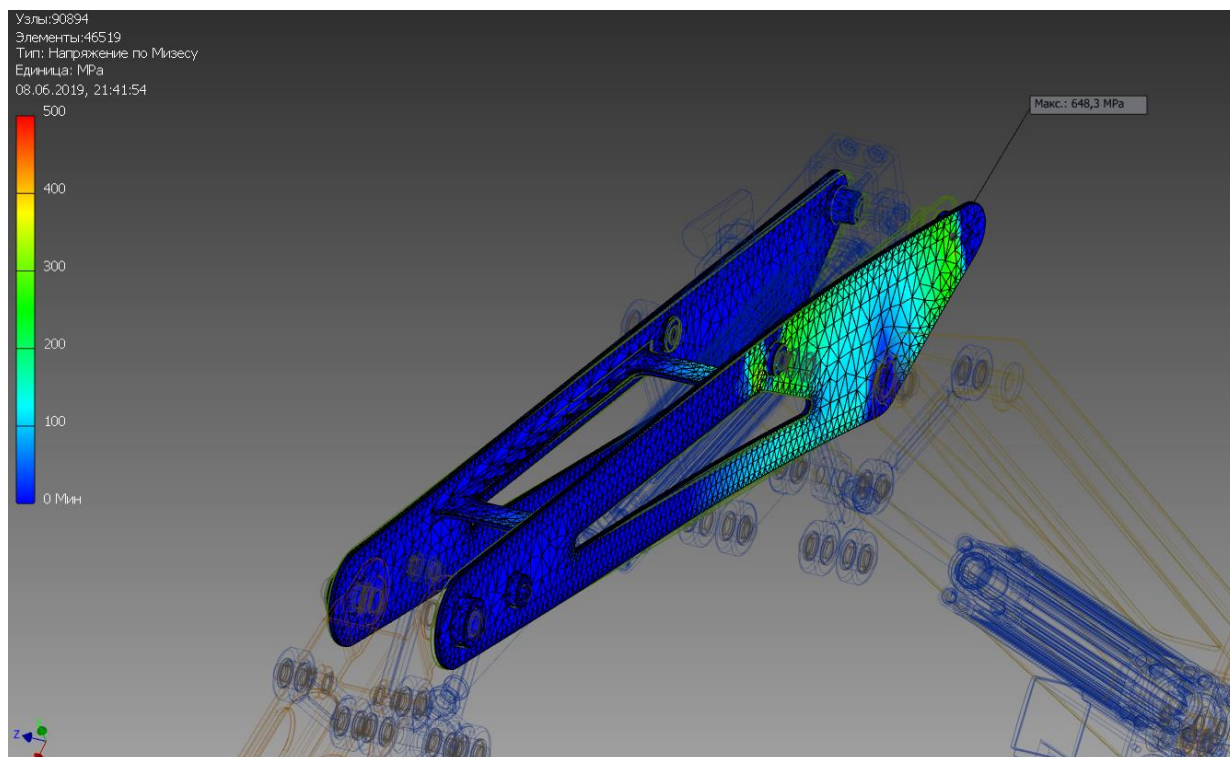


Рис. 8. 12. Схема прикладання зовнішніх сил до ланки №3

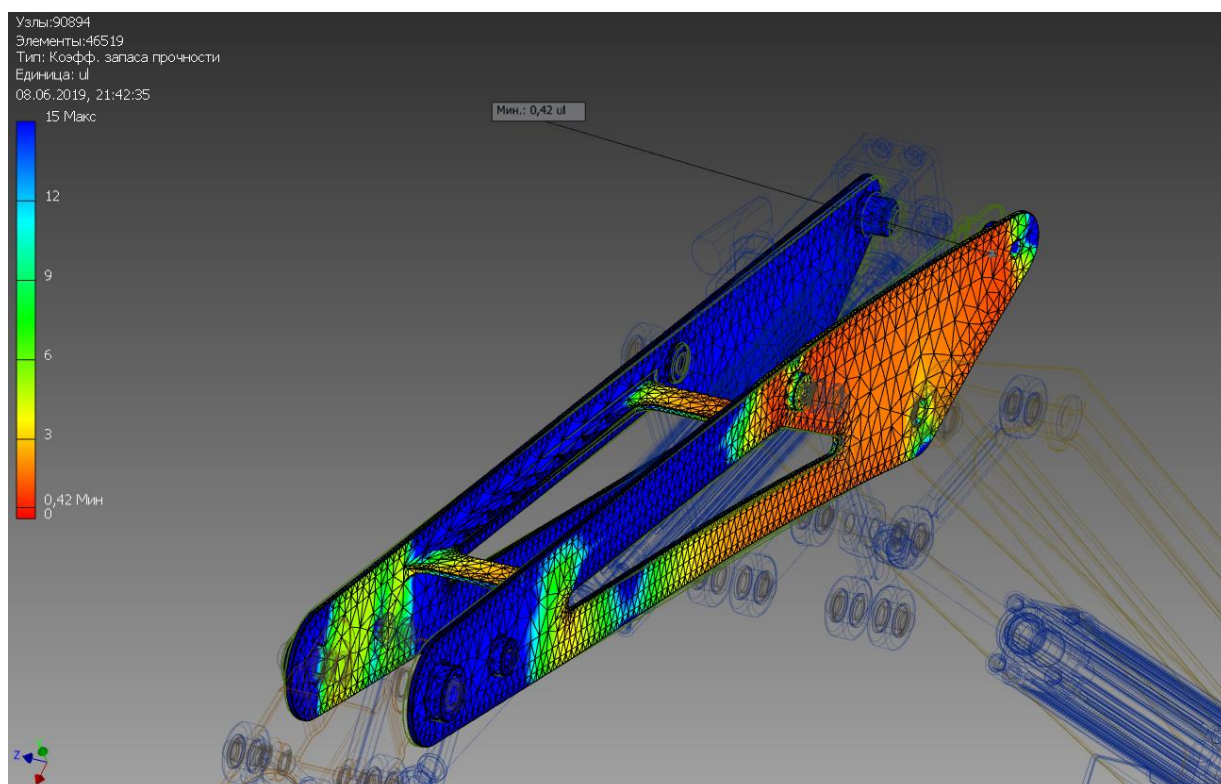
Як і в попередньому випадку ми бачимо, що зусилля прикладаються до поверхонь, або на певній відстані. Оскільки дана ланка виконує складний рух, прямолінійний і обертальний водночас, необхідно прикласти до даної ланки навантаження яке врівноважить сили Доламбера які виникають внаслідок лінійного та кутового прискорення.

Розглянемо навантаження на ланки та виконаєм статичний розрахунок. Результати розрахунку подані на рис. 8. 13. Як видно із рисунку максимальне напруження сягає 643 МПа і коефіцієнт запасу складає лише 0,42. Звідси впливає рішення про заміну матеріалу на більш міцний та збільшення товщини деталі.

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист 66
		Кравець О. М.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



а) Напруження за Мізісом



б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 13. Аналіз напружень ланки №3

		Павлик П. М.		
		Кравец О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист  
67

#### 8.2.5. Ланка №4

Остаточна ланка №4 до якої кріпиться вантаж, або робочий орган у вигляді пристосування чи захвату. Виконує складний кінематичний рух. А оскільки знаходиться на максимальному віддаленні від нерухомих деталей та проходить найбільшу відстань необхідно врахувати Доламберові складові сил та моментів у розрахунок. Зовнішні сили які прикладено до даної ланки зображено на рис. 8. 14.

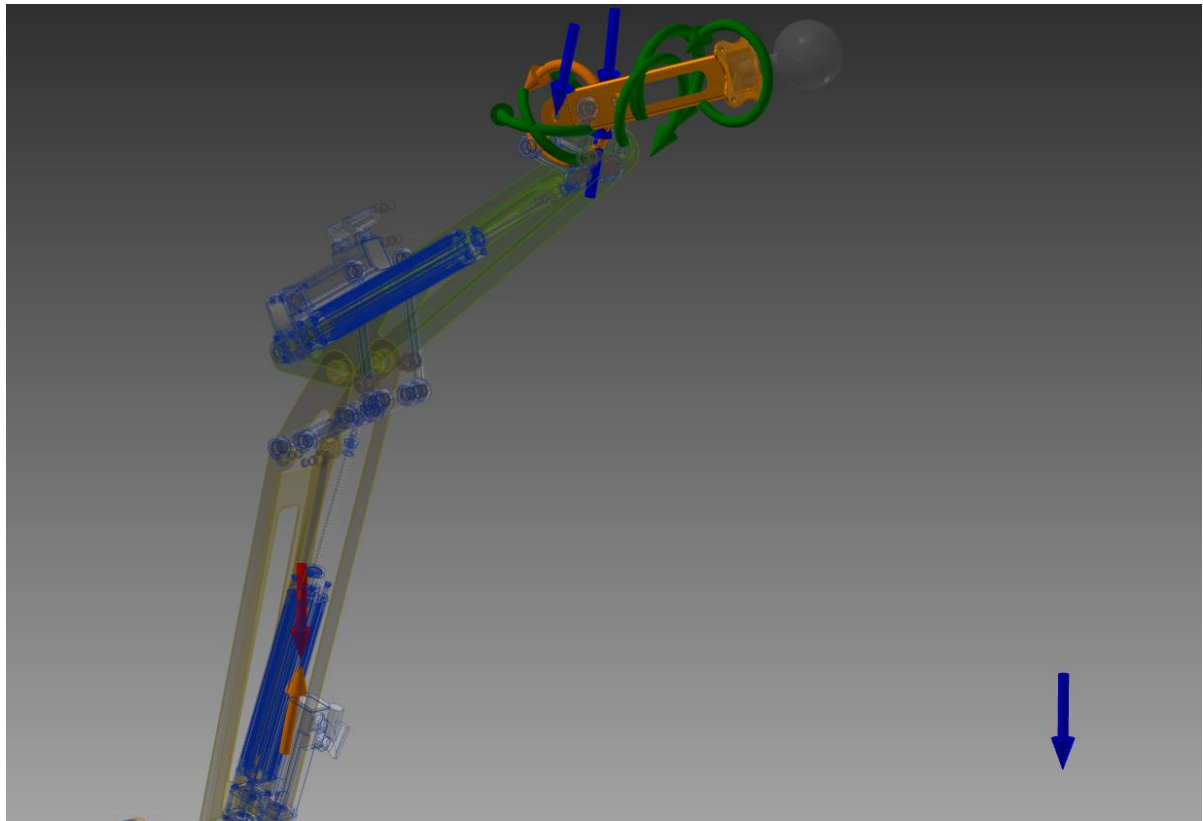


Рис. 8. 14. Схема прикладання зовнішніх сил до ланки №4

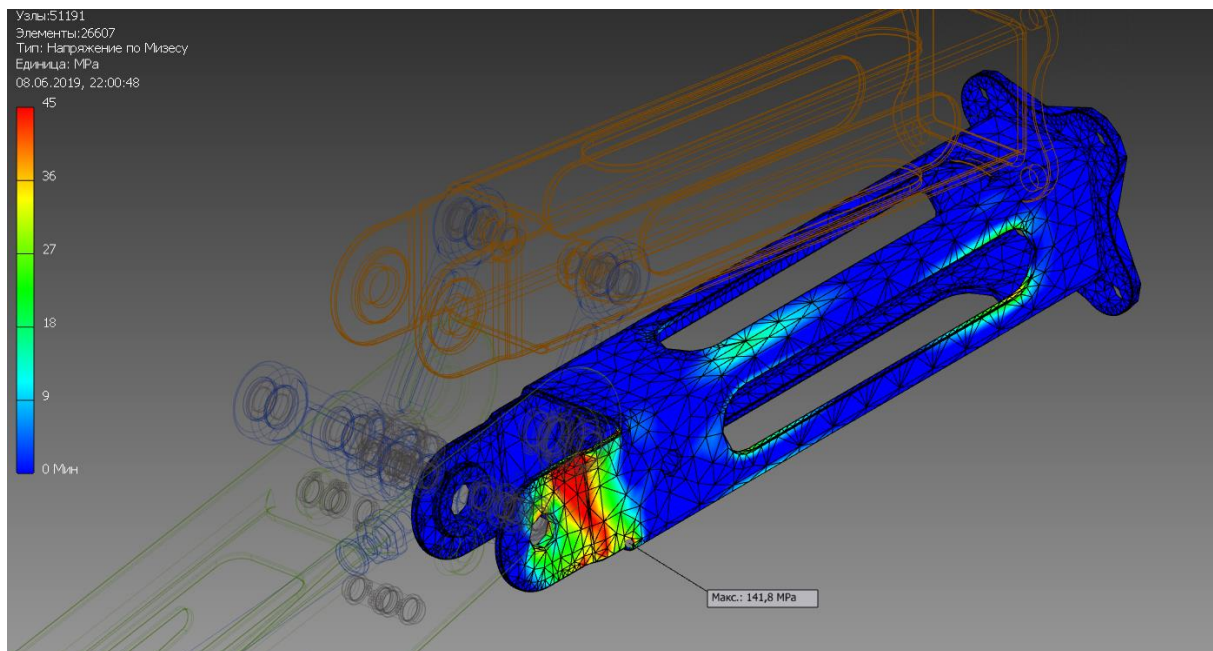
Також варто відзначити, що при розрахунку було зроблене припущення, що вантаж закріплюється до ланки № 4 за рахунок болтового з'єднання із жорстким защемленням. Дане припущення дозволить знизити помилки у розрахунках і вважатиметься контакт між поверхнями ланки №4 та вантажа нероз'ємним і з високим коефіцієнтом тертя.

Після виконання динамічного розрахунку виконаємо статичний розрахунок обравши час розрахунку 65 с. Даний час призначався як наслідок присутності максимального навантаження на лінійний привід L3 та

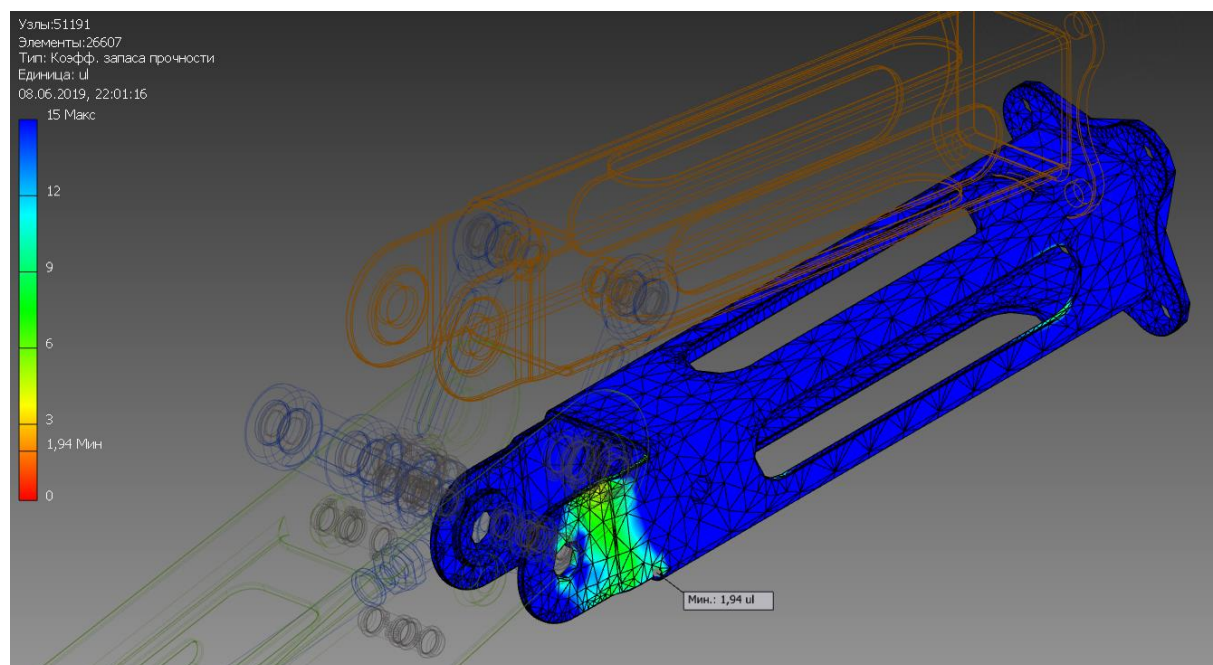
		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				68
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



максимальні зусилля у вузлах. Результати статичного аналізу подані на рис. 8. 15.



а) Напруження за Мізисом



б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 15. Аналіз напружень ланки №3

Як видно із рис. 8. 15. є найбільше напруження на згині із зоною кріпленням яку становить 141 МПа. Коефіцієнт запасу при цьому становить 1. 94 одиниці, що цілком задовольняє вимогам міцності.

### 8.2.6. Вузол b

Вузол на який спирається ланка довжиною 280 мм. та яка з'єднується із обертальною ланкою №1. будова даного вузла подана на рис. 8. 16.

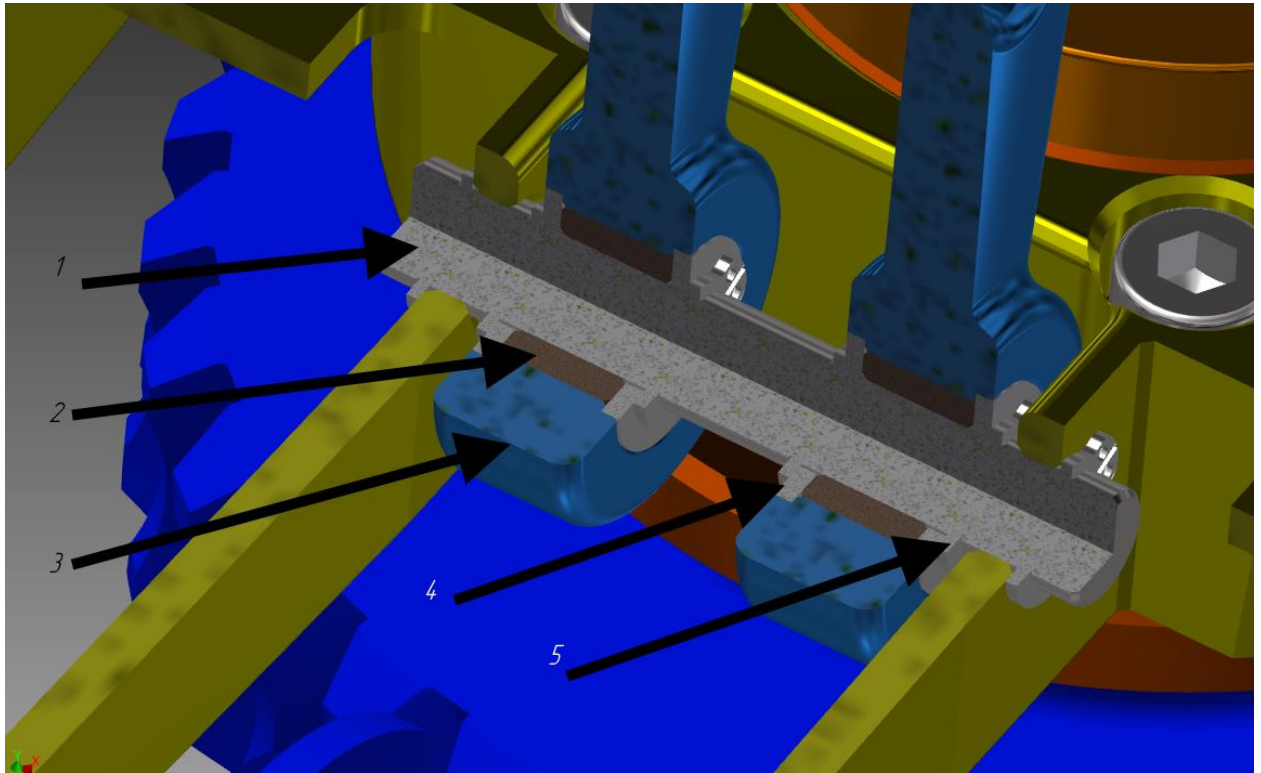
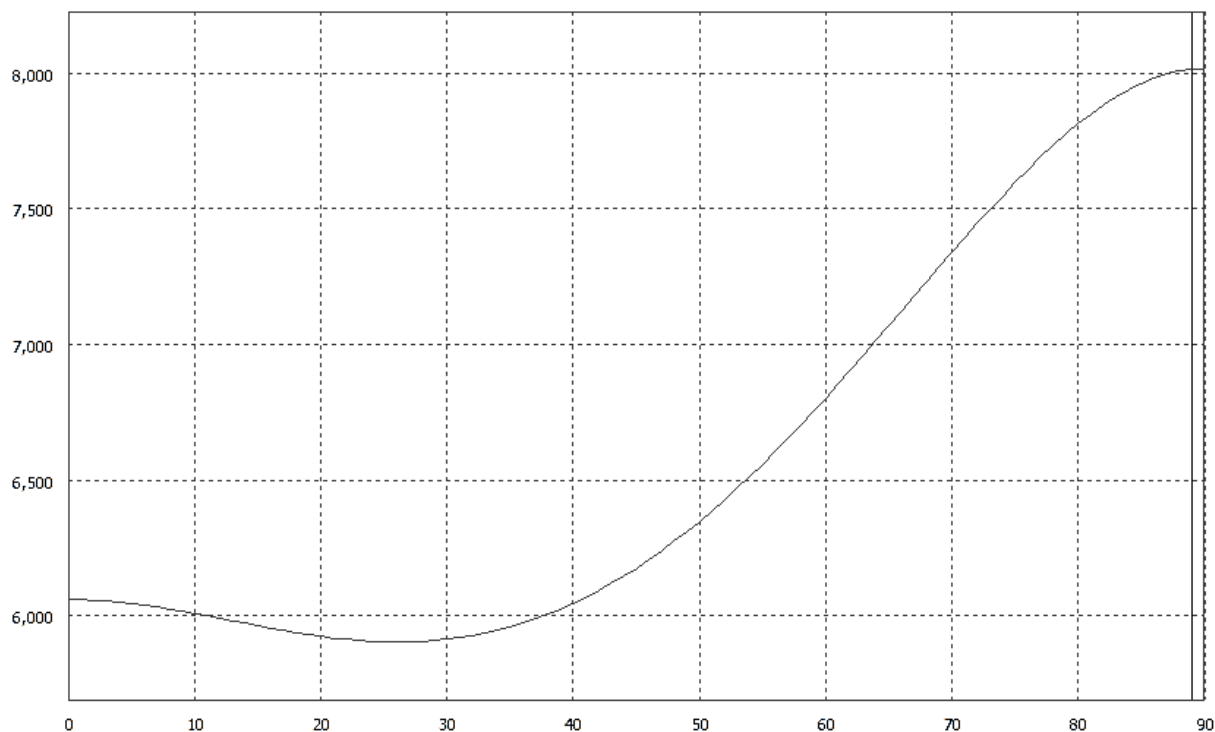


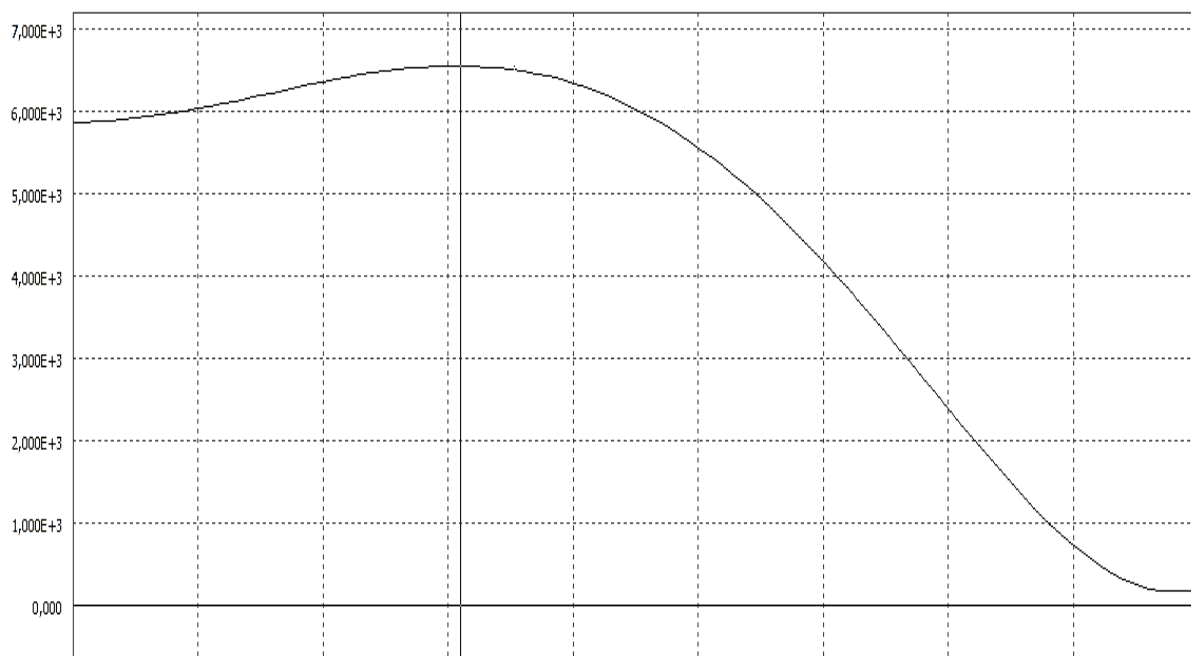
Рис. 8. 16 . Вузол b.

Вузол складається із вісі 1 виготовленої із низьколегованої сталі 1 , стопорних чілець 5, бронзових втулок 2, та 4 шайби. Зусилля які сприймає даний вал є розподіленими по внутрішньому циліндру втулки, та обертальної ланки. Напруження які виникають у ланці викликають силу зрізу, та згинальний момент.

Розглянемо зусилля які виникають в даному вузлу. Графіки сил та моментів подані на рис. 8. 17. Як видно із графіку точки екстремуму присутні в обох випадках.



а) Максимальне радіальне зусилля, 8 N.



б) Максимальний момент, 6,54 N·m.

Рис. 8. 17. Зусилля в вузлу b.

З даних графіків визначимо час за який дані зусилля набирають максимального значення. Тобто найбільше радіальне зусилля на 89 с, а найбільший згинальний момент на 32 с.

### 8.2.7. Вузол d

Ланка довжиною 180 мм позначена під номером 4, з'єднуються із корпусом за допомогою вузла d рис. 8. 18. Вісі 3 в корпусу не рухома і фіксується за допомогою посадки, та стопорного кільця 2. Ланка 4 утримують стопорні кільця 2, та шайби 5. Зусилля які передаються між ланками 4 і 1 викликають зріз у вісі 3, та згинальний момент.

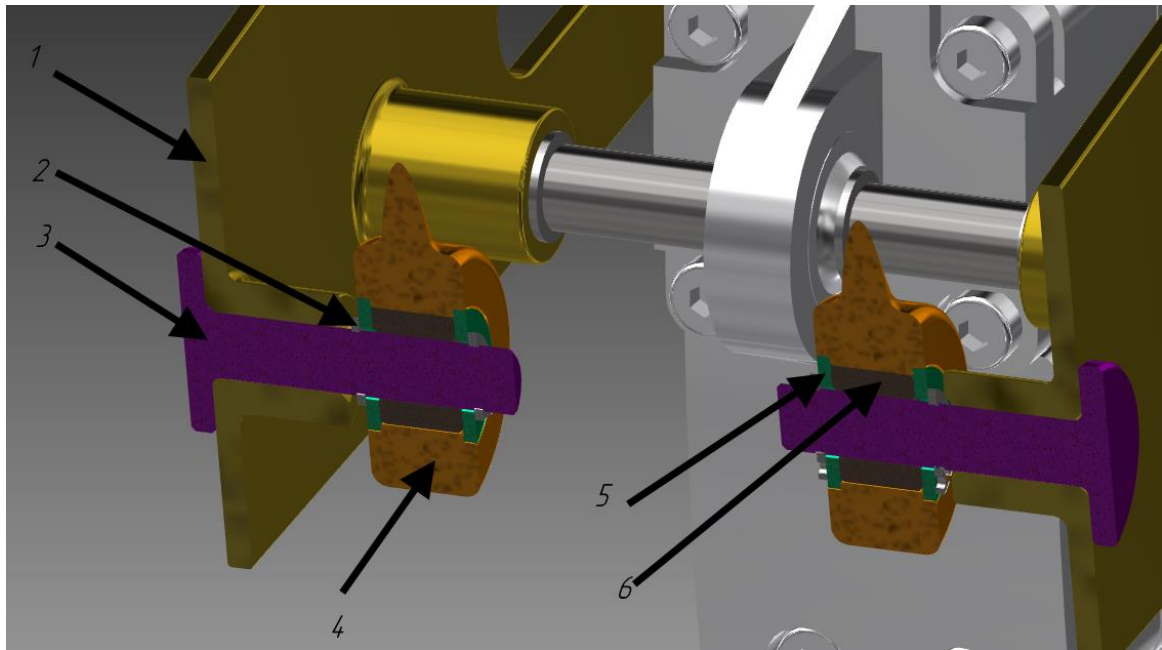
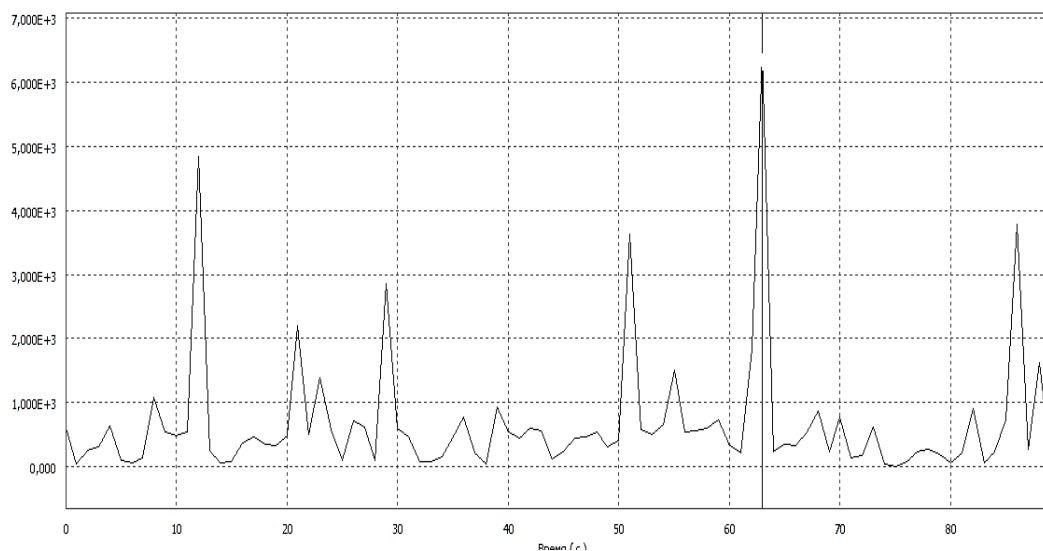


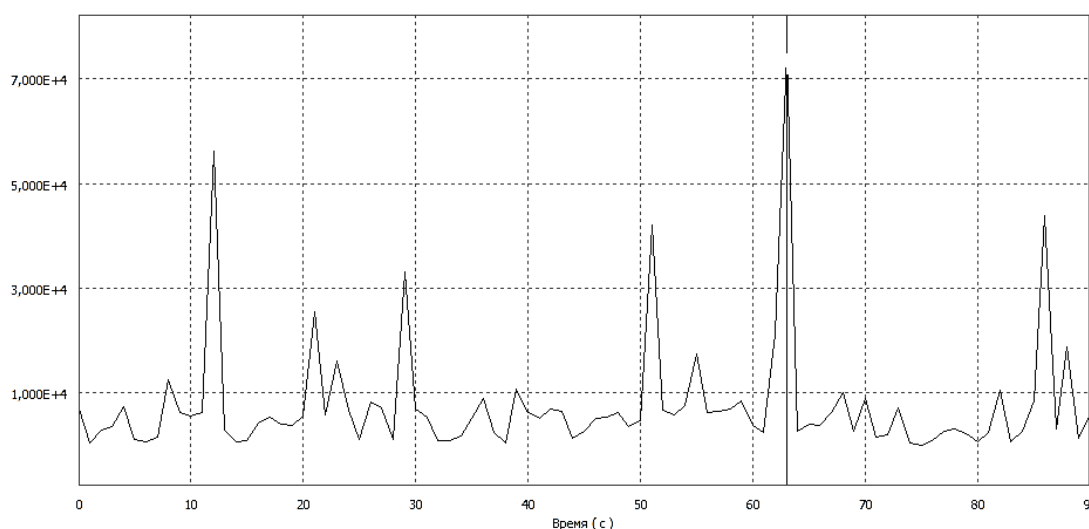
Рис. 8. 18. Вузол d.

Розглянемо графік зусиль в даному вузлу. Графіки наведені на рис. 8. 19. Як видно із рисунку максимальне радіальне зусилля набуває значення при 64 с., як і момент.

Нерівномірність графіків пов'язані із великим кроком моделювання та нерівномірним стрибкозмінним значенням навантаження. Даний вузол необхідно також розрахувати на резонансні частоти. Оскільки висока вірогідність виникнення вібрацій та погіршення техніко експлуатаційних показників.



а) Максимальне радіальне зусилля, 6446 N.



б) Максимальний момент, 74 N·m.

Рис. 8. 19. Зусилля в вузлі d.

### 8.2.8. Вузол f

Розглянемо кріплення яке використовується для з'єднання ланок №1 та ланки №2 рис. 8. 20. В даному вузлу як і в попередніх основне зусилля передається від ланки №2 позначеною під номером 6 до ланки №5 за допомогою вісі 1. Та втулки із бронзи 4. фіксація в осьовому напрямку здійснюється за допомогою посадки та шайби 3 та стопорних кілець 2.

Обертання реалізується за рахунок ковзання вісі відносно бронзової втулки 4.



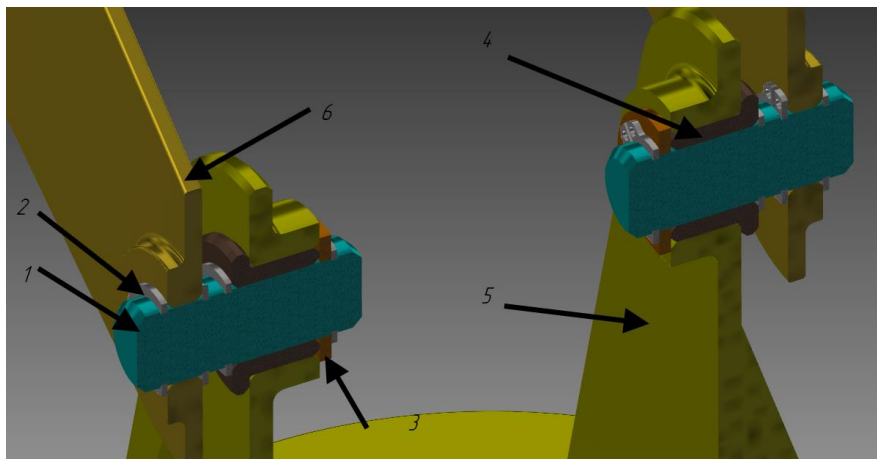
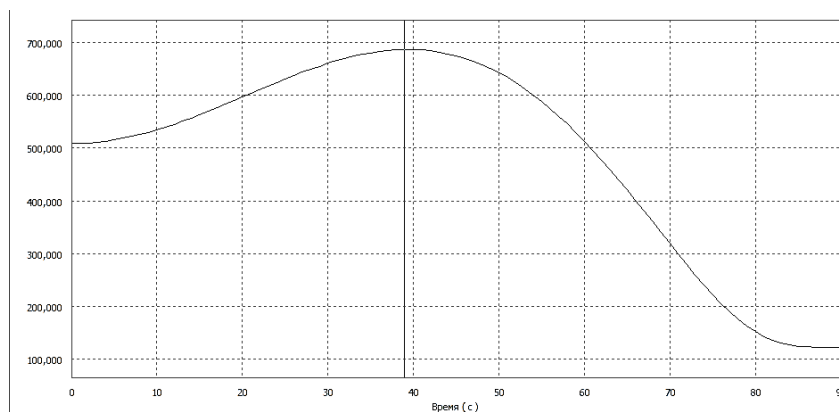
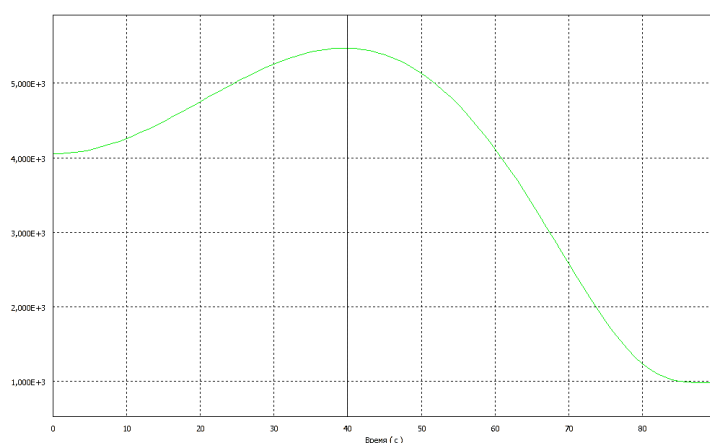


Рис. 8. 20. Вузол f.

Для розрахунку вісі необхідно визначити сили та моменти які на неї діють. Відповідні графіки подані на рис .8. 21.



а) Максимальне радіальне зусилля, 683 N.



б) Максимальний момент, 7,2 N·m.

Рис. 8. 21 Зусилля в вузлу f.

Із даних графіків ми знаходимо зовнішні сили які діють на дану модель. Визначений час максимального навантаження, 39 с.

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

### 8.2.9. Вузол g

Для кріплення привода L2 розглянемо кріплення представлене на рис. 8. 22. На якому позначено 1 вісь, 2 стопорне кільце, 3 сферична пара для лінійного привоу. Втулка якого також фіксується стопорними кільцями.

Навантаження яке сприймає вісь, це сила зсуву від лінійного привоу, та згинальний момент який виникає за рахунок наявності відстані між точкою прикладання зусилля від привоу та реакцією в опорі.

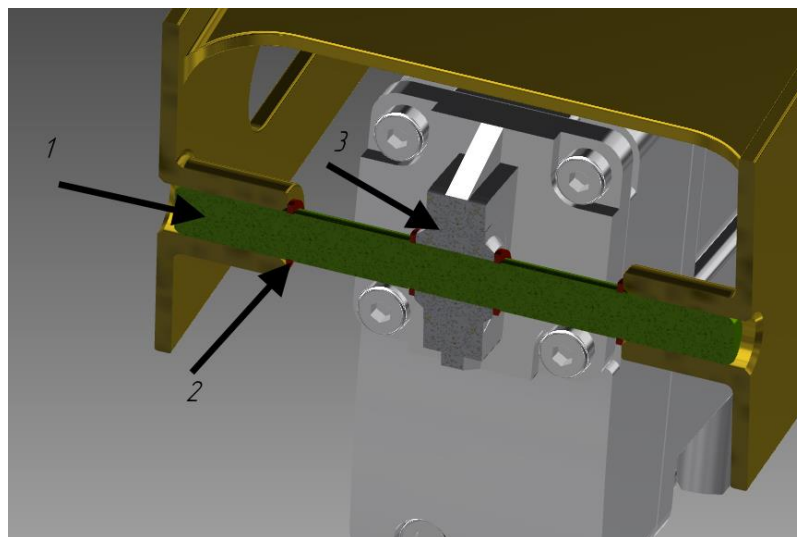
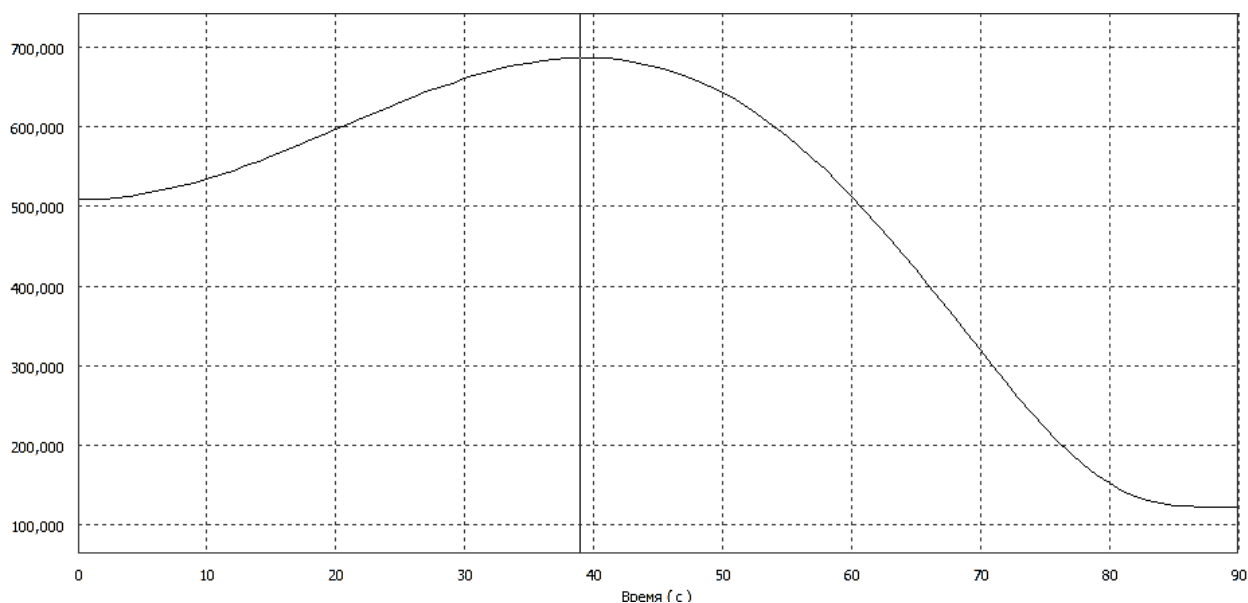


Рис. 8. 22. Вузол g.

Для розрахунку вісі визначимо сили та моменти які на неї діють. Відповідні графіки подані на рис .8. 23.

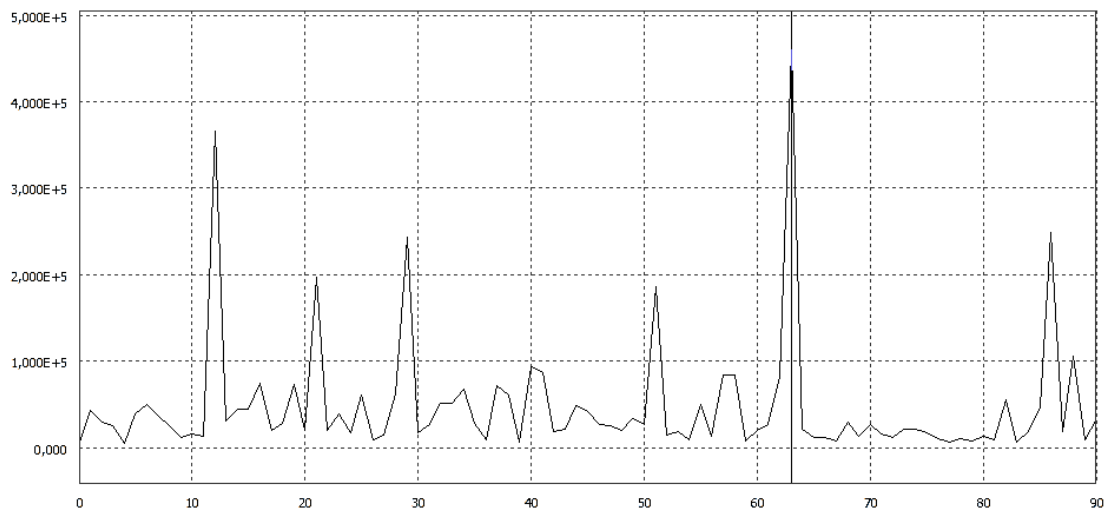


а) Максимальное радиальное усилие, 686 N.

		Павлик П. М.		
		Кравец О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист  
75



б) Максимальний момент, 460,2 N·m.

Рис. 8. 23 Зусилля в вузлу g.

На відміну від попереднього вузла максимальне радіальне зусилля сягає при 39 с., а для моментів при 64 с.

#### 8.2.10. Вузол о

Для передачі зусилля від привода L2 через ланку довжиною 180 мм. використовується з'єднання о представлене на рис. 8. 24. На якому зображено вісь 1, нерухомо закріпленою в корпусі ланки №3. та зафіксовані

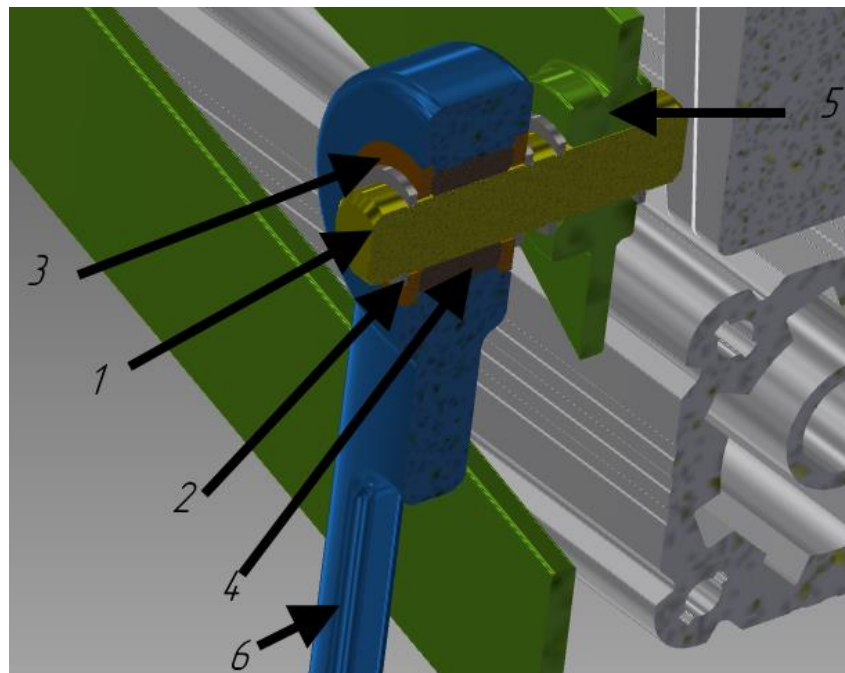


Рис. 8. 24. Вузол о.

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

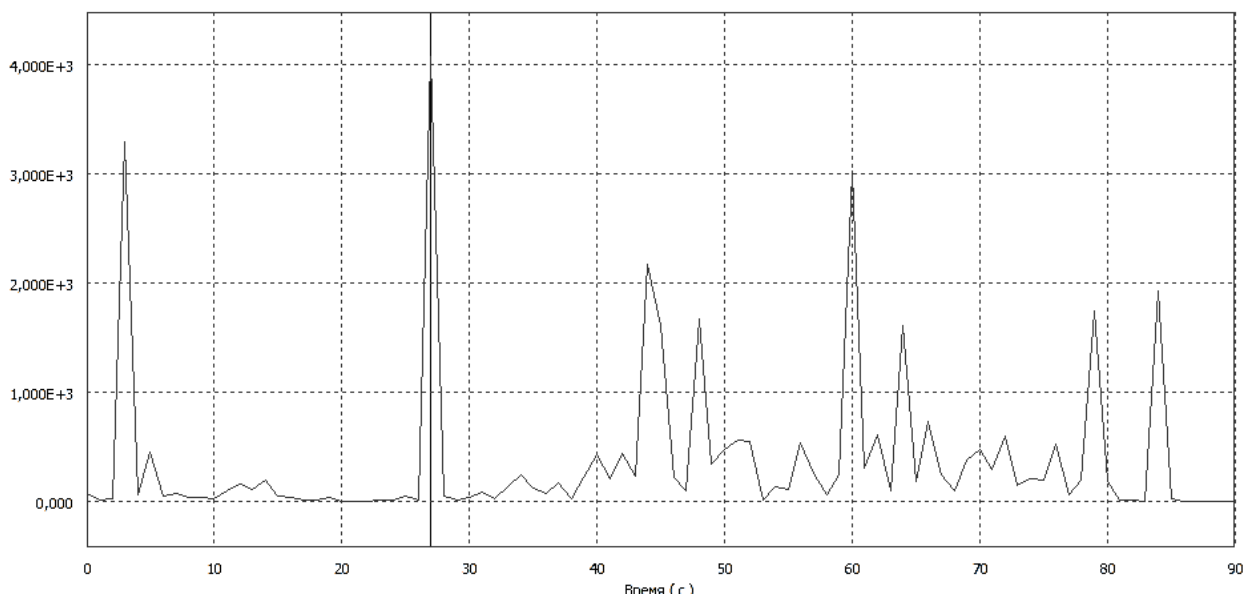
Лист  
76



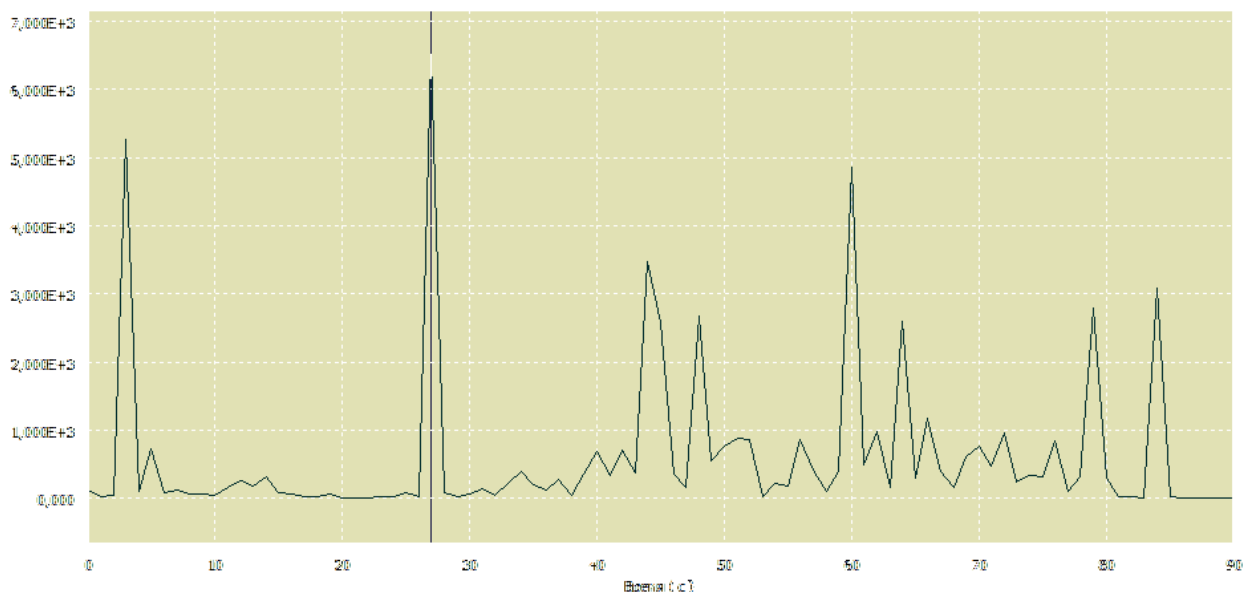
в осьовому напрямку стопорними кільцями 2. Обертання в циліндричному шарнірі здійснюється за рахунок обертання вісі 1 відносно втулки із бронзового сплаву 3. Який в свою чергу фіксується в осьовому напрямку за допомогою шайби 3.

Визначимо максимальні зусилля які виникають в даному вузлу та час їх набуття граничних значень.

На рис. 8. 25 зображено зовнішні сили які діють у вузу.



а) Максимальне радіальне зусилля, 4072 N.



б) Максимальний момент, 6,5 N.m.

Рис. 8. 25 Зусилля в вузлу g.

Як видно із рисунку граничних значень зовнішні сили набувають в 28 с.

### 8.2.11. Вузол п

Для кріплення привода L3 розглянемо кріплення зображене на рис. 8. 26. На якому позначено 1 вісь, 3 стопорне кільце, 3 сферична пара для лінійного привоу. Втулка якого також фіксується стопорними кільцями.

Навантаження яке сприймає вісь, це сила зсуву від лінійного привоу, та згинальний момент який виникає за рахунок наявності відстані між точкою прикладання зусилля від привоу та реакцією в опорі.

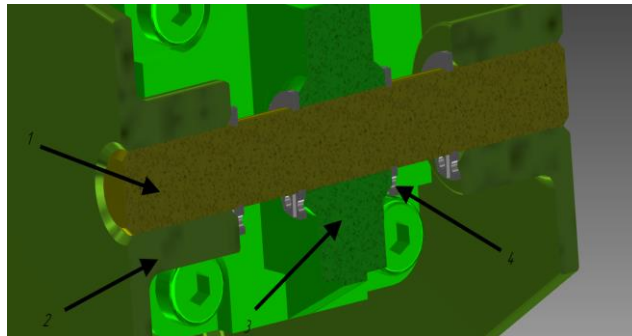
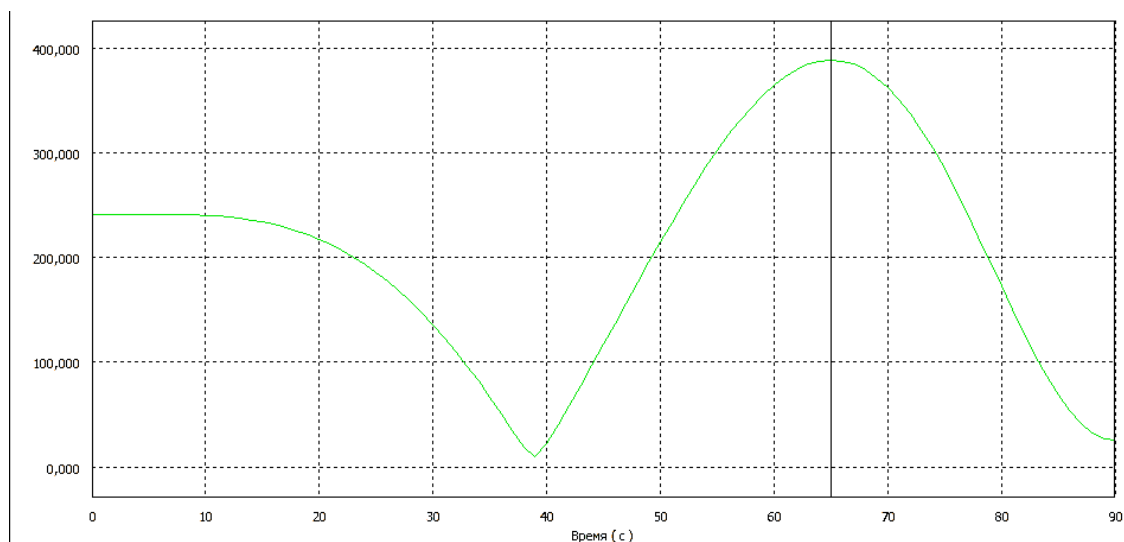


Рис. 8. 26. Вузол п.

Визначимо максимальні зусилля які виникають в даному вузлу та час їх набуття граничних значень.

На рис. 8. 27 зображено зовнішні сили які діють у вузу.

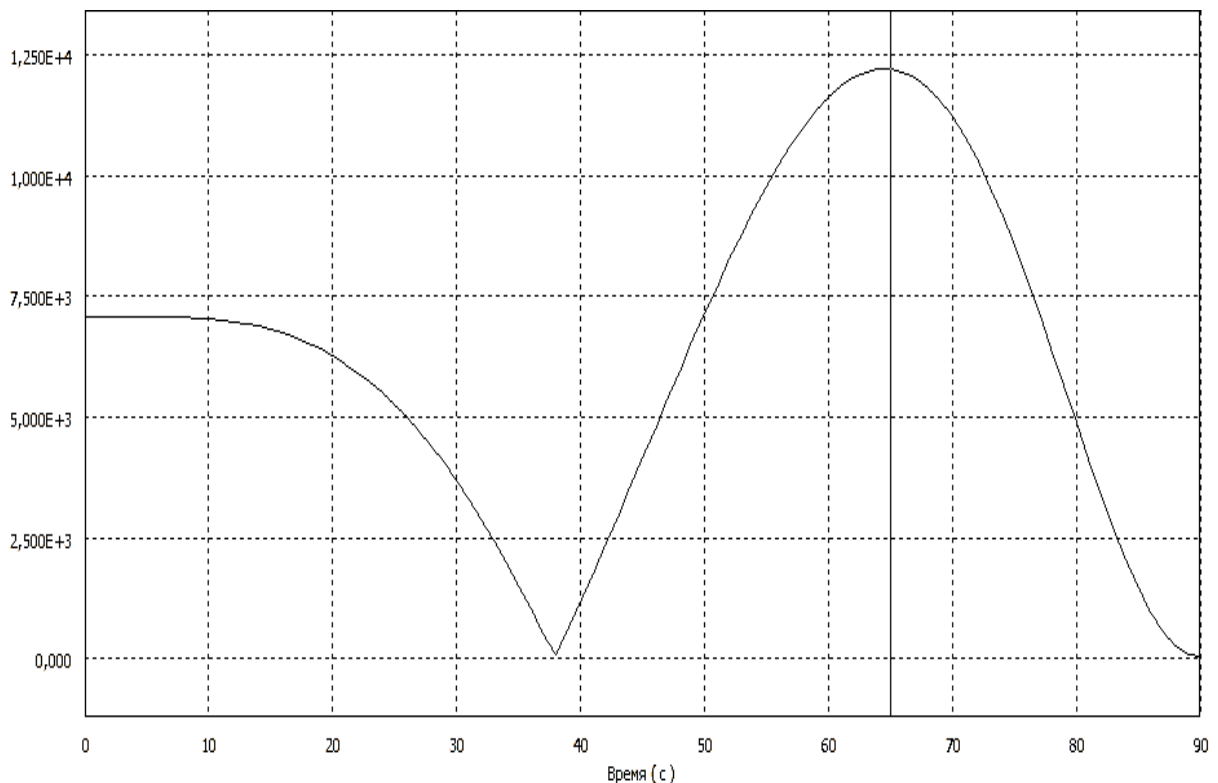


а) Максимальне радіальне зусилля, 388 N.

		Павлик П. М.		
		Кравец О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист  
78



б) Максимальний момент, 12 N·m.

Рис. 8. 27 Зусилля в вузлу п.

Як видно із рисунку граничних значень зовнішні сили набувають в 28 с.

### 8.2.12. Вузол у

Для передачі від привода L3 через ланку довжиною 100 мм. використовується з'єднання о представлене на рис. 8. 28. На якому зображено вісь 1, нерухомо закріпленою в корпусі ланки №3. та зафіксовані

в осьовому напрямку стопорними кільцями 2. Обертання в циліндричному шарнірі здійснюється за рахунок обертання вісі 1 відносно втулки із бронзового сплаву 4. Який в свою чергу фіксується в осьовому напрямку за допомогою шайби 3.

Визначимо максимальні зусилля які виникають в даному вузлу та час їх набуття граничних значень.

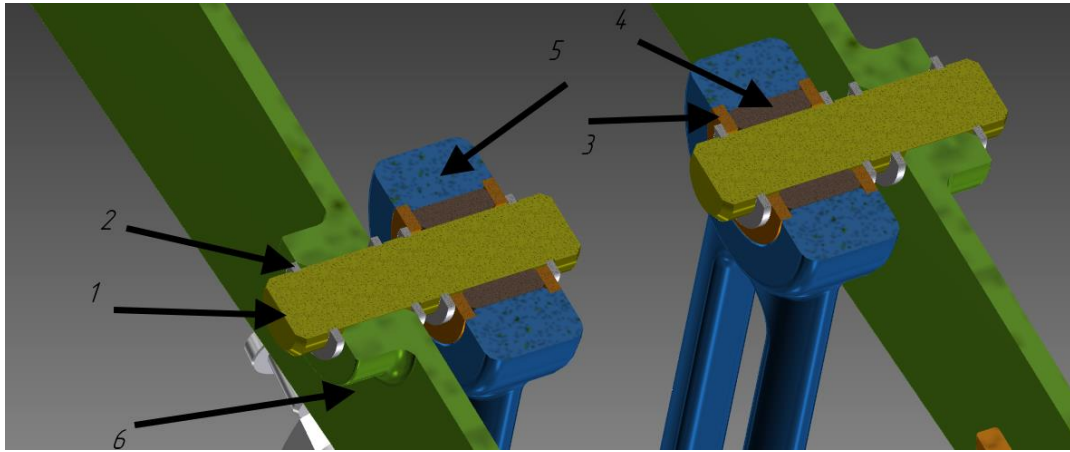
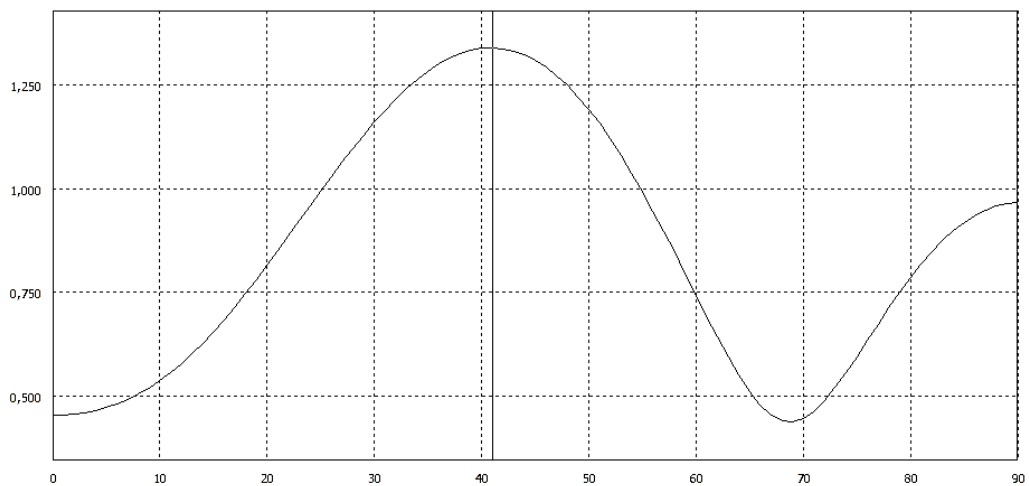
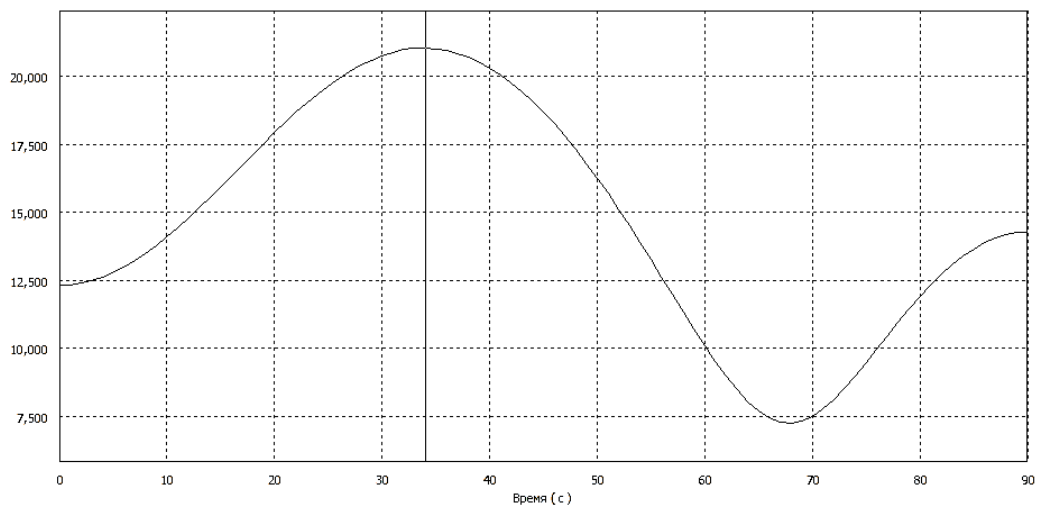


Рис.8. 28. Вузол у.

На рис. 8. 29 зображено зовнішні сили які діють у вузу.



а) Максимальне радіальне зусилля, 1,3 N.



б) Максимальний момент, 0,021 N·m.

Рис. 8. 29 Зусилля в вузлу у.

Як видно із рисунку зусилля радіальне максимальне значення набуває при 41 с., а максимальний момент виникає при 34 с.

### 8.2.13. Вузол е

Для передачі зусилля від привода L3 через ланку довжиною 100 мм. позначено під номером 2 використовується з'єднання представлене на рис. 8. 30. На якому зображено вісь 1, нерухомо закріпленою в корпусі ланки №4. та зафіксовані в осьовому напрямку стопорними кільцями 4. Обертання в циліндричному шарнірі здійснюється за рахунок обертання вісі 1 відносно втулки із бронзового сплаву 5. Який в свою чергу фіксується в осьовому напрямку за допомогою шайби 4.

Визначимо максимальні зусилля які виникають в даному вузлу та час їх набуття граничних значень.

На рис. 8. 30 зображено зовнішні сили які діють у вузу.

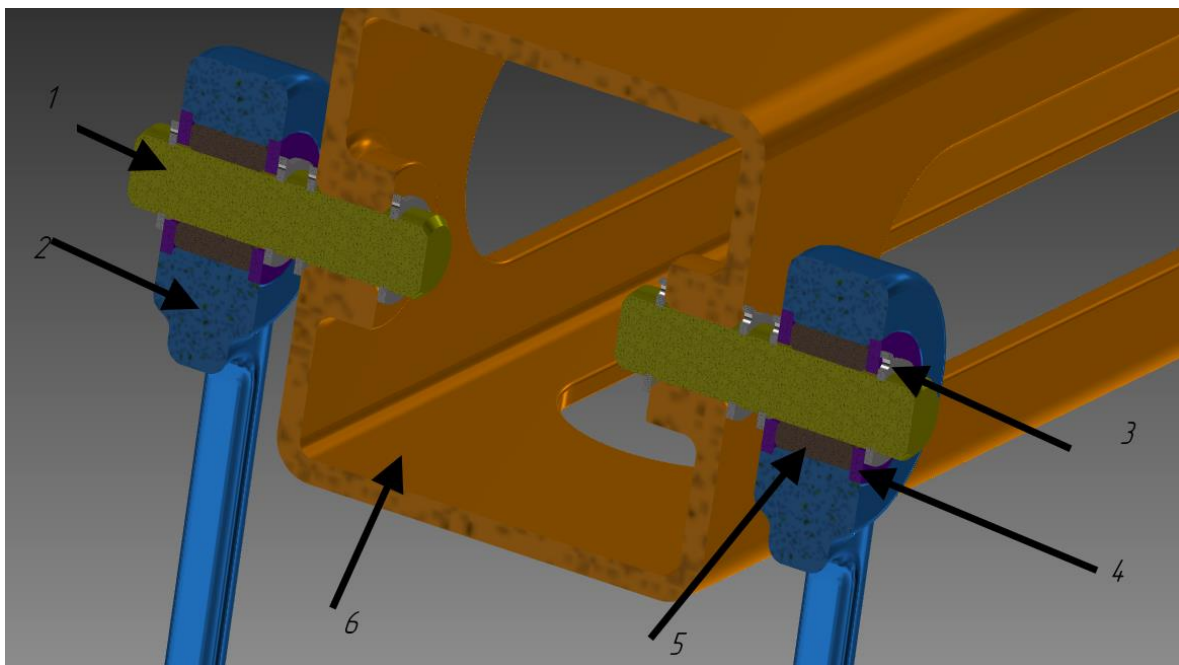
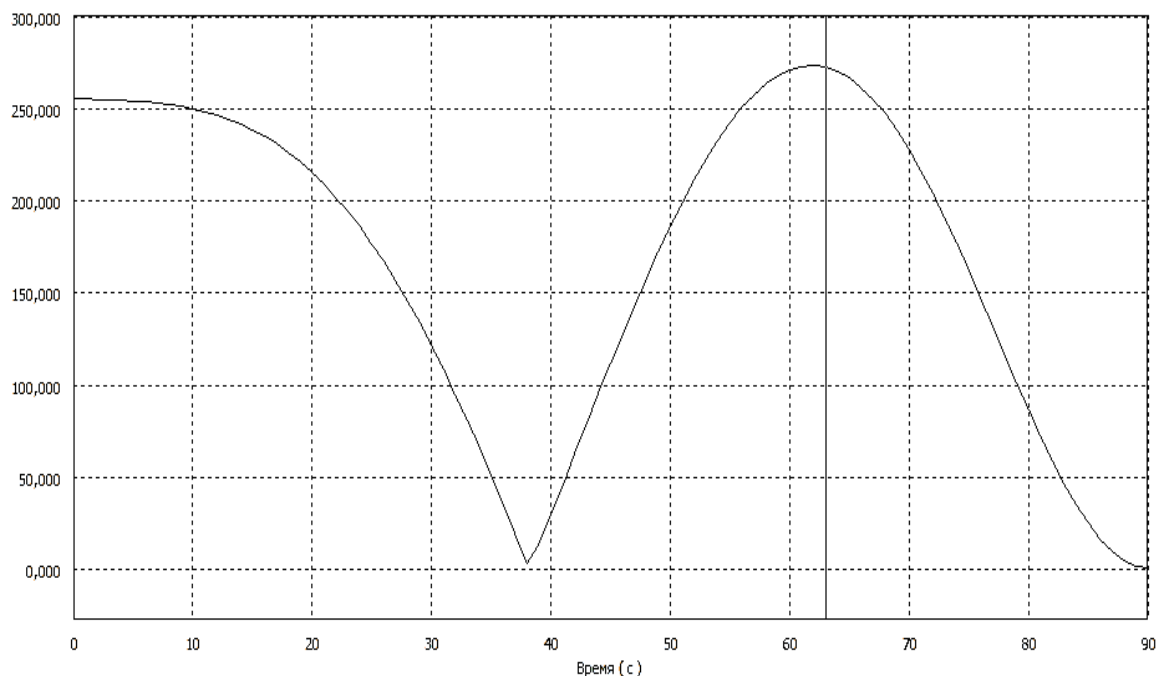
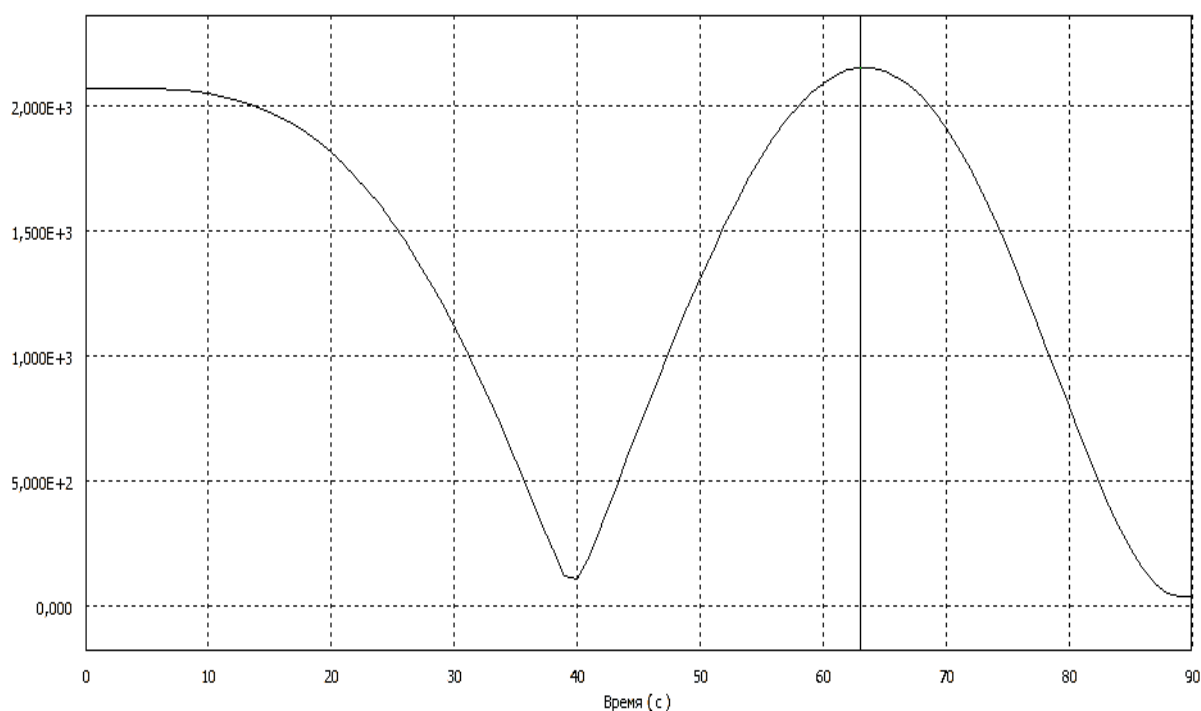


Рис. 8. 30. Вузол е.

На рис. 8. 31 подані відповідні графіки.



а) Максимальне радіальне зусилля, 273 N.



б) Максимальний момент, 2,1 N·m.

Рис. 8. 31 Зусилля в вузлу е.

Як видно із рисунку граничних значень зовнішні сили набувають одночасно в 64 с.

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист  
82

#### 8.2.14. Ланка 280 мм.

Розглянемо напруження в даній ланки. Вона передає зусилля між сусідніми ланками №1 та №2 за допомогою циліндричних кінематичних пар. Вони реалізуються у вигляді втулок із віссю. Втулка закріплюється нерухомо в одній ланці та утворює пару ковзання із віссю. Розглянемо зусилля які прикладаються до даної ланки у вигляді рис. 8. 32.

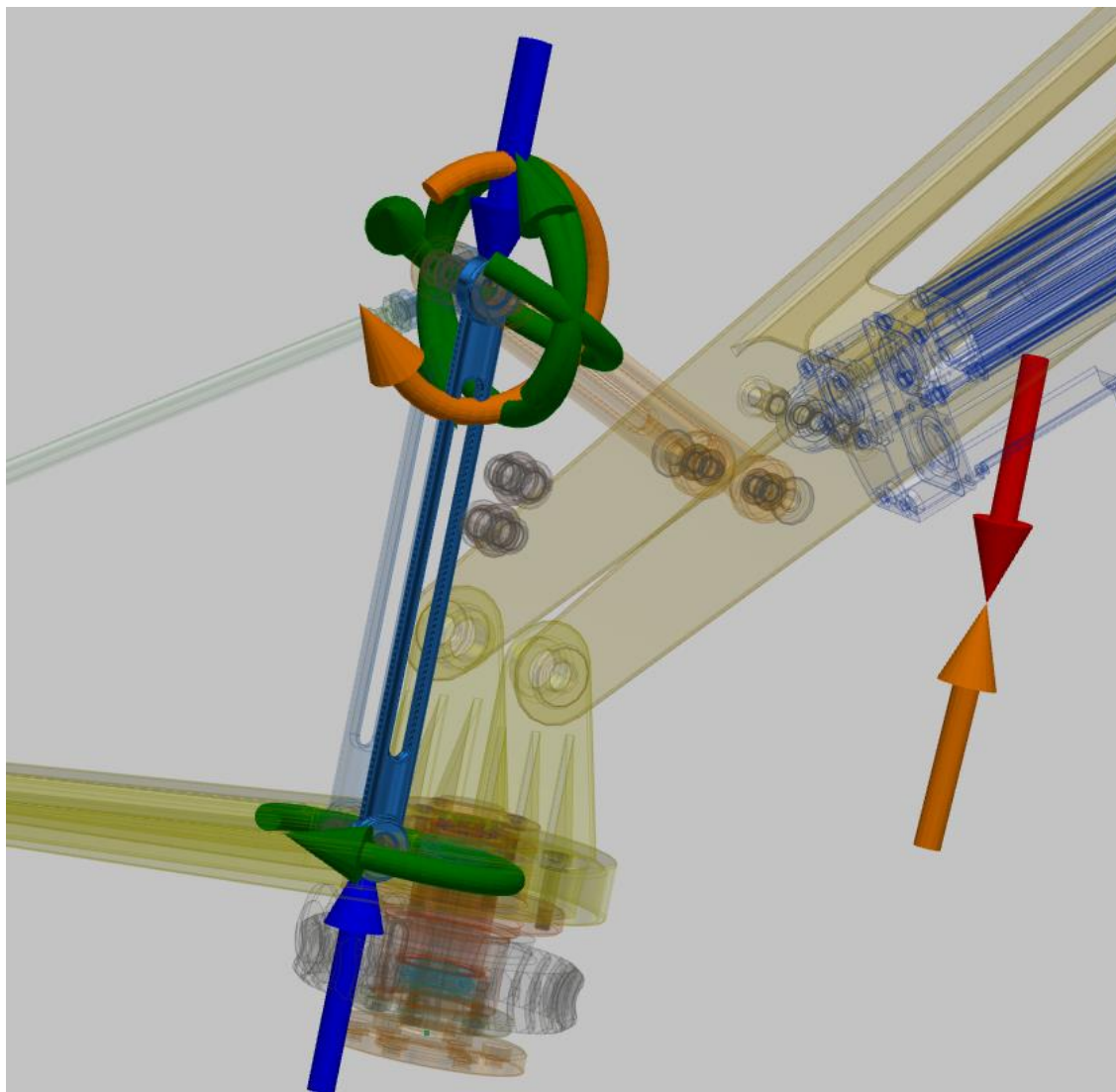


Рис. 8. 32. Схема прикладання зовнішніх сил до ланки.

Як і в попередньому випадку ми бачимо, що зусилля прикладаються до поверхонь. або на певній відстані.

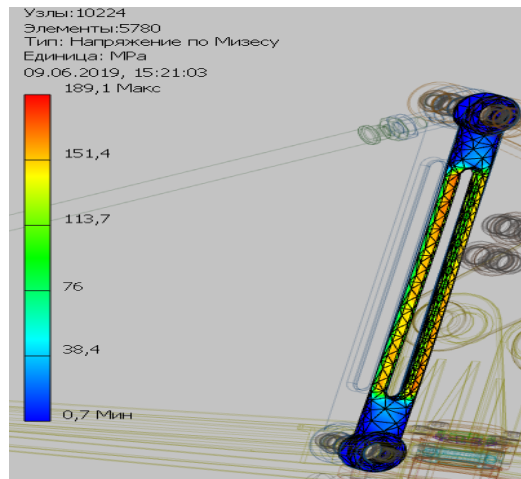
Розглянемо навантаження на ланки та виконаєм статичний розрахунок. Результати розрахунку подані на рис. 8. 33. Як видно із рисунку максимальне напруження сягає 189 МПа і коефіцієнт запасу складає 1,45.

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

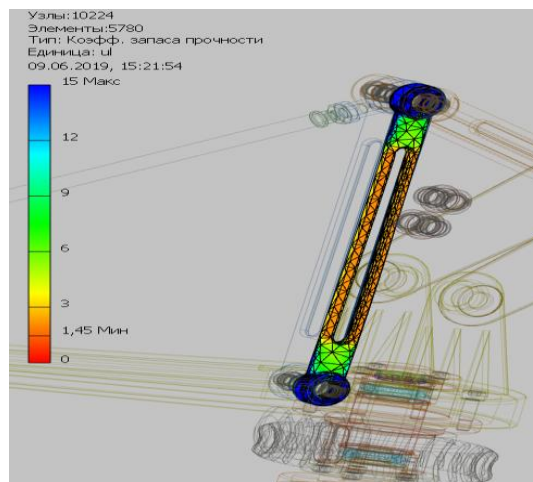
МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист  
83





а) Напруження за Мізисом



б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 33. Аналіз напружень ланки

Звідси дана ланка забезпечує умови міцності.

### 8.2.15. Ланка 190 мм.

Розглянемо напруження в даній ланки. Вона передає зусилля між сусідніми ланками №1 та №2 за допомогою циліндричних кінематичних пар. Вони реалізуються у вигляді втулок із віссю. Втулка закріплюється нерухомо в одній ланці та утворює пару ковзання із віссю. Розглянемо зусилля які прикладаються до даної ланки у рис. 8. 34.



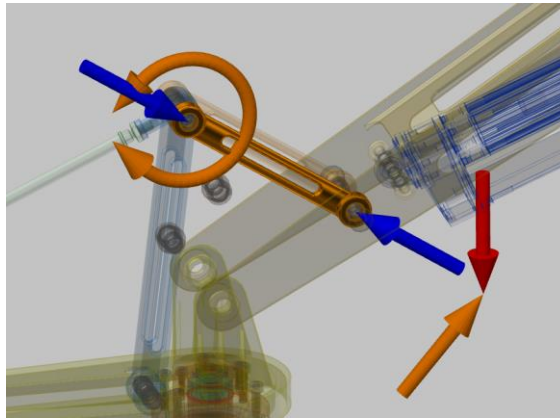
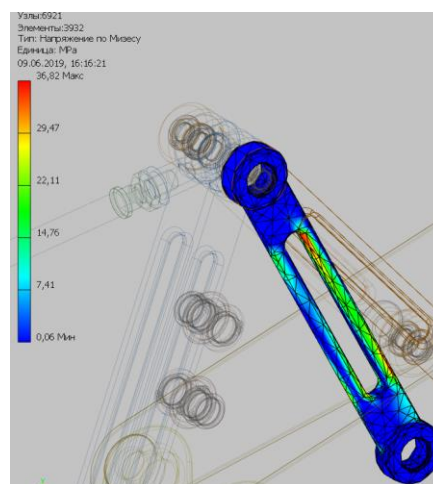
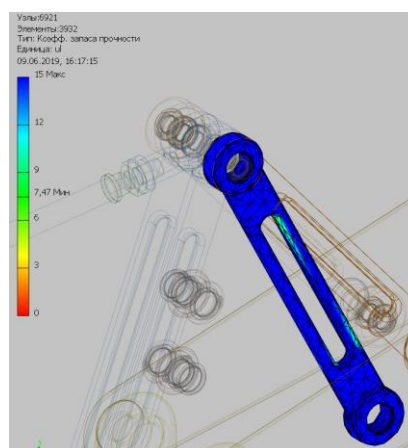


Рис. 8. 34. Схема прикладання зовнішніх сил до ланки.

Розглянемо навантаження на ланки та виконаєм статичний розрахунок. Результати розрахунку подані на рис. 8. 35. Як видно із рисунку максимальне напруження сягає 36,2 МПа і коефіцієнт запасу складає 7. 47.



а) Напруження за Мізисом



б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 35. Аналіз напружень ланки

Звідси дана ланка забезпечує умови міцності.

### 8.2.16. Ланка 200 мм.

Ланка забезпечує передачу зусилля між сусідніми ланками №2 та №3 за допомогою циліндричних кінематичних пар. Втулка закріплюється нерухомо в одній ланці та утворює пару ковзання із віссю. Розглянемо зусилля які прикладаються до даної ланки у вигляді рис. 8. 36.

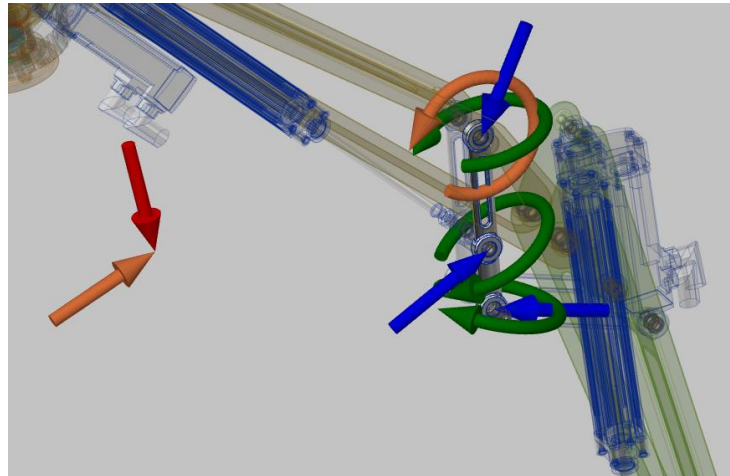
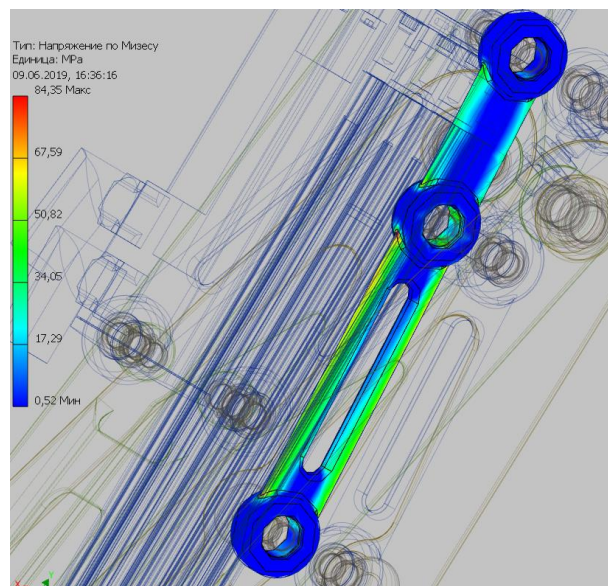


Рис. 8. 36. Схема прикладання зовнішніх сил до ланки.

Розглянемо навантаження на ланки та виконаєм статичний розрахунок. Результати розрахунку подані на рис. 8. 37. Як видно із рисунку максимальне напруження сягає 84,35 МПа і коефіцієнт запасу складає 3,26.

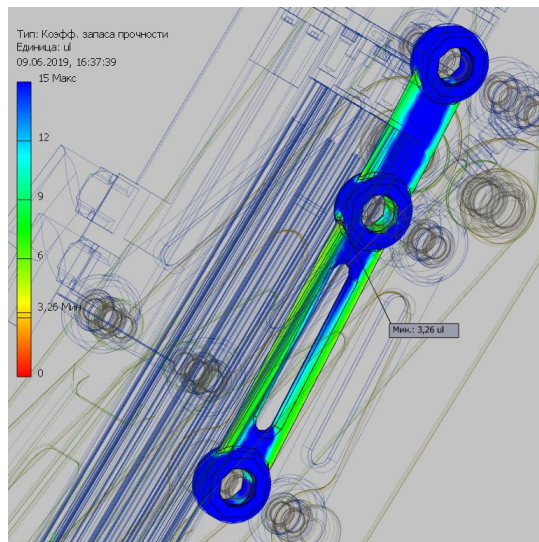


а) Напруження за Мізісом

		Павлик П. М.		
		Кравець О. М.		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ

Лист
86



б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 37. Аналіз напружень ланки

Звідси дана ланка забезпечує умови міцності.

#### 8.2.17. Ланка 180 мм.

Розглянемо напруження в даній ланки. Вона передає зусилля між сусідніми ланками №2 та №3 за допомогою циліндричних кінематичних пар. Вони реалізуються у вигляді втулок із віссю. Втулка закріплюється нерухомо в одній ланці та утворює пару ковзання із віссю. Розглянемо зусилля які прикладаються до даної ланки у вигляді рис. 8. 38.

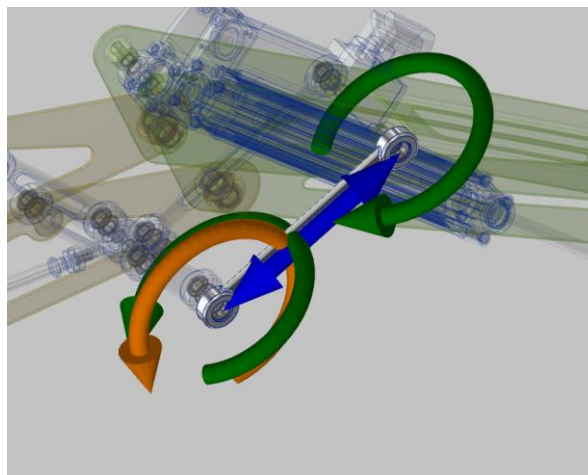
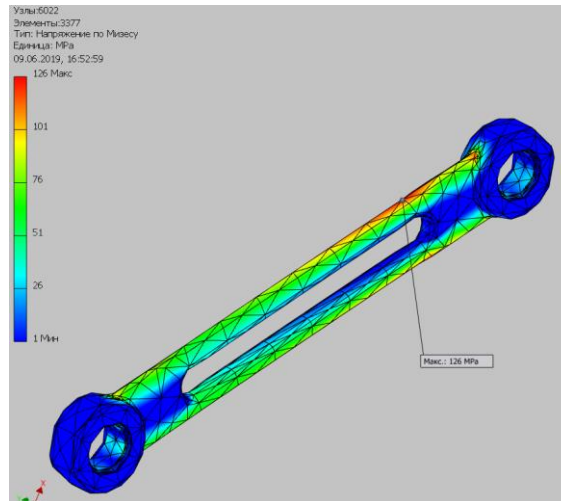


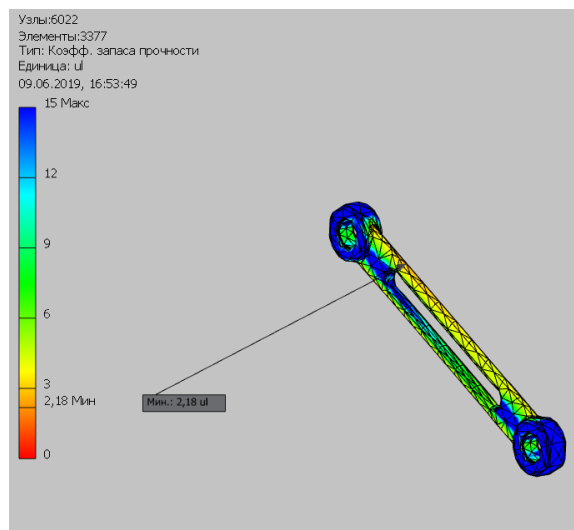
Рис. 8. 38. Схема прикладання зовнішніх сил до ланки.

Як і в попередньому випадку ми бачимо, що зусилля прикладаються до поверхонь. або на певній відстані.

Розглянемо навантаження на ланки та виконаєм статичний розрахунок. Результати розрахунку подані на рис. 8. 39. Як видно із рисунку максимальне напруження сягає 126 МПа і коефіцієнт запасу складає 2,18.



а) Напруження за Мізисом



б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 39. Аналіз напружень ланки

Звідси дана ланка забезпечує умови міцності.

### 8.2.18. Ланка 100 мм.

Розглянемо напруження в даної ланки. Вона передає зусилля між сусідніми ланками №3. та №4 за допомогою циліндричних кінематичних пар. Вони реалізуються у вигляді втулок із віссю. Втулка закріплюється нерухомо в

одній ланці та утворює пару ковзання із віссю. Розглянемо зусилля які прикладаються до даної ланки у вигляді рис. 8. 40.

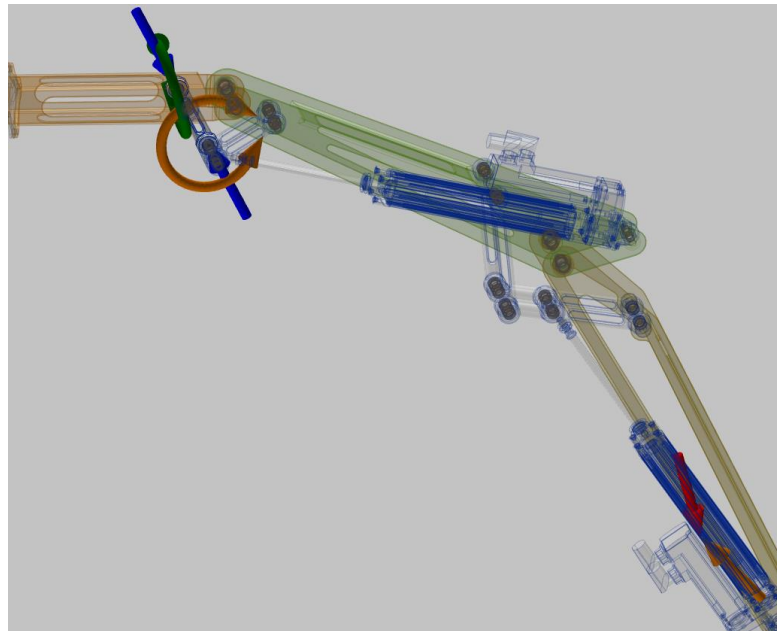
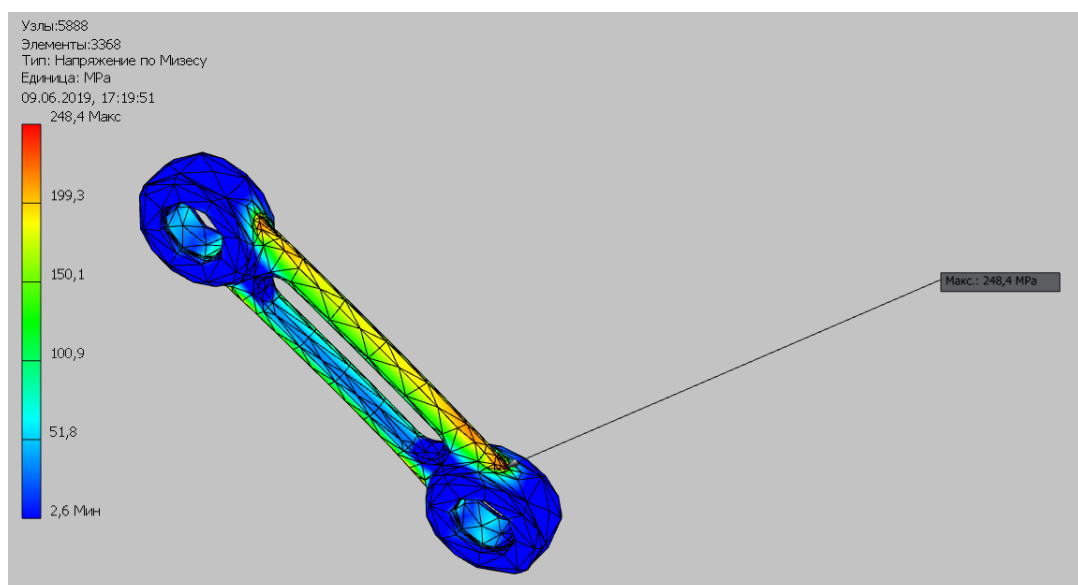


Рис. 8. 40. Схема прикладання зовнішніх сил до ланки №3

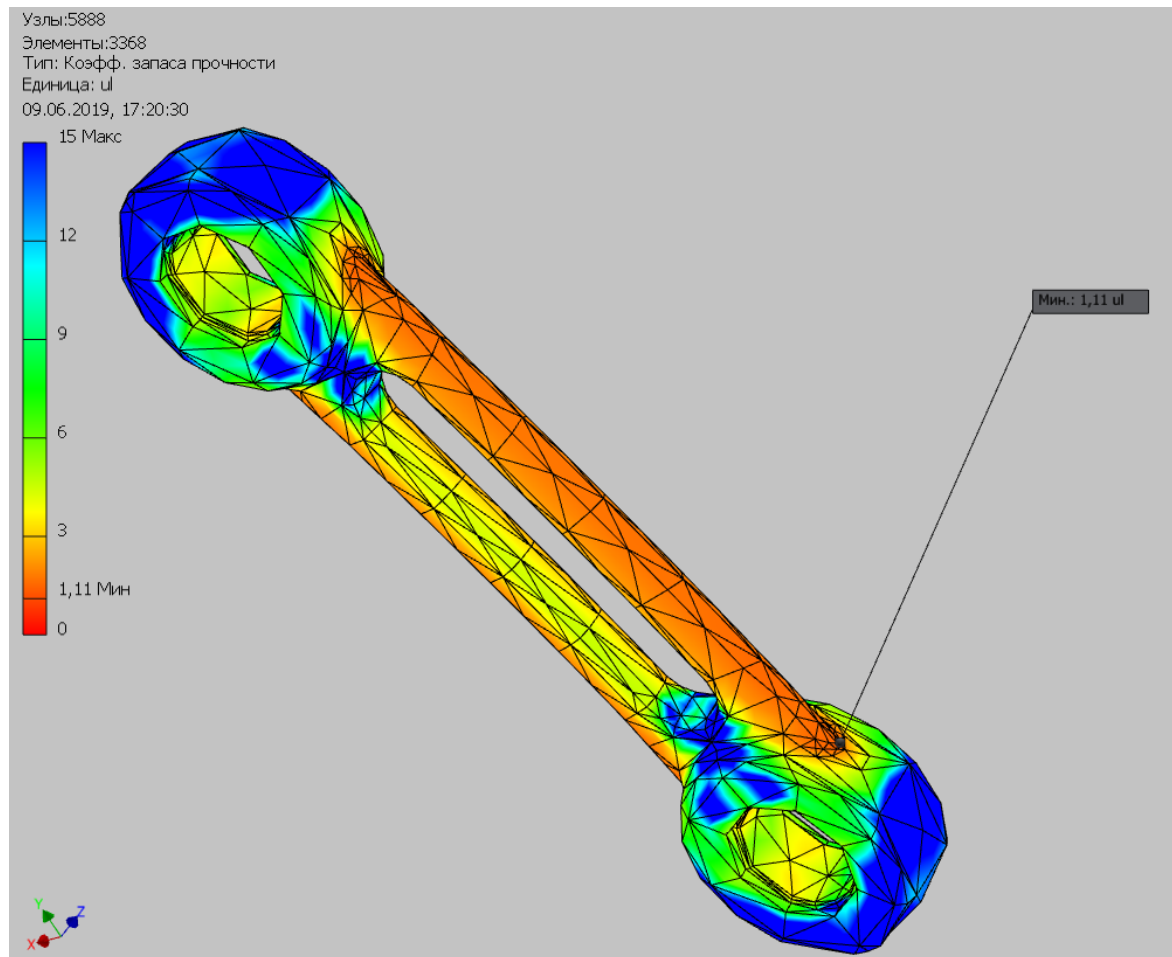
Як і в попередньому випадку ми бачимо, що зусилля прикладаються до поверхонь. або на певній відстані.

Розглянемо навантаження на ланки та виконаєм статичний розрахунок. Результати розрахунку подані на рис. 8. 41. Як видно із рисунку максимальне напруження сягає 248 МПа і коефіцієнт запасу складає 1,1.



а) Напруження за Мізисом





#### б) Коефіцієнт запасу

Рис. 8. 41. Аналіз напружень ланки

Звідси дана ланка забезпечує умови міцності.

### 9. Висновки

Після виконання даних розрахунків з'ясовано, що для вантажів масою до 5 кг. даний маніпулятор здатний виконувати маніпулювання з граничними значеннями по запасу міцності та здатністю приводів зі перевантаженням на 135% від попередньо призначеними.

Для виправлення даних недоліків варто зміцнити деталі ланок конструктивно та заміною матеріалу на більш міцний, та зміні геометричних параметрів. Використовуючи ребристі ланки чи із профілю.

## Посилання:

1. Збруцький О. В. Мобільні роботи: можливості, перспективи, проблеми / О. В. Збруцький, Ю. М. Савенко, Д. С. Мішкін // Механіка гіроскопічних систем : науково-технічний збірник. – 2013. – Вип. 26. – С. 112–120.
2. Артоболевский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. Синтез плоских механизмов. М.: Физматгиз, 1959. - 1084 с.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1988. - 640 с.
4. Радянська військова енциклопедія. «ЛИНИЯ—ОБЪЕКТОВАЯ» // = (Советская военная энциклопедия) / Маршал Советского Союза Н. В. ОГАРКОВ — председатель. — М. : Воениздат, 1978. — Т. 5. — С. 311-313
5. Беляєв М. І. Моніторинг тактико-технічних характеристик мінометного озброєння сухопутних військ Збройних Сил України та провідних у військовому відношенні країн світу / М.І. Беляєв, В.В. Варава // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 2(42). – С. 3-6.
6. Patent. US 8, 176, 808 B2 the USA, CPC № B25J 17/00. Robot Arm Assembly / Allan T. Fisk, Jonathan Nastie, Hans Hug // № US 008176808 B2, Pub. Date May 15, 2012, Filed Sep. 13, 2007
7. Patent. US 2012/0215358 A1 the USA, CPC № B25J 13/08. Robotic Arm System / Nathan D. Gettings, Adam M. Gettings, Taylor J. Penn , Taylor J. Penn // № US 20120215358A1, Pub. Date Aug. 23, 2012, Filed Jan. 31, 2012
8. <https://www.army-technology.com/projects/talon-tracked-military-robot/>
9. <https://www.ecagroup.com/en/solutions/iguana-e-ugv-unmanned-ground-vehicle>
10. <http://robotrends.ru/robopedia/bogomol>
11. <http://robotrends.ru/robopedia/andros-f6a-1>
12. <http://robotrends.ru/robopedia/caliber-t5>
13. <https://www.harris.com/solution/t7-multi-mission-robotic-system>
14. <https://www.cobham.com>
15. <http://www.kemz.org/robots-varan.html>

16. <http://intertrade-ukraine.com/oborudovanie/robototekhnicheskie-kompleksy/legkij-robot-dlya-razminirovaniya-digital-vanguard-rov>
17. <http://www.army-guide.com/rus/product.php?prodID=6014&printmode=1>
18. <http://uapatents.com/?page=ipc#B>
19. <https://teacode.com/online/udc/>
20. <https://uk.ilovevaquero.com/obrazovanie/82555-minomety-vtoroy-mirovoy-voyny-sssr-i-nemeckie-ispolzovanie-minometov-vo-vtoroy-mirovoy-voyne-katyusha-minomet-vtoroy-mirovoy-voyny.html>
21. <http://military.mdu.edu.ua/>

		Павлик П. М.			МВ-5120.ПДБ000.000 ПЗ	Лист
		Кравець О. М.				92
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



[illegible]





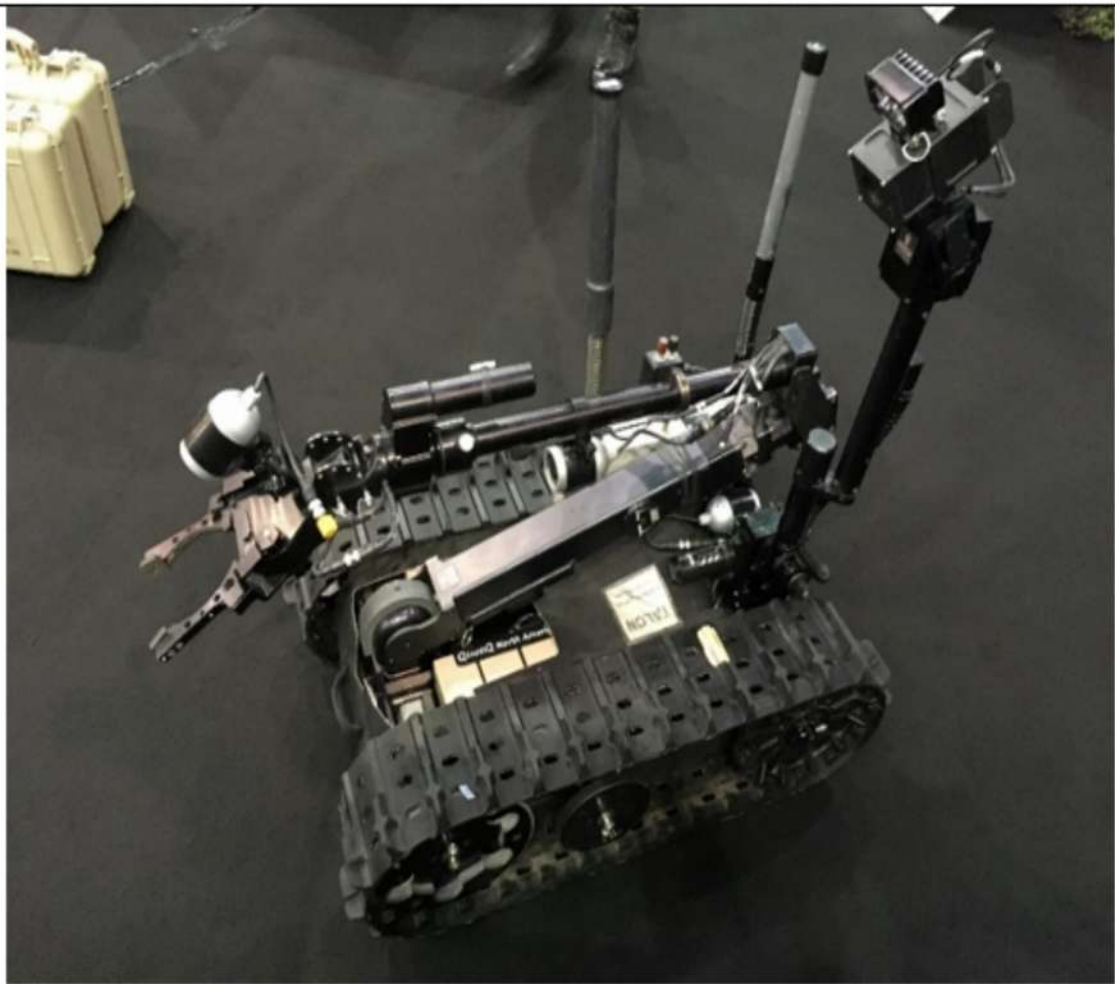






Характеристики мобільного робота Andros F6A

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	1500
- ширина, мм.	700
- довжина, мм.	1300
Вага, кг.	220
Швидкість, км/год.	5,6
Максимальна вантажопідйомність, кг.	11,35



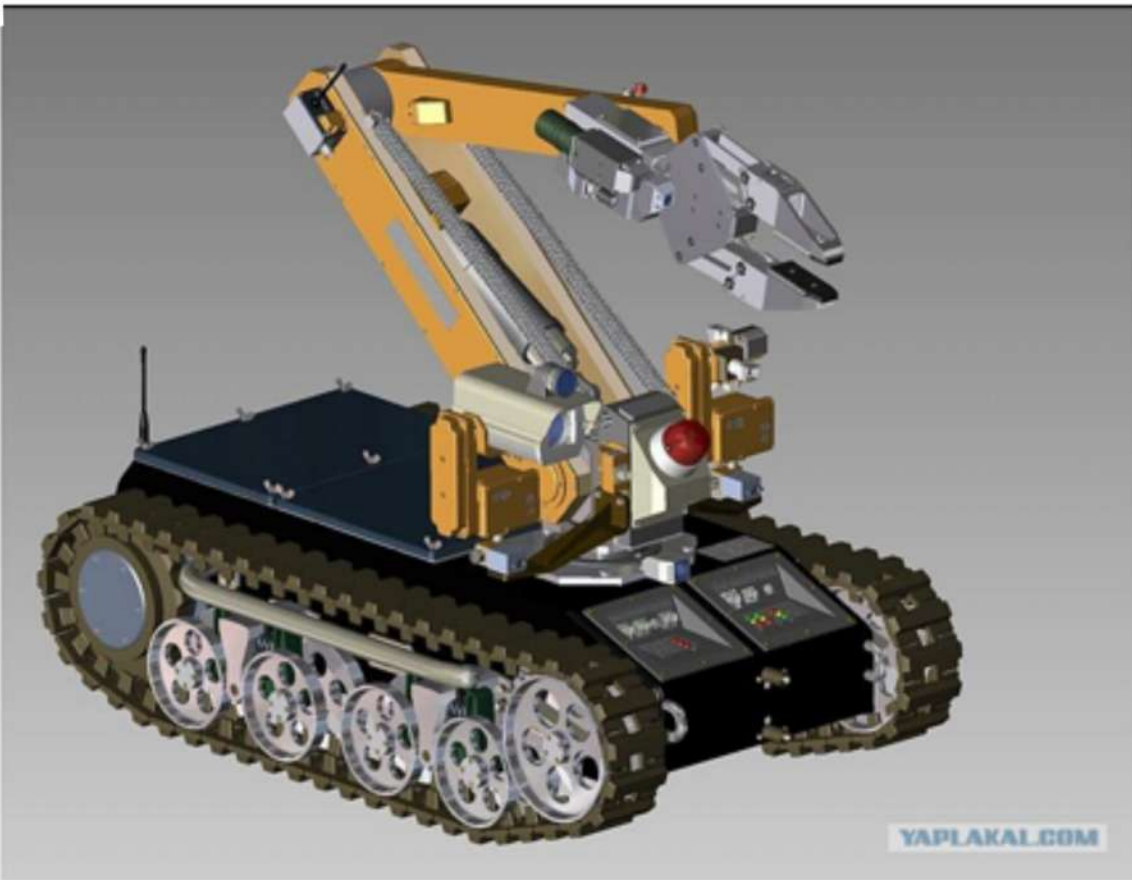
Характеристики мобільного робота TALON

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	830
- ширина, мм.	580
- довжина, мм.	870/1100
Вага, кг.	68-102
Швидкість, км/год.	9,6
Коло розвороту діаметром, мм.	1330
Вантажопідйомність, кг.	68
Тривалість роботи, год.	3-4



Характеристики мобільного робота T7

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	1161
- ширина, мм.	701
- довжина, мм.	1201
Вага, кг.	322
Швидкість, км/год.	6,5
Коло розвороту діаметром, мм.	1391



Характеристики мобільного робота ВАРАН

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	700
- ширина, мм.	700
- довжина, мм.	1200
Вага, кг.	185
Швидкість, м/с.	0,5
Коло розвороту діаметром, мм.	1330
Вантажопідйомність, кг.	30-50
Тривалість роботи, год.	4



Характеристики мобільного робота CALIBER MK4

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	870
- ширина, мм.	750
- довжина, мм.	1400
Вага, кг.	333
Час роботи, год.	2



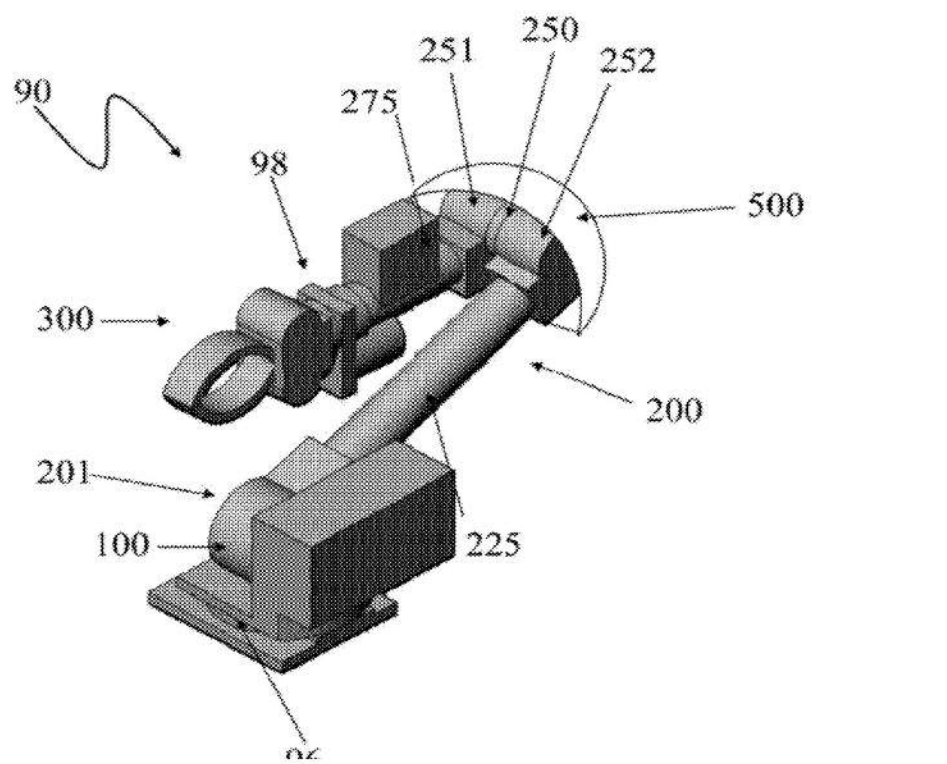
Характеристики мобільного робота Digital Vanguard ROV

Геометричні параметри:	
- висота, мм.	560
- ширина, мм.	450
- довжина, мм.	1040
Вага, кг.	56



(54) ROBOTIC ARM SYSTEM  
(75) Inventors: Nathan D. GETTINGS, Palo Alto, CA (US); Adam M. GETTINGS, Palo Alto, CA (US); Taylor J. PENN, Palo Alto, CA (US); Gwynn MASADA, Parola Valley, CA (US); Alexander JASNO, Portland, OR (US); Daniel BLAUGRUND, Vancouver, CA (US); Kenneth SPROTT, Davis, CA (US); Ikerad BLAGDAN, Oakland, CA (US); Ken HAYEN, Livermore, CA (US)  
(73) Assignee: RoboteX Inc., Palo Alto, CA (US)  
(21) Appl. No.: 13/363,199  
(22) Filed: Jan. 31, 2012

Related U.S. Application Data  
(60) Provisional application No. 61/438,168, filed on Jan. 31, 2011.  
(51) Int. Cl. B25J 1/08 (2006.01); B25J 5/00 (2006.01); G06F 19/00 (2011.01); B25J 18/00 (2006.01); B25J 15/00 (2006.01)  
(52) U.S. Cl. 700/259; 74/490.01; 294/213; 700/245; 901/1  
(57) ABSTRACT  
A robotic arm for use with a robotic system and methods for making and using the same are described. The arm can have multiple joints and can have one or more articulating and effectors. The arm and end effectors can have safety releases to prevent over-rotation. The arm can have individual cooling.



(12) United States Patent  
(45) Patent No.: US 8,776,977 B2  
(45) Date of Patent: Jul. 15, 2014

(54) DRIVE SYSTEM FOR MOBILE ROBOT ARM  
(75) Inventors: Geoffrey B. Lansberry, Andover, MA (US); Lance L. Andrews, Southborough, MA (US); Brian Destefano, Stoneham, MA (US)  
(73) Assignee: Foster-Miller, Inc., Waltham, MA (US)  
(\*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 112 days.  
(21) Appl. No.: 12/924,432  
(22) Filed: Sep. 27, 2010  
(65) Prior Publication Data  
US 2012/0073930 A1 Mar. 29, 2012  
(51) Int. Cl. F16D 11/42 (2006.01); F16D 25/12 (2006.01)  
(52) U.S. Cl. 192/70.23; 192/56.6; 192/150  
(58) Field of Classification Search: 192/56.6, 150, 70.23  
See application file for complete search history.

References Cited  
(56) U.S. PATENT DOCUMENTS  
2,342,741 A \* 2/1944 Lechman  
4,685,461 A \* 8/1987 Hartsch et al.  
4,852,706 A \* 8/1989 Petroski et al.  
5,104,375 B2 \* 9/2006 Cryer  
2004/0210110 A1 \* 12/2004 Friedrich et al.  
2010/0159556 A1 \* 6/2010 Kaneda et al.  
2011/0005847 A1 1/2011 Moore et al.  
U.S. Appl. No. 12/316,311, filed Dec. 11, 2008, N. J. M. Seaway.  
\* cited by examiner  
Primary Examiner: Rodney Bonick  
Assistant Examiner: Stacy Fildart  
(74) Attorney, Agent, or Firm: Iandiorio Teska & Coleman, LLP  
(57) ABSTRACT  
A drive system for each arm of a mobile robot, each drive system including a drive motor and an adjustable clutch system interconnectable between its associated arm and the drive motor and having a high friction locked position for enabling direct drive of the arm by the drive motor and a reduced friction slip position for enabling manual movement of the associated arm without back-driving the drive motor.  
15 Claims, 9 Drawing Sheets

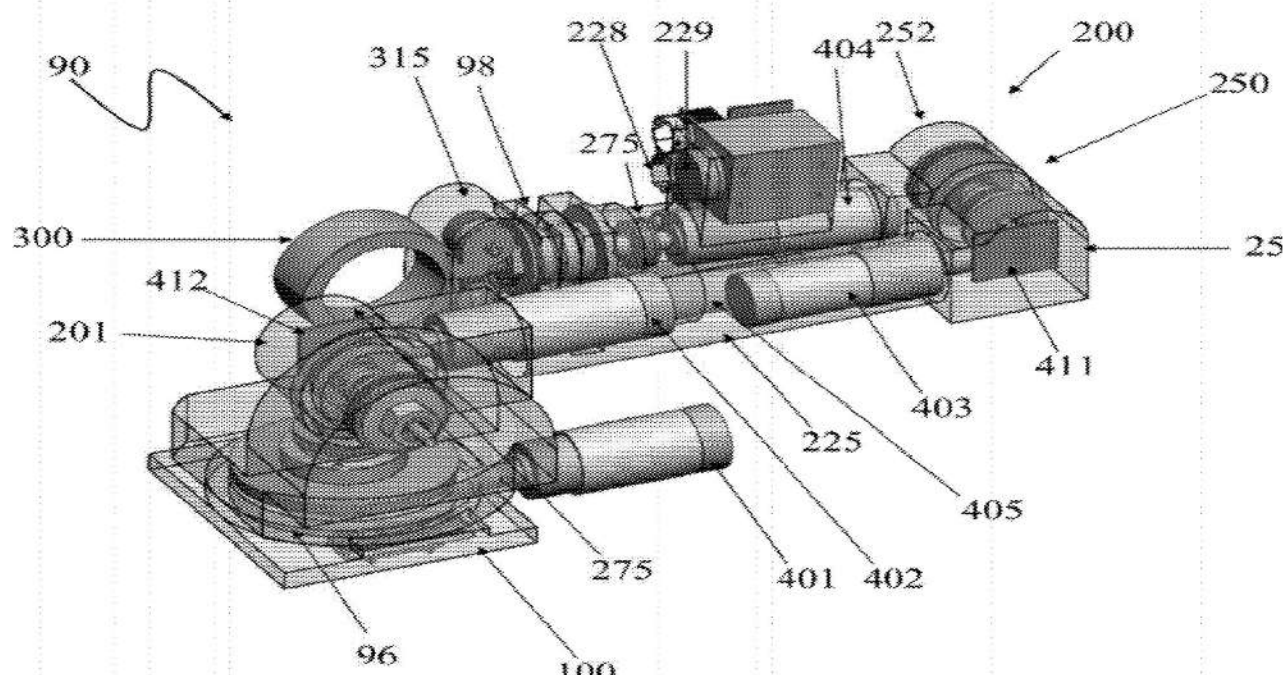
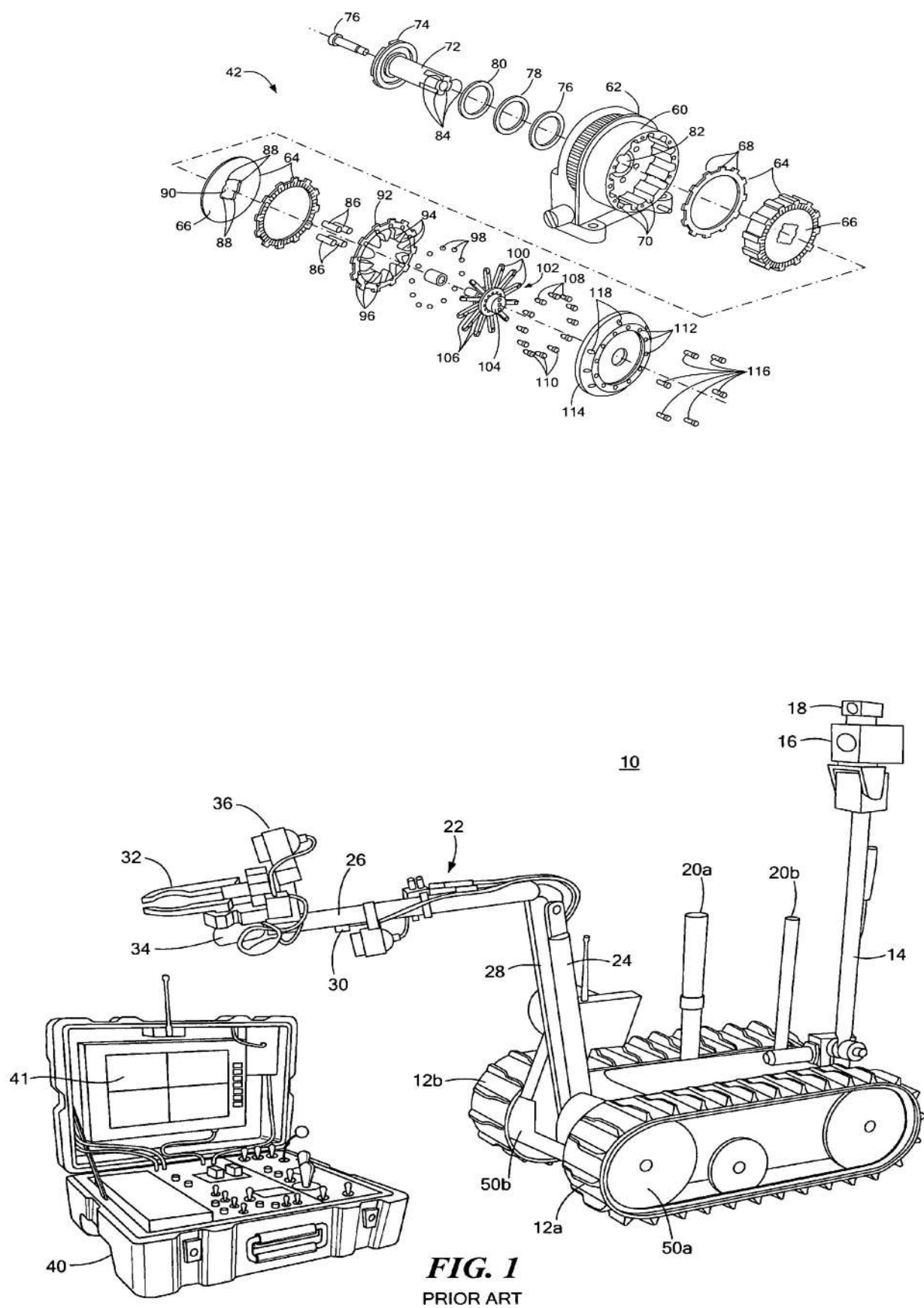


FIG. 8

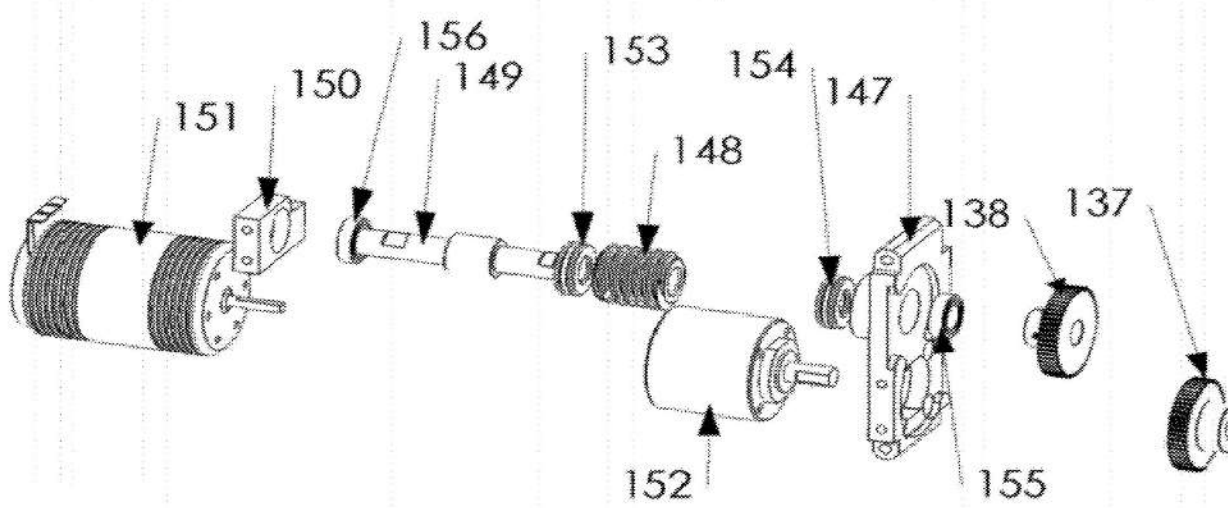


FIG. 11

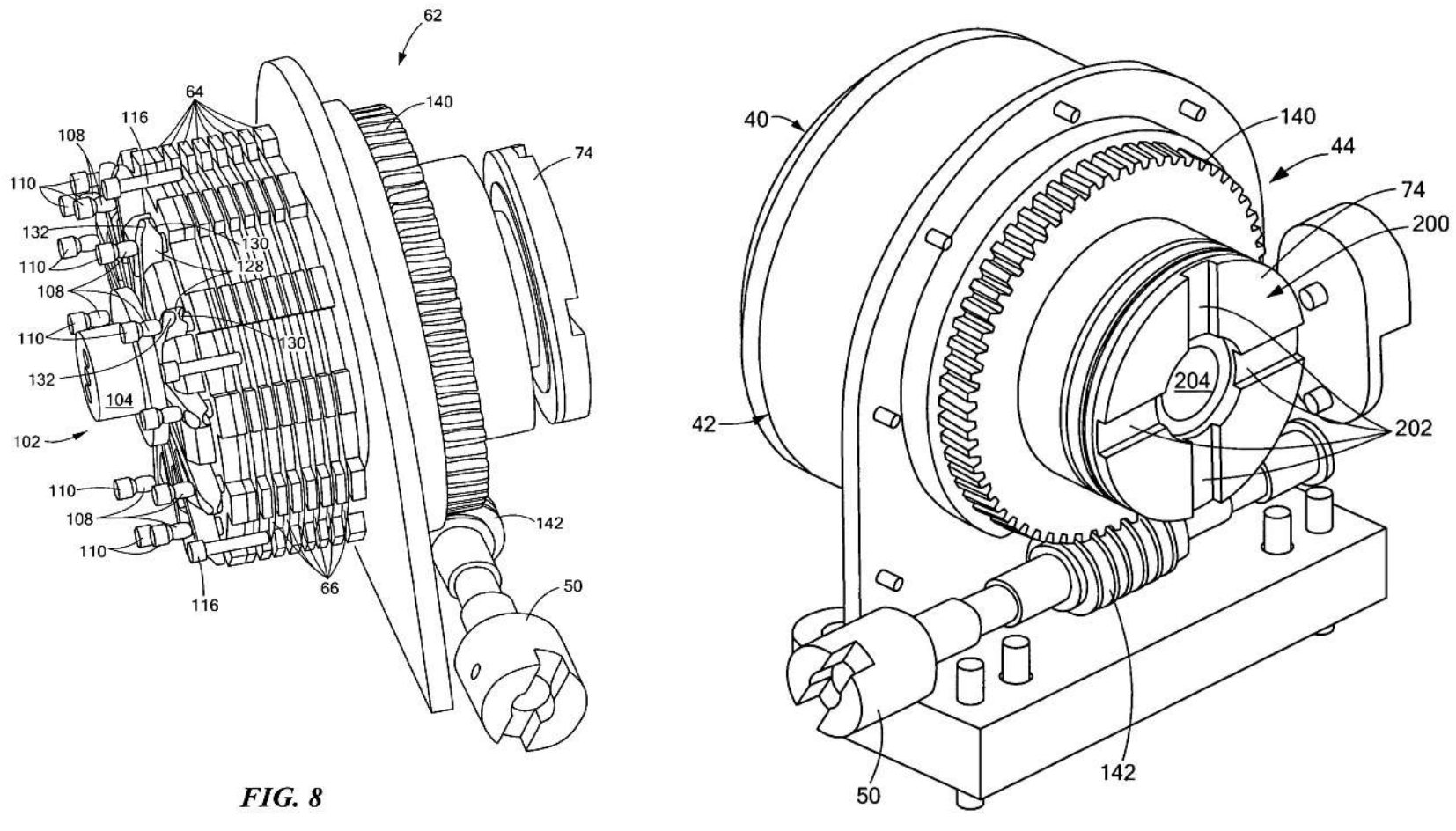


FIG. 9



FIG. 8

(12) United States Patent  
(45) Patent No.: US 8,176,808 B2  
(45) Date of Patent: May 15, 2012

(54) ROBOT ARM ASSEMBLY  
(75) Inventors: Allan T. Fisk, Needham, MA (US); Jonathan Harte, Halifax, MA (US); Hans Ding, Weston, MA (US); Andrew, Southborough, MA (US); Michael Johnson, Southborough, MA (US); David Houtley, Lexington, MA (US)  
(73) Assignee: Foster-Miller, Inc., Waltham, MA (US)  
(\*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 520 days.  
(21) Appl. No.: 11/961,200  
(22) Filed: Sep. 13, 2007  
(65) Prior Publication Data  
US 2009/0071281 A1 Mar. 19, 2009  
(51) Int. Cl. B25J 1/00 (2006.01); B25J 1/02 (2006.01); B25J 18/00 (2006.01)  
(52) U.S. Cl. 74/490.05; 74/490.03  
(58) Field of Classification Search: 74/490.01; 74/490.03; 400.05; 901/25, 27  
See application file for complete search history.  
References Cited  
(56) U.S. PATENT DOCUMENTS  
429,903 A 6/1890 Janssone  
816,236 A 3/1906 Kline  
832,541 A 10/1908 Dodge  
1,350,124 A 8/1920 Yeandle  
1,479,310 A 1/1924 Monroe  
2,132,795 A 10/1938 Miner  
2,221,022 A 11/1940 Juhl  
2,598,703 A 4/1952 Freyer  
2,613,100 A 10/1952 Caspi, Jr.  
2,617,203 A 11/1952 Murray  
2,617,211 A 11/1952 Olson  
2,665,434 A 1/1954 Saunders  
2,710,765 A 6/1955 Anthony Arms  
2,801,813 A 6/1959 Toyoda  
2,926,865 A 3/1960 Humphrey  
3,042,480 A 7/1962 Wolf, Sr. et al.  
3,108,498 A \* 10/1963 Hall et al.  
3,302,480 A 8/1965 London  
3,347,079 A \* 4/1966 Melton et al.  
3,370,212 A 2/1968 Richard  
RE28,904 E 5/1970 London  
3,516,177 A 1/1971 Seal  
3,645,578 A 3/1972 Bonifoe  
3,765,347 A 10/1973 Termonen  
3,866,966 A 3/1975 Skirner, II  
3,914,884 A 10/1975 Gault  
5,200,137 A 11/1975 McCain  
(Continued)  
FOREIGN PATENT DOCUMENTS  
EP 24751 A1 3/1981  
(Continued)  
Primary Examiner: Justin Krause  
(74) Attorney, Agent, or Firm: Iandiorio Teska & Coleman, LLP  
(57) ABSTRACT  
A robot arm assembly a base unit with a shoulder assembly rotatably disposed on the base unit. A lower robot arm is pivotally attached to the shoulder assembly. An upper robot arm is pivotally attached to the lower robot arm. The base unit includes a first motor which rotates a main shaft fixed to the shoulder assembly to rotate the shoulder. A second motor in the base unit rotates a second shaft in the shoulder assembly extending through the main shaft to pivot the lower robot arm with respect to the shoulder.  
24 Claims, 9 Drawing Sheets

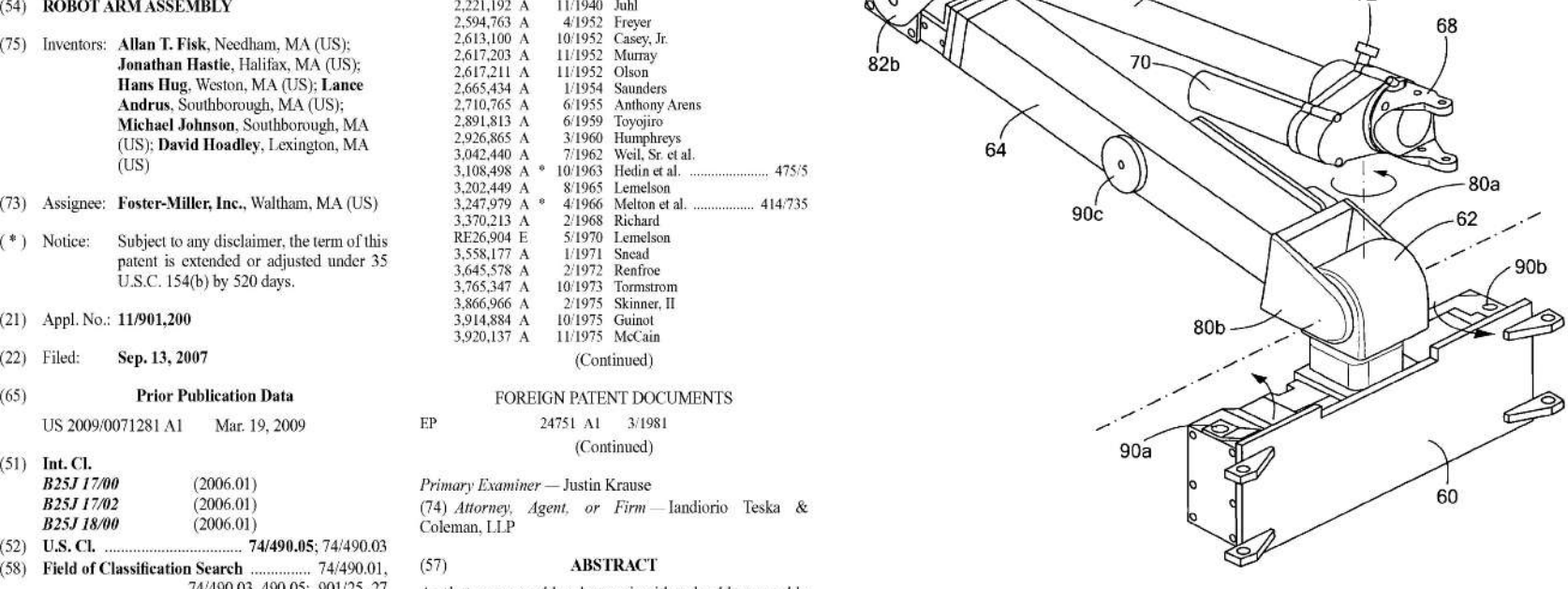


FIG. 4

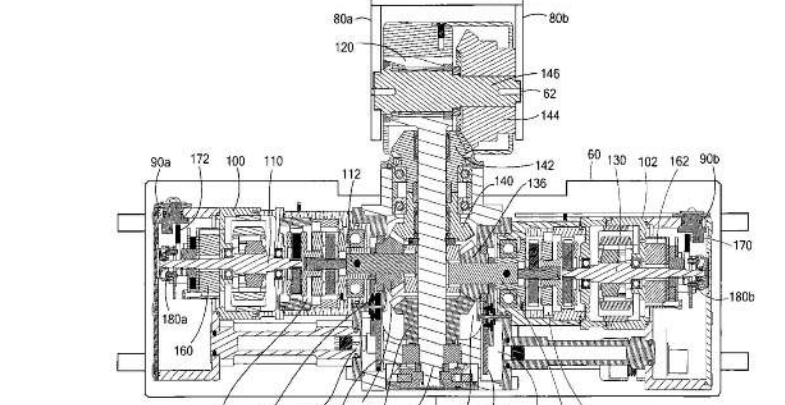


FIG. 5

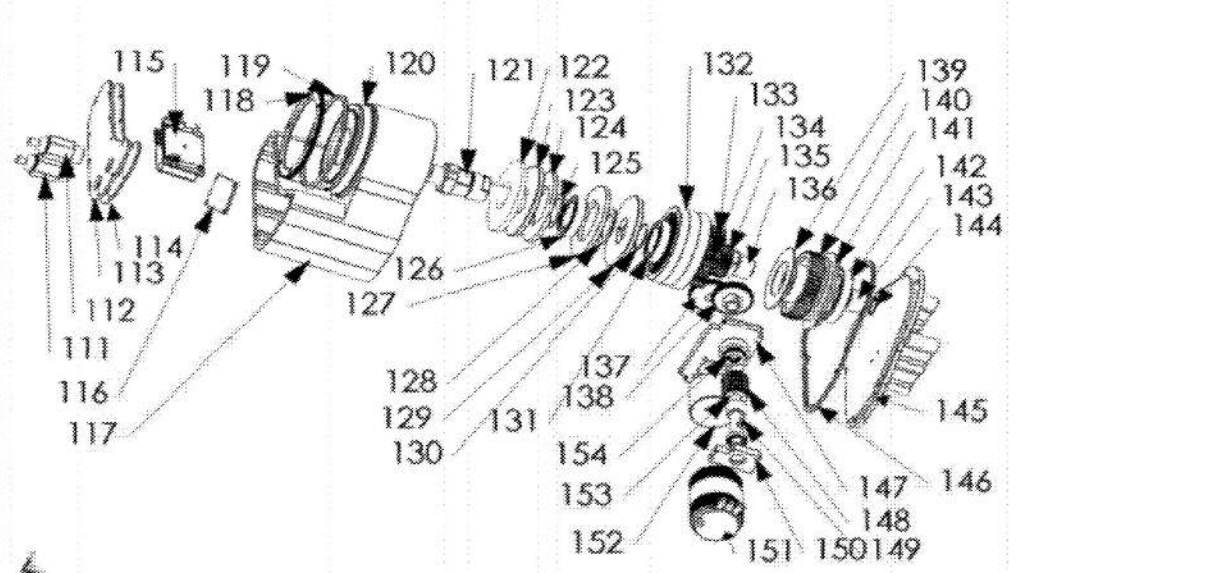


FIG. 10

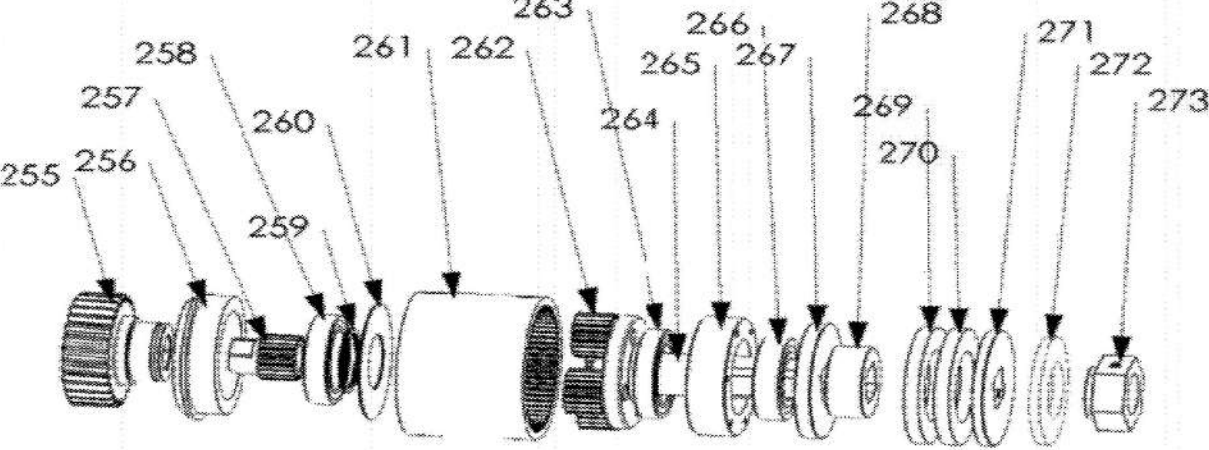


FIG. 13

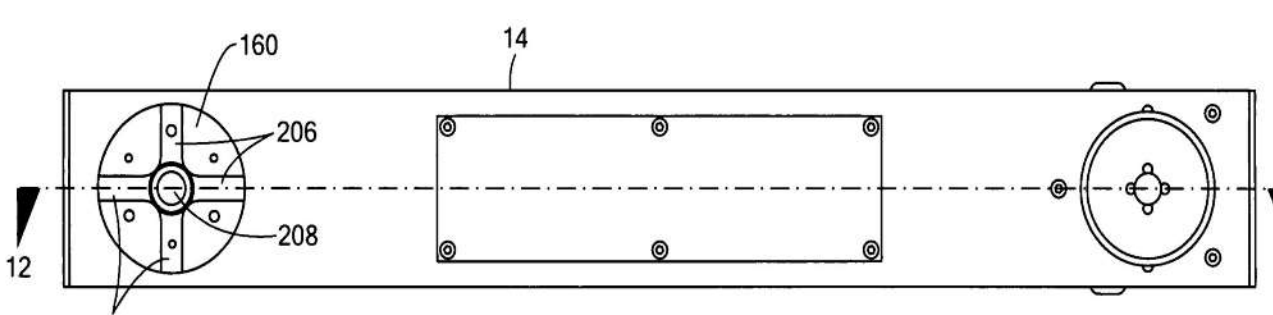


FIG. 11

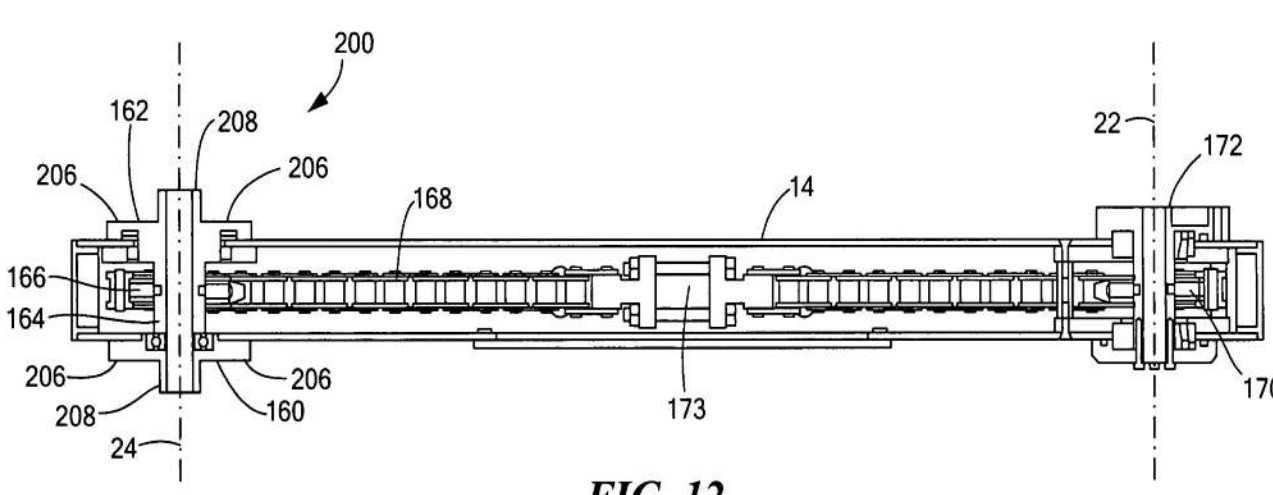


FIG. 12

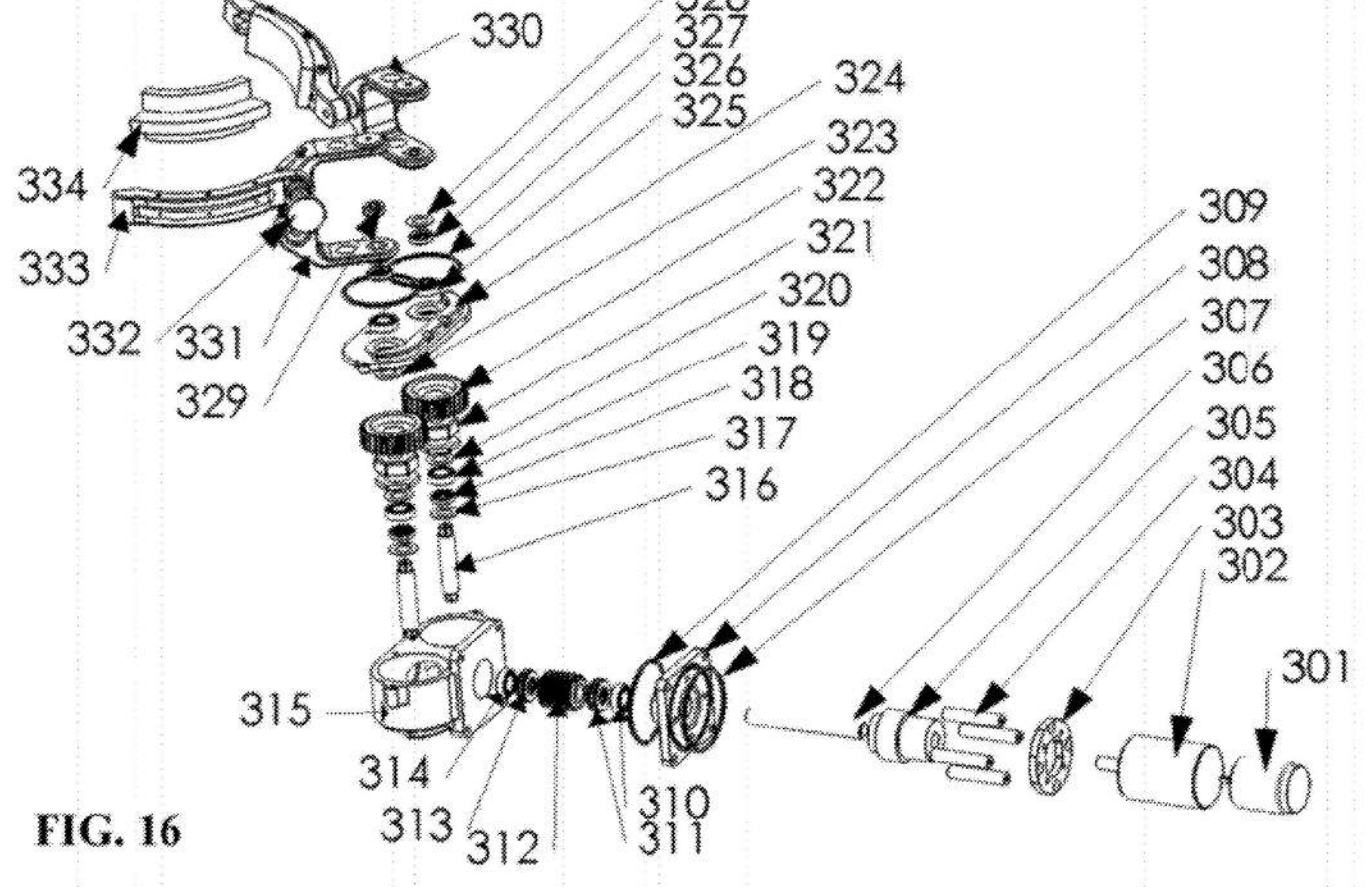


FIG. 16

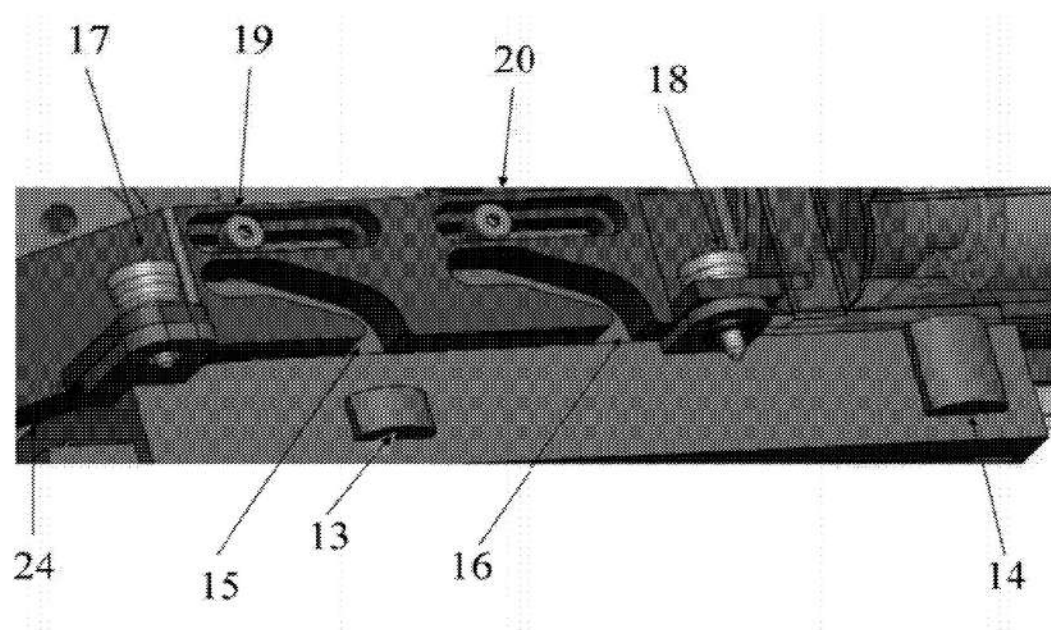


FIG. 22

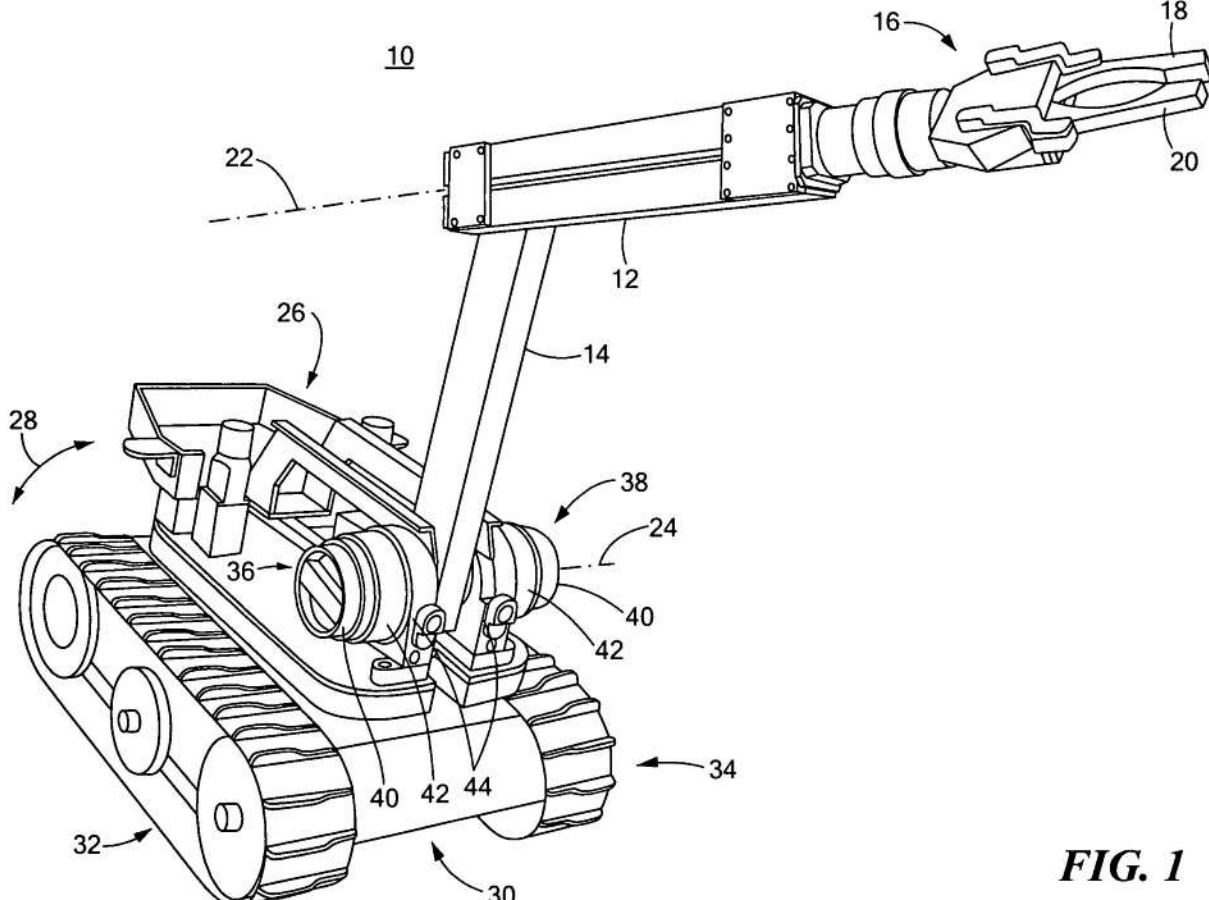


FIG. 1

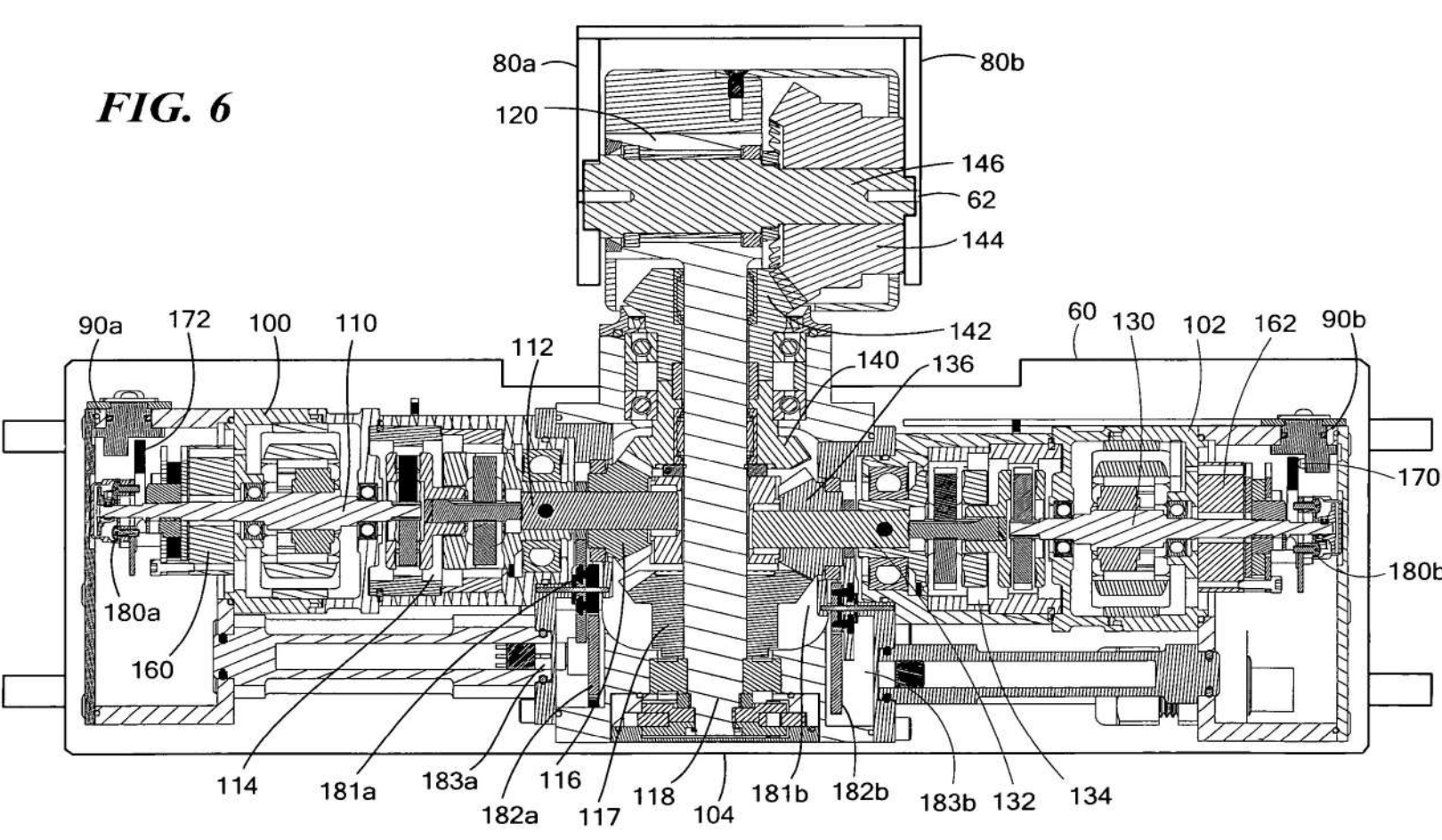


FIG. 6

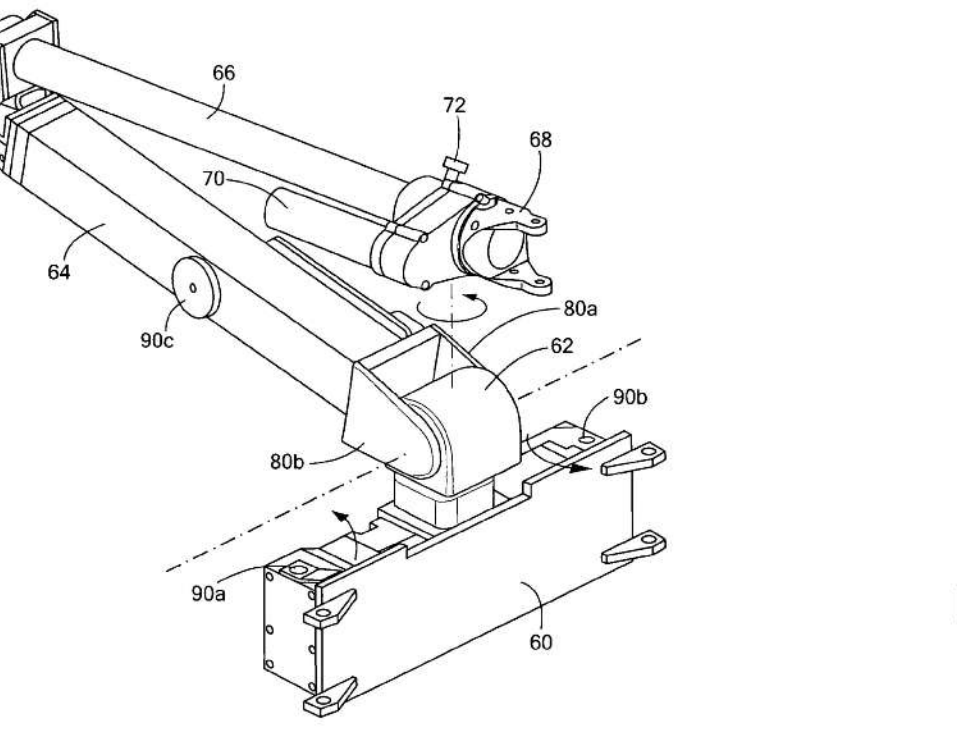


FIG. 4

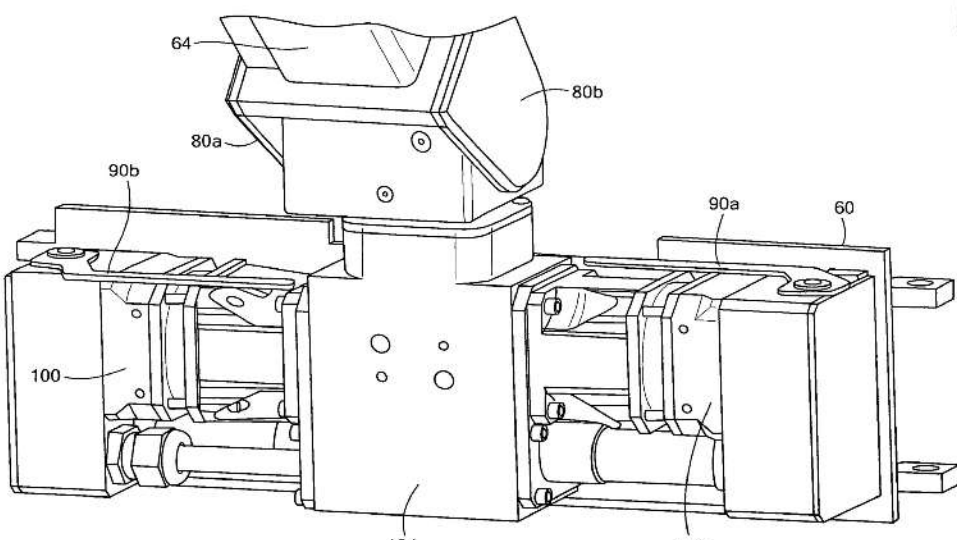


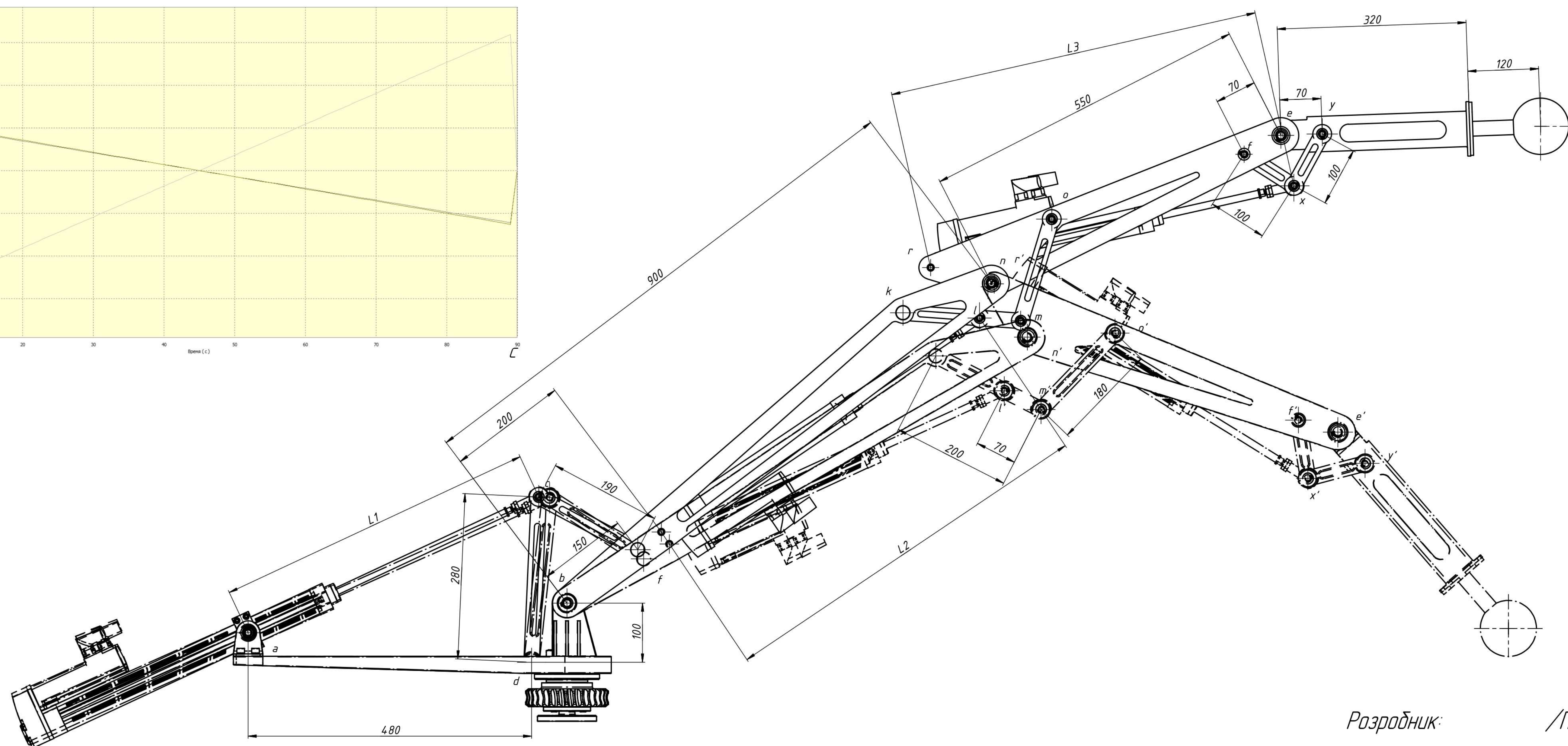
FIG. 5

Розробник: /Павлик П. М./  
Керівник: /Кравець О. М./



$H$ 

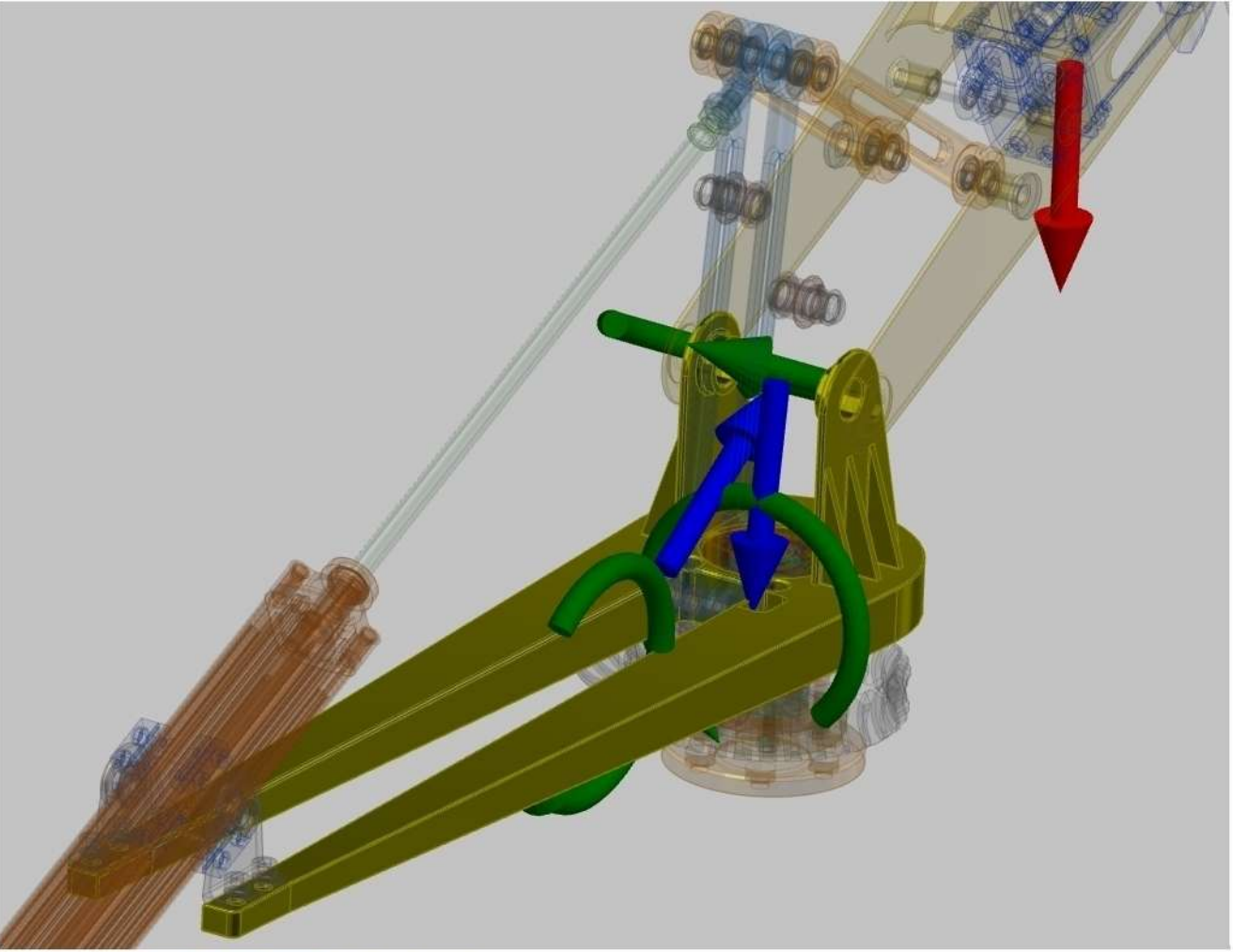
[

 $MM/C$ 

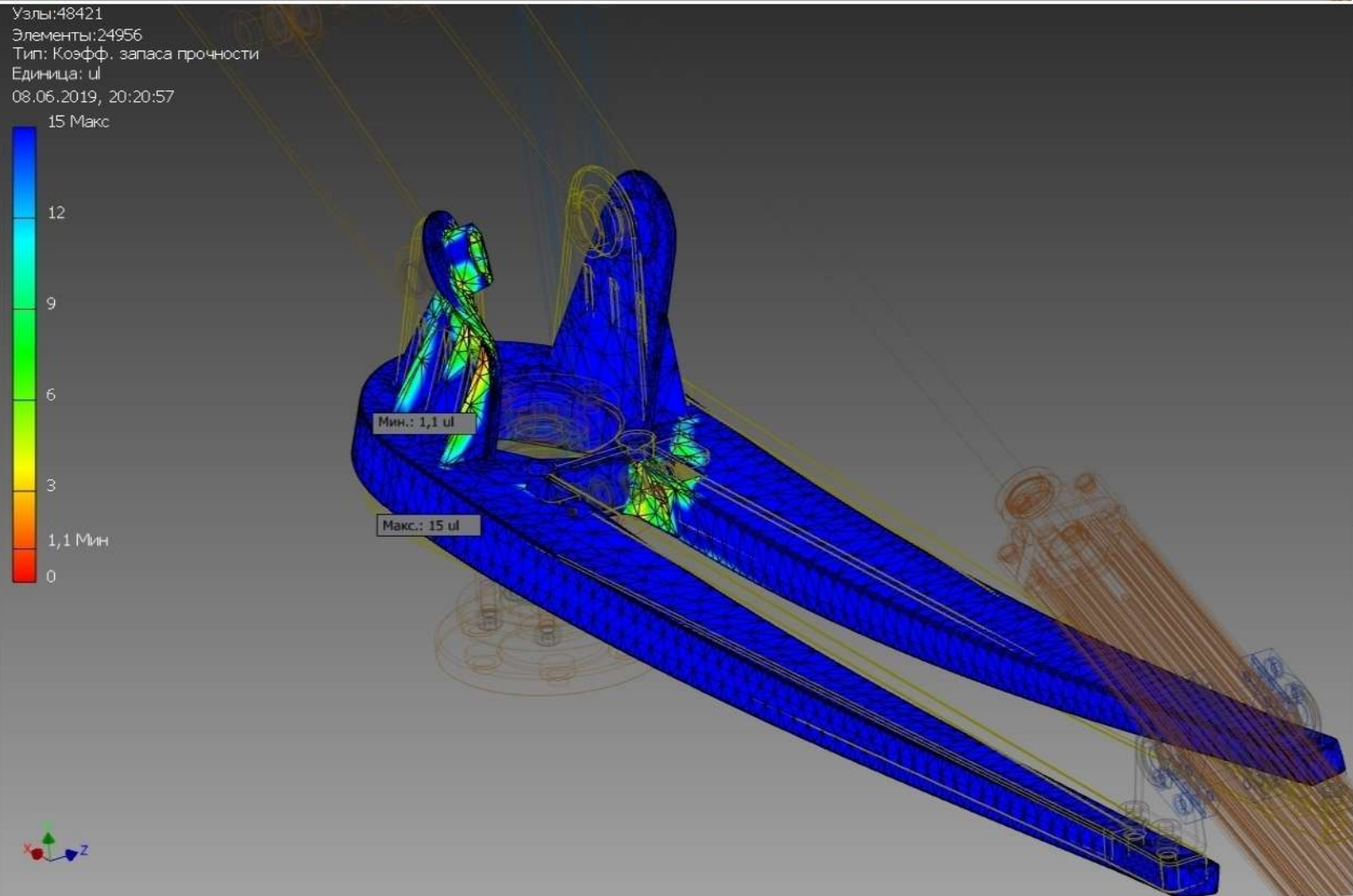
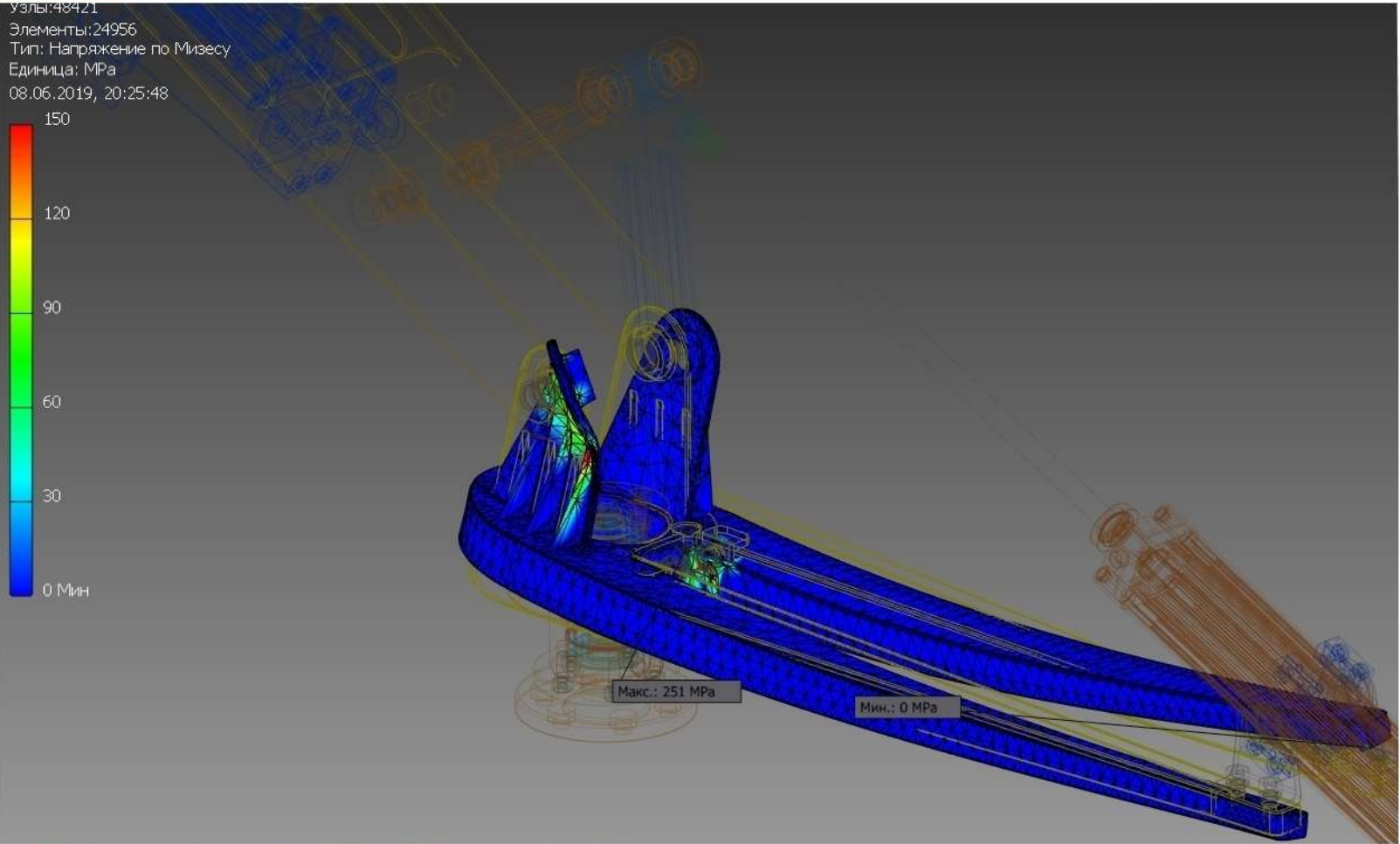
Керівник: /Кравець О. М./



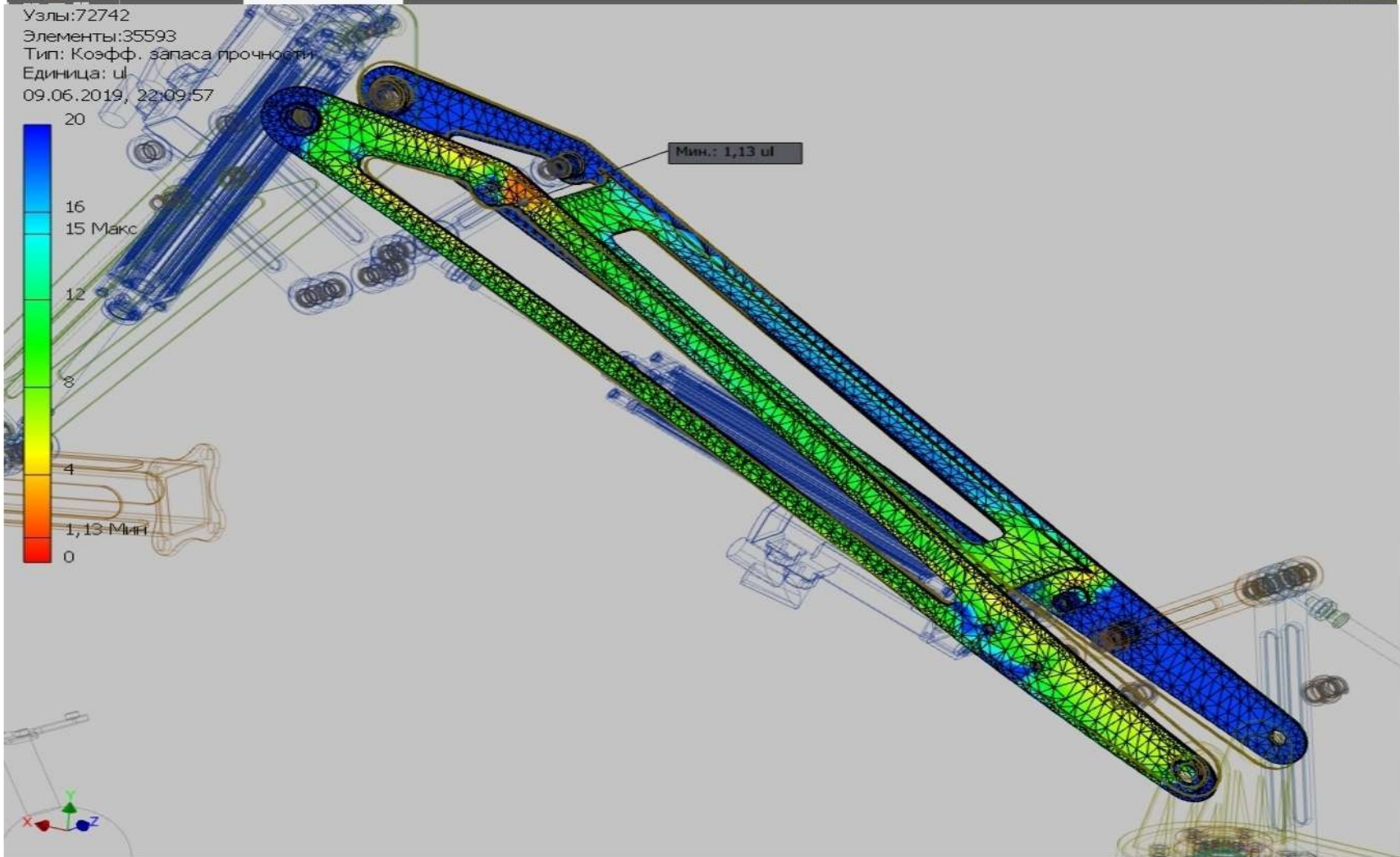
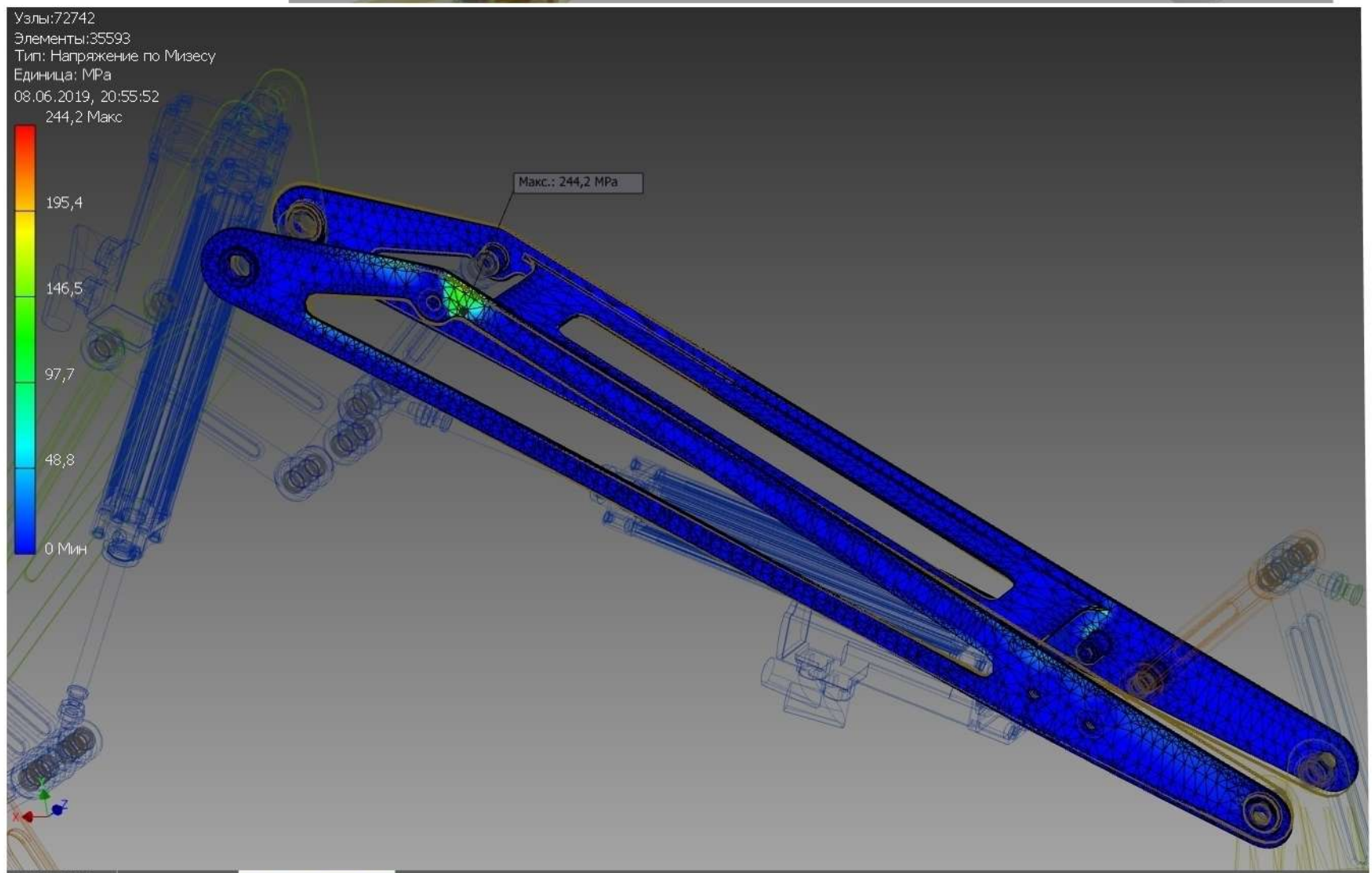
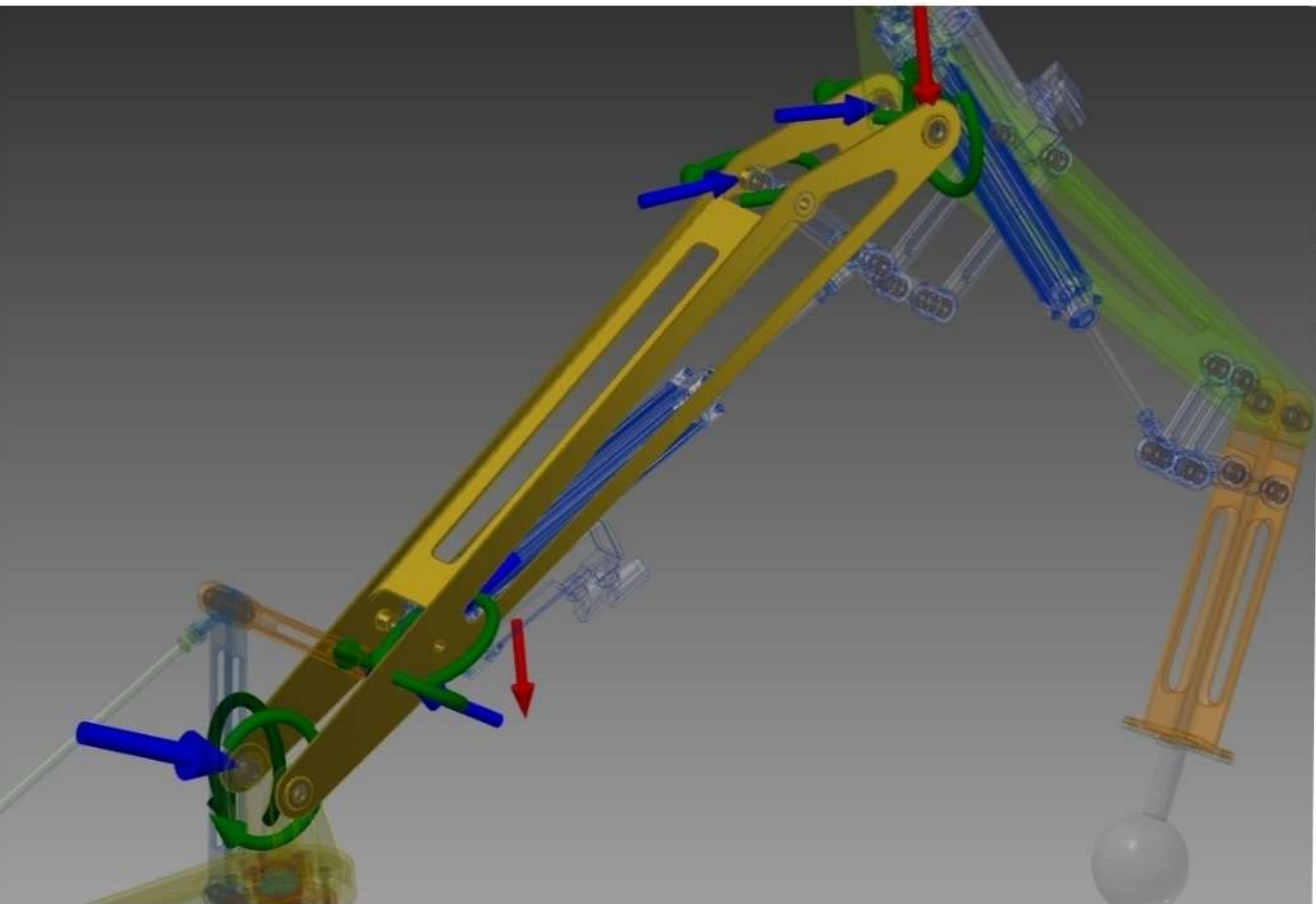
Ланка №1



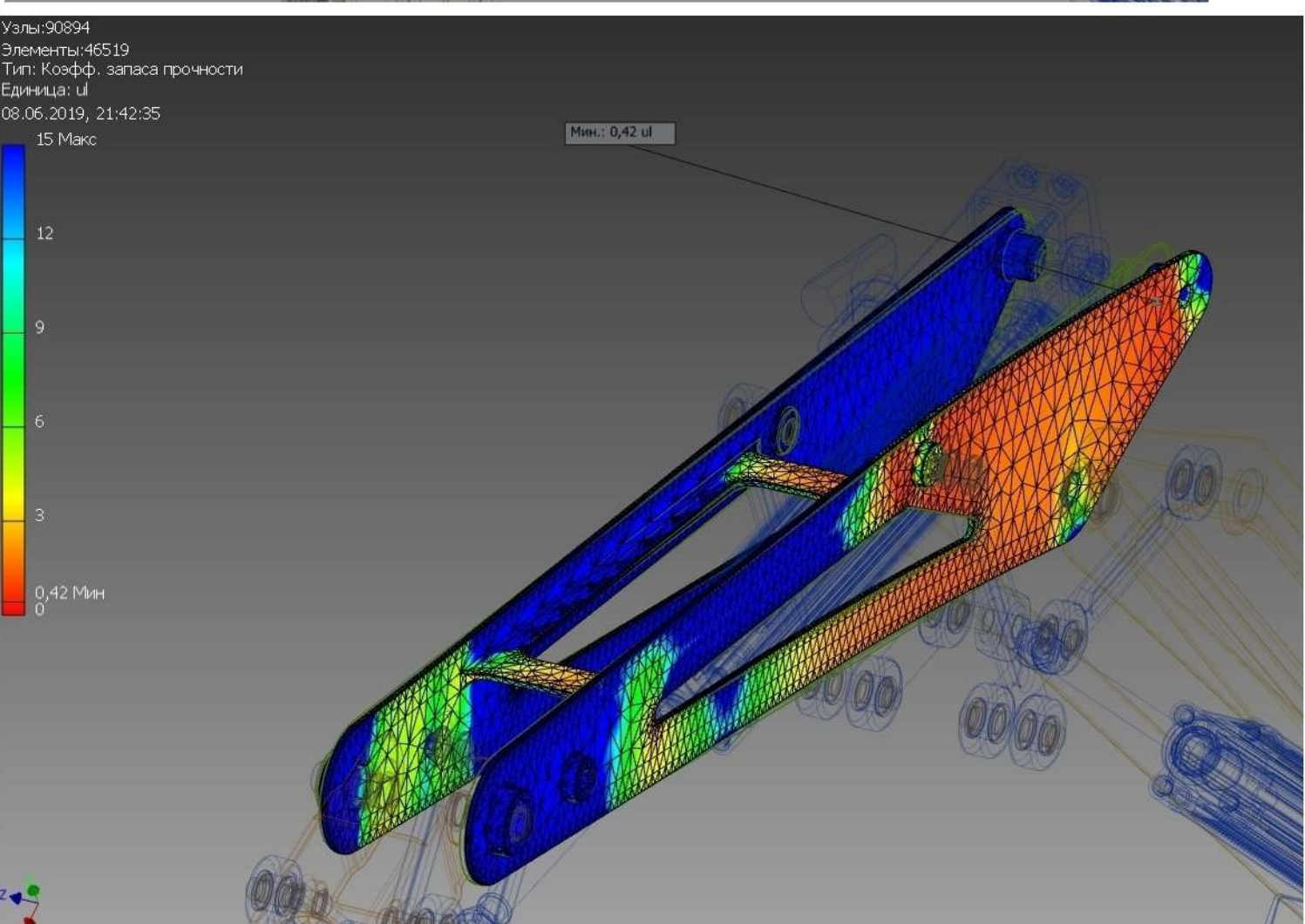
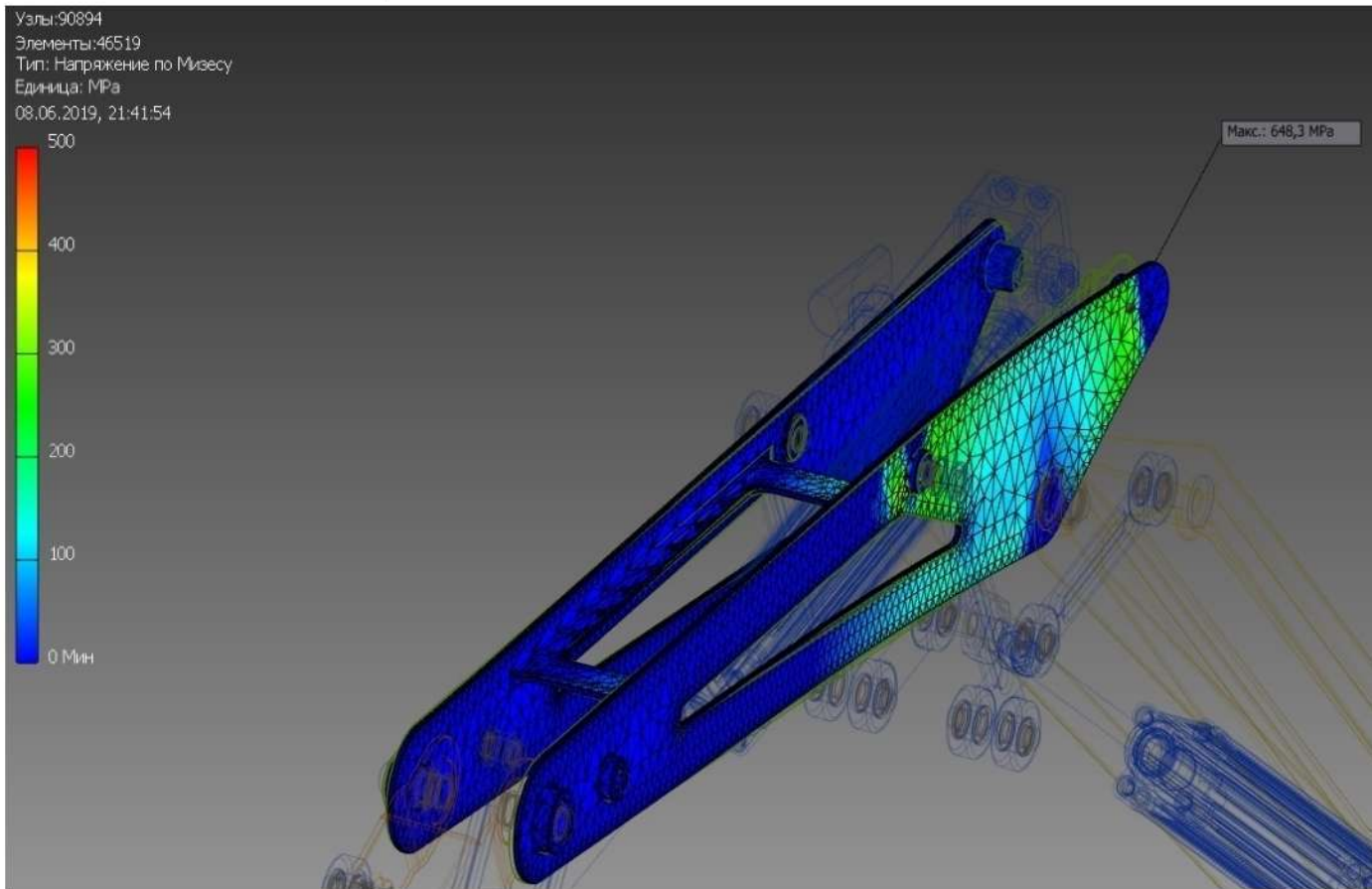
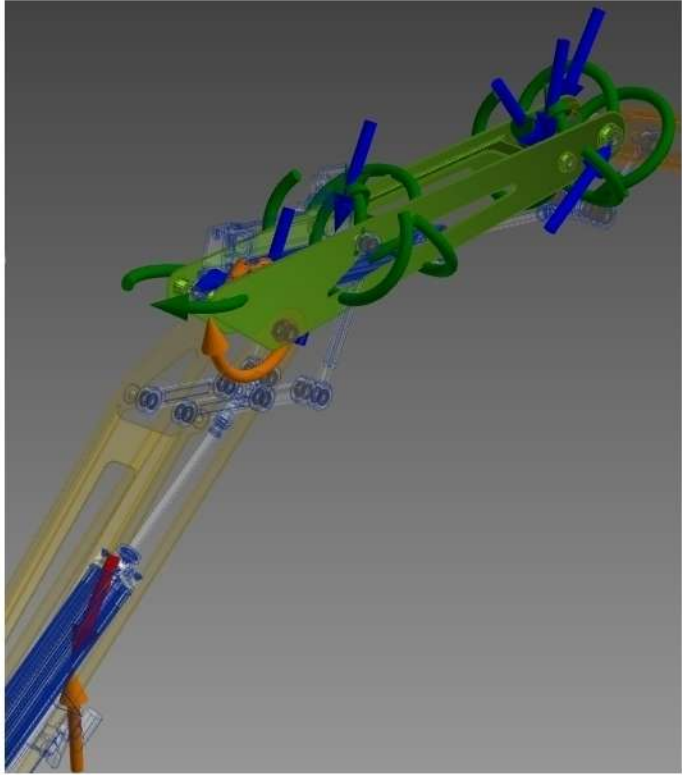
Максимальне напруження:  
251 МПа;  
Коефіцієнт запасу: 1.1



Ланка №2

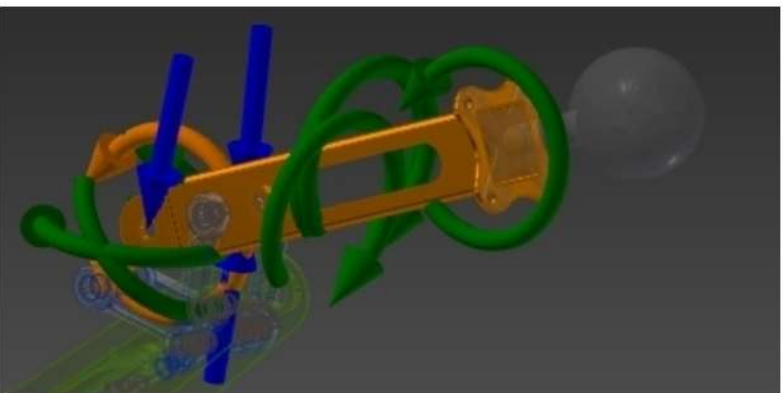


Ланка №3

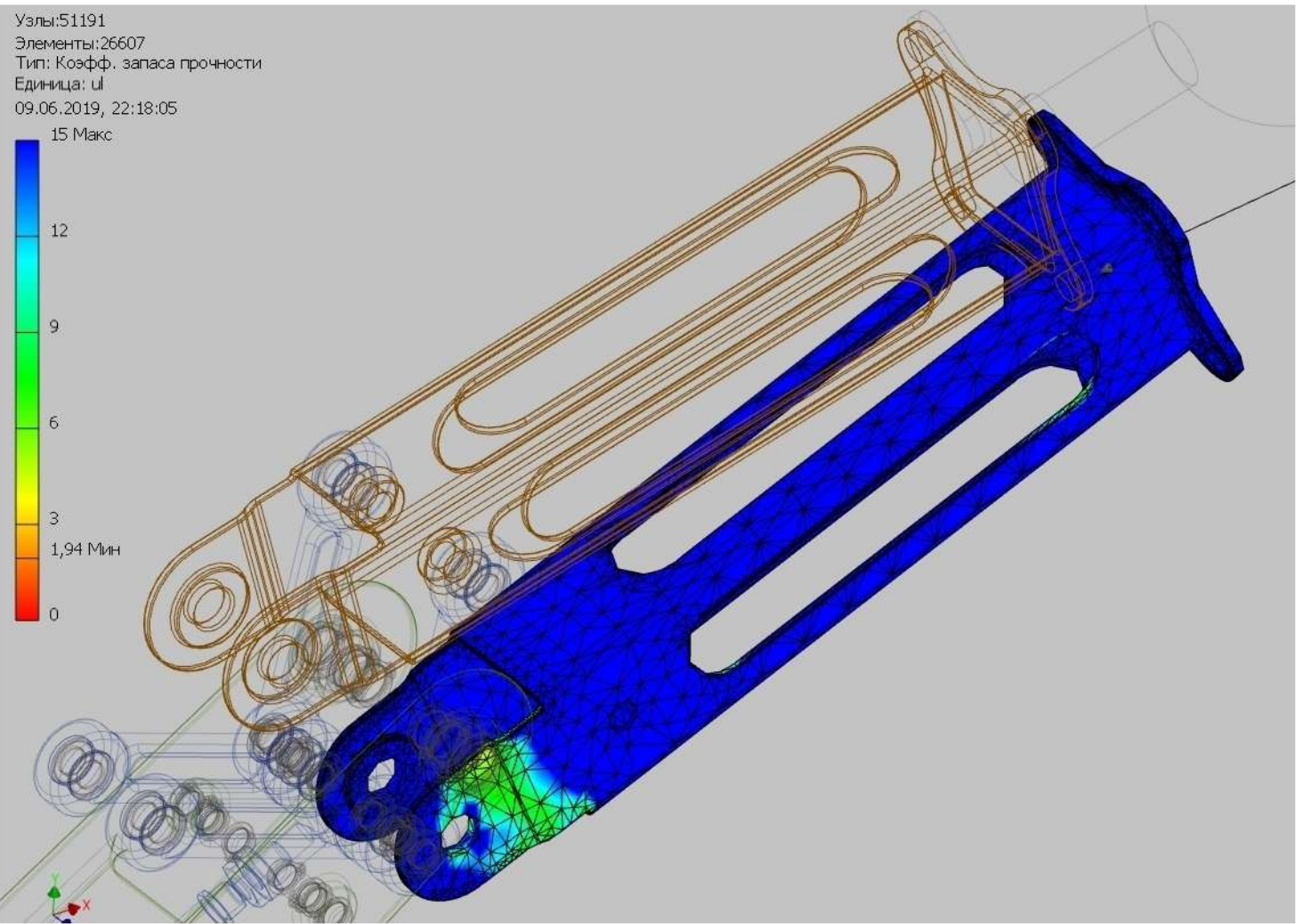
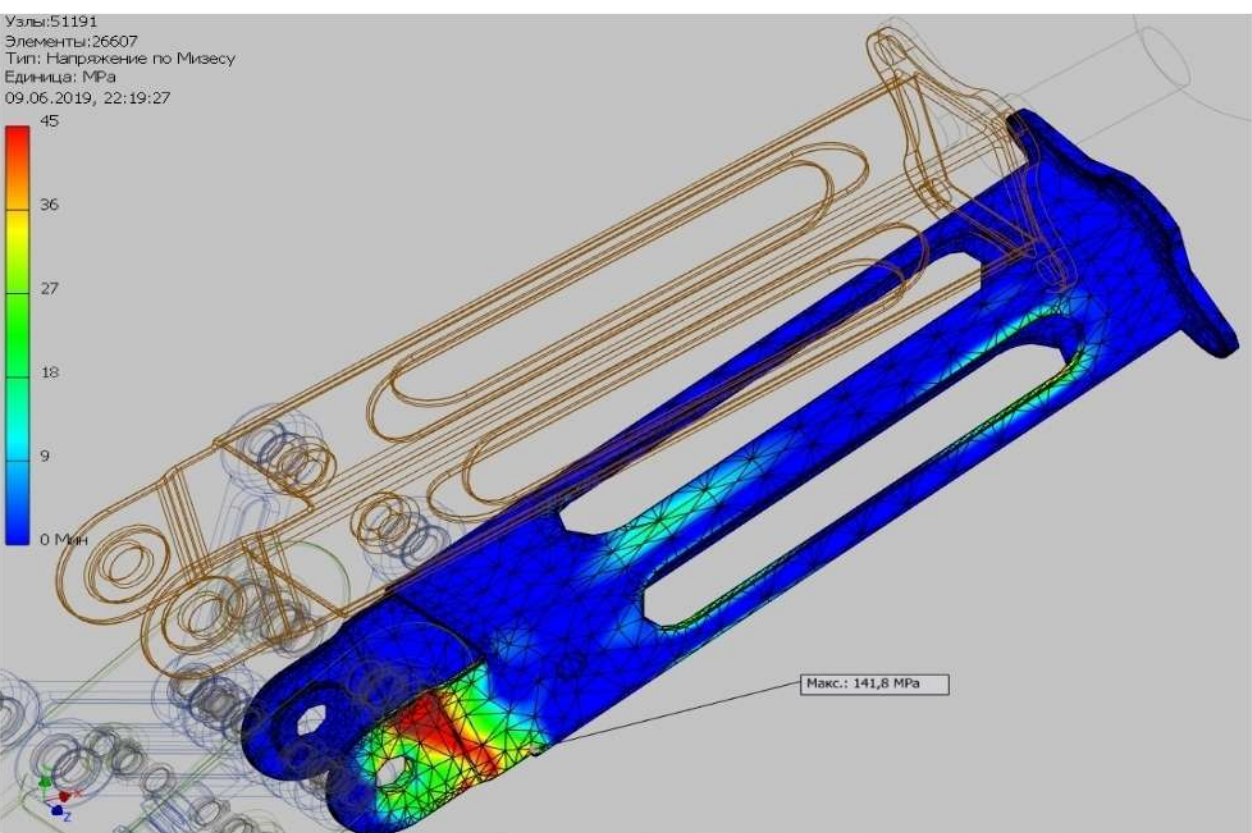


Максимальне напруження: 648,3 МПа.  
Коефіцієнт запасу: 0,42

Ланка №4



Максимальне напруження: 244,2 МПа.  
Коефіцієнт запасу: 1,13



Максимальне напруження: 141, 8 МПа.  
Коефіцієнт запасу: 1. 94

Розробник: /Павлик П. М./

Керівник: /Кравець О. М./



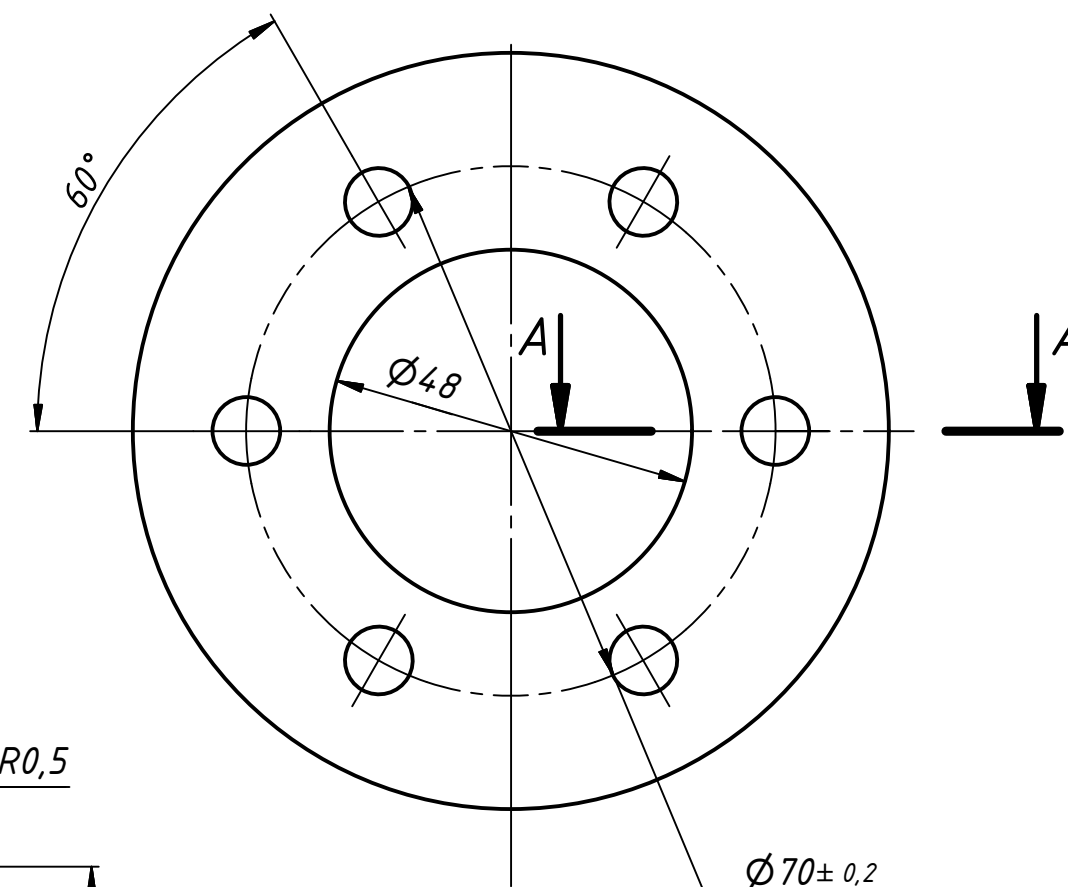
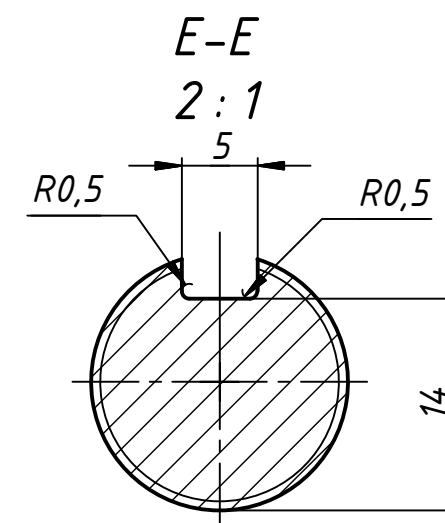


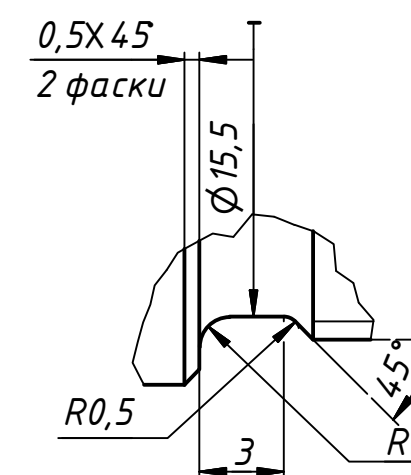




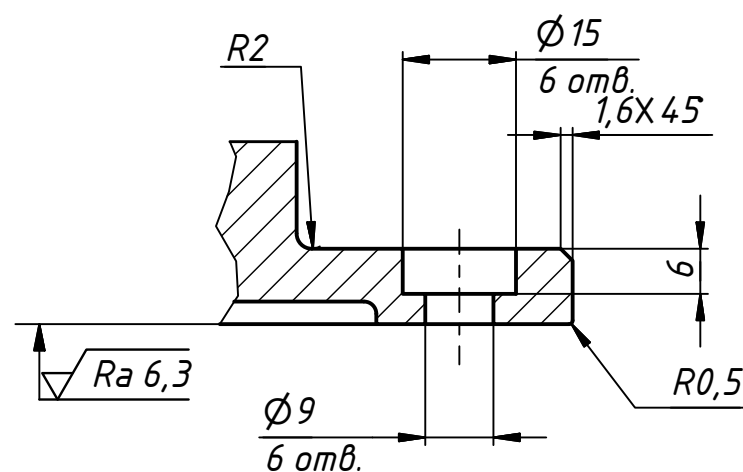
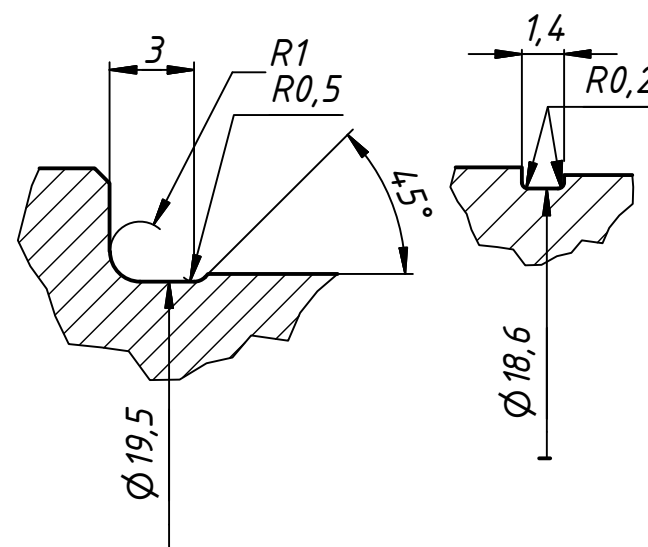


▽  $Ra\ 12,5\ (\checkmark)$


$$D$$
  

$$4 : 1$$


A-A


$$\begin{array}{c} B \\ 4:1 \end{array}$$

$$\subset 4:1$$

1. \*Розміри для довідок.
2. НРС 42 ... 46.
3. ISO 2768 – МК.
4. Отв. центр А6.3 ДСТУ ГОСТ 14034 – 2008

					МВ-5120.ДПБ600.002				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Опора	Лит.		Масса	Масштаб
Разраб.	Павлик П. М.		07.06.2019			В		0,8	1:1
Пров.	Кравець О. М.								
Т. контр.						Лист	Листов 1		
Н. контр.	Протасов С. В.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ММІ, гр.			
Утв.					Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	МВ-51			

Technical drawing of a circular part with a central hole and six holes around the perimeter. The drawing includes dimensions: 16 N9, 57,7 +0,02, Ra 3,2, Ra 6,3, R0,6, and a table with values 0,016 and 0,06.

//	0,016	E
≡	0,06	



Формат А3