

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

“На правах рукопису”  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## **Магістерська дисертація**

**На здобуття ступеня магістра**

**За освітньо-науковою програмою «Магістра»**

**Зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»**

**На тему: «Покращення експлуатаційних характеристик щогли телескопічної  
з лебідкою»**

Виконав:

Студент VI курсу, групи МІ-01мп  
Осипчук Олексій Миколайович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Науковий керівник:

Д.т.н., професор,  
Девін Леонід Миколайович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант розділів:

Д.т.н., професор,  
Охріменко Олександр Анатолійович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент:

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали, науковий ступінь, вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-наукова програма «Магістр»

	ЗАТВЕРДЖУЮ Завідувач кафедри _____ <u>Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО</u> «__» _____ 2021 р.
--	--

**ЗАВДАННЯ**

**На магістерську дисертацію студенту  
Осипчуку Олексію Миколайовичу**

1. Тема дисертації: «Покращення експлуатаційних характеристик щогли телескопічної з лебідкою, науковий керівник дисертації Девін Ленід Миколайович, д.т.н., професор, затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ р. № \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом дисертації «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021р.
3. Об'єкт дослідження – телескопічна щогла з лебідкою, модельного ряду «Смерека»
4. Предмет дослідження – ефективність роботи телескопічної щогли
5. Вихідні дані: крутний момент на колесі III ступеня – 32 Н\*м. Дані зубчатих пар редуктора: к-сть зубів колеса – 55, к-сть зубів шестерні – 17, міжцентрова відстань – 36мм, передатне відношення – 1/3.
6. Перелік завдань, які потрібно розробити:
  1. Провести аналіз існуючих конструкцій та вузлів
  2. Провести попередні розрахунки
  3. Розробити математичну модель
  4. Провести модернізацію неефективних елементів
  5. Спростити конструкцію
  6. Розробити інноваційне технічне рішення
7. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 10-15 слайдів презентації
8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Математичне моделювання	Охріменко О.А., д.т.н., професор		

9. Дата видачі завдання: «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вибір і затвердження теми	26.10.20	виконано
2	Підбір і ознайомлення з літературою	27.10.20-29.10.20	виконано
3	Складання плану, розробка індивідуального завдання	30.10.20-31.10.20	виконано
4	Поглиблене вивчення літературних джерел і написання теоретичної частини	01.11.20-15.11.20	виконано
5	Збір і аналітична обробка статистичного матеріалу з теми дослідження	16.11.20-22.11.20	виконано
6	Написання дисертації та її оформлення	23.11.20-10.12.20	виконано
7	Подання роботи в ДЕК та її захист	20.12.20-26.12.20	виконано

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Олексій ОСИПЧУК

Науковий керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Д.т.н., професор Леонід ДЕВІН

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ  
На тему: «Покращення експлуатаційних характеристик щогли телескопічної»

## Анотація

Дисертація на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського. – Київ, 2020.

«Покращення експлуатаційних характеристик щогли телескопічної з лебідкою»: 109 сторінок, 6 розділів, 10 таблиць, 81 рисунок, 16 джерел.

*Об'єкт дослідження* – телескопічна щогла з лебідкою, модельного ряду «Смерека».

*Мета роботи* – розробка комплексу засобів для покращення експлуатаційних характеристик щогли та лебідки, а також проектування та розрахунків нових елементів конструкції.

*Методи дослідження* – загальнонаукові методи, такі як аналіз, методи порівняння, комп'ютерне моделювання.

У даній роботі розглянуто основні види телескопічних щогл, перевахи використання саме телескопічних щогл, також розглянуто кінематичну схему та механіку телескопічної щогли, а також лебідки. В роботі можна побачити результати випробувань деяких елементів механіки, ознайомитись з іноваційною технологією виготовлення, а також симуляцією математичної моделі. В роботі розглянуті основні засоби для розгортання телескопічних щогл та проаналізовано ринок для впровадження засобу автоматизованого розгортання.

Ключові слова: телескопічна щогла, лебідка, чікси, відтяжки, обгінна муфта.

## **Abstract**

The dissertation on competition of a degree of the master on a specialty 131 - Applied mechanics. - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" named after I. Sikorsky. - Kyiv, 2020.

«Improving the performance of a telescopic mast with a winch»: 109 pages, 6 sections, 10 tables, 81 figures, 16 sources.

*The object of study is* - a telescopic mast with a winch, model line "Smereka."

*The purpose of the work is* - to develop a set of tools to improve the performance of the mast and winch, as well as the design and calculation of new structural elements

*Research methods* - are general scientific methods, such as analysis, comparison methods, computer modeling.

This paper considers the main types of telescopic masts, the advantages of using telescopic masts, as well as the kinematic scheme and mechanics of telescopic masts, as well as winches. In the work you can see the results of tests of some elements of mechanics, get acquainted with the innovative manufacturing technology, as well as the simulation of a mathematical model. The main means for deployment of telescopic masts are considered in the work and the market for introduction of means of automated deployment is analyzed.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
<u>1.</u> Загальний опис щогл.....	9
<u>1.1.</u> Види щогл.....	9
1.2. Пристосування для встановлення щогли на фундамент .....	12
1.3. Розгортання та кріплення телескопічної щогли.....	16
1.4. Розгортання та кріплення щогли телескопічної «Смерека» .....	18
2. Аналіз та модернізація лебідки.....	28
2.1. Загальні технічні відомості.....	28
2.2. Органи управління лебідок МТЗ та МТ4.....	29
2.3. Встановлена електроніка .....	32
2.4. Зміна кінематичної схеми.....	35
2.5. Розрахунок зубчастої передачі редуктора .....	39
2.6. Проектування обгінної муфти.....	44
<u>2.</u> Аналіз та модернізація щогли.....	52
3.1. Кінематика щогли.....	52
3.2. Математичне моделювання роботи вантажного троса.....	56
<u>3.</u> Особливості технології виготовлення.....	68
4.1. Технологія виготовлення обгінної муфти двигуна .....	68
4.2. Результати випробувань обгінної муфти .....	78
<u>4.</u> Такелаж.....	79
5.1. Проектування п'яти.....	79
5.2. Проектування кілків відтяжок.....	80
5.3. Проектування мотовила та затисків відтяжок.....	81
5.4. Проектування розкладного упору щогли.....	83
5.5. Проектування ящика комплектації щогли .....	86
5.6. Проектування упаковки для відвантаження та транспортування щогли .....	87
5.7. Наведена маса щогли та центри мас.....	88
<u>5.</u> STARTUP проект.....	89
<u>6.1.</u> Цілі та етапи реалізації стартап-проекту.....	89
<u>6.2.</u> Обґрунтування актуальності та новизна ідеї стартап-проекту.....	90
<u>6.3.</u> Аналіз конкурентного середовища .....	91
Висновки.....	93
Перелік посилань.....	94
Додатки.....	96

## Вступ

Метою роботи є розробка комплексу засобів для покращення експлуатаційних характеристик щогли. До цього комплексу засобів відноситься як безпосередня модернізація самої щогли та лебідки, так і проектування та розрахунок нових елементів конструкції. Сфера використання телескопічної щогли з лебідкою – мобільне розгортання ехо- та радіолокаційного, тепловізійного та оптичного обладнання. Основне призначення – розгортання зв'язку Збройними силами України.

Телескопічна щогла «Смерека» успішно експлуатується в Збройних силах України, а також за кордоном. Проте під час експлуатації, в деяких ситуаціях необхідно використовувати додаткові технічні засоби, яких немає в комплектації, а також певні вузли потребують глибокої переробки конструкції та заміни елементів механізації.

Для вирішення проекту та досягнення поставленої мети поставлені та вирішені задачі: провести аналіз існуючих конструкцій та вузлів, провести модернізацію застарілих або неефективних елементів механізму та конструкції в цілому, розробити окремі вузли (зокрема – обгінну муфту), спроектувати необхідні елементи для експлуатації та транспортування, провести необхідні розрахунки, створити технічну документацію, створити математичну модель щогли телескопічної, розробити інноваційне технічне рішення.



## **1. Загальний опис щогл**

### **1.1. Види щогл**

У загальному розумінні щоглою називають шпиль, який певним способом фіксується у вертикальній позиції на обраній ділянці місцевості. Максимальна висота такої конструкції сягає до 90 м.[16]

За конструкцією розрізняють 3 види щогл:

- Телескопічні
- Фермові
- Складові

Фермові щогли мають найбільшу міцність та вагу, являються стаціонарними, часто не вимагають відтяжок для експлуатації. Такі щогли призначені для розміщення важких та надважких антен, систем освітлення, зв'язку. Фермові щогли являють собою збірну конструкцію з трикутних секцій (схожу на усічену піраміду), виконаних із сталевго кутника (рис 1.1).[8]

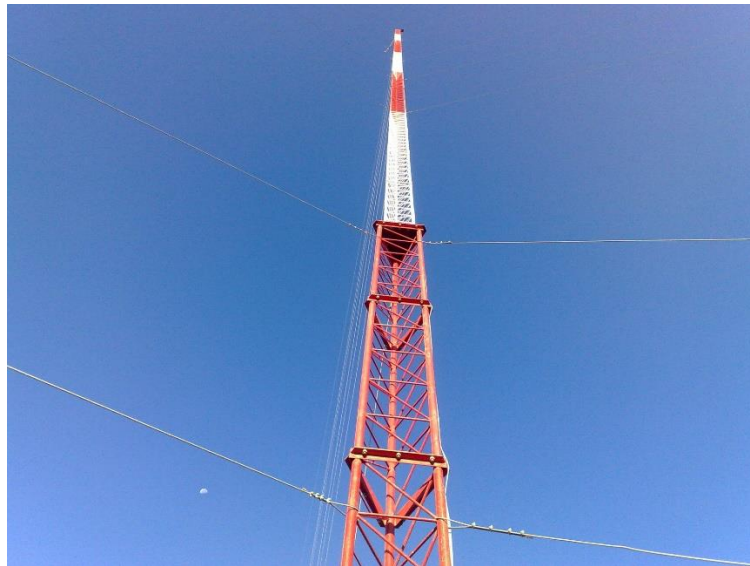


Рис. 1.1. Щогла фермового типу [16]

Телескопічні щогли – легкі, мобільні в розгортанні та встановленні, порівняно з фермовими. Конструкція таких щогл являє собою висувні тонкостінні труби, зазвичай дюралюмінієві, які називаються колінами щогли. Труби, на таких щоглах,

найчастіше бувають круглого та квадратного перерізу. Великою перевагою є те, що необхідне обладнання (корисне навантаження) розміщується на такій щоглі ще до її розгортання, перед підйомом на необхідну висоту. Деякі моделі оснащені лебідкою для полегшення підйому та спуску. [8]

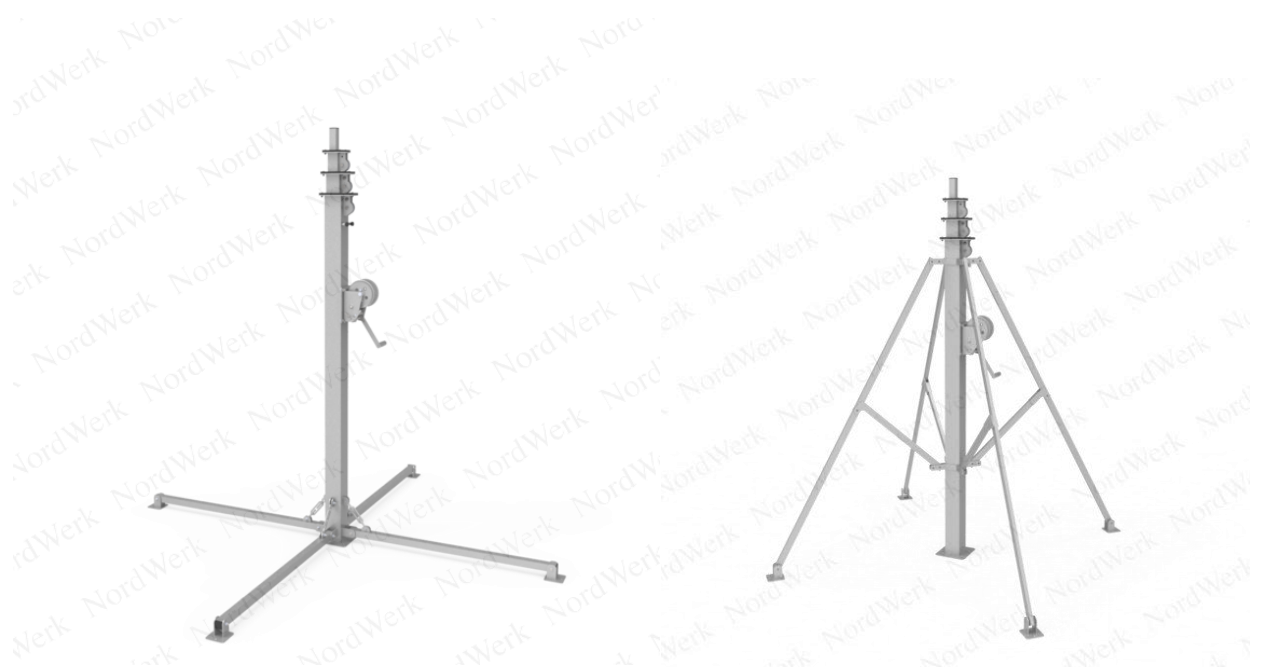


Рис. 1.2. Телескопічні щогли «NordWerk».[10]

Складові щогли за своєю конструкцією являють набір секцій, виконаних з металевих трубок, що встановлені одна на одну. Для фіксації секцій між собою в робочому положенні використовуються стопорні болти з гайками та пружинними шайбами, що дозволяє легко регулювати висоту щогли. Стабілізується щогла за допомогою відтяжок. [8] Такий тип щогл являється найбільш стійким до вітрових навантажень. Монтаж та демонтаж відбувається за допомогою спеціального підйомника.



Рис 1.3. Складова щогла.[16]

Варіант складової щогли – вільно-встановлена щогла, така щогла виконана зі сталевих секцій різного діаметру, забезпечена шарнірною п'ятою (рис 1.4) або драбиною для обслуговування (рис 1.5). Вільно-встановлені щогли зазвичай встановлюються в бетонний фундамент (рис 1.5).

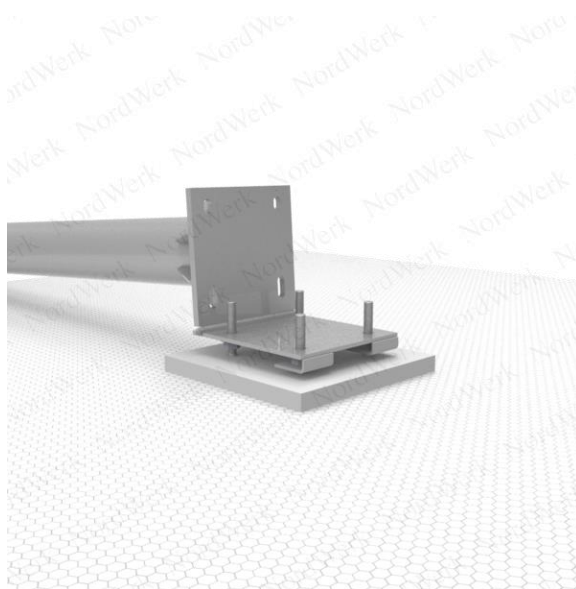


Рис. 1.4. Приклад кріплення підп'ятка вільно-встановленої щогли «NordWerk» [9]

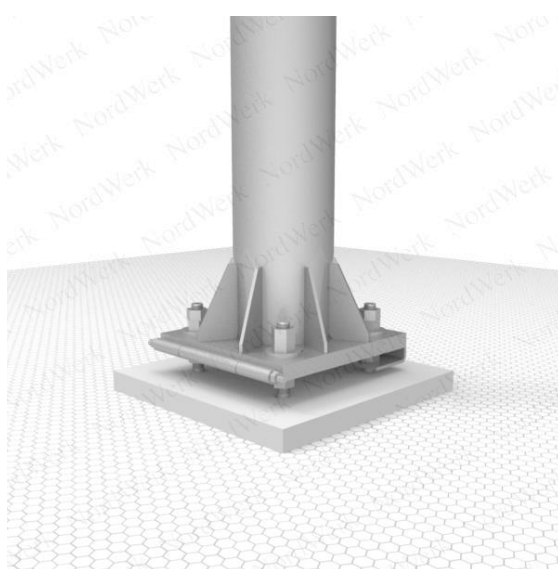


Рис. 1.5. Вільно-встановлена щогла «NordWerk».[9]

## 1.2. Пристосування для встановлення щогли на фундамент

П'ята щогли – це певна платформа, що являється основою та кріпленням щогли до фундаменту або землі. Підп'ятник – це, зазвичай, рухома платформа або кріплення що являється проміжною ланкою між щоглою та п'ятою.

Існує безліч конструкцій п'ят та підп'ятників що відрізняються між собою за принципом роботи. На рисунку 1.6. зображено один з найпростіших варіантів підп'ятника – шарнірний, з фіксацією гвинтом. В даному підп'ятнику щогла фіксується гвинтом, після чого розкладається в горизонтального положенні, а далі, декілька чоловік, вручну, або за допомогою звичайної ручної лебідки, підіймають щоглу вгору, повертаючи на підп'ятнику відносно вісі – гвинта. В вертикальному положенні щоглу фіксують іншим гвинтом та стабілізують за допомогою відтяжок.

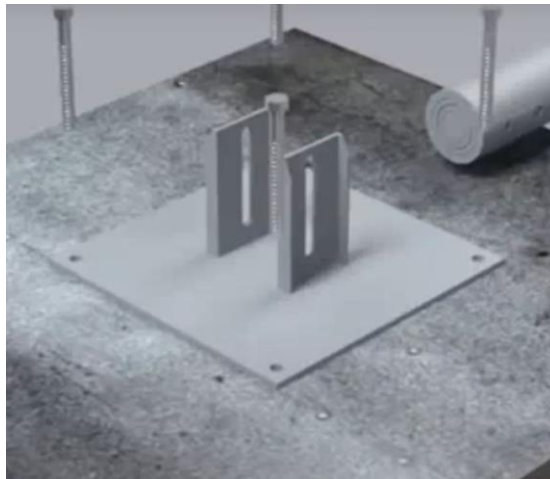


Рис. 1.6. Шарнірний підп'ятник щогли 12У[14]

Для важких та габаритних щогл використовуються п'яти більш жорсткої конструкції. Фермові та складові щогли встановлюються за допомогою п'яти в заздалегідь підготовлений фундамент (рис 1.7)

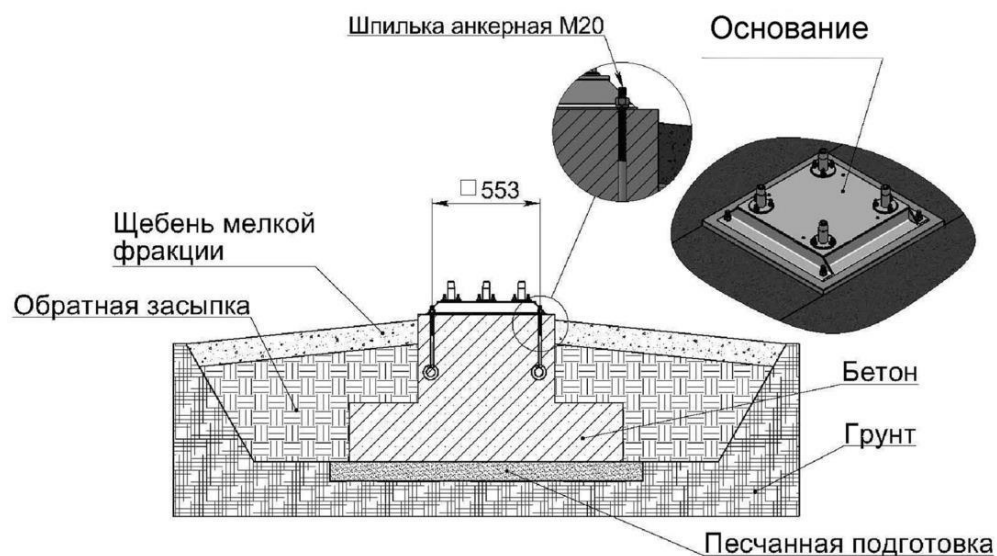


Рис 1.7. Приклад фундаменту для фермової щогли

Телескопічні щогли, зазвичай, не вимагають підготовленого фундаменту для розгортання. На рисунку 1.8. зображено нерухомий, стаціонарну п'яту

телескопічної щогли «Смерека-1», він застосовується при встановленні щогли в одному місці на довгий період, відрізняється простотою конструкції та обслуговування. Застосовується як для розгортання вручну так і для розгортання з транспортних засобів. Також відмінною рисою таких п'ят є довгі кількі більшого перерізу, що забиваються в землю, фіксуючи щоглу.

Для зручного приведення щогли в вертикальне положення, застосовується рухомий підп'яток, що має вбудовану вісь. Наприклад: рухомий підп'яток, шарнірної п'яти, щогли «Смерека 2» [рис. 1.9] або підп'яток щогли Р-409 [рис. 1.10]

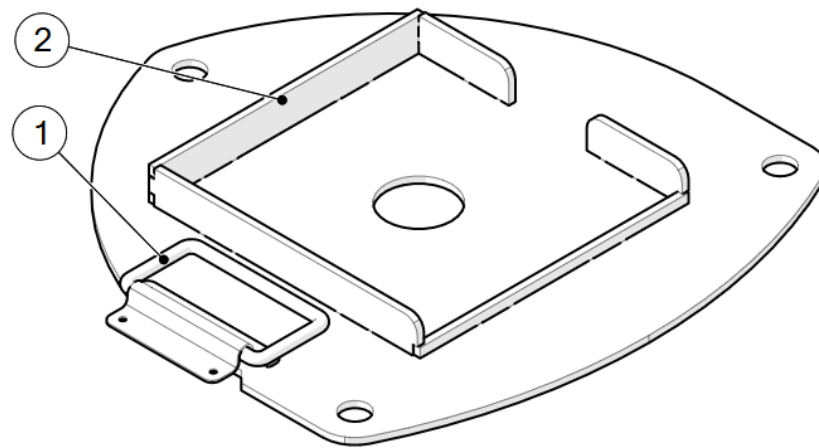


Рис. 1.8. Підп'яток Мод.1 нерухомий, телескопічної щогли «Смерека-1»

1 – Ручка для переноски; 2 – П'ята з низькими бортами.

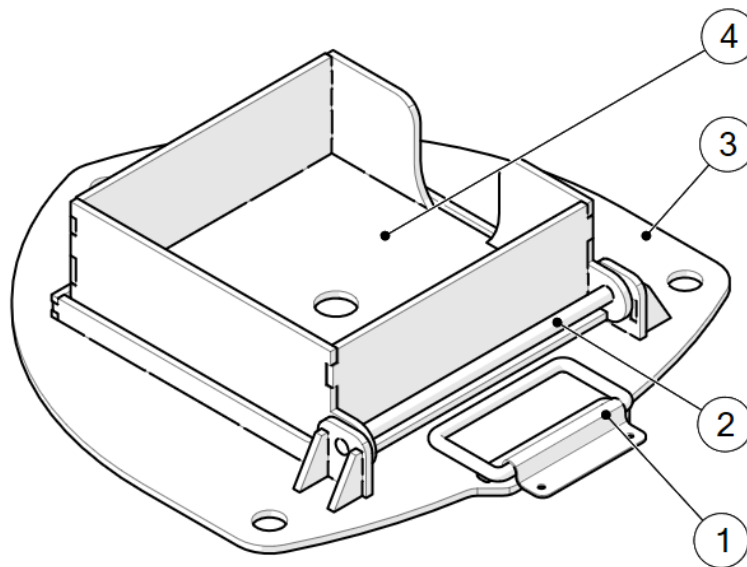


Рис. 1.9. Підп'яток «Мод-2» шарнірний, телескопічної щогли «Смерека-2».

1- Ручка для переноски; 2- Вісь рухомого підп'ятка; 3- П'ята, що фіксується кілками; 4- Підп'яток.



Рис. 1.10. П'ята з шарнірним підп'ятком щогли телескопічної Р-409 [15]

Такі п'яти та підп'ятники виготовляються з низьколегованих чорних сталей, наприклад Сталь 3, що обумовлено дешевизною матеріалу, покривають гарячим цинком для захисту від корозії та агресивного середовища.



### 1.3. Розгортання та кріплення телескопічної щогли

Для безпосереднього встановлення щогли на фундаменті або землі використовується п'ята. Проте п'ята являється лише базуючою ланкою, так як при поривах вітру та навіть невеликому нахилі конструкції виникає сильне навантаження на всіх ланках щогли. Це навантаження обумовлено великим плечем сили, що рівне висоті щогли. Для запобігання перевантажень встановлюють додаткові опори – відтяжки.

Відтяжка - один з основних елементів споруд щоголового типу. Зазвичай являє собою трос, один кінець якого закріплений на землі за допомогою спеціального якоря (кілка), а інший - на конструкції. Трос працює на розтяг і служить додатковою точкою опори [12]

На більшості простих щогл, відтяжки кріпляться до гнутої металевої пластини (фланця), за допомогою спеціальних коушів [рис 1.12] або карабінів. Коуші забезпечують надійне вкладання троса в петлю і застерігають трос від перетирання під час експлуатації. На важких та габаритних щоглах використовуються зварні або фрезеровані фланці, хомути.



Рис. 1.11. Кріплення відтяжок на щоглі 12У.[14]

Коуш [рис 1.12] - каплевидна, кругла або трикутна оправка, з металу, з жолобом на зовнішній стороні. Коуш закладається в петлю троса, щоб попередити його



стирання і злам. Петля виходить більш пивною, а тертя в ній суттєво зменшується.

У більш загальному користуванні. наприклад морській практиці - коуші використовують для кріплення канатів (тросів) до конструкцій або такелажу судна. А також використовують пожежні при застосуванні пожежної мотузки.

Коуш часто виготовляють з вуглецевої сталі і оцинковують, проте бувають і пластмасові моделі.[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]



Рис. 1.12. Коуш з тросом [14]

Для натягування тросів відтяжок, простих щогл, зазвичай використовують такий пристрій як талреп (рис 1.13)



Рис. 1.13. Талреп [14]

На важких телескопічних щоглах, наприклад Р-409/Р140 радянського виробництва, для встановлення та натягу відтяжок, використовуються спеціальні барабани намотки відтяжок (рис 1.14.), які встановлюються на кілки.



Рис. 1.14. Барабан намотки відтяжок, щогли Р-409 [15]

#### **1.4. Розгортання та кріплення щогли телескопічної «Смерека»**

Розгортання щогли телескопічної «Смерека» відбувається за аналогією до розгортання інших важких телескопічних щогл.

Першим чином, нижня частина щогли вставляється в шарнірний підп'яток (рис 1.15, поз. 1) закріплюється гвинтами (поз. 3), а п'ята (поз. 2), в свою чергу, фіксується на фундаменті кілками (поз. 4).

Наступним пунктом являється встановлення кілків для кріплення відтяжок. Для кріплення важких телескопічних щогл «Смерека», використовуються кілки довжиною від 80 до 1000мм, з листової, оцинкованої, низьковуглецевої сталі.

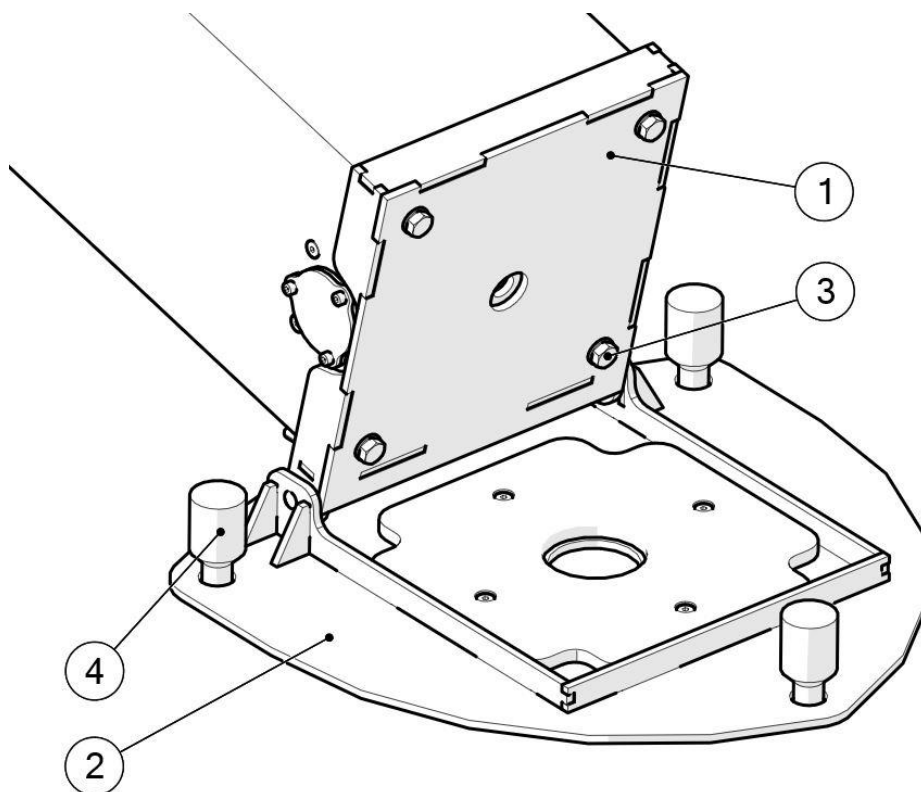


Рис. 1.15. Встановлення щогли на п'яту

1 – рухомий підп'яток; 2 – п'ята; 3 – гвинт кріплення щогли; 4 – кілок.

Місце встановлення кілка визначається за допомогою спеціального, окремого, тросу для розмітки (рис 1.16, поз.1)

Першим чином натягується синій блок розміточного тросу, та на місці його кінця встановлюється перший кіл (рис.1.16, поз. «синій»). До встановленого кілка кріпиться кінець синього блоку та розтягується червоний. Червоний блок розтягується таким чином, щоб обидві частини були натягнуті (рис 1.16, поз. «червоний») таке положення визначає місце встановлення другого та третього кілків.

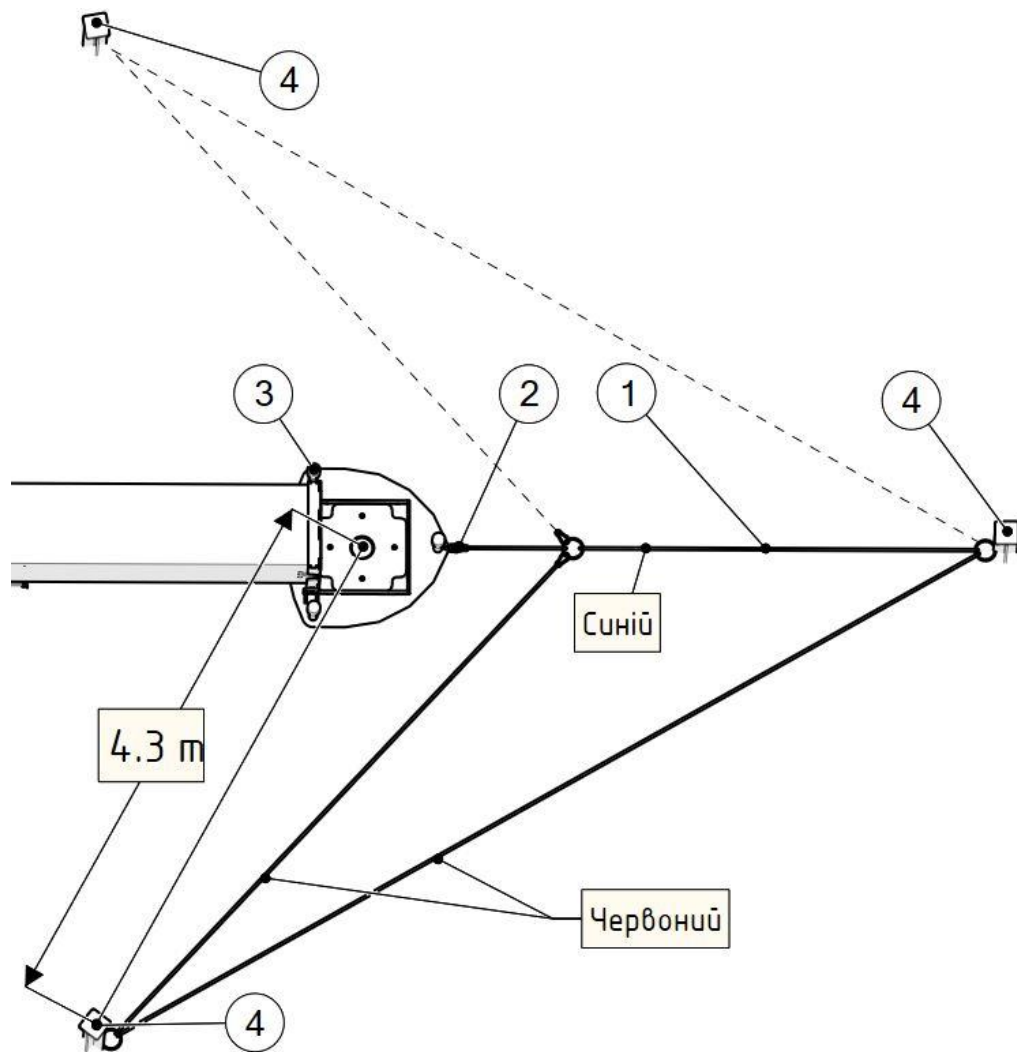


Рис. 1.16. Схема розташування кілків та застосування троса розмітки  
 1 – трос для розмітки; 2 – кільце фіксації троса розмітки на п'яті; 3 – кілок кріплення п'яті; 4 – кілки.

Кілки забивають молотом (кувалдою), на глибину 600...700 мм під кутом близько 20°, напрямом до щогли до отворів кріплення відтяжок має бути вільний доступ, а їх розташування над землею не нижче 3см (рис 1.17).

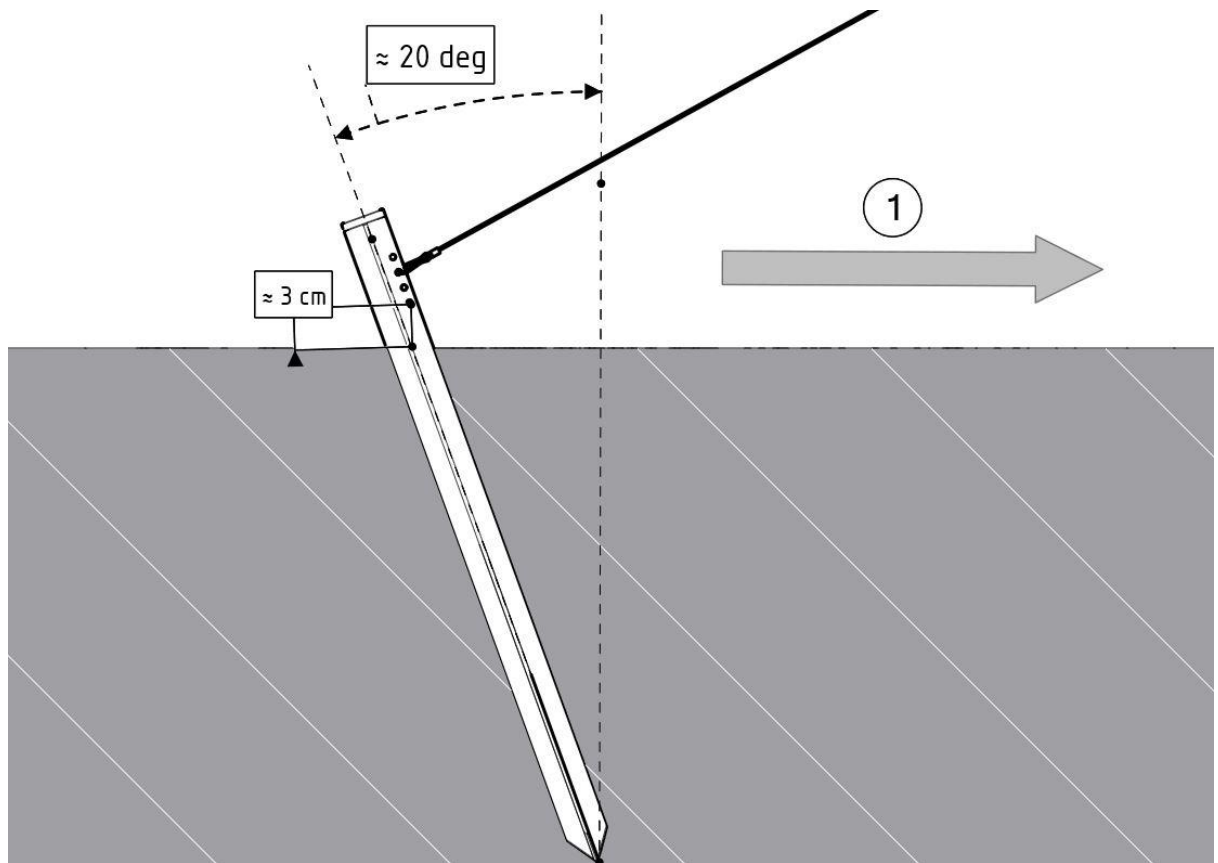


Рис. 1.17. Встановлення кілка та кріплення відтяжки

1 – напрям до щогли.

Після встановлення кілків, щогла піднімається вручну зусиллям двох-трьох чоловік, до достатньої висоти, щоб встановити розкладний упор (рис 1.18, поз. 4). В такому положенні щогли, на «вуха» (рис 1.18, поз. 10, та рис 1.19, поз. 1) попередньо під'єднують відтяжки всіх ланок за допомогою карабінів (рис 1.19, поз 2). Щоглу призводять в вертикальне положення за допомогою лебідки (рис 1.18, поз. 1) під'єднавши трос до спеціального кільця на одній з чікс (рис. 1.18, поз. 2). Під час підйому, щоглу притримують руками.

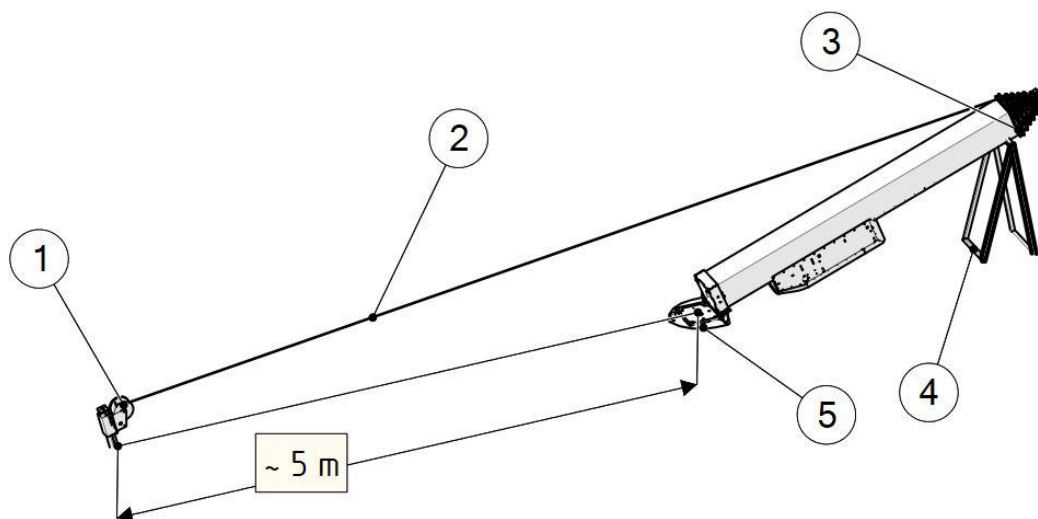


Рис. 1.18. Підйом щогли за допомогою ручної лебідки

1 – ручна лебідка; 2 – трос лебідки; 3 – вухо кріплення відтяжки; 4 – розкладний упор; 5 – п’ята.

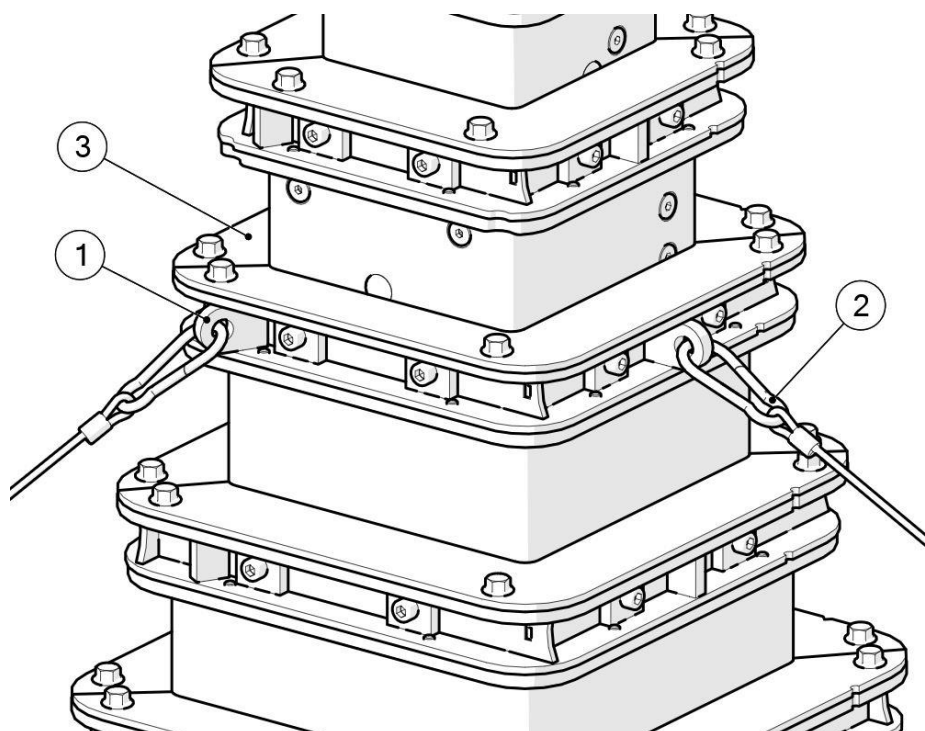


Рис. 1.19. Кріплення відтяжок на чіксах (фланцях) телескопічної щогли

1 – “вухо” чікси; 2 – карабін; 3 – захисна пластина.

Відтяжки складаються з двох частин: сталюго троса діаметром 4мм та синтетичного троса діаметром 6мм, об'єднаних між собою за допомогою коушів. Натяг відтяжки відбувається за допомогою мотовила -пристрою для ручного змотування та розмотування тросу (рис 1.20).

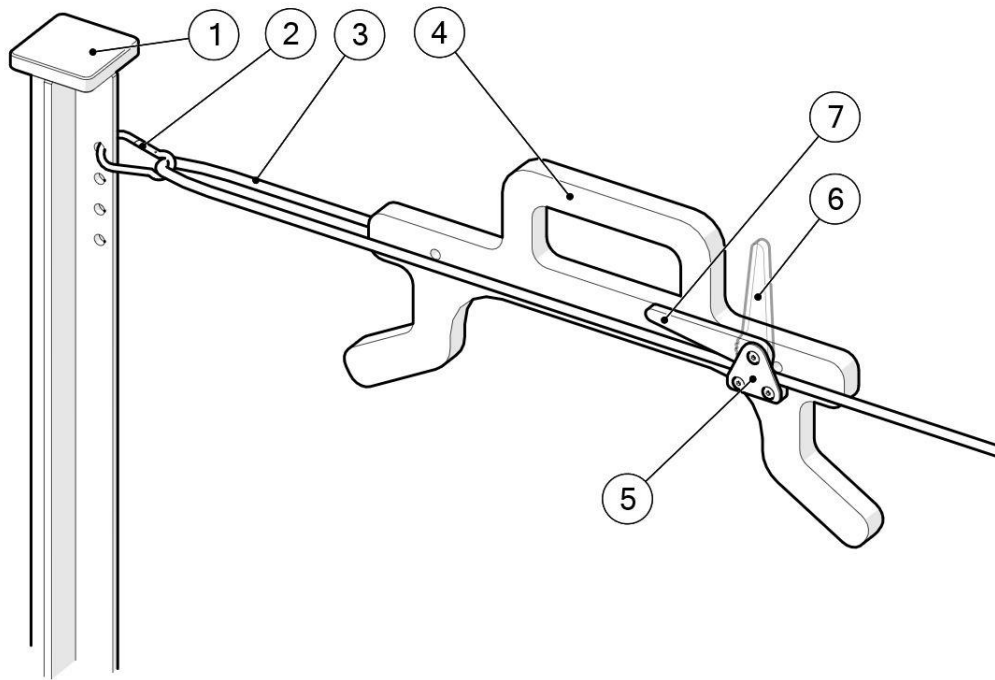
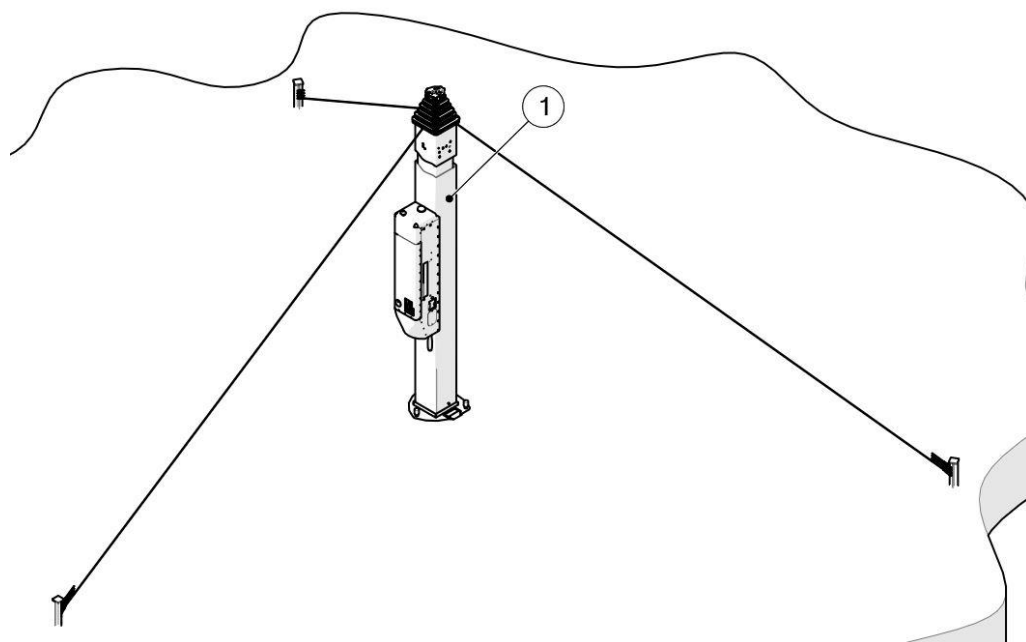


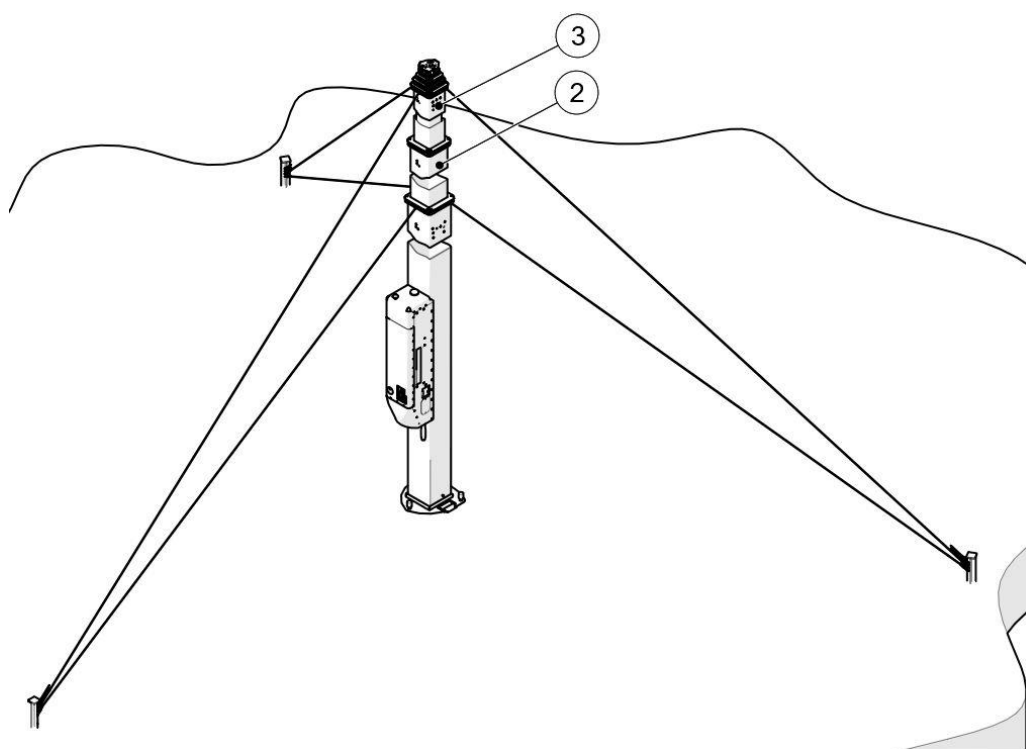
Рис. 1.20. Натягування відтяжки за допомогою мотовила.

1 – кілок; 2 – карабін; 3 – 6мм синтетичний канат; 4 – мотовило; 5 – блок фіксації каната; 6 – “канат звільнено”; 7 – “канат зафіксовано”.

Відтяжки натягують та фіксують при підйомі кожного блоку секцій, тому підйом не є безперервним процесом. На рисунку 1.21 зображено почерговий повноцінний підйом 7-ми секційної щогли висотою в 20м, секції щогли позначені відповідними позиціями.

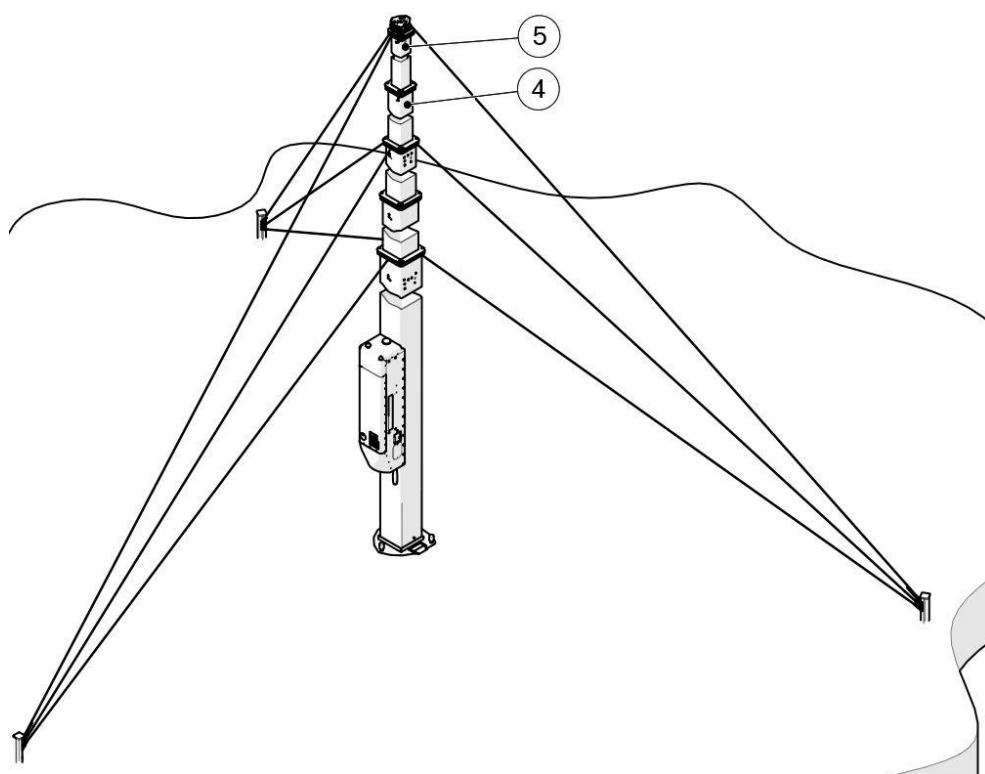


a)

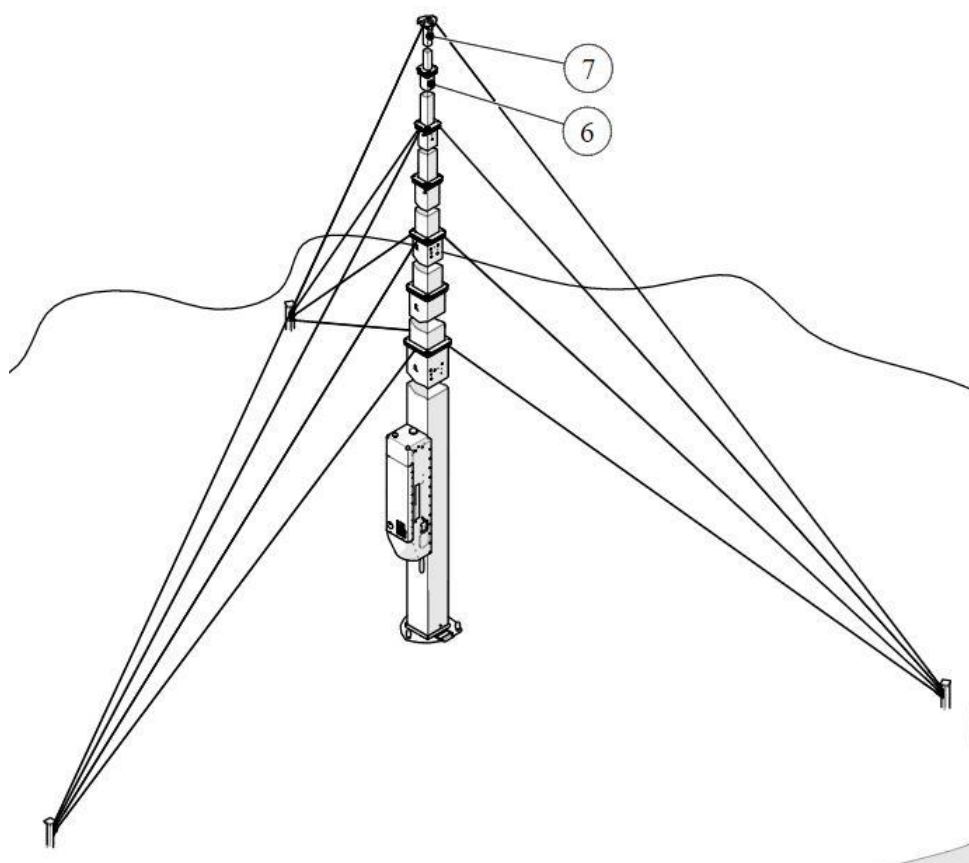


b)





В)



Г)

Рис. 1.21. Розгортання щогли телескопічної «Смерека»

Також можливе розгортання щогли у більш мобільному варіанті – з причепа (рис. 1.24).

В разі мобільного встановлення використовується гідравлічний під'йомник, що складається з простої металевої рами та гідроциліндра.

Таке розгортання дозволяє не тільки мобільно встановити щоглу, а й швидко доставити на необхідну позицію.

На рисунку 1.22 – зображено повністю складений одновісний причеп, закритий брезентовим кожухом.

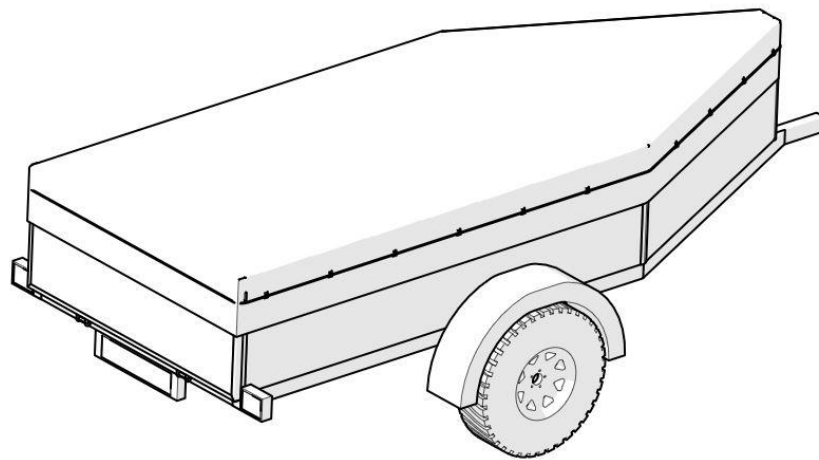


Рис. 1.22. Щогла закрыта в причепі, транспортне положення

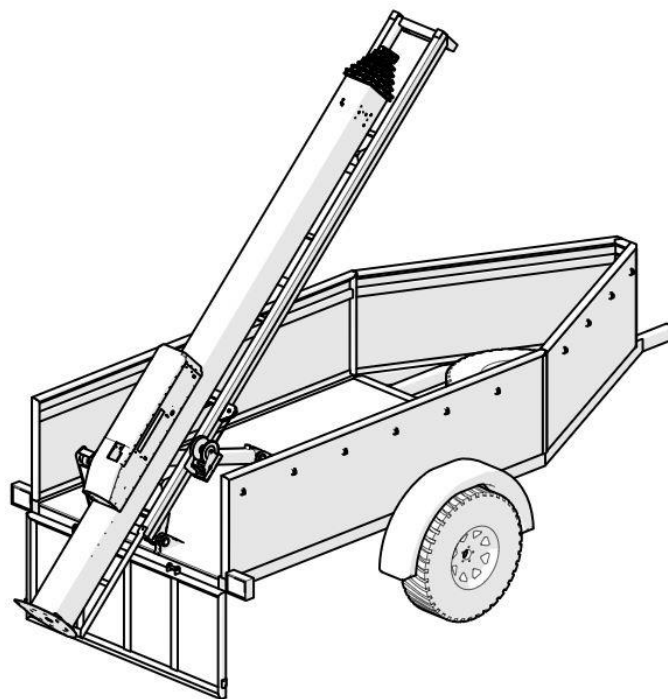


Рис. 1.23. Приведення щогли в вертикальне положення

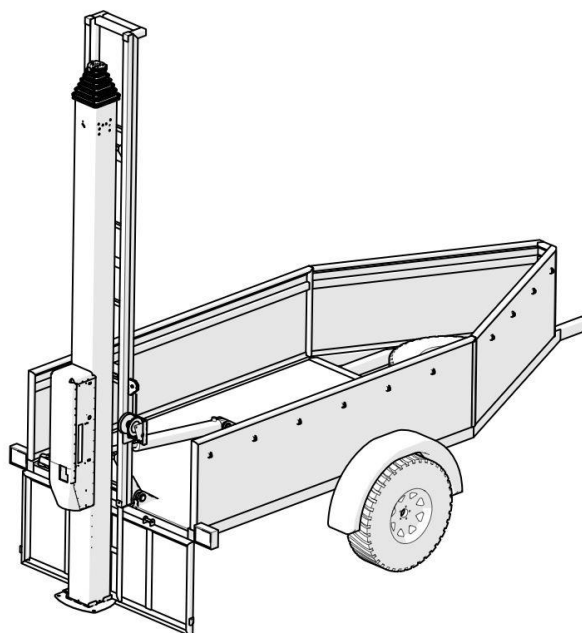


Рис 1.24. Вертикальне положення перед встановленням щогли з причепа

## 2.

## Аналіз та модернізація лебідки

### 2.1. Загальні технічні відомості

Телескопічна щогла «Смерека-1» містить: від 4-х до 7 ланок, що залежить виключно від конфігурації та необхідної висоти підйому, лебідку, п'яту встановлення та такелаж, який в себе включає відтяжки та інструменти для встановлення (рис 2.1).

- Максимальна висота підйому – 25 м
- Максимальна вага корисного навантаження – 89 кг
- Максимальна експлуатаційна швидкість вітру, за висоти 25 м – 30 м/с
- Максимальна площа впливу поривами вітру, за висоти 25 м – 0,7 м<sup>2</sup>
- Маса щогли з лебідкою – 100...200 кг (залежить від конфігурації)

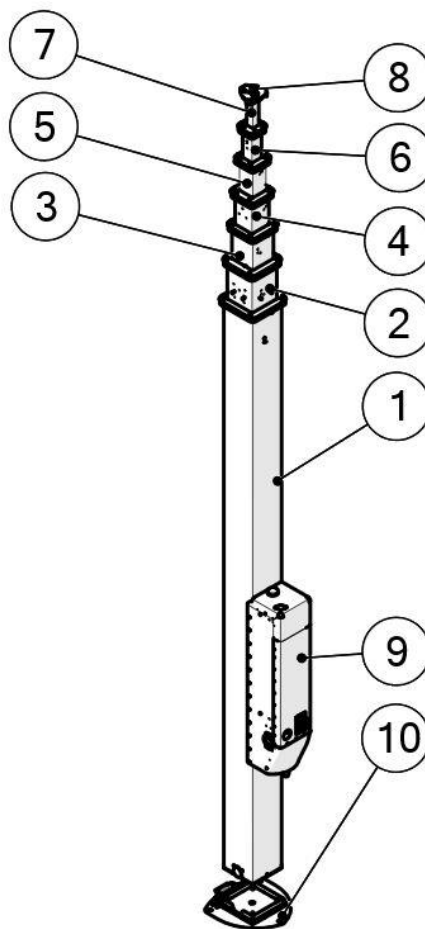
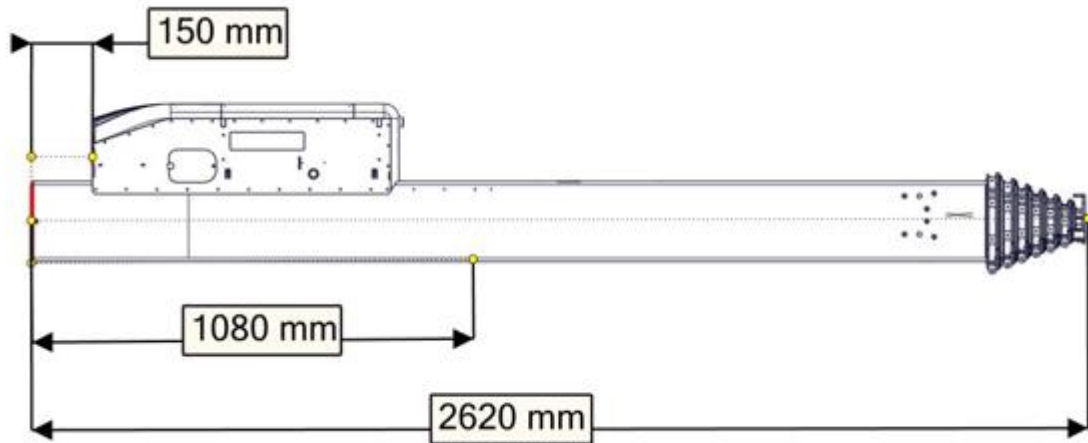


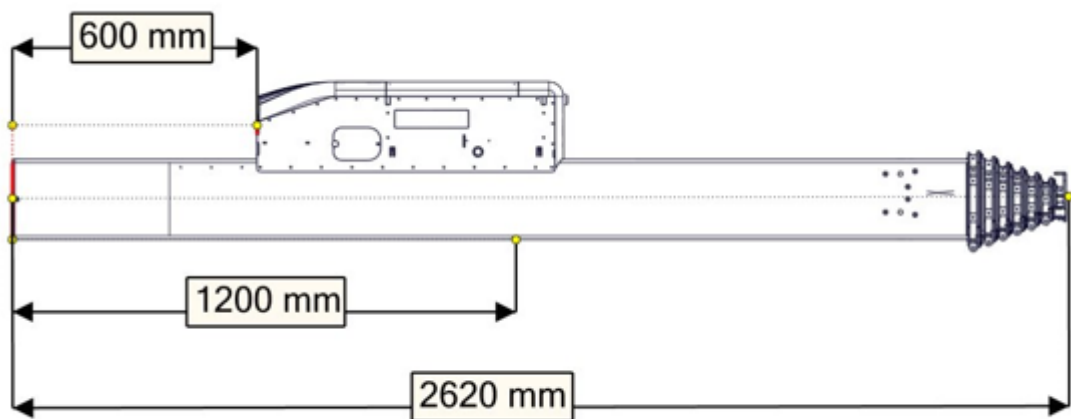
Рис. 2.1. Щогла телескопічна «Смерека».

1..8 – відповідно 1..8 ланки щогли; 9 – лебідка; 10 – п'ята встановлення

При виборі конфігурації, висоти щогли та розміщенні лебідки, враховується не тільки вантажопідйомність та висота її підйому, а й центр мас всієї щогли (рис 2.2), наприклад при розміщенні на автомобілі чи причепі.



а)



б)

Рис. 2.2. Приклад конфігурації розміщення лебідки та зміна центра мас

## 2.2. Органи управління лебідок МТЗ та МТ4

Основні органи управління лебідок МТЗ та МТ4 ідентичні по принципу роботи. На (рис 2.3. та 2.4.) представлені органи управління та елементи взаємодії (рис 2.5.) з лебідкою МТЗ, 4-ї модифікації.

Для здійснення автоматичного підйому щогли, за допомогою електроприводу, необхідно: увімкнути електроніку натиском перемикача «ON» та натиснути на кнопку «ВГОРУ», перемикача підйому/спуску (рис 2.3, поз. 1-4).

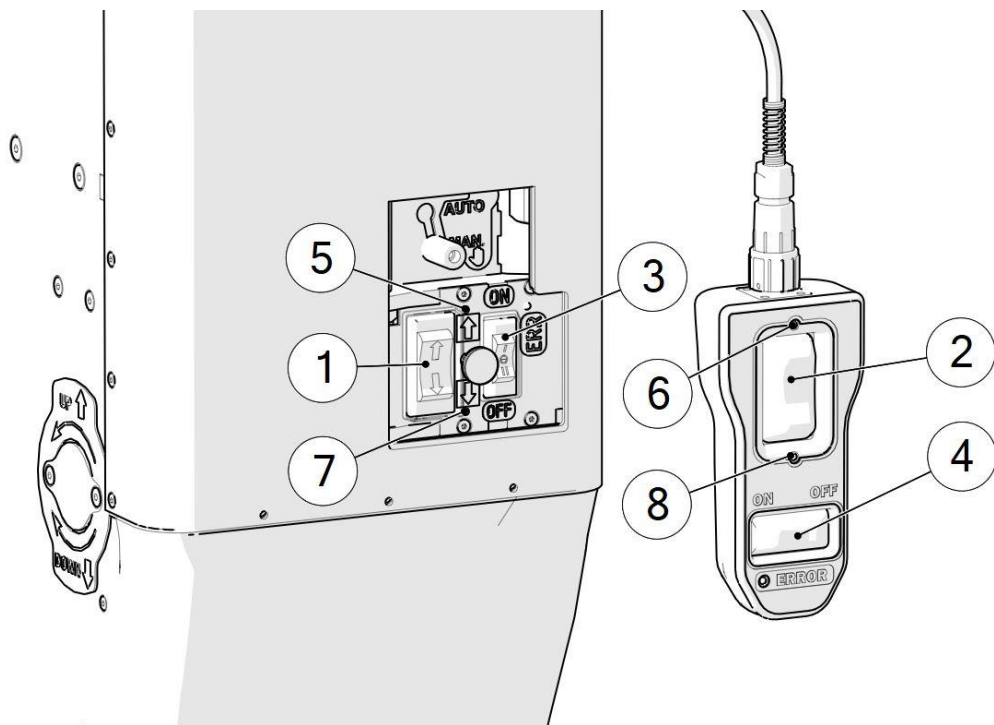


Рис. 2.3. Органи управління автоматичним режимом

1-2 – перемикач підйому та спуску; 3-4 – перемикач увімкнення; 5-6 – індикатор підйому; 7-8 – індикатор спуску;

Переключення в ручний режим відбувається за допомогою перемикача «AUTO-MAN». Під час переключення необхідно вставити рукоятку в роз'єм переключення на ручний режим (рис. 2.4б, поз. 3), плавно прокручуючи рукоятку перевести перемикач в положення «MAN» (рис 2.4а, поз. 2). Цей процес необхідний для правильного спрацьовування кулачкової муфти переключення.



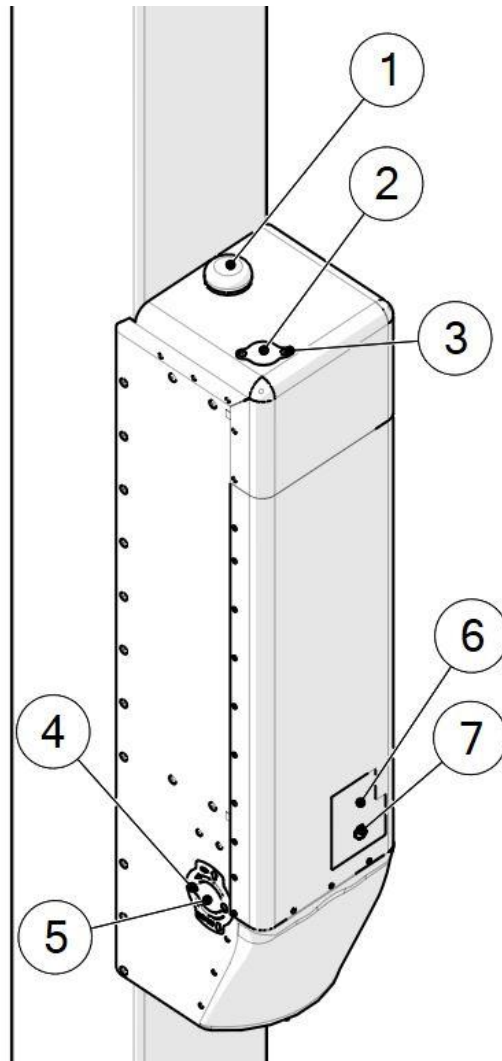


Рис. 2.5. Основні елементи взаємодії з лебідкою

1 – механічний рівень; 2 – роз’єм під’єднання рукоятки для стабілізації переключення режиму роботи; 3 – кришка верхнього роз’єму; 4 – кришка нижнього роз’єму; 5 – роз’єм під’єднання рукоятки ручного підйому щогли; 6 – кришка панелі управління; 7 – панель управління.

### 2.3. Встановлена електроніка

Управління механізованим підйомом щогли відбувається за допомогою плати управління (рис. 2.6).

Плата управління складається з:

- Силове електромеханічне реле (рис. 2.6, поз 4)
- Роз’єми підключення керування (рис. 2.6, поз 1,2)



- Роз'єм вхідного живлення (рис. 2.6, поз 3)
- Роз'єм підключення електродвигуна (рис. 2.6, поз 5)
- Роз'єм підключення датчика переключення ручного режиму (рис. 2.6, поз 6)
- Роз'єм підключення датчиків крайніх положень барабана (рис. 2.6, поз 7)

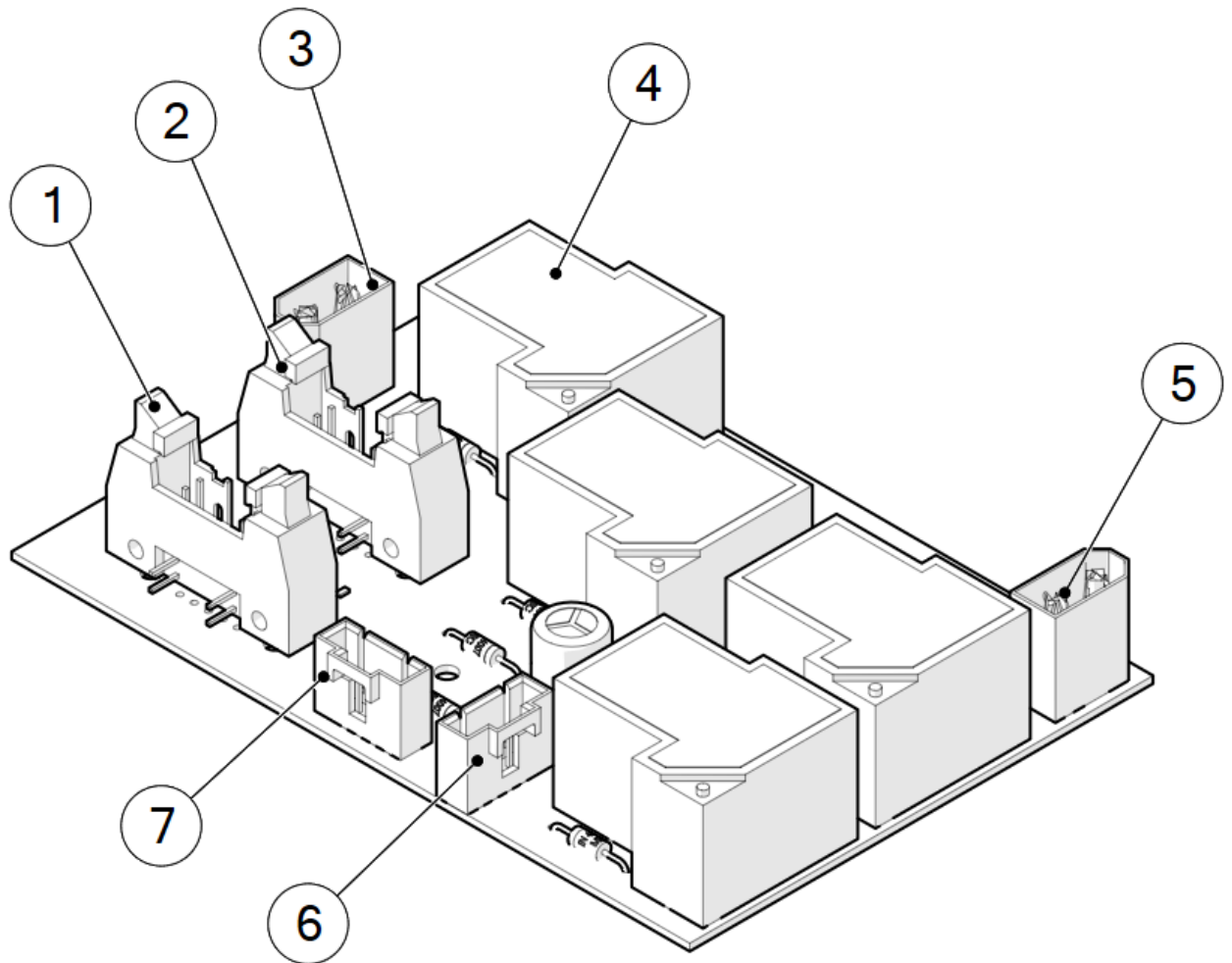


Рис. 2.6. Плата управління

Управління живленням плати відбувається за допомогою понижуючого перетворювача напруги (рис. 2.7)

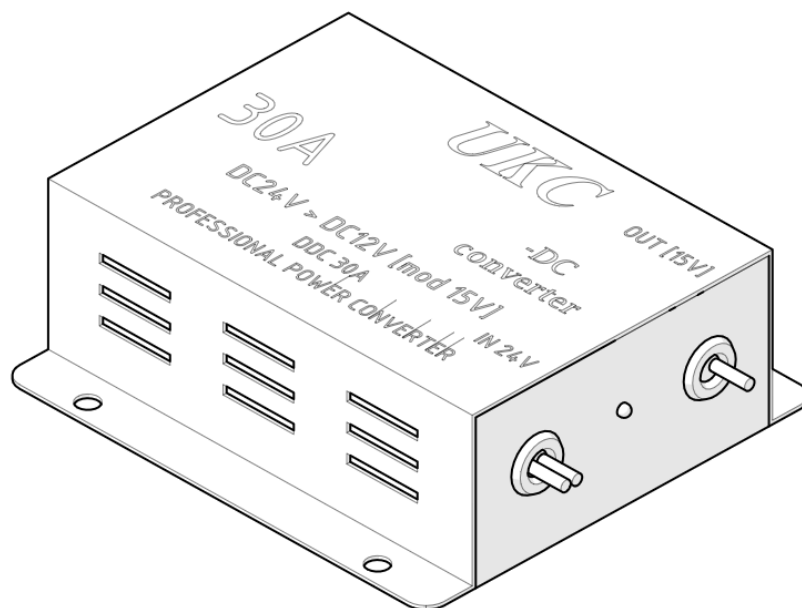


Рис. 2.7 Модифікований перетворювач напруги

Живлення електронних елементів відбувається за допомогою літій-іонного акумулятора, ємністю 5,2 А\*год, напругою 18В, з активною системою керування. Акумулятор розміщується в корпусі (рис. 2.7 та рис. 2.8)

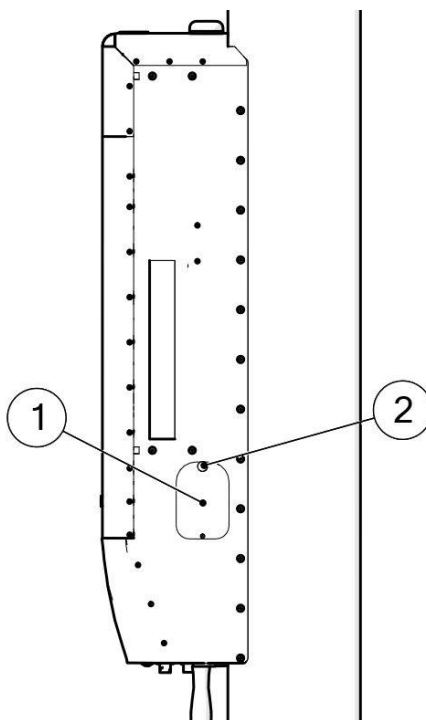


Рис. 2.7. Розміщення блоку акумуляторної батареї

1 – блок акумуляторної батареї; 2 – фіксатор кришки.

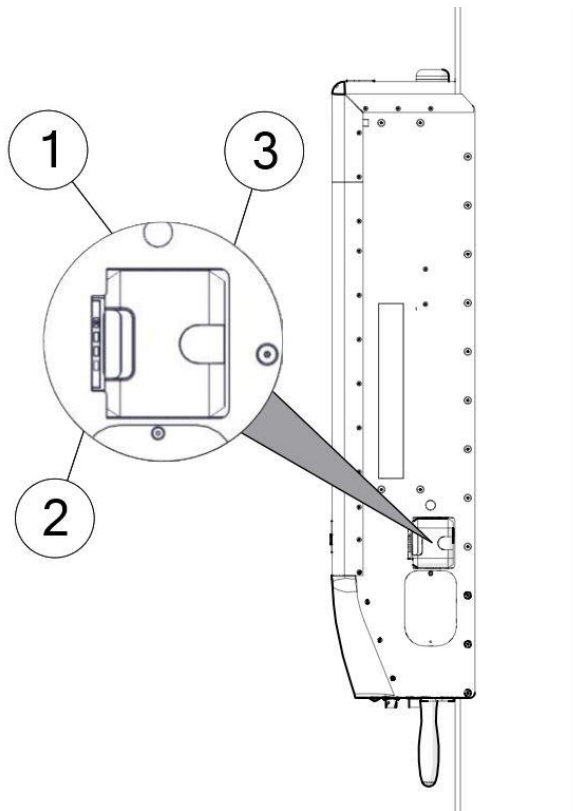


Рис. 2.8. Акумуляторна батарея лебідки

1 – кнопка фіксації; 2 – контакти; 3 – «язичок», для зручного виймання

#### **2.4. Зміна кінематичної схеми**

Робота лебідки Мод-1, в механічному «AUTO» режимі відбувається наступним чином:

Двигун (рис. 2.9, поз 12) передає обертовий момент на храповий механізм (рис. 2.9, поз 11), далі на циліндричну ступінь I (рис. 2.9, поз 10) з редукцією 1:3, далі на ступінь II (рис. 2.9, поз 9) з редукцією 1:3, через увімкнену двосторонню кулачкову муфту (рис. 2.9, поз 8) в режим «AUTO», далі момент йде на шліцевий вал (рис. 2.9, поз 3), що обертає барабан намотки тросів (рис. 2.9, поз 1). При обертанні, барабан (рис. 2.9, поз 1) починає намотувати вантажний трос, через вантажний шків (рис. 2.9, поз 14) та змотувати гальмівний трос, через гальмівний

шків (рис. 2.9, поз 13), переміщуючись, при цьому, по ходовому валу, за допомогою нероз'ємно встановленої гайки ковзання (рис. 2.9, поз 2).

При переключенні кулачкової муфти (рис. 2.9, поз 8) в режим «MAN», на панелі управління лебідкою, обертовий момент на барабан передається від рукоятки ручного підйому (рис. 2.9, поз 7), через храповик (рис. 2.9, поз 6), кутове зачеплення (рис. 2.9, поз 5) з редукцією 1:1, циліндричну ступінь III (рис. 2.9, поз 4) з редукцією 1:1, циліндричну ступінь III (рис. 2.9, поз 4) з редукцією 1:3 та шліцевий вал (рис. 2.9, поз 3).

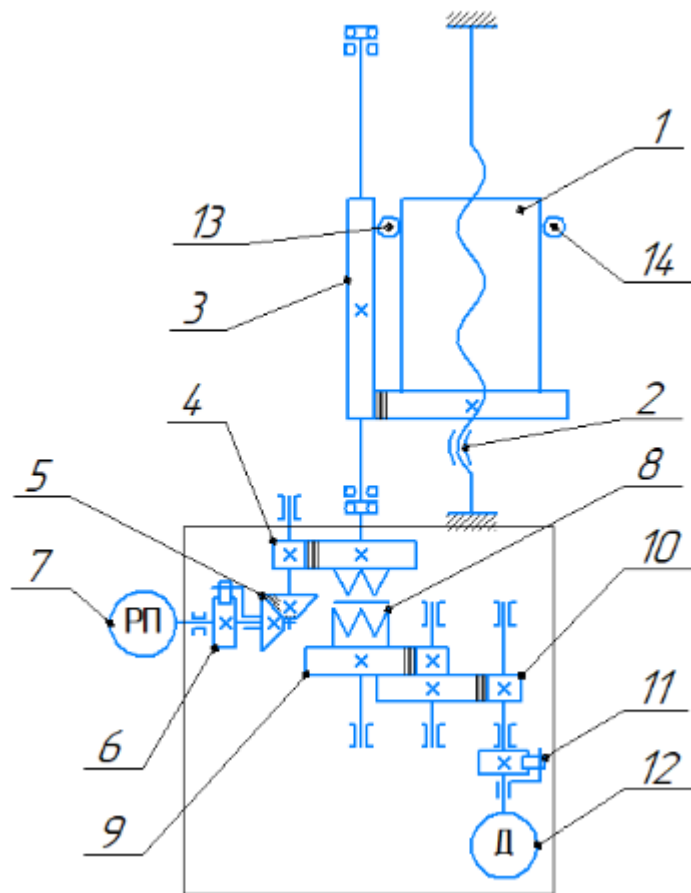


Рис. 2.9. Кінематична схема лебідки, Мод-1:

- 1 – Барабан; 2 – Нероз'ємна гайка ковзання на ходовому валу; 3 – Шліцевий вал; 4 – Циліндрична ступінь-III; 5 – Кутова пара; 6 – Храповик ручної передачі; 7 – Ручна передача (рукоятка); 8 – кулачкова двостороння муфта; 9 – Циліндрична ступінь-II; 10 – Циліндрична ступінь-I; 11 – Храповик двигуна; 12 – Двигун.

Модернізація блоку барабана:

Під час експлуатації було помічено незначне радіальне биття та пошкодження шліцевого вала (рис. 2.9, поз 3).

Причиною виникнення перевантаження стало те, що при повному розгортанні щогли, максимальне навантаження на шліцевий вал, що діє по центру (рис. 2.10, б), коли вантажний трос повністю намотано, а гальмівний – розмотано. При згорнутій щоглі, контакт циліндричної пари знаходиться майже біля основи шліцевого вала, з маленьким плечем (рис. 2.10, а).

Було вирішено змінити компоновку блоку барабана: розвернути весь блок на 180 градусів, перепроєктувавши шліцевий та ходовий вали (рис. 2.11)

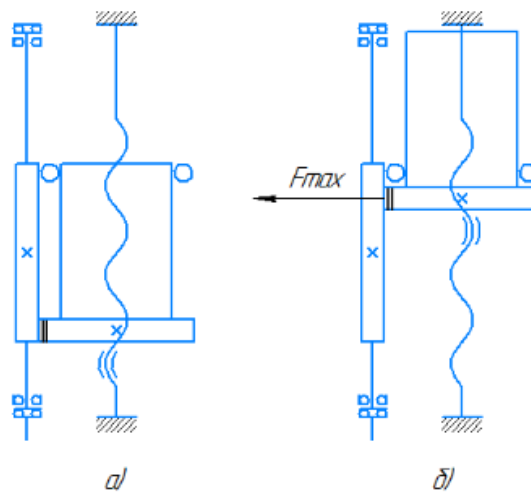


Рис. 2.10. Кінематична компоновка вузла барабана Мод-1

а) – щогла згорнута; б) щогла розгорнута.

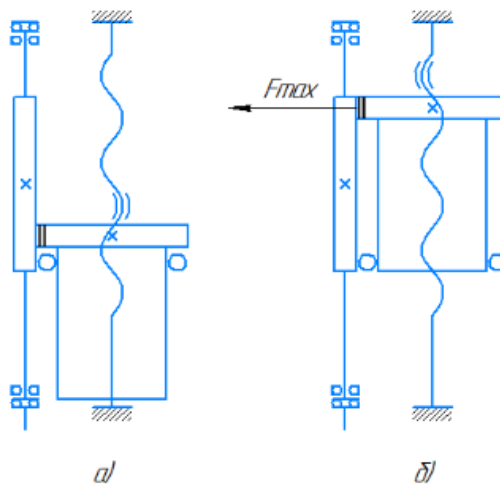


Рис. 2.11. Кінематична компоновка вузла барабана Мод-2

а) – щогла згорнута; б) – щогла розгорнута.

Суттєвим недоліком при виготовленні лебідки, також являлись не доцільні в економічному та виробничому планах: храповики (ручною передачі та двигуна) та двостороння кулачкова муфта.

Дані елементи займали доволі великий простір, що міг слугувати додатковим об'ємом для акумуляторних батарей, а також простоти обслуговування всього механізму.

Головним недоліком кулачкової муфти являлась складність переключення, та певний шанс неспрацювання (через необхідність увімкнення зі статичного положення).

Було вирішено змінити схему, замінивши обидва храповики на одну керовану двосторонню обгінну муфту (рис. 2.12, поз 3).

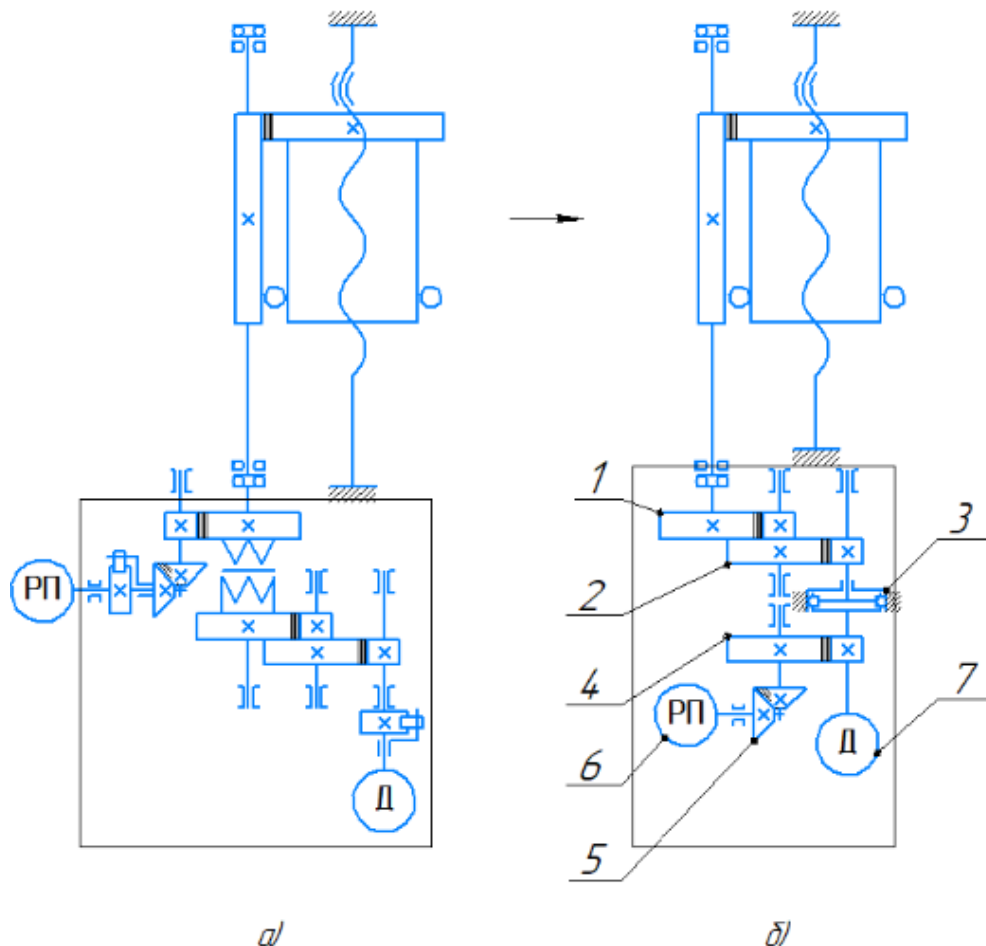


Рис. 2.12. Перепланування кінематики в Мод-3

В новій модифікації «Мод-3», перемикання з ручного на автоматичний режим відбувається за рахунок переміщення самого двигуна (рис. 2.12, поз 7). Також

завдяки послідовному розміщенні циліндричних ступенів III (рис. 2.12, поз 1) та II (рис. 2.12, поз 2), навантаження на муфту суттєво менше ніж на храповик попередньої модифікації, при цьому рукоятку ручної передачі можна використовувати з тим же зусиллям.

## **2.5. Розрахунок зубчатої передачі редуктора**

Для уніфікації, простоти виробництва та встановлення, ступені I, II та III – мають однакову редукцію та конструкцію. Обрана конструкція універсальної ступені з попередніх модифікацій лебідки: шестерня з кількістю зубів – 17 та колесо з кількістю зубів – 55.

Вибір матеріалу та термічної обробки

Шестерня виготовлена зі сталі 40Х з термічною обробкою – покращення, закалка ТВЧ.

$$\sigma_B = 900 \text{ Мпа}$$

$$\sigma_T = 750 \text{ Мпа}$$

$$H = 269 \dots 302 \text{ НВ}$$

Колесо виготовлене зі сталі 40Х з термічною обробкою – покращення, закалка ТВЧ.

$$\sigma_B = 900 \text{ Мпа}$$

$$\sigma_T = 750 \text{ Мпа}$$

$$H = 269 \dots 302 \text{ НВ}$$

Конструктивні розміри зубчатого колеса:

$$\beta = 0^\circ$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\alpha_w = 36 \text{ мм (1 – й ряд, ГОСТ 2185)}$$

$$u = 3 \text{ – передатне відношення}$$

$$Z_1 = 17 \text{ – кількість зубів шестерні}$$

$$Z_2 = 55 \text{ – кількість зубів колеса}$$

$$T_2 = 32 \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ – крутний момент на колесі III ступені}$$

$\psi_{ba} = 0,315$  – відносна ширина колеса відносно міжцентрової відстані[5, таблиця 1.5]

Вибір модуля зачеплення:

(1-й ряд, ГОСТ 9563-60):

$$m = \frac{2 * a_w}{Z_1 * (u + 1)} = \frac{2 * 36 \text{ мм}}{17 * (3 + 1)} = 1,059$$

Обираємо  $m = 1$

Дійсне передатне число:

$$u_a = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{55}{17} = 3,235$$

Відхилення дійсного передатного числа від необхідного:

$$\Delta u = \frac{|u_a - u|}{u} * 100\% = \frac{|3,235 - 3|}{3} * 100\% = 7,833\%$$

Відхилення передатного числа в більшу сторону не матиме негативних наслідків стосовно роботи лебідки.

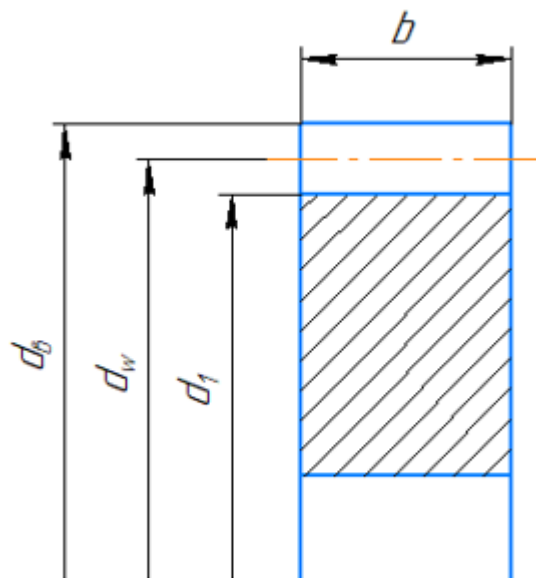


Рис. 2.13. Геометричні розміри зубчатого колеса

Ділильний діаметр шестерні:



$$d_{w1} = m * Z_1 = 1 \text{ мм} * 17 = 17 \text{ мм}$$

Ділильний діаметр колеса:

$$d_{w2} = m * Z_2 = 1 \text{ мм} * 55 = 55 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр шестерні:

$$d_{b1} = d_{w1} + 2 * m = 17 \text{ мм} + 2 * 1 = 19 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр колеса:

$$d_{b2} = d_{w2} + 2 * m = 55 \text{ мм} + 2 * 1 = 58 \text{ мм}$$

Діаметр впадини зубів шестерні:

$$d_1 = d_{w1} - 2,5 * m = 17 \text{ мм} - 2,5 * 1 = 14,5 \text{ мм}$$

Діаметр впадини зубів колеса:

$$d_2 = d_{w2} - 2,5 * m = 55 \text{ мм} - 2,5 * 1 = 52,5 \text{ мм}$$

Ширина вінця зубчатого колеса:

$$b_2 = \psi_{ba} * \alpha_w = 0,315 * 36 \text{ мм} = 11,34 \text{ мм}$$

Приймаємо:  $b_2 = 12 \text{ мм}$

Ширина вінця шестерні:

$$b_1 = 1,08 * b_2 = 1,08 * 12 \text{ мм} = 13 \text{ мм}$$

Сили діючі в зачепленні зображені на рисунку 2.14

Колова сила:

$$F_t = \frac{2 * T_2}{d_{w2}} = \frac{2 * 32 \text{ Н} * \text{м}}{55 \text{ мм}} = 1164 \text{ Н}$$

Радіальна

сила:

$$F_r = F_t * \text{tg}(\alpha) = 1164 \text{ Н} * \text{tg}(20^\circ) = 423,661 \text{ Н}$$

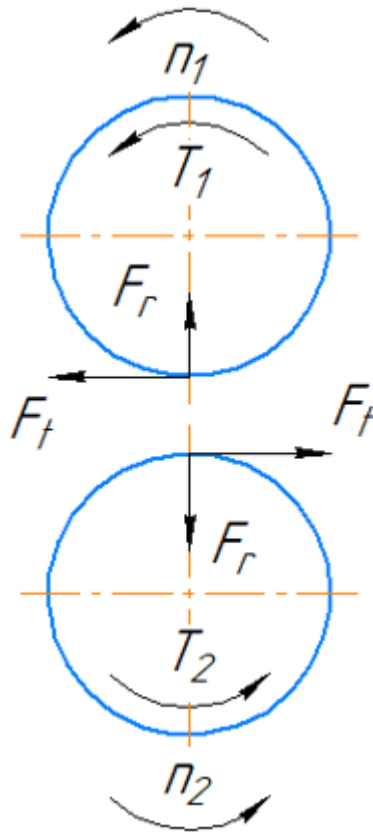


Рис. 2.14. Сили в зачепленні прямозубої передачі

Перевірочний розрахунок

Ступінь точності передачі – 8 (зниженої точності) [5, таблиця 1.11]

Перевірка розрахункових контактних напружень [5]:

$$\sigma_{\text{HP}} = Z_M * Z_H * Z_\varepsilon * \sqrt{\frac{T_2 * (u_d + 1)^3 * K_H}{2 * a_w^2 * u_d^2 * b_2}}$$

Де  $Z_M = 275 \text{ МПа}$  – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу коліс;

$Z_H = 1,77$  – коефіцієнт, що враховує форму профіля зубів;

$Z_\varepsilon = 1$  – коефіцієнт, що враховує ступінь перекриття;

$K_H$  – коефіцієнт навантаження при розрахунку по контактним напруженням;

$$K_H = K_{H\alpha} * K_{H\beta} * K_{HV} * K_{H\alpha}$$

Де  $K_{H\alpha} = 1$  – коефіцієнт зовнішнього динамічного навантаження;

$K_{H\beta}$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по довжині контактної лінії;

$K_{HV} = 1,06$  – коефіцієнт динамічності [5, таблиця 1.12]

$K_{H\alpha} = 1$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між спряженими зубами

$$K_{H\beta} = 1 + \frac{2 * \psi_{bd}}{S} = 1 + \frac{2 * 0,667}{8} = 1,167 \leq 2$$

Де  $\psi_{bd}$  – коефіцієнт ширини колеса відносно ділильного діаметра;

$$\psi_{bd} = 0,5 * \psi_{ba} * (u_a + 1) = 0,5 * 0,315 * (3,235 + 1) = 0,667$$

$S = 8$  – індекс, що залежить від схеми розташування колеса відносно опор (симетричне) [5, таблиця 1.13]

$$K_H = 1 * 1,167 * 1,06 * 1 = 1,237$$

$$\sigma_{HP} = 275 \text{ МПа} * 1,77 * 1 * \sqrt{\frac{32 \text{ Н} * \text{м} * (3,235 + 1)^3 * 1,237}{2 * 36^2 \text{ мм} * 3,235^2 * 12 \text{ мм}}} =$$

$$= 1479 \text{ МПа}$$

Так як  $H = 269 \dots 302 \text{ НВ}$ , середня твердість робочих поверхонь зубів шестерні та колеса:

$$HB_{cp} = \frac{H_{min} + H_{max}}{2} = \frac{269 + 302}{2} = 285,5 \text{ НВ}$$

Межа контактної витривалості шестерні та колеса, при поверхневому гартуванні:

$$\sigma_{Hlim} = 17 * HB_{cp} + 200 = 17 * 285,5 + 200 = 5053 \text{ МПа}$$

$$\sigma_H = \frac{0,9 * \sigma_{Hlim}}{K} = \frac{0,9 * 5053 \text{ МПа}}{1,1} = 4134 \text{ МПа}$$

Де  $K = 1,1$  – коефіцієнт запасу

Розрахункове допустиме контактне напруження:

$$[\sigma]_{HP} = 0,45 * ([\sigma]_{H1} + [\sigma]_{H2}) = 0,45 * (4134 \text{ МПа} + 4134 \text{ МПа})$$

$$= 3721 \text{ МПа}$$

Допустимі максимальні контактні напруження шестерні та колеса:

$$[\sigma]_{\text{Hmax}} = 2,8 * \sigma_T = 2,8 * 750 \text{ МПа} = 2100 \text{ МПа}$$

Отже виходячи з результатів міцність зубчатої пари – забезпечена.

## **2.6. Проектування обгінної муфти**

Задана двостороння керована обгінна муфта працює наступним чином:

Ведуча ступиця (рис 2.15, поз.2) рухається по годинниковій стрілці, ролик (рис 2.15, поз.3) завдяки силам тертя-ковзання між роликом та обоймою (рис 2.15, поз.1) зтягується в клиновий простір та заклинюється (при цьому ролик котиться по пласкій поверхні ступиці. В результаті обойма, ролики та ступиця, рухаються як одне ціле. При русі обойми в протилежну сторону (проти годинникової стрілки) ролик викочується з клинового простору, механізм розклинюється та обойма рухається відносно ступиці. [7]

Управління обгінної муфти відбувається за рахунок прямої взаємодії з роликами. В стані спокою, при повністю піднятій щоглі, ступицю (рис. 2.15, поз. 2) намагається повернути по годинниковій стрілці обертовий момент від редуктора. Ролик, що зтягнувся в клиновий простір передає момент на храпове колесо, що в свою чергу фіксується собачкою. Управління муфтою можливе тільки через безпосередню взаємодію з роликами. За допомогою щоки (рис. 2.15), ролики можна перемістити по годинниковій стрілці, звільнивши їх з клинового простору та дати можливість муфті виконувати обертовий рух у цьому напрямку під дією власного моменту від редуктора. Так само можливо зміщувати ролики проти годинникової стрілки, в сторону клинового простору, долаючи обертовий момент, що вже присутній на ступиці. Таким чином можливо керувати та задавати рух даній обгінній муфті в необхідну сторону, при чому ведений вал та момент на ньому не зможе повернутись самостійно.

Щоки, за допомогою яких керується обгінна муфта, фіксуються одна відносно одної за допомогою спеціальних стійок (рис. 2.15, поз. 4). Стійки, крім того, що

забезпечують співвісність, ще й обмежують рух щок та роликів, за допомогою вирізів в ступиці.

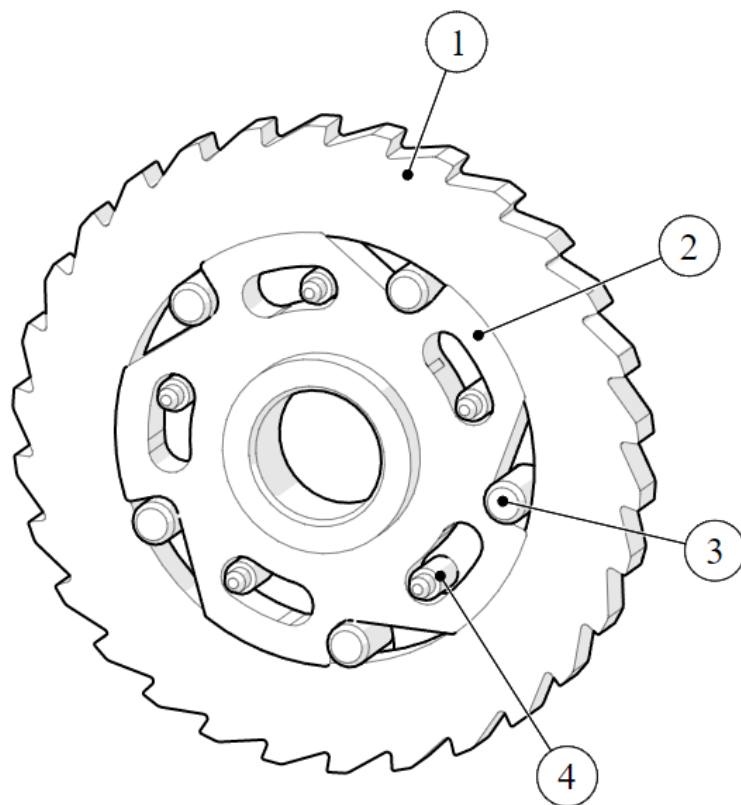


Рис. 2.15. Обгінна муфта, огляд конструкції

1 – Храпове колесо (обойма); 2 – Ступиця; 3 – Ролик; 4 – Стійка.

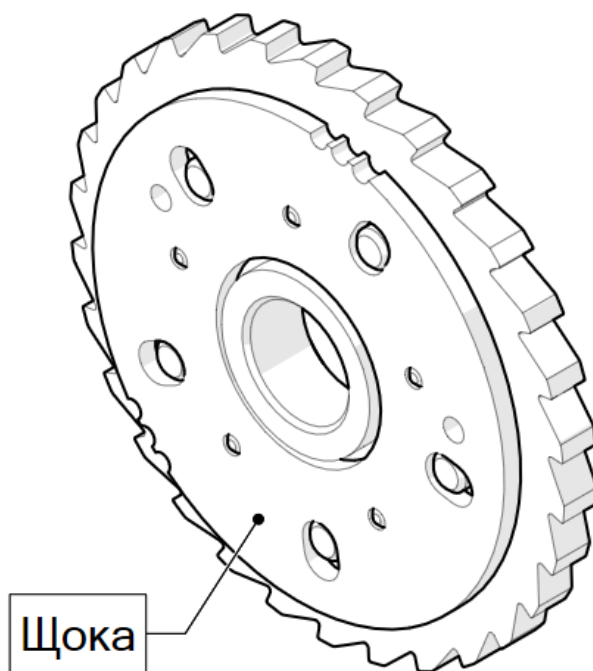


Рис. 2.16. Щока обгінної муфти

Розрахунок обгінної муфти

На ролик, в місцях його контакту зі ступицею та обоймою, діють – нормальна сила  $N$  та сила тертя  $F = N * f$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя.

Крутний момент на обгінній муфті:

$$M_{кр} = 3 \text{ Н} * \text{м}$$

Попередній розрахунок діаметра ролика:

$$d = 0,58 * \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{z}} = 0,58 * \sqrt[3]{\frac{3 \text{ Н} * \text{м}}{6}} = 0,46 \text{ мм}$$

Обираємо стандартний, доступний ролик  $d = 4 \text{ мм}$

Довжина ролика:

$$l = 1,5 * d = 1,5 * 4 \text{ мм} = 6 \text{ мм}$$

Діаметр поверні затиску обойми:

$$D = 8 * d = 8 * 4 \text{ мм} = 32 \text{ мм}$$

Обираємо діаметр поверхні затиску  $D = 40 \text{ мм}$

Висота опорної поверхні:

$$\begin{aligned} h &= 0,496 * (D - d) - 0,5 * d = 0,496 * (40 \text{ мм} - 4 \text{ мм}) - 0,5 * 4 \text{ мм} \\ &= 15,856 \text{ мм} \end{aligned}$$

Колова сила в точці дотику ступиці з роликом:

$$F_M = \frac{M_{кр}}{L} = \frac{3 \text{ Н} * \text{м}}{16 \text{ мм}} = 187,5 \text{ Н}$$

Нормальна сила (рис. 2.4.):

$$N = F_M * \cos(\omega) = 187,5 \text{ Н} * \cos(75,58^\circ) = 46,693 \text{ Н}$$

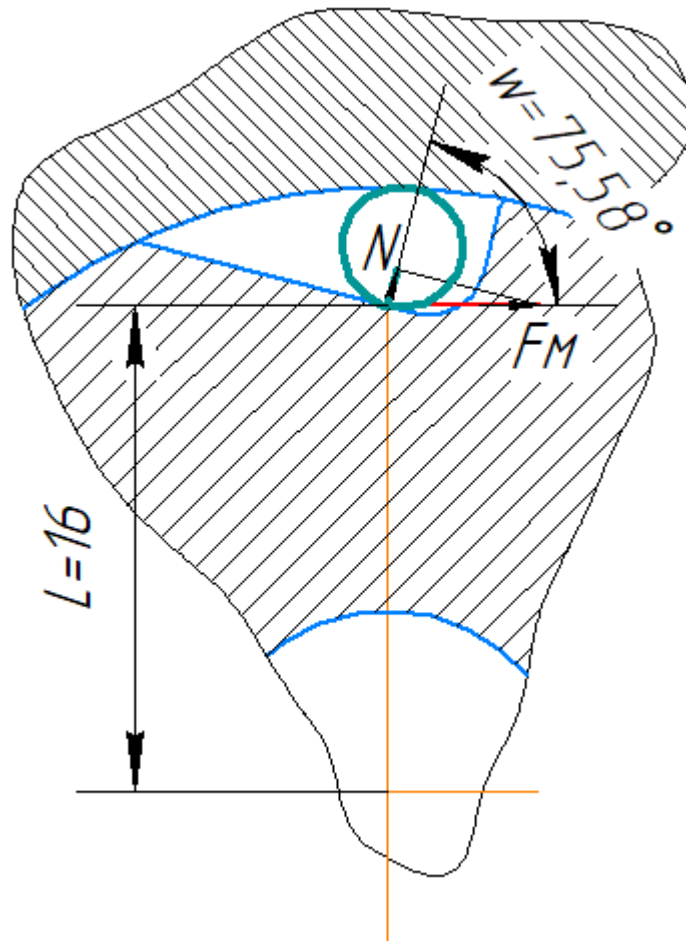


Рис. 2.17. Схема заклинювання ролика

Де R та K рівнодіючі нормальних сил та сил тертя, діючих на ролик.

Коефіцієнт тертя обираємо:  $f = 0,15$

$$F = N * f = 46,693 \text{ Н} * 0,15 = 7 \text{ Н}$$

$$R = 2 * N * f * \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 2 * N * \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 3,625 \text{ Н}$$

$$K = 2 * N * f * \cos\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 2 * N * f * \cos\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 13,531 \text{ Н}$$

Виходячи з цього умова утримання ролика в клиновому просторі:

$$f = 0,15 \geq \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 0,113$$

Умова утримання ролика в клиновому просторі

$$R \leq K = 3,625 \text{ Н} \leq 13,531 \text{ Н}$$

Умова виконується.

Контактні напруження на поверхні ролика:

$$\sigma_H = 0,418 \sqrt{\frac{N * E}{d * l}} = 0,418 \sqrt{\frac{46,693 \text{ Н} * 2,5 * 10^5 \text{ МПа}}{4 \text{ мм} * 4 \text{ мм}}} = 331 \text{ МПа}$$

Значення допустимого контактного напруження згідно формули Герца:

$$\sigma_H = 331 \text{ МПа} \leq 1500 \text{ МПа}$$

(для роликів твердістю HRC 60..63)

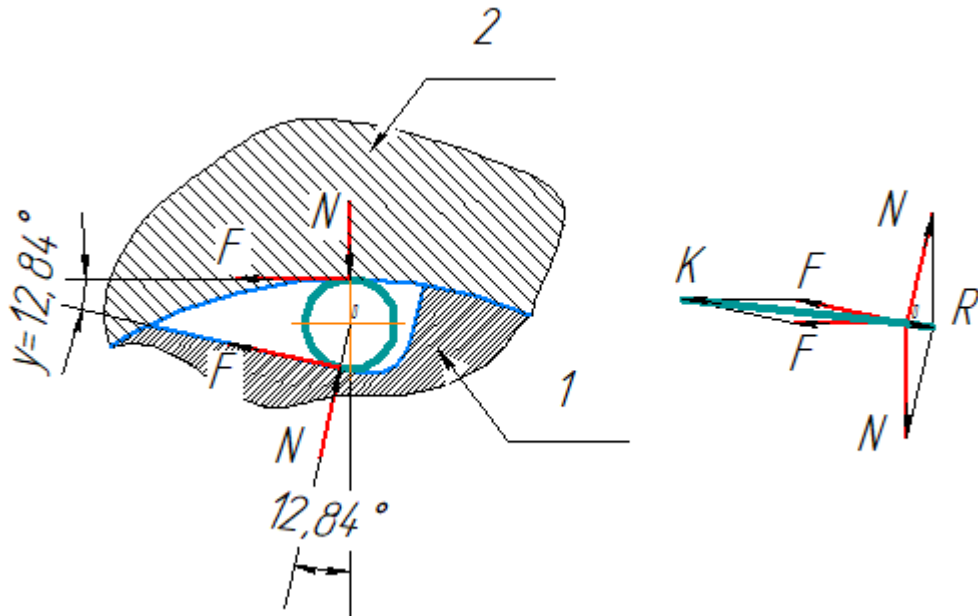


Рис.2.18. Схема навантаження ролика при заклинюванні

1 – Ступиця; 2 – Обойма.

Розрахунок храпового колеса обгінної муфти

Матеріал храпового колеса: 08X18H10 (AISI 304)

Попереднє число зубів храпового колеса:

$$\alpha = 12^\circ \dots 20^\circ = 12^\circ$$

$$z = \frac{360^\circ}{\alpha} = \frac{360^\circ}{12^\circ} = 30$$

Можливість фіксації в оправці:

$$\frac{z}{3} = \frac{30}{3} = 10 \text{ (отримано ціле число, отже фіксація в оправці можлива)}$$

Допустиме напруження:



$$[\sigma] = \frac{\sigma_0}{K} = \frac{310 \text{ МПа}}{2,5} = 124 \text{ МПа}$$

Модуль храпового колеса:

$$m = 1,75 * \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{z * \psi * [\sigma]}} = 1,75 * \sqrt[3]{\frac{3 \text{ Н} * \text{м}}{30 * 2 * 124 \text{ МПа}}} = 1,293$$

$$\psi = 1 \dots 2 = 2$$

Приймаємо  $m = 2$

Зовнішній діаметр храпового колеса (згідно до конструктивних особливостей редуктора):

$$D = 60 \text{ мм}$$

Товщина храпового колеса (згідно до доступного матеріалу):

$$b = 4 \text{ мм}$$

Окружне зусилля  $F$ :

$$F = \frac{2 * M_{кр}}{D} = \frac{2 * 3 \text{ Н} * \text{м}}{60 \text{ мм}} = 100 \text{ Н}$$

Перевірка допустимого лінійного тиску:

$$q = \frac{F}{b} = \frac{100 \text{ Н}}{4 \text{ мм}} = 25 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} < [q] = 350 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

Сили, що діють на зуб:

$$P = F * \cos(10) = 100 \text{ Н} * \cos(10^\circ) = 98,481 \text{ Н}$$

$$P_2 = P * \cos(90 - 48) = 98,481 \text{ Н} * \cos(90^\circ - 48^\circ) = 74,314 \text{ Н}$$

$$P_3 = P * \cos(48) = 98,481 \text{ Н} * \cos(48^\circ) = 66,913 \text{ Н}$$

Крок зубів:

$$t = \frac{2 * \pi * D/2}{z} = \frac{2 * 3,14 * 30 \text{ мм}}{30} = 6,283 \text{ мм}$$

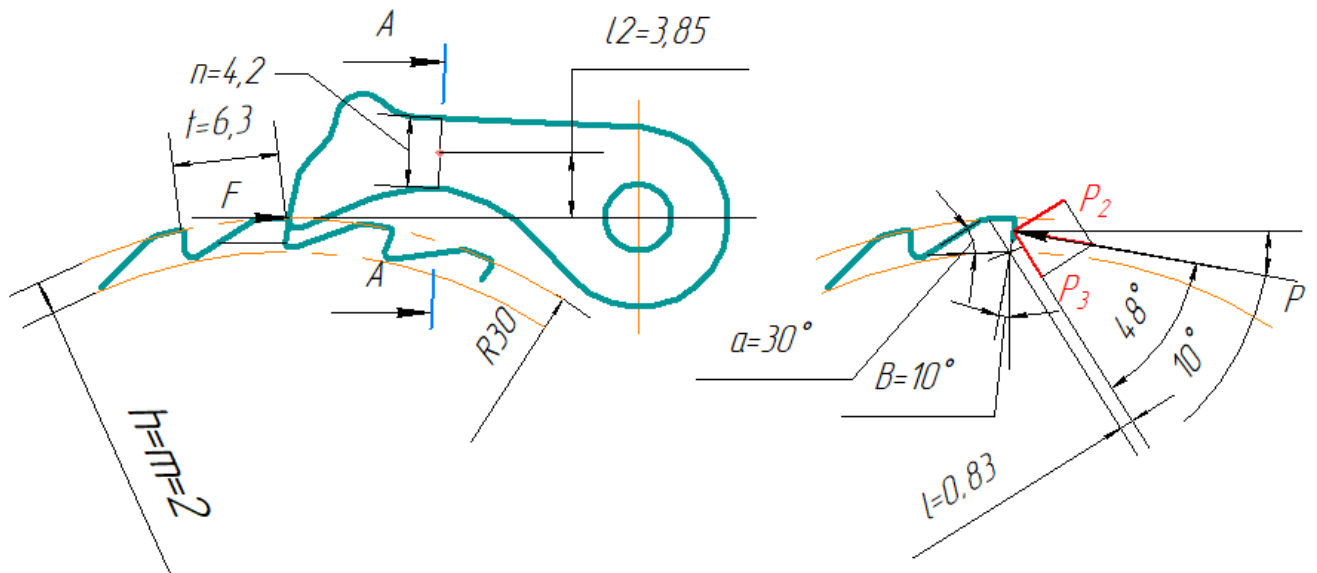


Рис.2.19. Схема навантаження храповика та собачки

Напруження зминання:

$$\sigma_1 = \frac{P}{b * 0,4 * t} = \frac{98,481 \text{ Н}}{4 \text{ мм} * 0,4 * 6,283 \text{ мм}} = 9,77 \text{ МПа}$$

Напруження стиску:

$$\sigma_2 = \frac{P_2}{b * t * \sin(\alpha)} = \frac{74,314 \text{ Н}}{4 \text{ мм} * 6,283 \text{ мм} * \sin(30^\circ)} = 5,898 \text{ МПа}$$

Напруження згину:

$$\sigma_3 = \frac{P_3 * l * 6}{b * t^2 * \sin(\alpha + \beta)} = \frac{66,913 \text{ Н} * 0,83 \text{ мм} * 6}{4 \text{ мм} * 6,283^2 \text{ мм} * \sin(30^\circ + 10^\circ)} = 5,08 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу:

$$K = (1,75 \dots 2,5) = 2,5$$

Сумарне напруження на зубі храповика:

$$\sigma = K(\sigma_2 - \sigma_3) = 2,5 * (5,898 \text{ МПа} - 5,08 \text{ МПа}) = 2,045 \text{ МПа}$$

Напруження в небезпечному перерізі А-А собачки:

$$\sigma_{зг} = \frac{F * l_2}{\left(\frac{b_{сб} * n^2}{6}\right)} + \frac{F}{(b_{сб} * n)} = \frac{100 \text{ Н} * 3,85 \text{ мм}}{\left(\frac{5 \text{ мм} * 4,2^2 \text{ мм}}{6}\right)} + \frac{100 \text{ Н}}{(5 \text{ мм} * 4,2 \text{ мм})} = 30,952 \text{ МПа}$$

[3, с. 392-403]

В якості веденої втулки, проміжною ланкою, що з'єднує обгінну муфту з редуктором лебідки, являється стандартизована втулка YATO 1297. Матеріал: CrV6140.

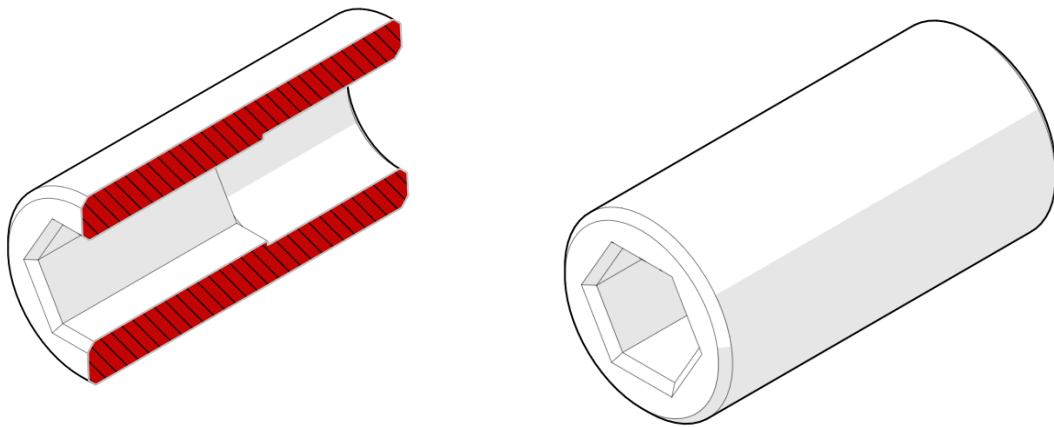


Рис. 2.20. Втулка YATO 1297

### 3.

### Аналіз та модернізація щогли

#### 3.1.

#### Кінематика щогли

У даному розділі розглянуто конструкцію телескопічної щогли серії «Смерека».

Підйом та спуск щогли відбувається за допомогою двох тросів. Схема проходження вантажного та гальмівного тросів щогли зображена на рисунку 3.1. На кінці гальмівного тросу встановлено спеціальний пружний компенсатор, для компенсації різких перевантажень щогли під час експлуатації

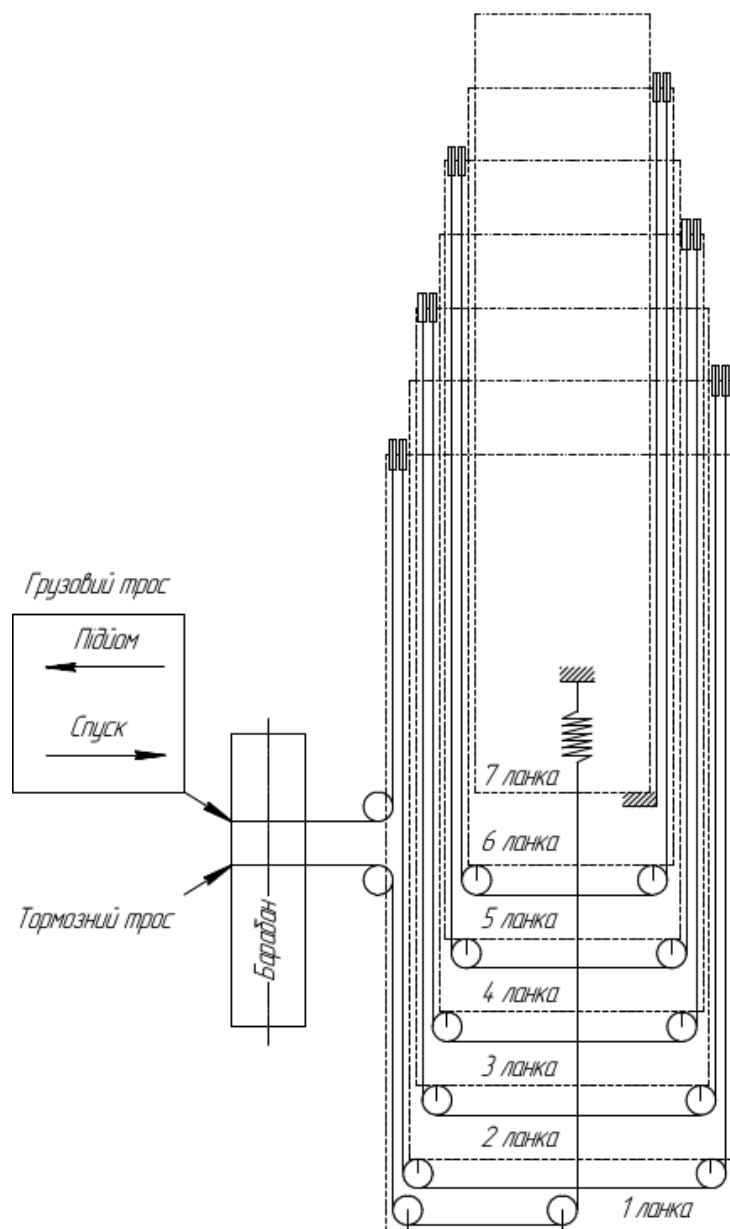


Рис. 3.1. Кінематична схема тросів щогли телескопічної

Робота кінематичної щогли відбувається за рахунок запирання та звільнення ланок за допомогою вантажних та фіксаційних гаків, і зачепів. Робота відбувається наступним чином:

В складеному стані всі ланки зчеплені між собою за допомогою спеціальних зачепів фіксації (на рисунку не зображено). При активізації приводного механізму (лебідки), трос починає підйом другої ланки щогли (перша являється корпусною), друга ланка піднявшись на певну висоту досягає вантажних зачепів (Рис. 3.2, поз.3) попередньої (першої) ланки. Вантажний гачок (Рис. 3.2, поз.2) зачіплюється за зачеп, при цьому відбувається звільнення наступної ланки щогли (третьої). Наступна ланка починає підйом, а друга ланка вже не має змоги до переміщення через свою фіксацію вантажним гачком. Так відбувається розкладання всіх ланок. Для попереджування заклинювання при підйомі чи спуску, на верхньому та нижньому поршні кожної ланки встановлені фторопластові пластини (Рис. 3.2, поз.6) та (Рис. 3.2, поз.1).

Для забезпечення захисту від бруду на верхній частині верхнього фланця (чікси), кожної ланки, розміщено спеціальні брудознімачі (Рис. 3.2, поз.5). Кожна ланка після повного розгортання фіксується за допомогою відтяжок, які кріпляться до спеціальних проушин (Рис. 3.2, поз.4), що встановлені на верхньому фланці кожної ланки. Проте використовується зазвичай через одну ланку.

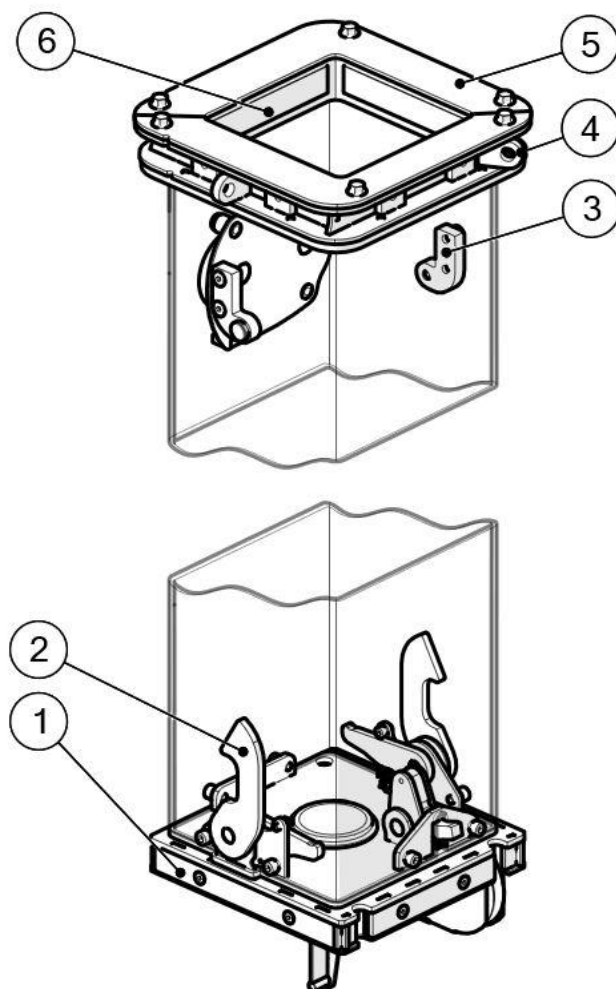


Рис. 3.1. Кінематика щогли в розрізі

1 – фторопластова прокладка поршня; 2 – Гак вантажний; 3 – Зачеп вантажний; 4 – вухо закріплення відтяжки; 5 – захисна накладка; 6 – фторопластова прокладка верхнього фланця (чікси)

Найбільш відповідальними елементами кінематики щогли телескопічної являється вантажні гаки та зачепи, вони приймають на себе все вантажне навантаження при підйомі. Максимальне навантаження на себе приймають гаки 2-ї ланки та зачепи 1-ї ланки.

Нижче проведено аналіз напруження вантажного гака (Рис. 3.3), та вантажного зачепу (Рис. 3.4.) при максимальному навантаженні в 250 кг та з коефіцієнтом запасу в 1.5

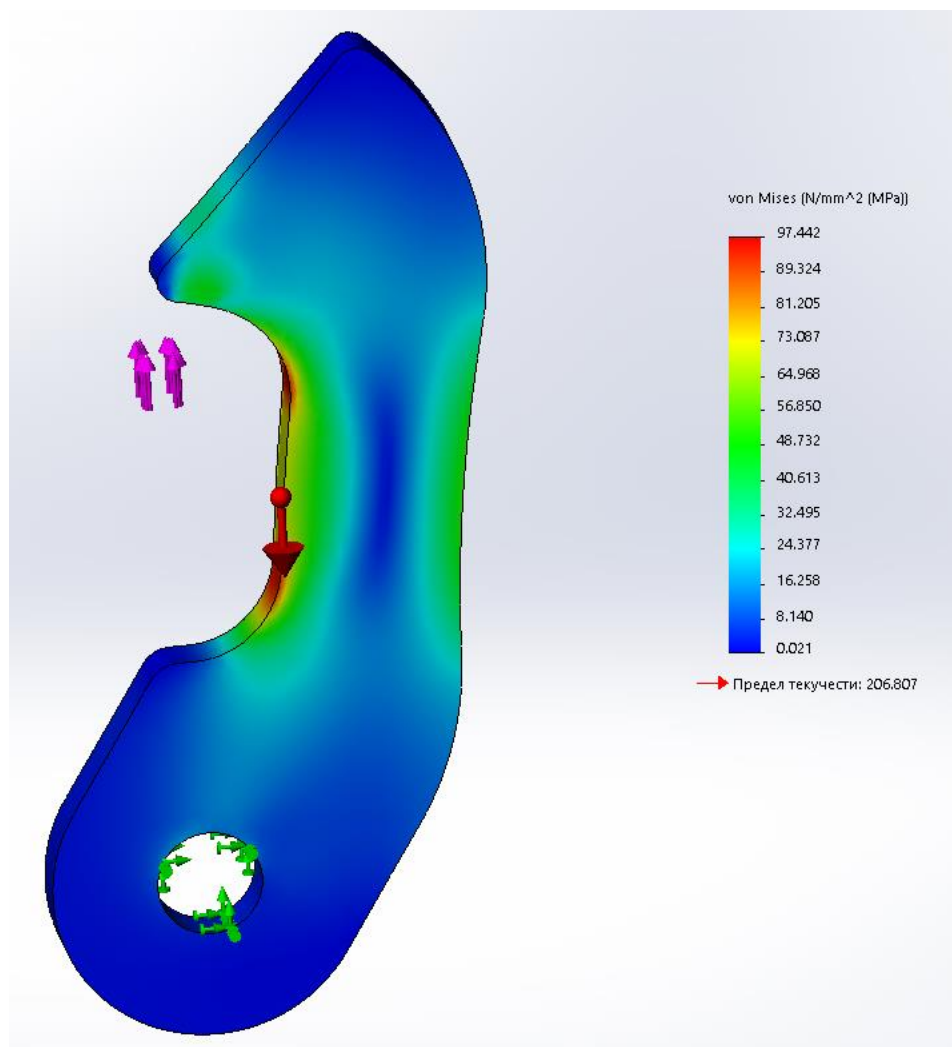


Рис. 3.3. Аналіз вантажного крюка

Отже з епюри зображеної на рисунку 3.3. можна побачити, що найбільша концентрація напружень зосереджена в заокругленнях, які і являються найбільшими концентраторами напружень. Проте напруження не виходить за допустимі межі.

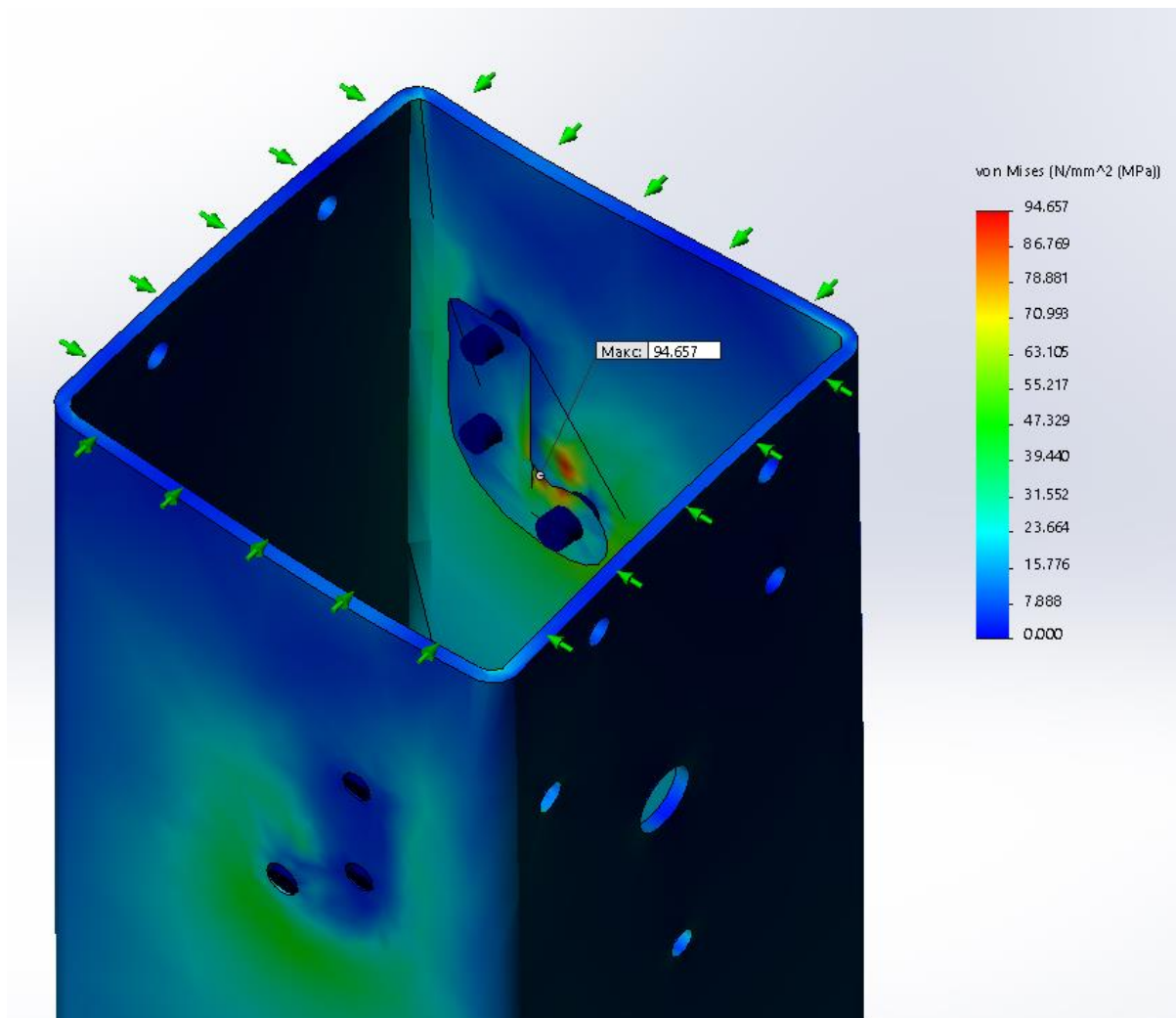


Рис. 3.4. Аналіз вантажного зачепу

У випадку з вантажним зацепом (рис. 3.4.) найбільші напруження зосереджені в місці контакту та також в заокругленні біля основи. Напруження не виходять за допустимі межі.

Гаки та зачепи виготовлені з нержавіючої сталі AISI 304 (аналог 08X18H10).

### 3.2. Математичне моделювання роботи вантажного троса

Мета математичного моделювання роботи вантажного троса – продемонструвати місця перевантаження та різкі перепади в «поведінці» тросу, виявлення резонансу, надлишкові зазори чи удари під час роботи кінематики.

Всі масові характеристики моделей, конвертованих в середовище моделювання, обраховані автоматично.



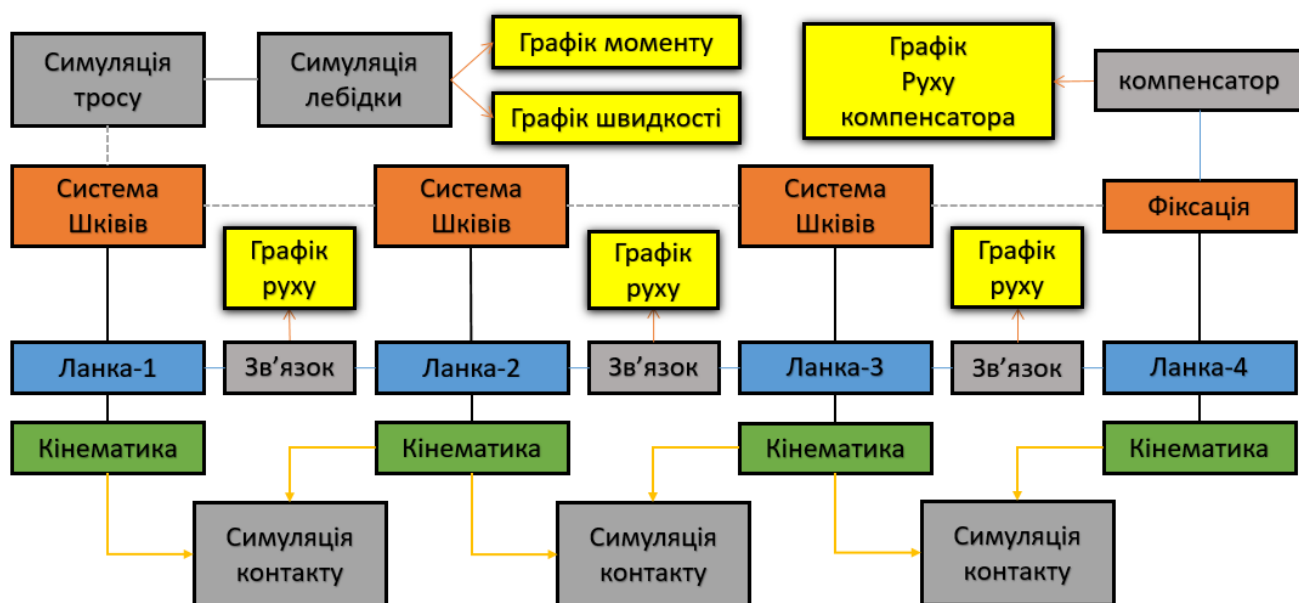


Рис. 3.5. Структурна схема математичної моделі

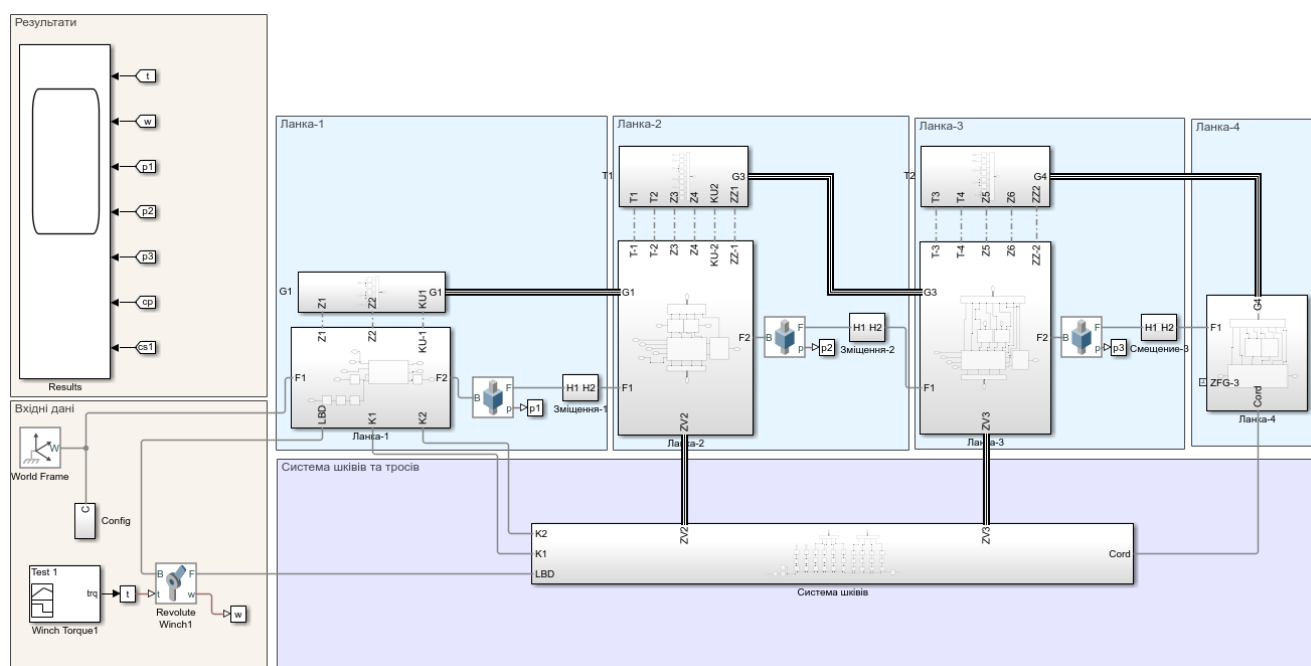


Рис. 3.6. Математична модель телескопічної щогли

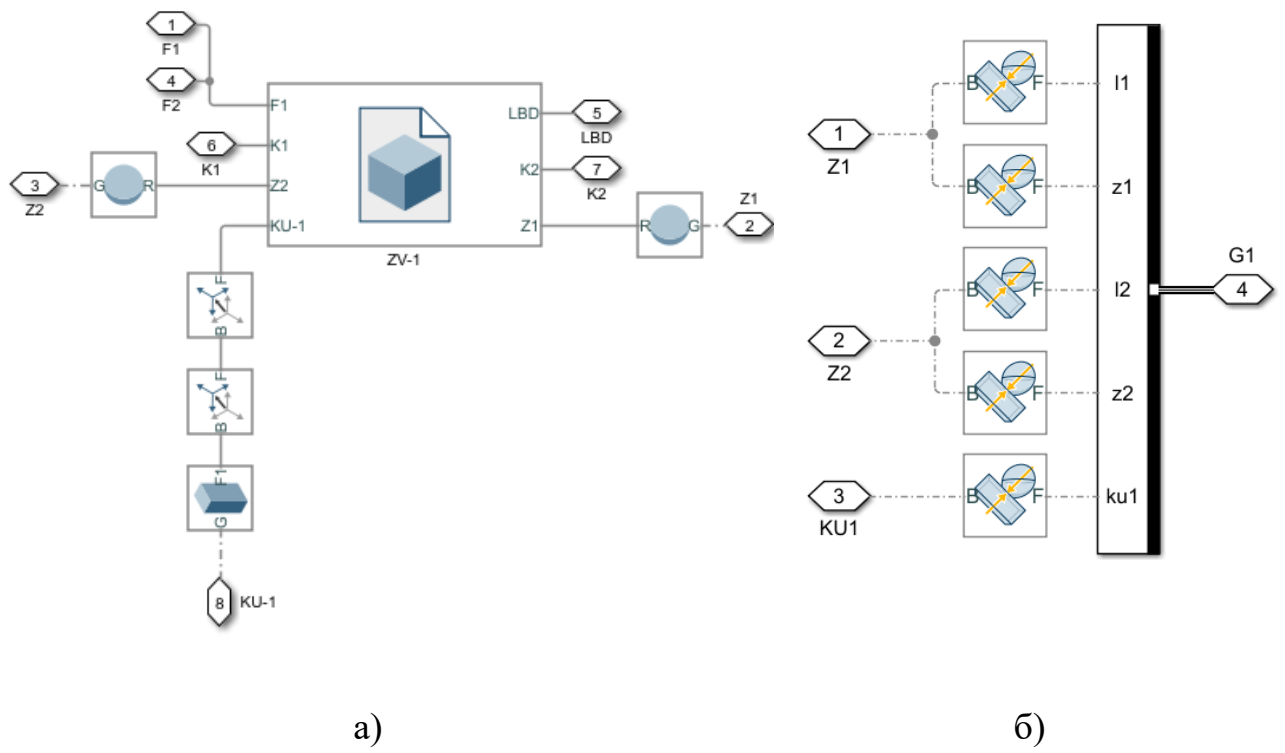


Рис. 3.7. Модель «тіла» ланки - 1 –  
а)– схема моделі; б) – схема контакту

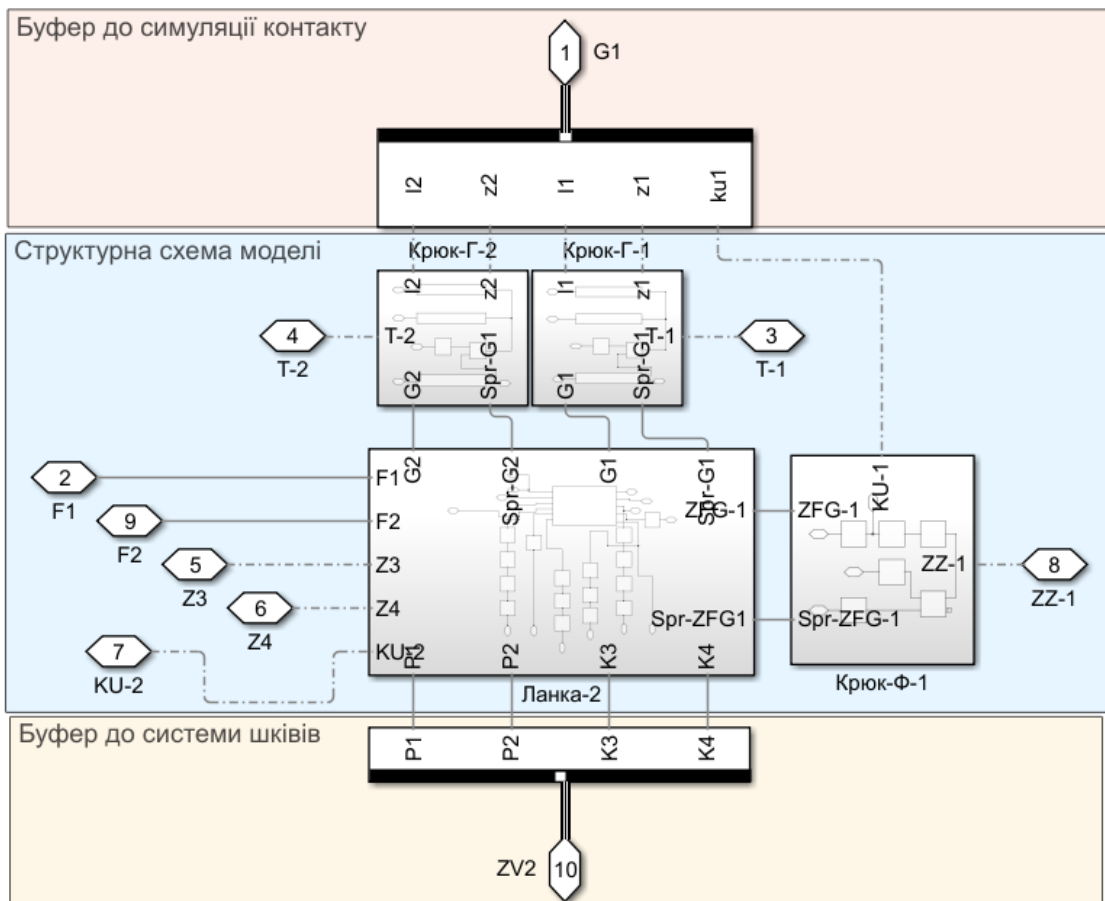


Рис. 3.8. Загальна модель ланки – 2, з кінематикою та контактом

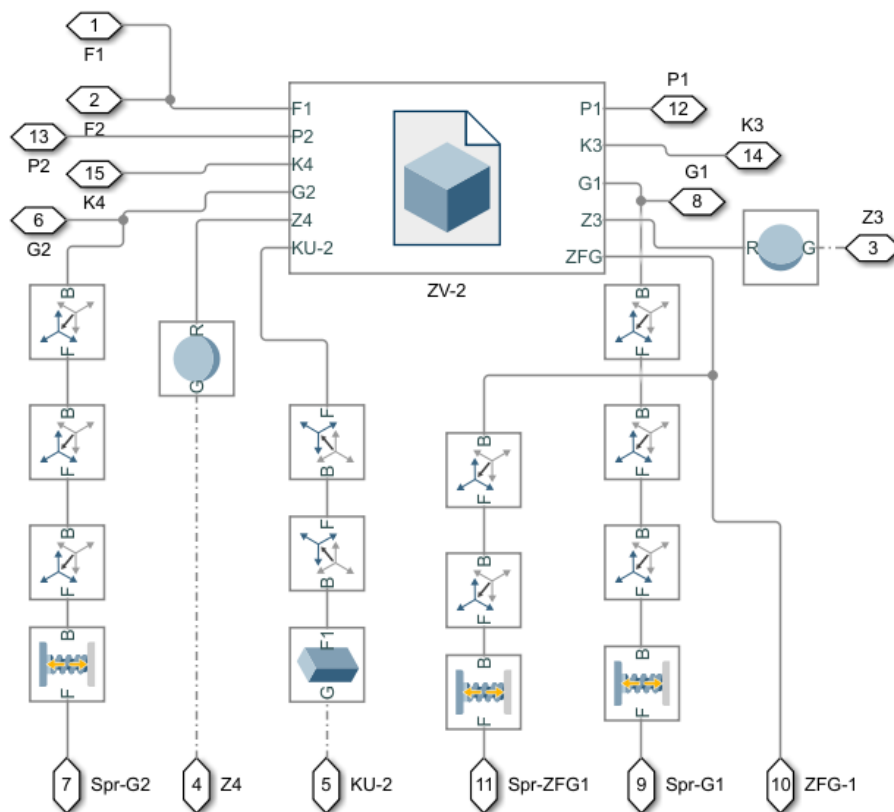


Рис. 3.9. Модель «тіла» ланки-2

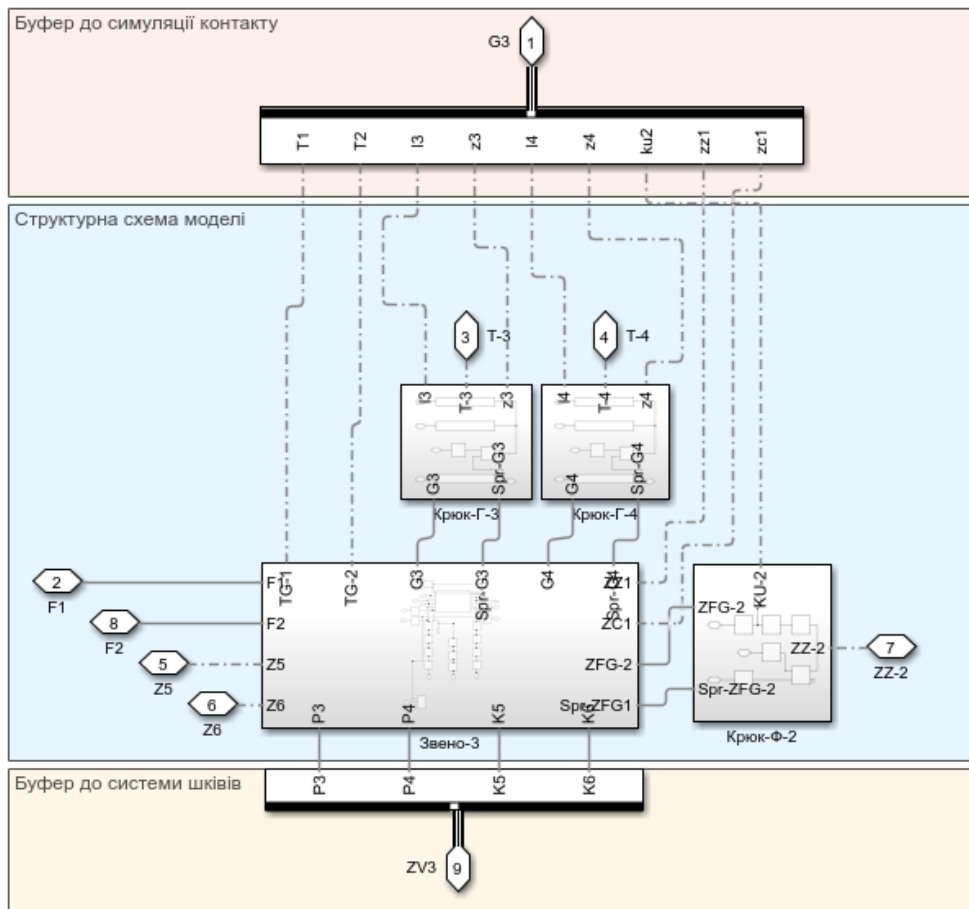


Рис. 3.10. Загальна модель ланки – 3, з кінематикою та контактом

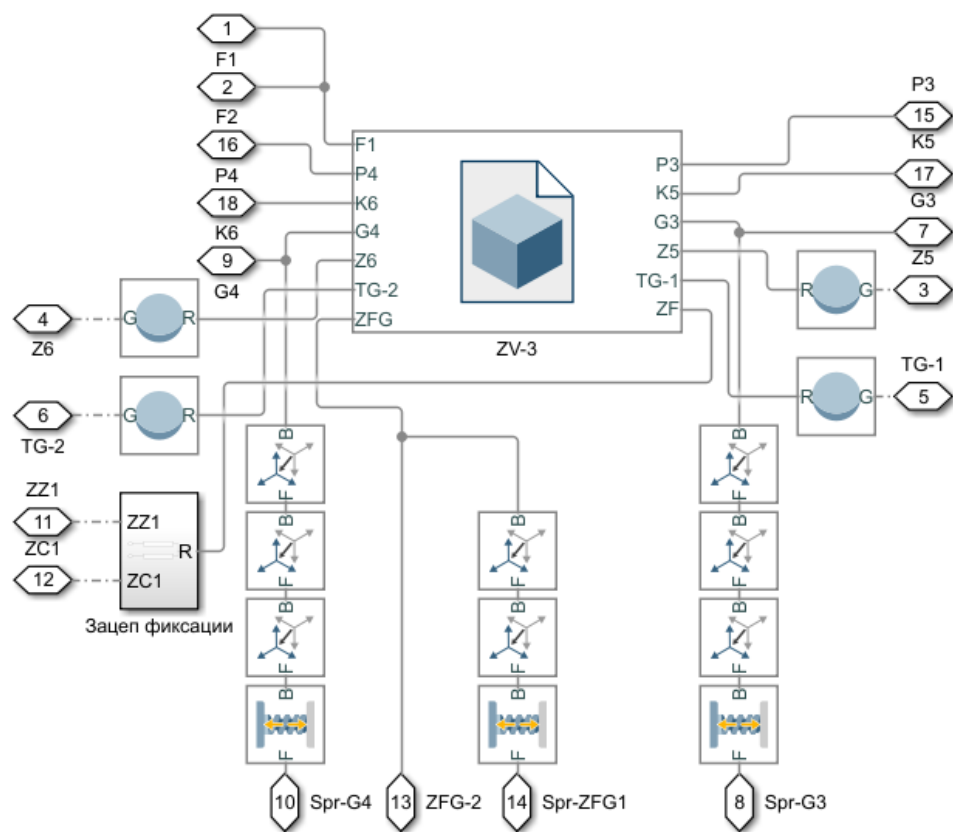


Рис. 3.11. Модель «тіла» ланки-3

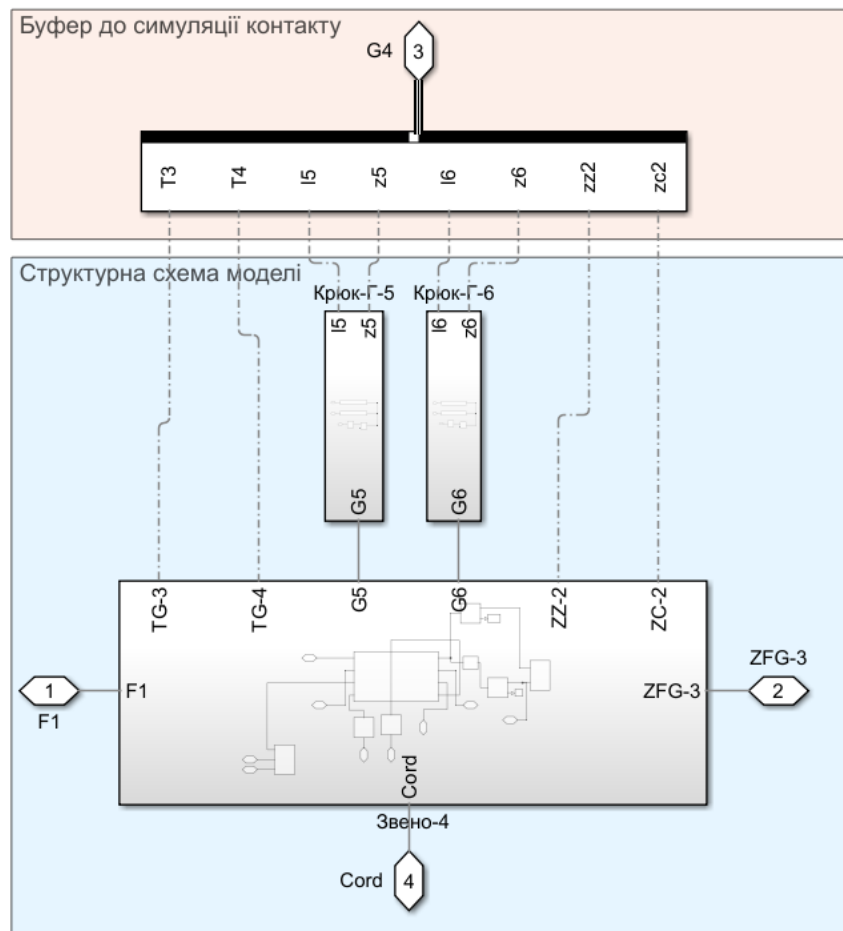


Рис. 3.12. Загальна модель ланки – 4, з кінематикою та контактом

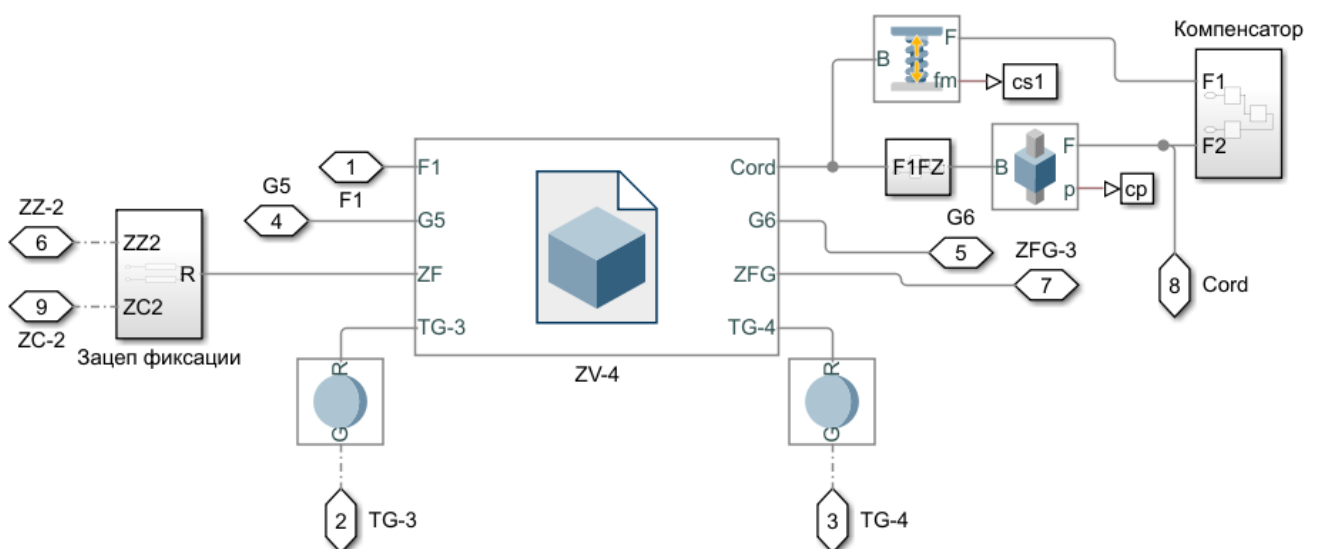


Рис. 3.13. Модель «тіла» ланки-4

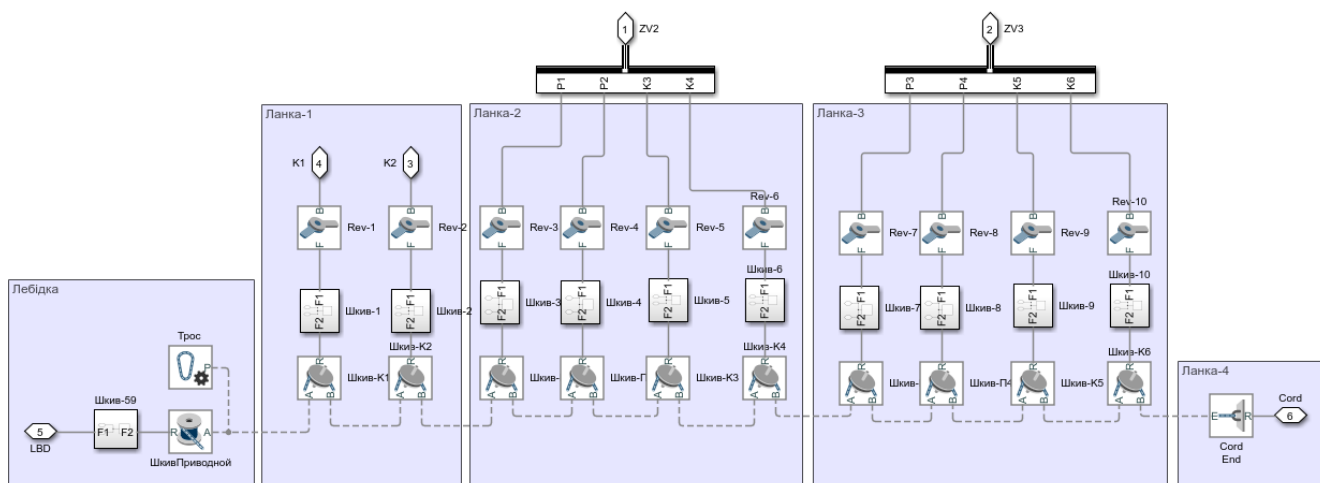


Рис. 3.14. Модель системи шківів

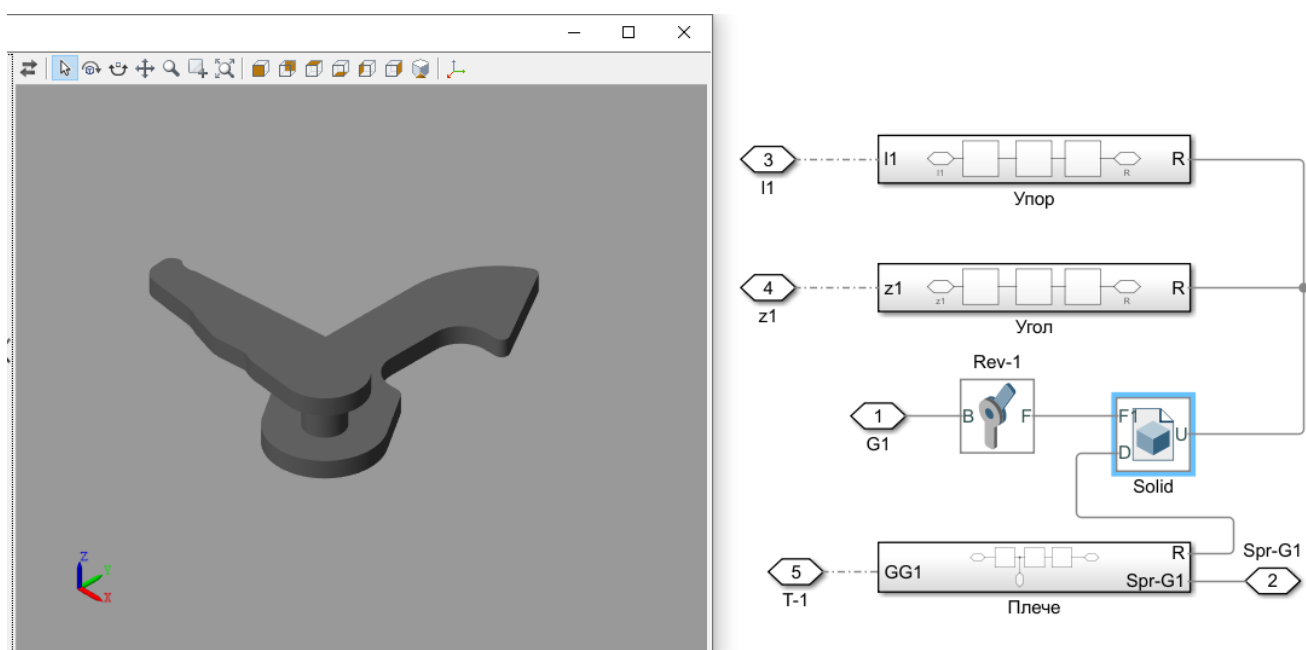


Рис. 3.15. Модель вантажного гачка

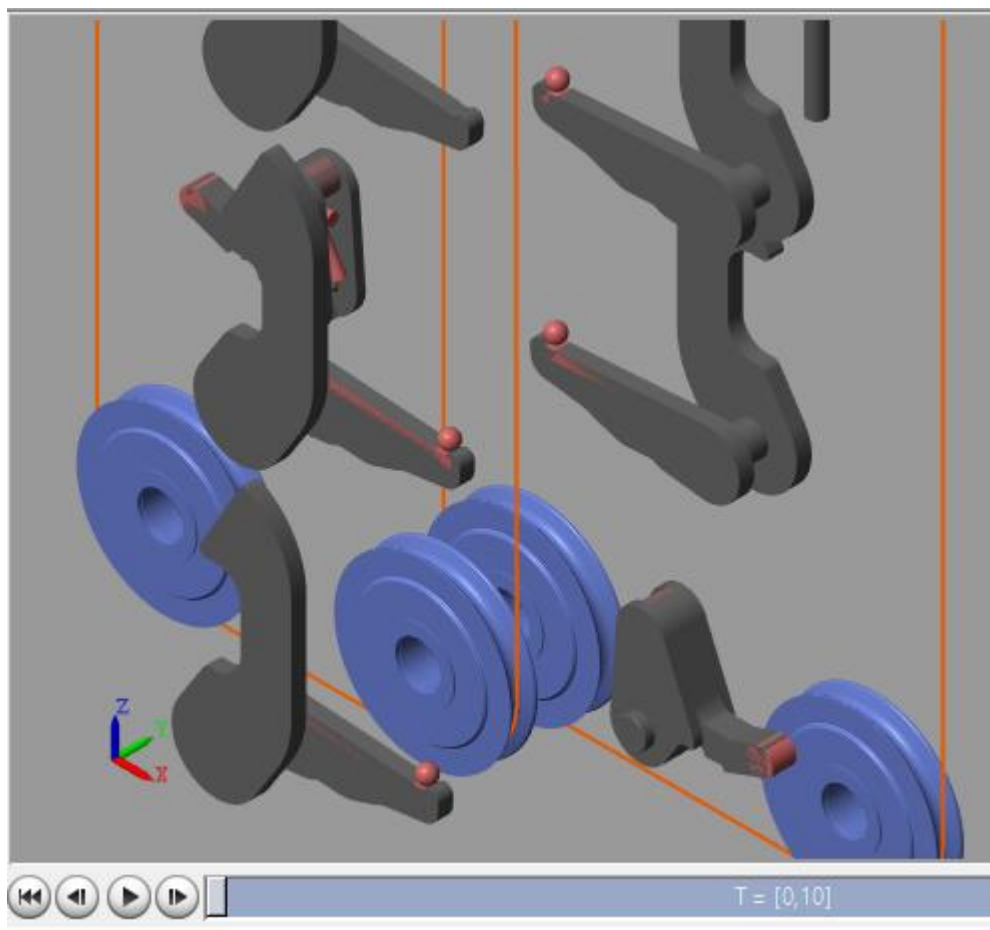


Рис. 3.16. Приклад симуляції контакту кінематики



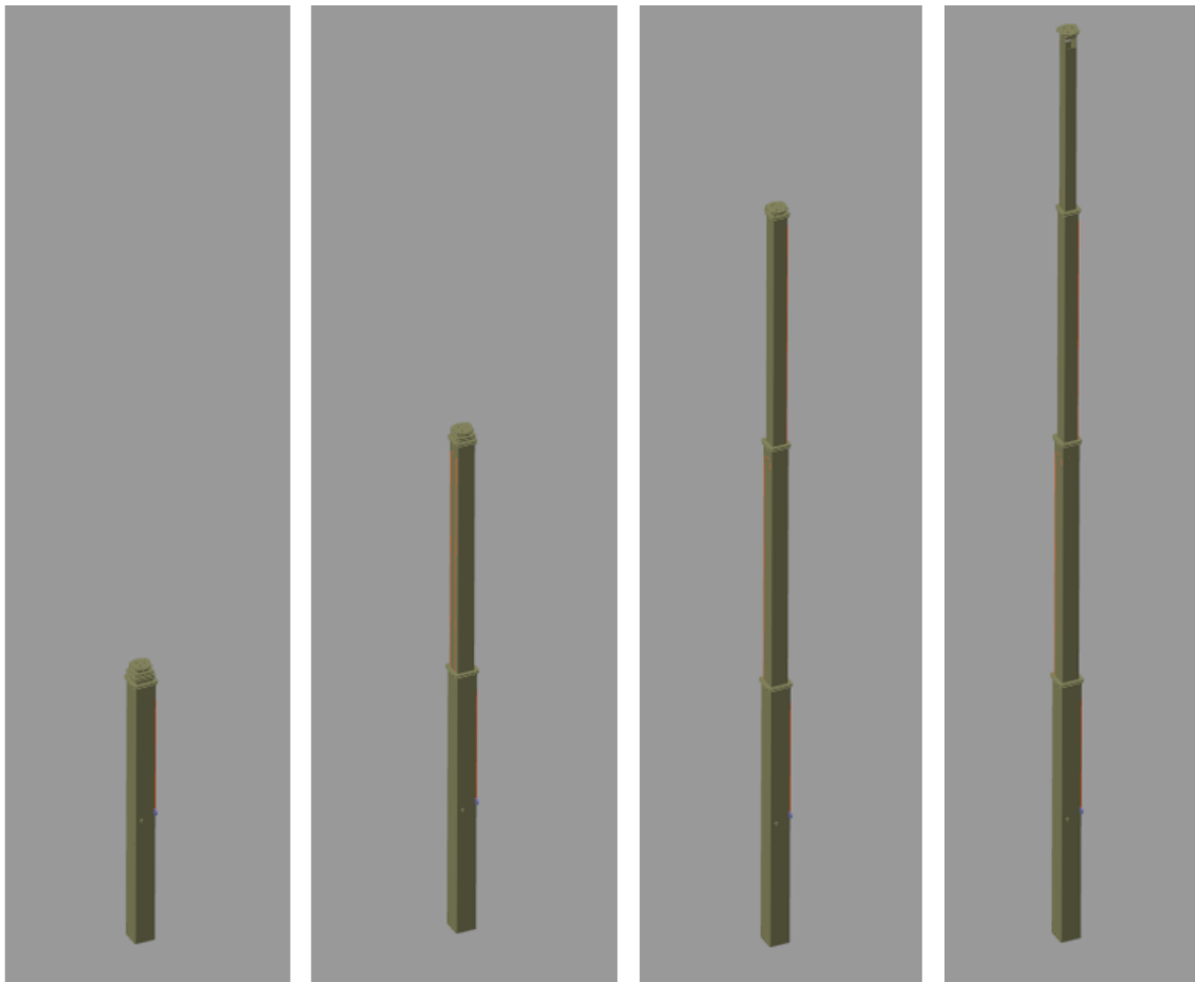


Рис. 3.17. Симуляція роботи математичної моделі

Результати:

На графіку швидкості переміщення тросу (рис. 3.19) можна помітити певні «стрибки», в момент часу фіксації ланок та вивільнення наступних ланок. Ці стрибки викликані ударом ланки що фіксується. Також подібні «стрибки» помітні на графіку переміщення компенсатора (рис. 3.23).

За результатами графіків переміщення ланок (рис. 3.20-3.22) видно, що переміщення ланок відбувається рівномірно з однією швидкістю.

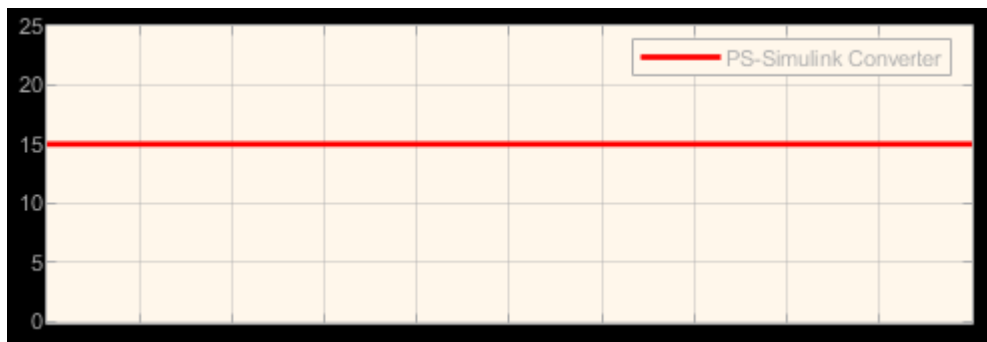


Рис. 3.18. Вхідний момент

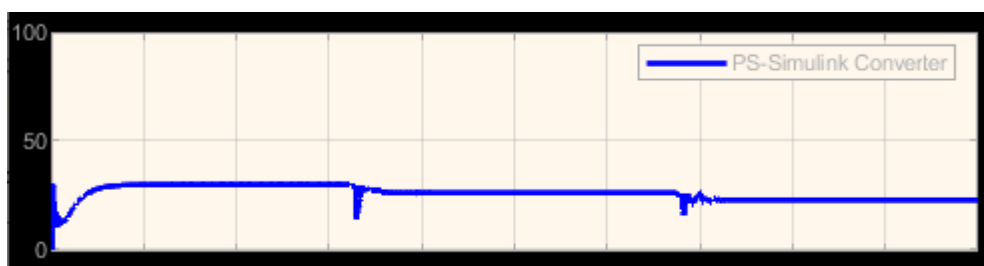


Рис. 3.19. Графік швидкості переміщення тросу

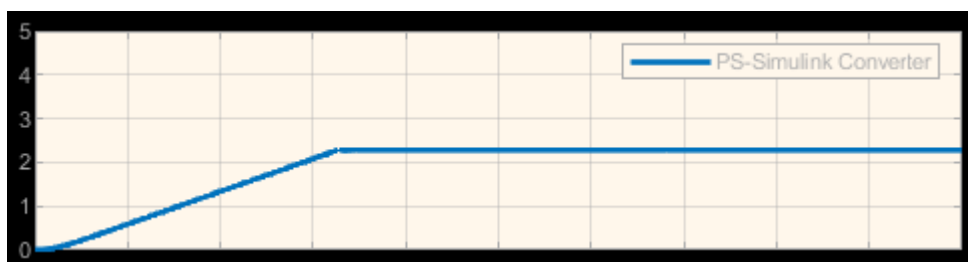


Рис. 3.20. Графік переміщення ланки-2

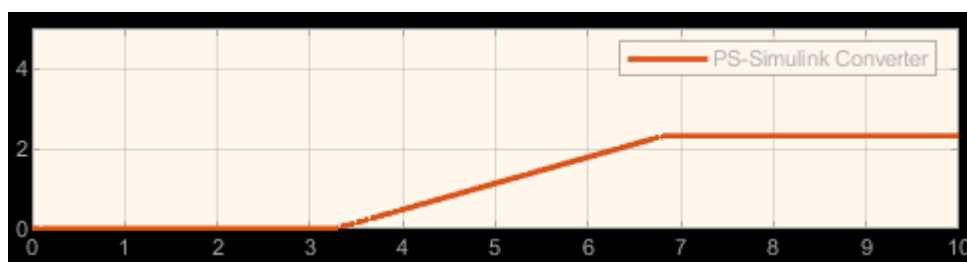


Рис. 3.21. Графік переміщення ланки-3

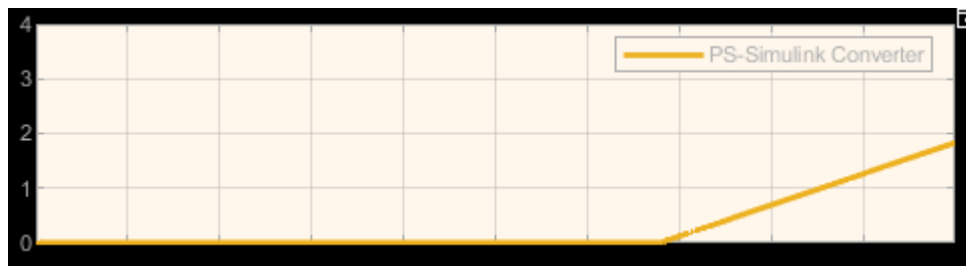


Рис. 3.22. Графік переміщення ланки-4

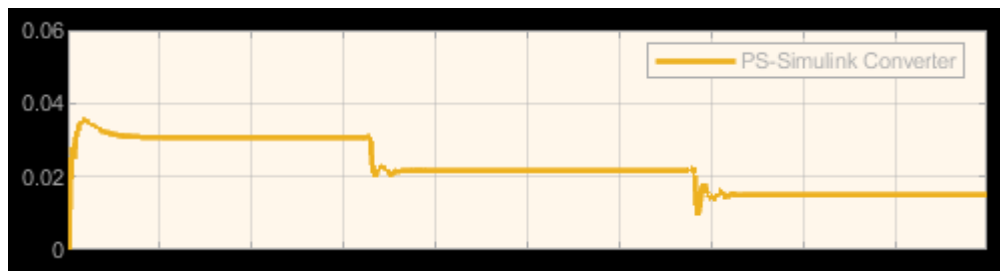
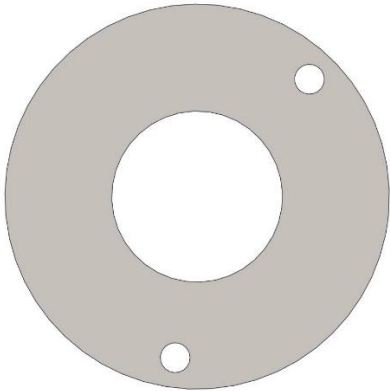
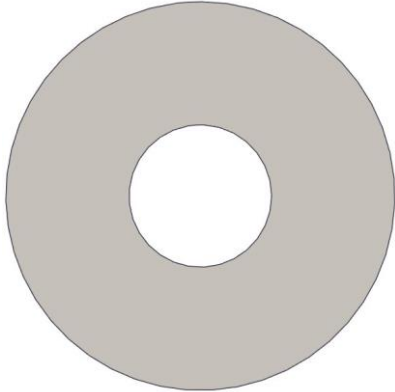
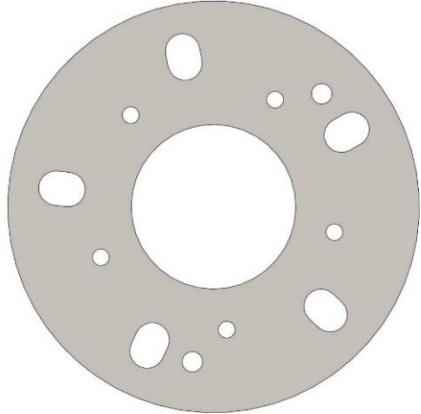
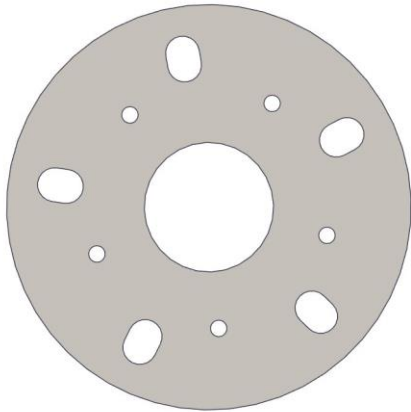


Рис. 3.23. Графік переміщення компенсатора

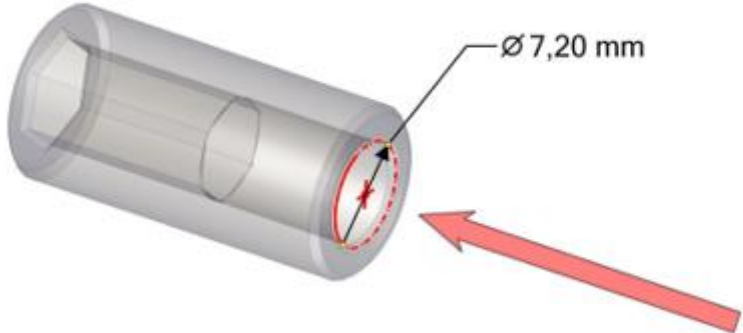
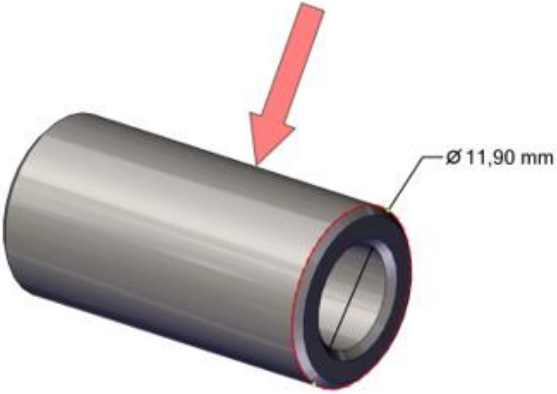
#### 4. Особливості технології виготовлення

##### 4.1. Технологія виготовлення обгінної муфти двигуна

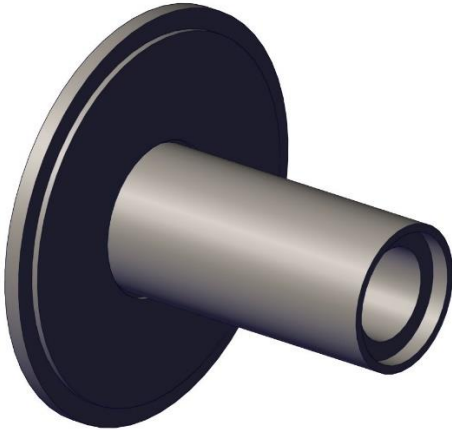
Таблиця 4.1. Підготовка пластин

	
Накладка з отворами під мастило Внутрішній отвір Ø20	Суцільна накладка Внутрішній отвір Ø16,5
	
Щока з отворами під мастило Внутрішній отвір Ø20	Суцільна щока Внутрішній отвір Ø16

Таблиця 4.2. Підготовка веденої втулки

Операція	Рисунок
Просвердлити отвір втулки, врозмір $\varnothing 7.2$ , наскрізь	
Шліфувати зовнішній діаметр в розмір 11.9h6	

Таблиця 4.3. Складання ведучого блоку обгінної муфти

Операція	Рисунок
Поєднати ведучу втулку двигуна зі щокою та накладкою	

Продовження таблиці 4.3.

<p>Обов'язкова перевірка приєднання, зварюванням</p> <p>контрольна перевірка правильного приєднання, перед зварюванням</p>	
<p>Встановити блок на кондуктор</p>	
<p>Виконати зварювання втулки зі щогою.</p>	

Продовження таблиці 4.3.

<p>Контрольне торцеве вирівнювання та усунення радіального биття, при наявності.</p>	
<p>Встановити стійки</p>	
<p>Поеднати деталь з відповідною щогокою, встановивши її на стійки. Обов'язково перевірити збіг вирізів.</p>	

Продовження таблиці 4.3.

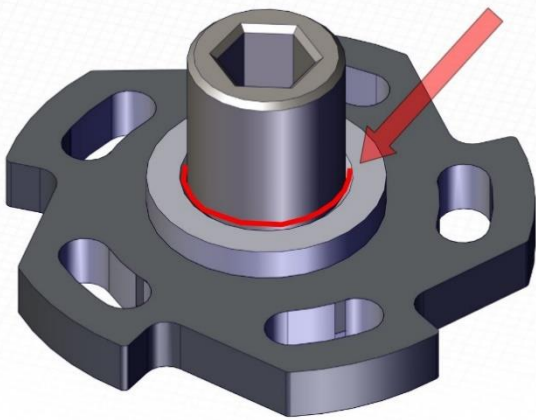
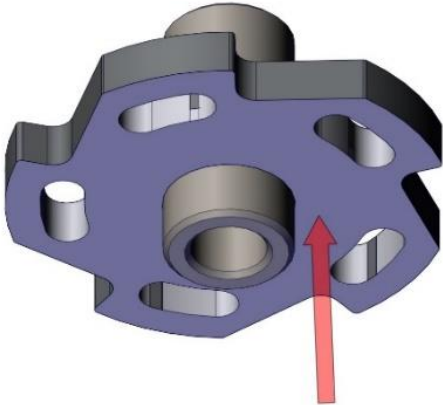
<p>Стягнути та зафіксувати деталі за допомогою кондуктора (гвинта М6 та шайбами з гайкою)</p>	
<p>Виконати зварювання стійок зі щогою, що була встановлена першочергово.</p>	
<p>Від'єднати кондуктор, встановити накладку та виконати зварювання по 4-м точкам.</p>	



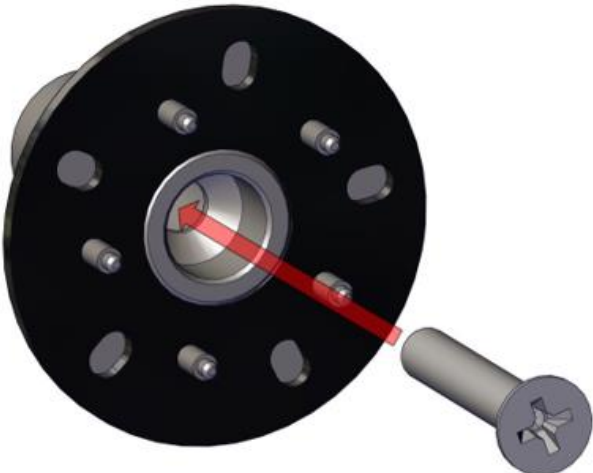
Таблиця 4.4. Складання веденого блоку обгінної муфти

<p>Встановити маточину (ступицю) обгінної муфти в кондуктор, разом з втулкою YATO 1297.</p> <p>Проконтролювати розмір посадки в кондукторі.</p>	
<p>Обов'язково перевірити напрям нахилу вершин маточини, перед зварюванням.</p>	
<p>З'єднати зварюванням втулку з маточиною з лицьового боку</p>	

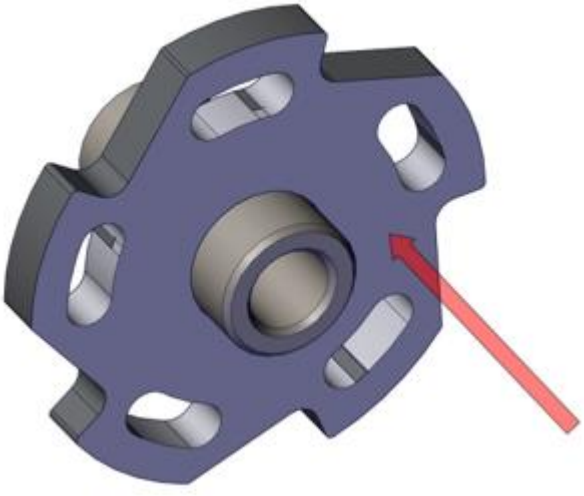
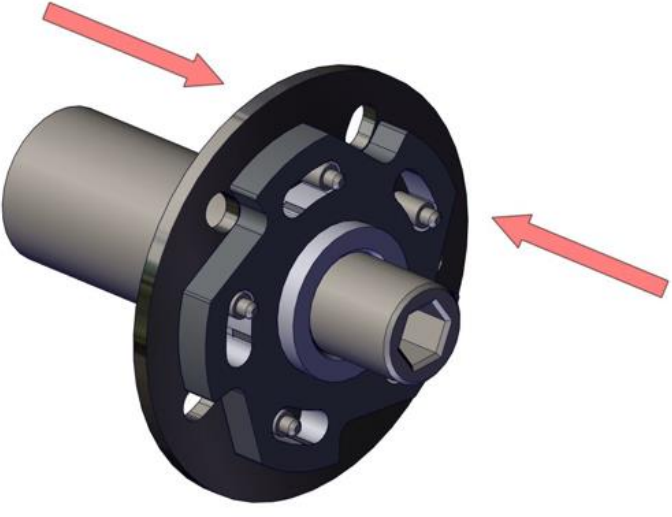

Продовження таблиці 4.4.

<p>Виконати зварювання зі зворотнього боку</p>	
<p>Контрольне торцеве вирівнювання та усунення радіального биття, при наявності.</p>	

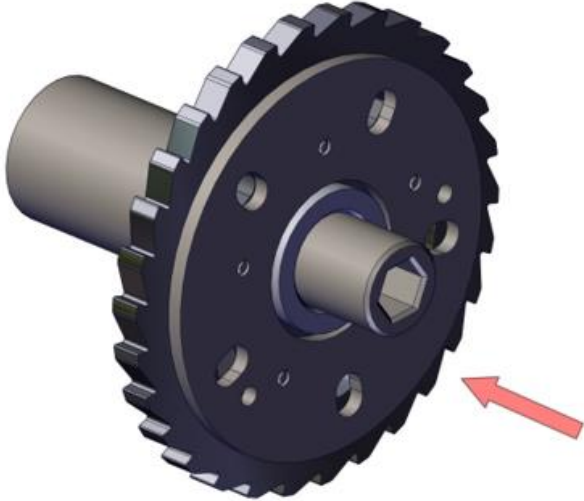
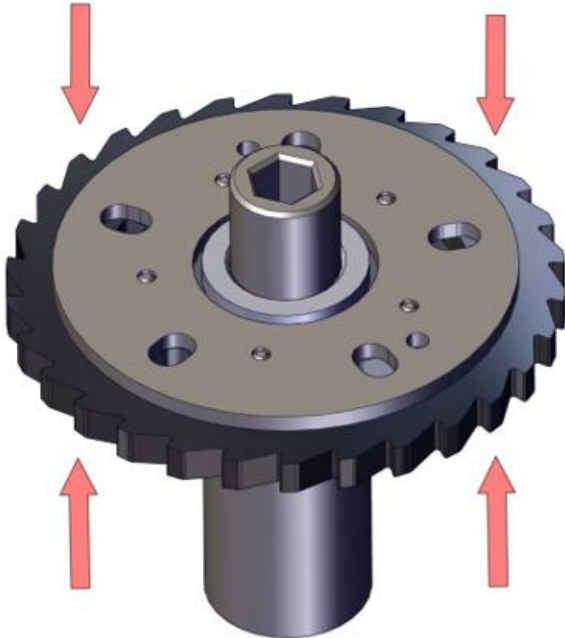
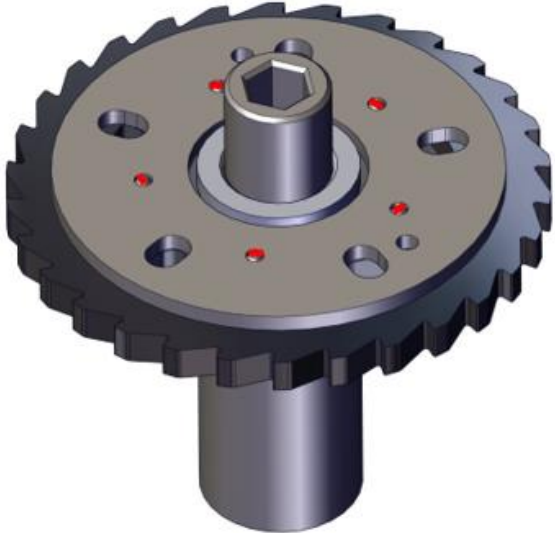
Таблиця 4.5. Загальна збірка обгінної муфти

<p>Вставити гвинт М6х15-ЛН в ведучий блок муфти</p>	
---	--




Продовження таблиці 4.5.

<p>Нанести мастило на торцеву частину маточини</p>	 A 3D CAD model of a blue gear blank. It has a central bore and six radial slots. A red arrow points to the outer end face of the blank.
<p>З'єднати ведучий блок з веденим блоком</p>	 A 3D CAD model showing the assembly of two blocks. A grey shaft is inserted into the central bore of the blue gear blank. A red arrow points towards the shaft from the left, and another red arrow points towards the gear blank from the right, indicating the assembly direction.
<p>Встановити храпове колесо</p>	 A 3D CAD model showing the final assembly. A black ratchet wheel is mounted on the outer end of the grey shaft. A red arrow points towards the ratchet wheel from the right, indicating the direction of movement.

Продовження таблиці 4.5.

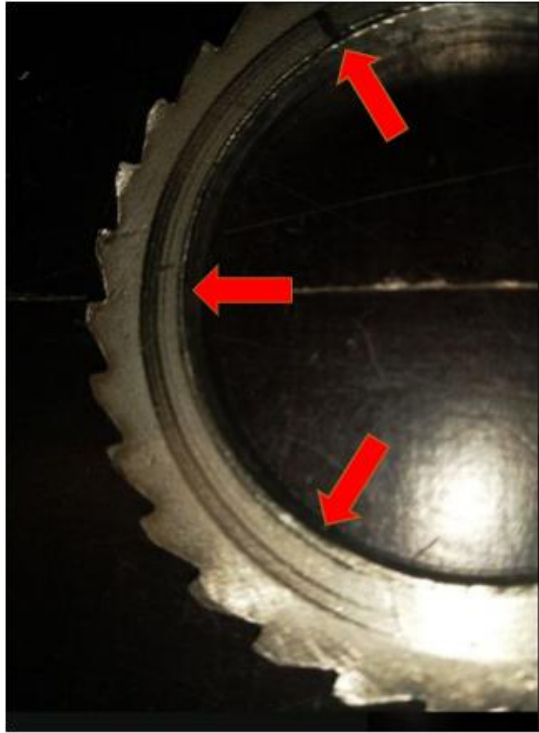
<p>Встановити відповідну щоку, з отворами під мастило</p>	
<p>Зафіксувати деталі за допомогою прихватів (струбцин)</p>	
<p>Зварювання стійок точковими швами зі щокою.</p>	

Продовження таблиці 4.5.

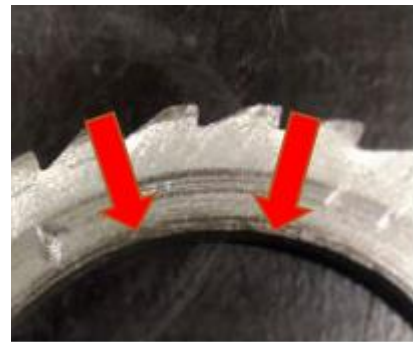
<p>Перевірка обертання деталей вузла</p>	
<p>Встановити ролики в відповідні пази</p>	
<p>Встановити накладку та здійснити зварювання по 5 точкам. Важливо виконати зварювання в рівновіддалених від отворів (особливо роликів) місцях.</p>	
<p>Змастити, контрольно перевірити обертання деталей.</p>	

#### 4.2. Результати випробувань обгінної муфти

Для експерименту використовувався більш доступний матеріал виготовлення щок та храпового колеса – AISI 304, замість 40X



а)



б)

Рис. 4.1. Деформація зони контакту з роликами, розвальцьовування діаметру, утворення кайми



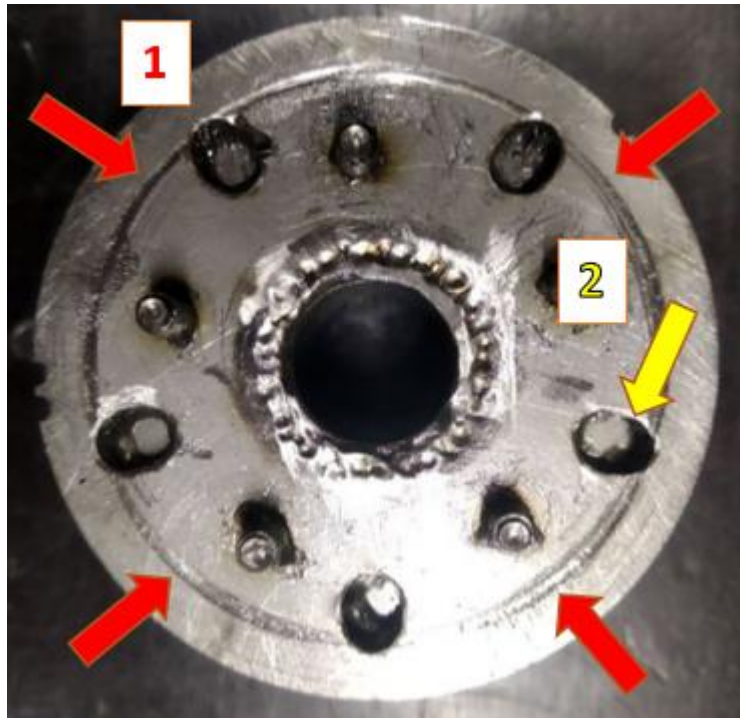


Рис. 4.2. Щока після використання під навантаженням в 10 Н\*м

1 – кругова виємка утворена деформацією храпового колеса; 2 – деформація пазів, утримуючих ролики

Експериментальне дослідження показало, що ряд деталей потребує модернізації.

Напливи на щоках, виготовлених з AISI 304, заміна на 40X13

Заміна марки сталі ступиці з 20Х на 9ХС

## 5. Такелаж

### 5.1. Проектування п'яти

Для надійної фіксації та зручного розгортання телескопічної щогли, було розроблено декілька модифікацій опорних п'ят.

Модифікація з 3-ма отворами під кілки п'яти створена для ручного розгортання щогли в польових умовах (рис. 5.1).

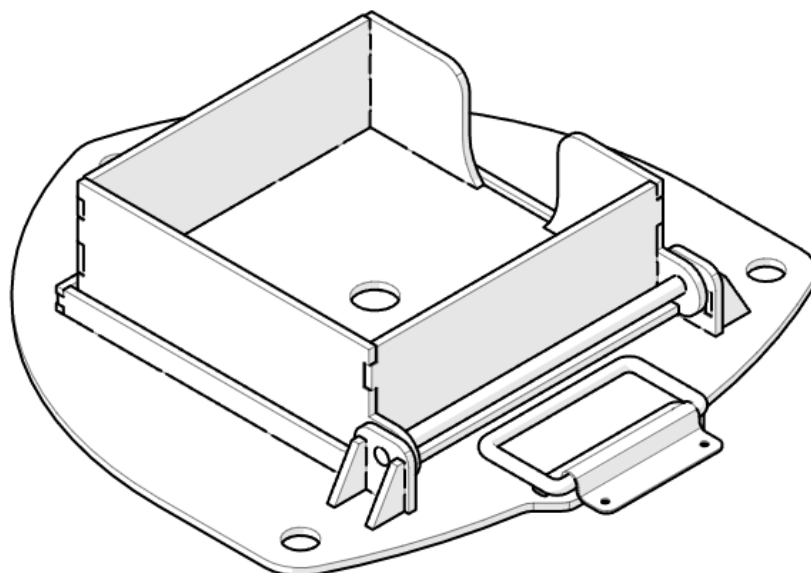


Рис. 5.1. П'ята для ручного встановлення щогли

Модифікація з 2-ма отворами під кілки сконструйована для встановлення щогли з причепу (рис. 5.2). Кількість отворів та конструкція обумовлені специфікою конструкції стандартних причепів.

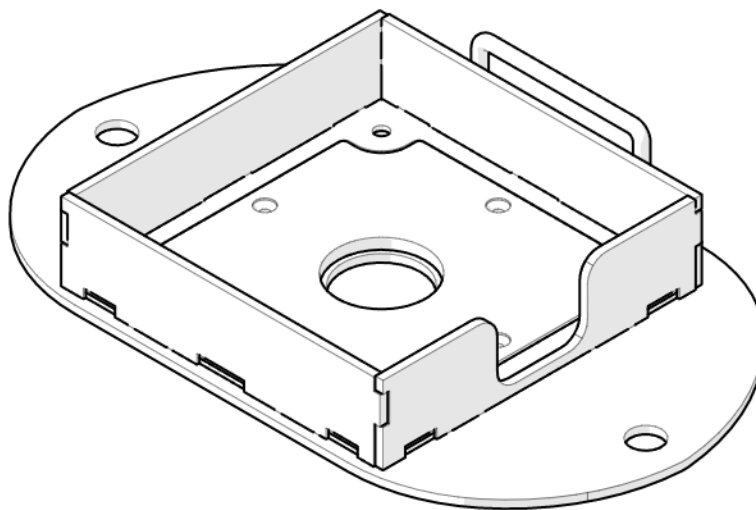


Рис.5.2. П'ята для встановлення щогли з причепу

## 5.2. Проектування кілків відтяжок

Як показує практика, для надійного утримання відтяжок на щоглі, висотою в 25м, та поривами вітру до 30 м/с, достатньо забити кілки на 700 мм в землю. Отже обираємо загальну довжину кілка – 850 мм.



Кілок виготовлено зі зварених пластин листової сталі Ст3, товщиною 5мм. Ребра кілка (рис. 5.3, поз 3) зварені електродом, шов – тавровий, катет – 3мм, довжина швів - 30мм, з пропусками в 30 мм, в шаховому порядку. П'ятка кілка (рис. 5.3, поз 1) складається з двох зварених між собою фланців, закріплених на ребрах за допомогою шипованого з'єднання, зварка електродом, стиковим швом, катетом 3, з вирівнюванням поверхні стику.

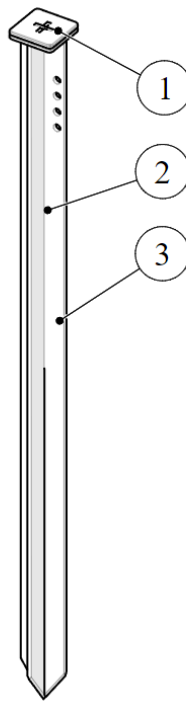


Рис. 5.3. Кілок відтяжок

1 – набір фланців; 2 – місце стику пластин; 3 – ребро кілка

### 5.3. Проектування мотовила та затисків відтяжок

Мотовило використовується як для намотування відтяжки, так і для фіксації.

Відтяжка складається з двох частин, перша частина являється канатом, з синтетичного матеріалу, Ø6мм, яка безпосередньо фіксується між ексцентриком з тупими зубцями (рис. 5.4, поз. 1) та пластиною з тупими зубцями (рис. 5.4, поз. 3), та тросом Ø4мм. Які з'єднані між собою за допомогою коуша.

На рисунку 5.4 зображено зазор між ексцентриком та фіксатором – 2мм, такий зазор дозволяє надійно зафіксувати відтяжку, при навантаженні до 1кН.

Система фіксації виготовлена з листа алюмінієвого сплаву Д16Т, товщиною 6мм.

Мотовило виготовляється зі звичайної фанери, товщиною 18мм.

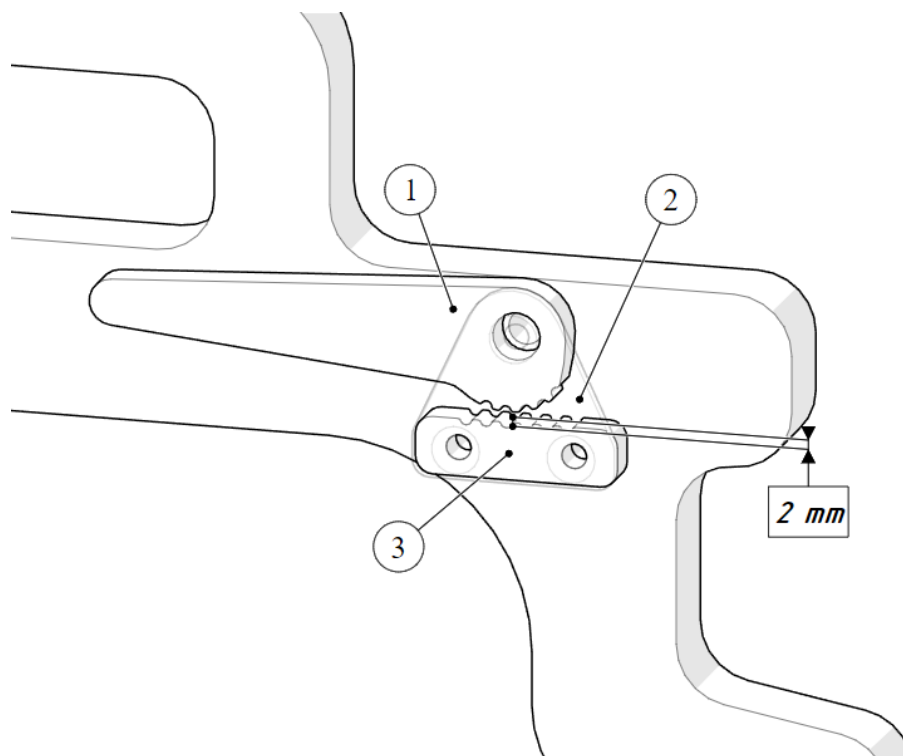


Рис. 5.4. Затискний механізм мотовила

1 – ручка затиску з зубцями; 2 – кришка; 3 – відповідна накладка з зубцями.

Затискний механізм спроектовано таким чином, що ексцентрик затискає канат автоматично, зтягуючи в клиновий простір, при наданні катану тягового зусилля. Схема затиску зображена на рисунку 5.5.

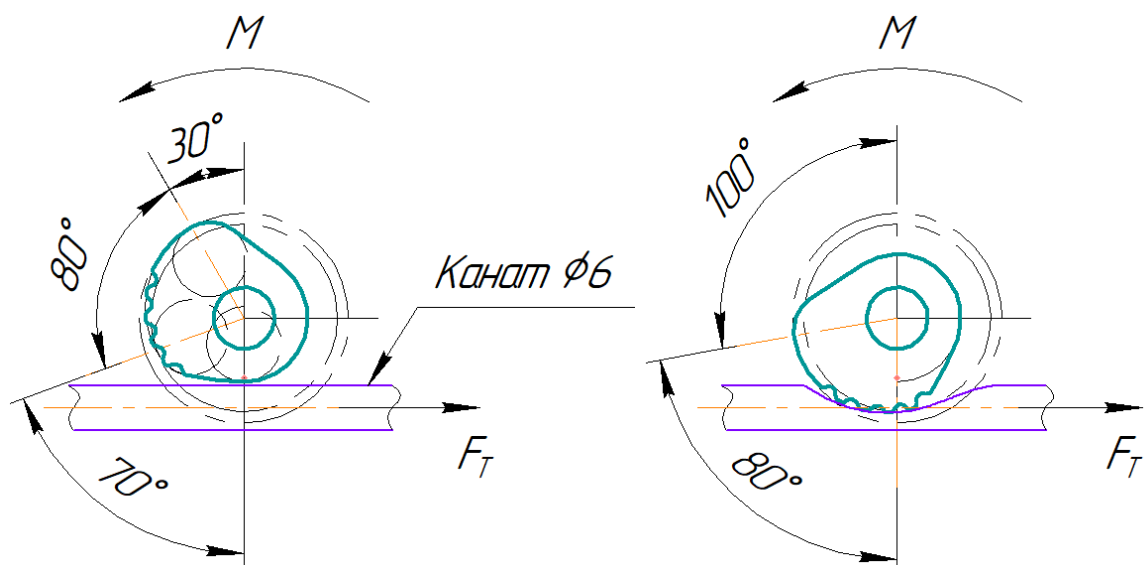


Рис. 5.5. Ексцентрик мотовила

#### 5.4. Проектування розкладного упору щогли

Розкладний упор представляє собою дві металоконструкції у вигляді замкнутих прямокутних рам, з труби квадратного профілю, з'єднані між собою за допомогою шарніру (рис 5.6).

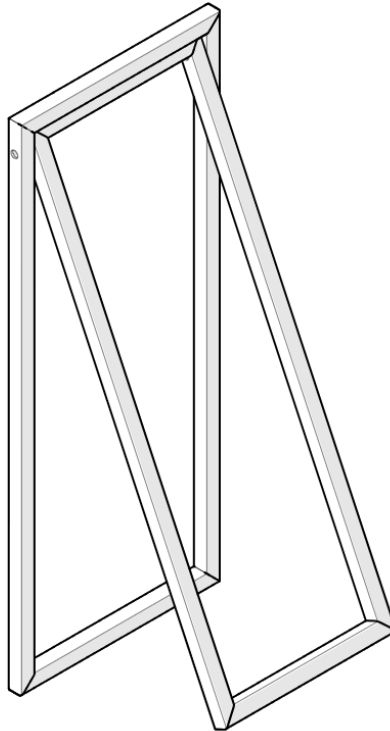


Рис. 5.6. Розкладний упор щогли

Зважаючи на наявність складських резервів матеріалу, для розкладного упору обираємо квадратну трубу перерізом 25х25х3.

Розрахунок опорної реакції розкладного упору.

Щоглу можна представити як двоопорну балку, а розкладний упор – як шарнірну опору (рис. 5.6).

Визначення сили тяжіння:

$$F_g = m * g = 200 \text{ кг} * 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1961 \text{ Н}$$

Де  $m = 200$  кг – маса щогли

Обираємо систему координат ХУ, де Х паралельний вертикальній вісі щогли.

Проектуємо силу тяжіння на вісь Y:

$$F_{gY} = F_g * \cos(23^\circ) = 1961 \text{ Н} * \cos(23^\circ) = 1805 \text{ Н}$$

Визначимо опорні реакції:

$$F_y: R_{AY} - F_{gY} + R_{BY} = 0$$

$$M_A: -F_{gY} * 1150 \text{ мм} + R_{BY} * (1150 \text{ мм} + 1400 \text{ мм}) = 0$$

Звідси знаходимо опорну реакцію точки B:

$$R_{BY} = \frac{F_{gY} * 1150 \text{ мм}}{(1150 \text{ мм} + 1400 \text{ мм})} = \frac{1805 \text{ Н} * 1150 \text{ мм}}{(1150 \text{ мм} + 1400 \text{ мм})} = 814,206 \text{ Н}$$

$$R_{AY} = F_{gY} - R_{BY} = 1805 \text{ Н} - 814,206 \text{ Н} = 991,208 \text{ Н}$$

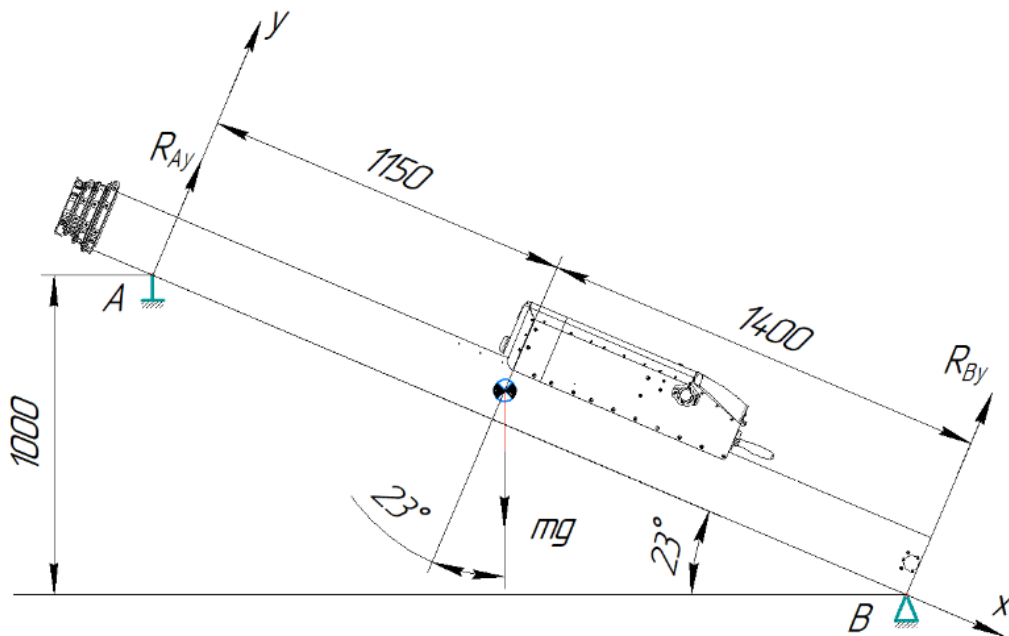


Рис. 5.7. Розташування щогли на розкладному упорі

Опорну частину розкладного упора також можна представити у вигляді двоопорної балки. Реакція  $R_{Ay}$  являється головним навантаженням на упор.

Визначаємо опорні реакції:

$$F_y: R_A - F + R_B = 0$$

$$M_A: -F * 175 \text{ мм} + R_B * 350 \text{ мм} = 0$$

$$R_B = \frac{F * 175 \text{ мм}}{350 \text{ мм}} = \frac{991 \text{ Н} * 175 \text{ мм}}{350 \text{ мм}} = 495,5 \text{ Н}$$

$$R_A = R_B = 495,5 \text{ Н}$$

Знаходження згинаючого моменту:

$$M_x: R_A * 175 \text{ мм} = 495,5 \text{ Н} * 175 \text{ мм} = 86,713 \text{ Н} * \text{м}$$

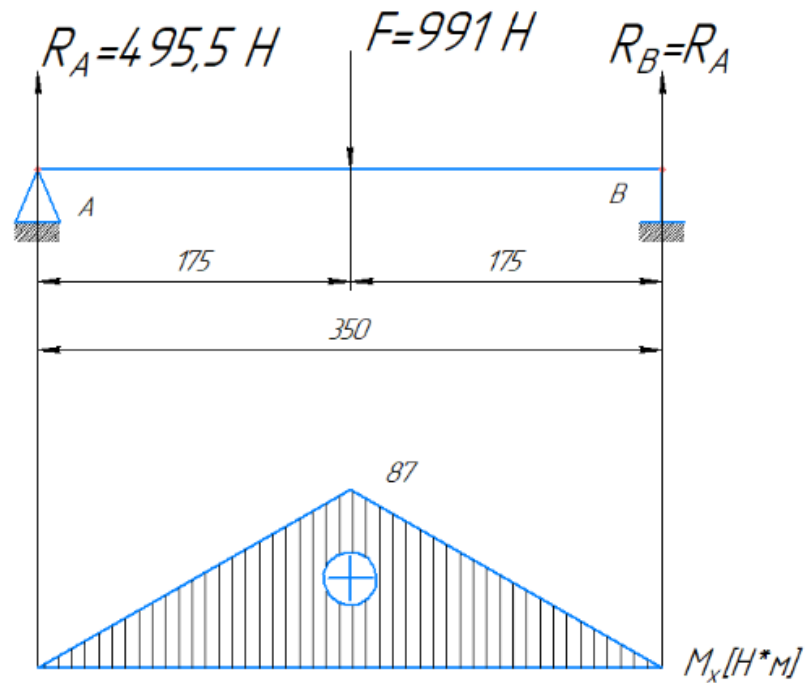


Рис. 5.8. Епюра згинаючого моменту несучої частини упора

Момент опору для труби квадратного перерізу:

$$W_x = W_y = \frac{4}{3} * b^2 * S = \frac{4}{3} * 25^2 \text{ мм} * 3 \text{ мм} = 2,5 \text{ см}^3$$

де  $b$  – довжина та ширина квадратного перерізу;

$S$  – товщина стінки

Перевірка на міцність при згині, для обраного перерізу:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{87 \text{ Н} * \text{м}}{2,5 \text{ см}^3} = 34,685 \text{ МПа} < [\sigma_{зг}] = 110 \text{ МПа (для Ст3)}$$

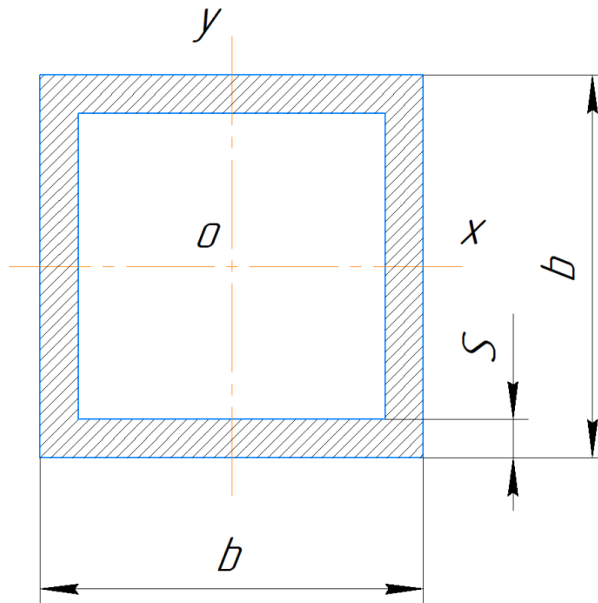


Рис. 5.9. Характеристики перерізу квадратної труби

### 5.5. Проектування ящика комплектації щогли

Всі такелажні пристосування мають бути надійно зафіксовані в єдиному корпусі, та максимально просто вилучатись з конструкції, для швидкого та простого доступу.

Таким чином було розроблено спеціальний такелажний ящик з роз'ємними шпангоутами, в яких, в свою чергу, зроблені вирізи, з зазором в 2 мм на розмір, під елементи ящика (рис. 5.10).

Ящик виготовляється з бакелітної фанери товщиною 9мм та дерев'яного бруса 20х20.

Бакелітна фанера обрана завдяки своїм характеристикам: міцність вдвічі перевищує міцність звичайної деревини, водостійка, високий супротив дії слабких кислот, пально-мастильних матеріалів (бензин), не горить (обвуглюється).[3]

Наповнення такелажного ящика складається з:

- П'ята встановлення щогли (рис. 5.10, поз. 4) – 1шт;
- Кілок закріплення відтяжок (рис. 5.10, поз. 7) – 4шт;
- Кілок закріплення п'яти – 3шт;

- Розкладний упор (рис. 5.6, поз. 5) – 1 шт;
- Кувалда (рис. 5.6, поз. 6) – 1 шт;
- Ящик для інструментів та запасних АКБ (рис. 5.6, поз. 9) – 1 шт.

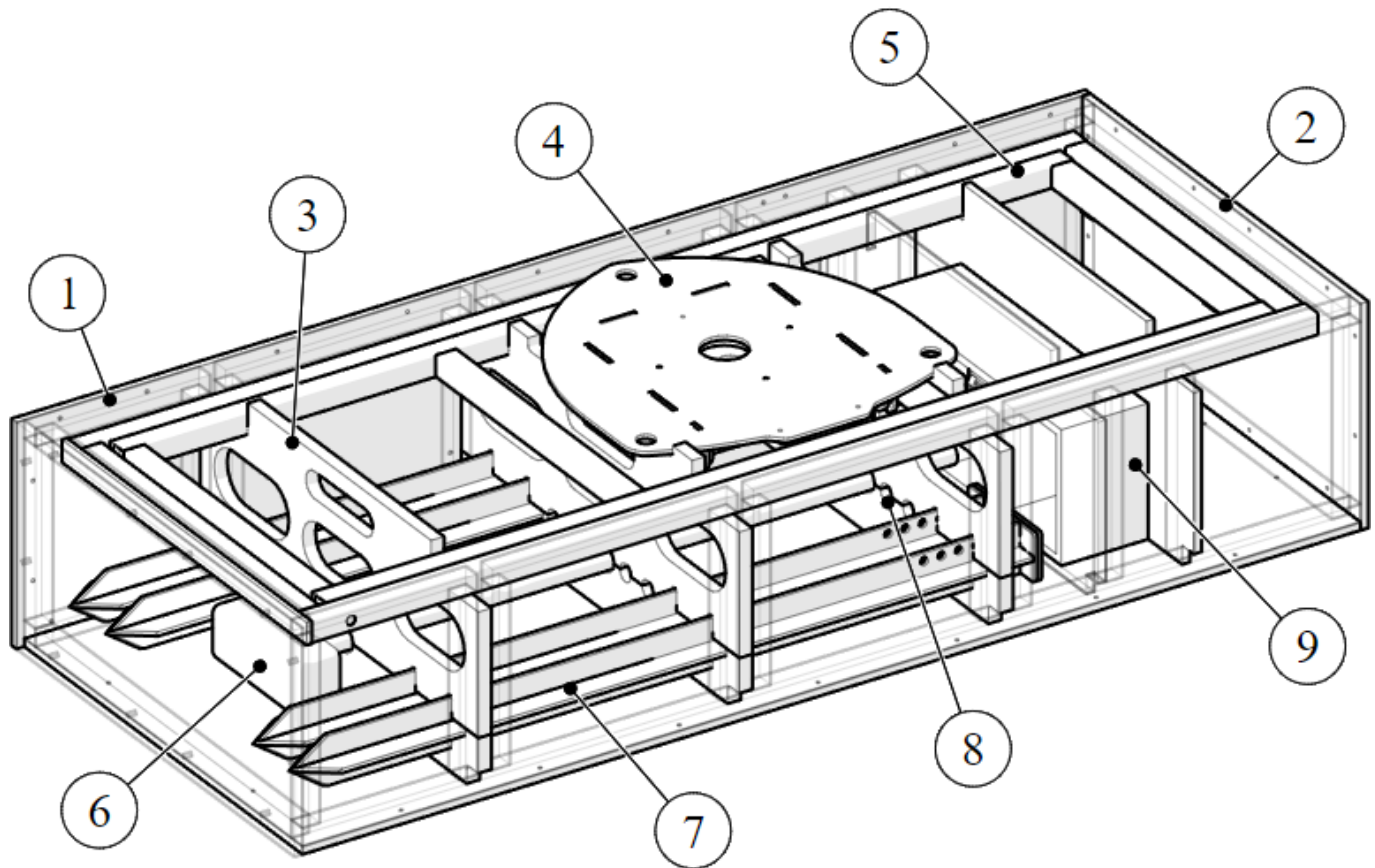


Рис. 5.10. Ящик комплектації (такелаж)

1 – брус 20х20; 2 – фанера 9мм; 3 – шпангоут із фанери 18мм;  
 4 – п'ята щогли; 5 – упор розкладний; 6 – молот (кувалда); 7 – кілки відтяжок; 8 –  
 місце роз'єму шпангоута на 2 частини та отвори для кілків п'яти; 9 – ящик  
 інструментів та запасних АКБ.

## 5.6. Проектування упаковки для відвантаження та транспортування щогли

Транспортувальні ящики з фанери – це універсальний вид тари для перевезення та зберігання, особливо коли це стосується доволі чутливого до ударних навантажень

механізму. Вигідними перевагами такої упаковки являється жорсткий корпус, суцільні стінки, можливість багаторазового використання та простий демонтаж. Каркас захисного ящика виготовляється з дерев'яної рейки (бруса), розмірної сітки 20х20 та 30х30. Така рейка виконує функції ребер жорсткості, та при необхідності може бути підсилена металевими елементами, наприклад кутниками. На рисунку 5.7 зображено захисна упаковка лебідки та верхньої частини щогли.

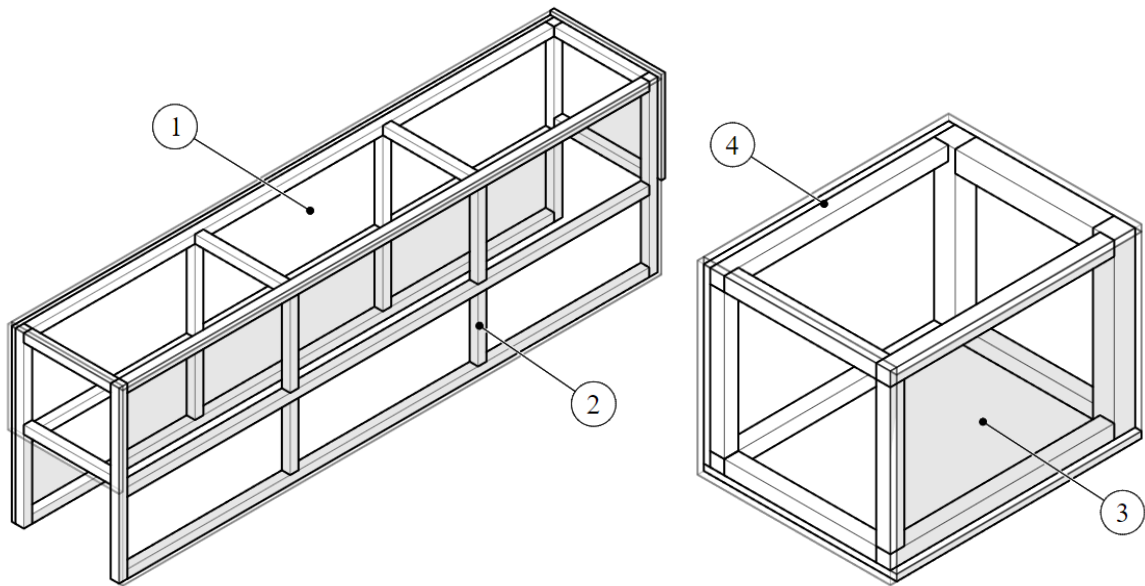


Рис. 5.11. Захисна упаковка для вантажних перевезень щогли  
1,4 – Бакелітна фанера 9мм; 2,4 –рама з бруса 20х20 та 30х30.

### **5.7. Наведена маса щогли та центри мас**

Вага щогли може варіюватись від 150 до 250 кг.

При завантаженні щогли в засоби переміщення, необхідно орієнтуватись на вагу та центр мас. Рекомендовано підіймати щоглу за допомогою підвісного вантажопідйомного пристрою (Тельфера), або 4-6 чоловіками з особового складу. Розташування центра мас залежить від модифікації щогли, проте знаходиться в межах 100 мм відносно центру мас, зображеного на рисунку 5.12.



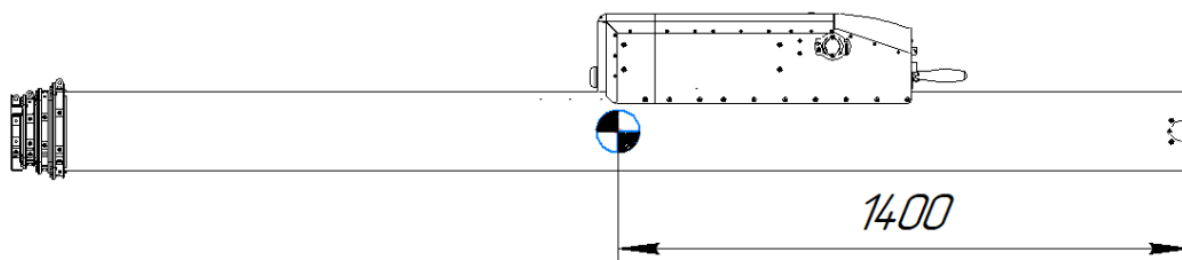


Рис. 5.12. Наведений центр мас для щогли 14м «Смерека» Мод-2

## 6. STARTUP проект

### 6.1. Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

Обґрунтування цілей та доцільність реалізації стартап-проекту показано в таблиці 6.2

Таблиця 6.1 Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувача
Розробка мобільного комплексу для переміщення телескопічної щогли на позицію	Цивільні комунікації зв'язку	Економія часу на завантаження та фіксацію щогли на звичайному причепі
	Прикордонні комунікації зв'язку	
	Комунікації зв'язку розвідки	

Таблиця 6.2 Зміст основних етапів реалізації стартап-проекту

Етапи реалізації стартап-проекту	Зміст етапів реалізації стартап-проекту
Початковий етап стартап-проекту	Проблемою існуючих аналогів є сумісність лише зі своїм асортиментом телескопічних щогл
Етап обґрунтування актуальності	Виріб дозволяє значно зменшити час на розгортання та згортання телескопічної щогли на позицію

## Продовження таблиці 6.2

Етап аналізу конкурентного середовища	Виріб має меншу масу та прості елементи взаємодії, ніж аналоги
Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	Виріб може виготовлятися з таких простих матеріалів як: труби квадратного профілю, з'єднані напівавтоматичним зварюванням та листів нержавіючої сталі
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Лазерна різка листів сталі та лазерне зварювання дозволять зменшити собівартість виробу порівняно з гнуттям на ЧПК
Маркетинговий етап реалізації проекту	Виріб може бути реалізовано на закордонних виробництвах

### 6.2. Обґрунтування актуальності та новизна ідеї стартап-проекту

Актуальність ідеї напряму залежить від попиту та новизни.

Таблиця 6.3 Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки дослідження	Переваги та вигоди споживача
Аналіз характеристик виробу по різним критеріям	Продуктивність	Підвищена швидкість розгортання через використання гідравлічного приводу
	Стійкість до середовища	Висока стійкість до середовища завдяки використанню нержавіючої сталі та оцинкованих

		елементів конструкції
--	--	--------------------------

Продовження таблиці 6.3

	Міцність	Висока міцність конструкції, завдяки використанню виключно зварних з'єднань та застосування елементів з вимогами до коефіцієнту запасу в 2 рази
--	----------	---

### 6.3. Аналіз конкурентного середовища

Розглянемо можливих конкурентів. Проаналізуємо техніко-економічні переваги ідеї, на прикладі двох конкурентів, що не вказуються.

Таблиця 6.4 Переваги ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Стартап проект	Конкурент1	Конкурент2
1	Економічні	Виріб має порівняно невисоку собівартість	+	-
2	Технологічні	Не використовуються зайві елементи в конструкції, елементи конструкції для забезпечення мінімальної маси	-	+
3	Надійності	Використання максимально простого механізму підйому – ручного насосу та	+	-

		гідроциліндру. Просто = надійно.		
--	--	-------------------------------------	--	--

Проведемо SWOT-аналіз потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проекту, визначивши сильні та слабкі сторони, а також його можливості та загрози.

Таблиця 6.5 SWOT-аналіз

Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
Експорт виробу	Слабко розвинута галузь на території країни	Є попит	Вузький напрям
Виготовлення надійної упаковки	Необхідність налаштування виробництва	Наявність необхідного обладнання для лазерного зварювання та різки	Необхідність точного налаштування

## **Висновки**

Отже, основною метою даного проекту була модернізація та покращення експлуатаційних показників щогли телескопічної з лебідкою.

В рамках огляду актуальних технічних рішень були розглянуті основні представники сучасних щогл різного напрямлення, також конкретно телескопічних щогл.

З метою модернізації лебідки, було перепроєктовано весь вузол, змінено кінематичну схему, а також проведено розрахунки та проектування окремих елементів кінематики. Оглянуто основні елементи та органи управління та електроніку.

З метою модернізації телескопічної щогли, була розглянута кінематика. Для основних елементів кінематики, було виконано аналіз в середовищі SOLIDWORKS. Для виявлення недоліків у роботі вантажного тросу та кінематики в цілому, було виконано математичну модель телескопічної щогли, проведено симуляцію та отримано результати. Результати підтвердили наявність незначних ударів при роботі кінематики.

Була розглянута та впроваджена інноваційна технологія по складанню обгінної муфти

Була виконана інноваційна діяльність за темою дисертації, а саме розроблене інноваційне технічне рішення по складанню обгінної муфти.

Розроблені додаткові технічні засоби (такелаж) для встановлення та розгортання щогли.

Розглянуто можливість впровадження та проведено аналіз конкурентного середовища для startup-проекту -автоматизованої системи підйому.

## Перелік посилань

1. ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИЕ МАЧТЫ (ХЖ 2. 092. 098) и (ХЖ 2. 092. 099). RT3F. – 2010. – URL: <https://rt3f.jimdofree.com>
2. АДАПТЕР ДЛЯ БИТ 1/4"X1/4" - URL: <https://yato.com/products/12/YT-1297>.
3. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 2. Под. ред. И. Н. Жестковой. Москва : Машиностроение, 2001.
4. Бакелитная фанера. - URL: <http://wood-prom.ru/clauses/produkty-iz-drevesiny/chto-takoe-fanera-bakelitovaya>.
5. Васильев А. С., Селиверстов А. А. Расчет механических передач : методическое пособие. Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2008. 115 с. : ил., табл.
6. Коуш - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Коуш>.
7. Лекция 5. Новые обгонные муфты // ИТС НГТУ. – URL: [https://its.ntu.ru/docs/student/lecture/new\\_meh/lect\\_5.pdf](https://its.ntu.ru/docs/student/lecture/new_meh/lect_5.pdf).
8. Мачты и мачтовые конструкции - URL: <https://raznomarket.ru/blog/obzory-tovarov/machty-i-machtovye-konstruktsii/>.
9. Мачты стальные свободностоящие серии МССВ. - URL: <http://www.nordwerk.ru/products/machty-mssv>.
10. Мачты телескопические серии ММО - URL: <http://www.nordwerk.ru/catalog/machty-serii-mmo>.
11. Орлов П. И. Основы конструирования: В 2 т. Т. 1. Под. ред. П. И. Орлова. Москва: Машиностроение, 1988. – 544 с.
12. Оттяжка. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Оттяжка>.
13. Расчет цилиндрических зубчатых передач: Методические указания. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, 2012. – 45 с.
14. Телескопическая мачта 12У. - URL: <https://www.technotrade.com.ua/>.

- 15.Телескопическая мачта радиостанции Р-409. - URL:  
<https://overlandtravel.org/radio/telescopic-mast-rigging-winches/>.
- 16.Типы мачт связи: их плюсы и особенности конструкции. - URL:  
<https://ksosvet.ru/blog/vidy-macht-svyazi>.

## Додатки



## Огляд видів щогл

1



Фермового типу

2



3



Телескопічні

5



Вільновстановлені

7



Складові

4



6

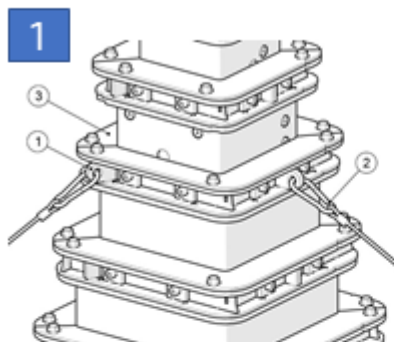


8



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

## Огляд елементів застосування телескопічних щогл



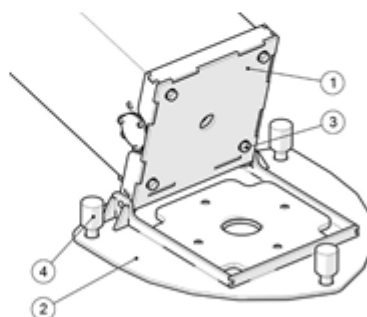
Фланець кріплення  
відтяжок



2

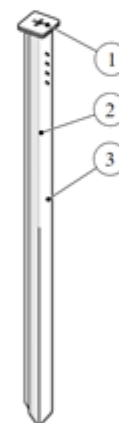


Коуш



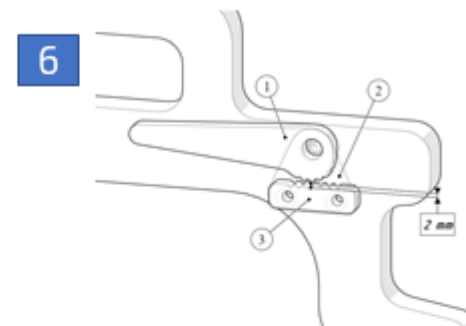
3

Підп'яток



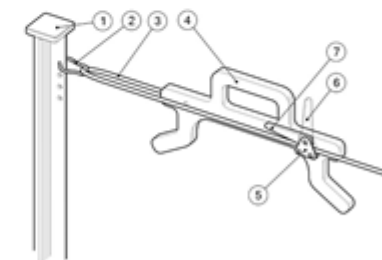
5

Кілок



6

Фіксатор відтяжки

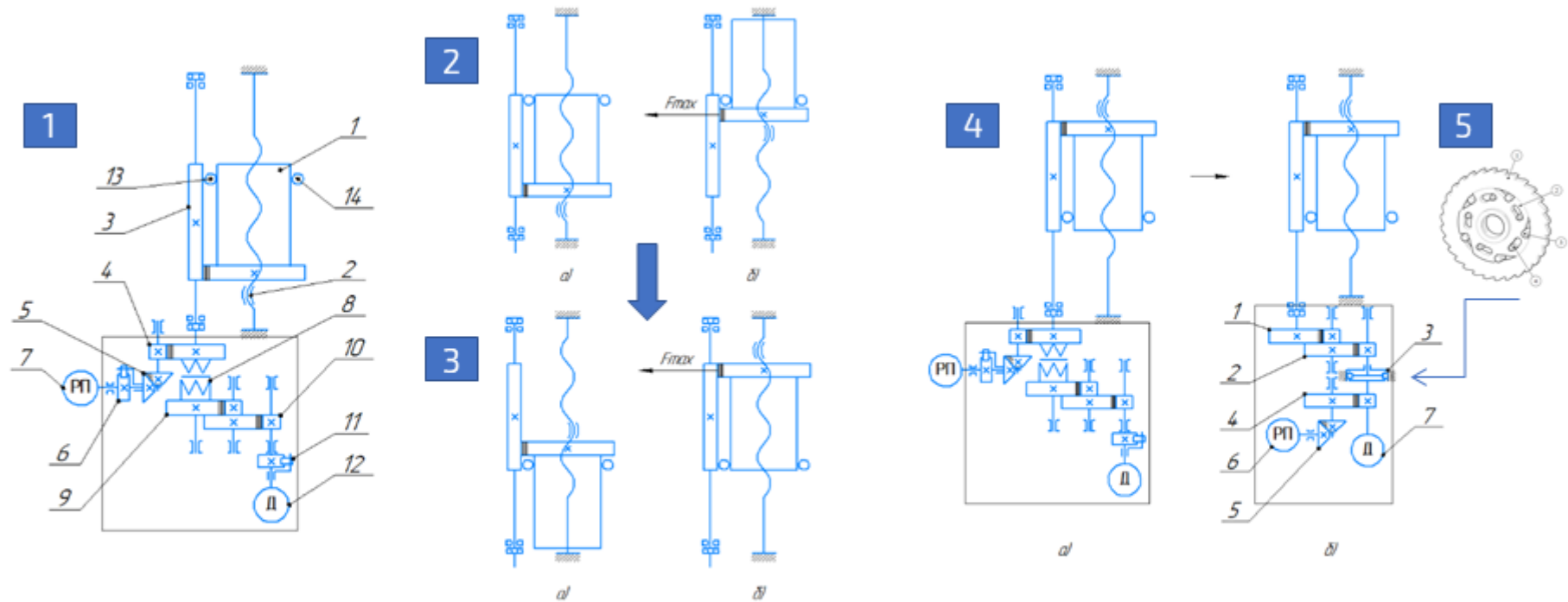


7

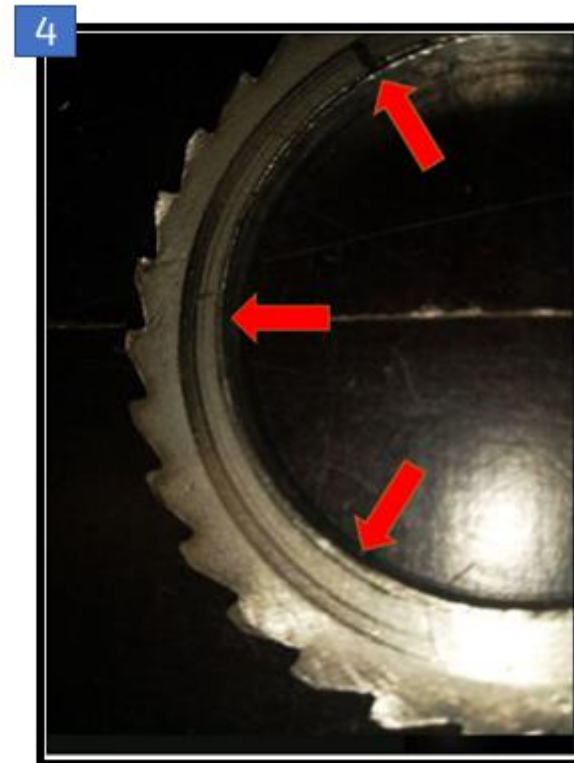
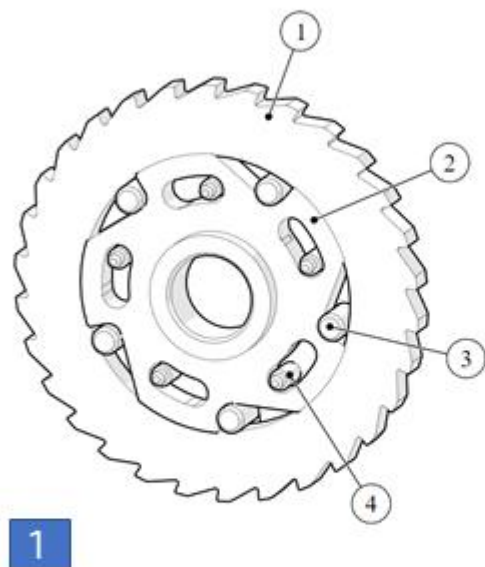


Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## Зміна кінематичної схеми лебідки



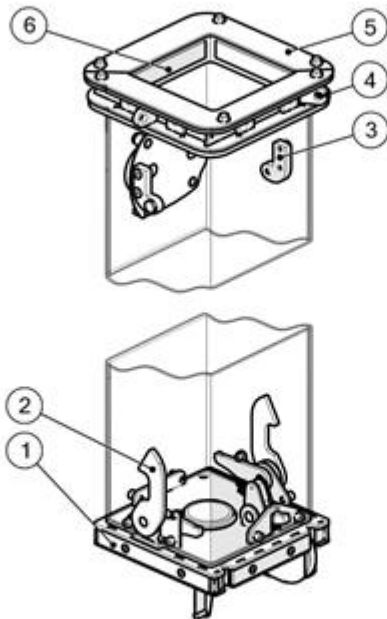
## Обгінна муфта



Результати випробування

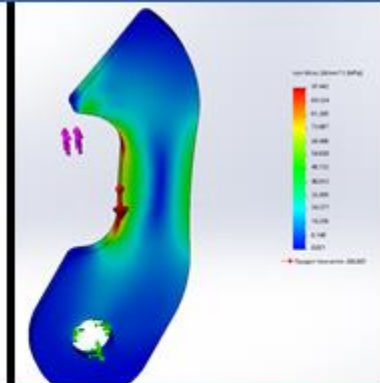


## Кінематика щогли

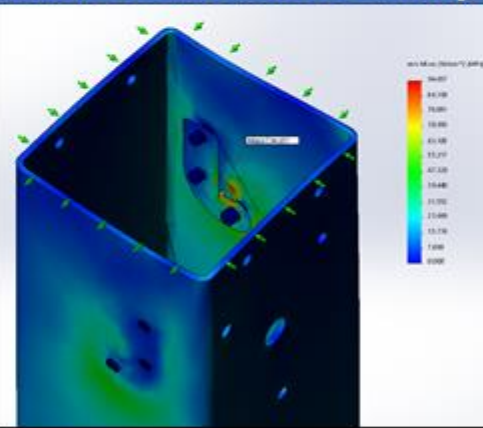


## Кінематика ланки

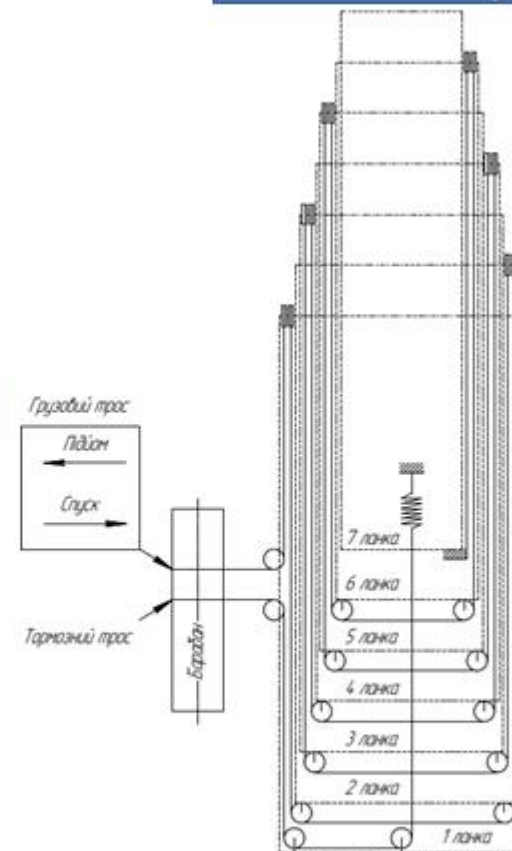
## Аналіз вантажного гака



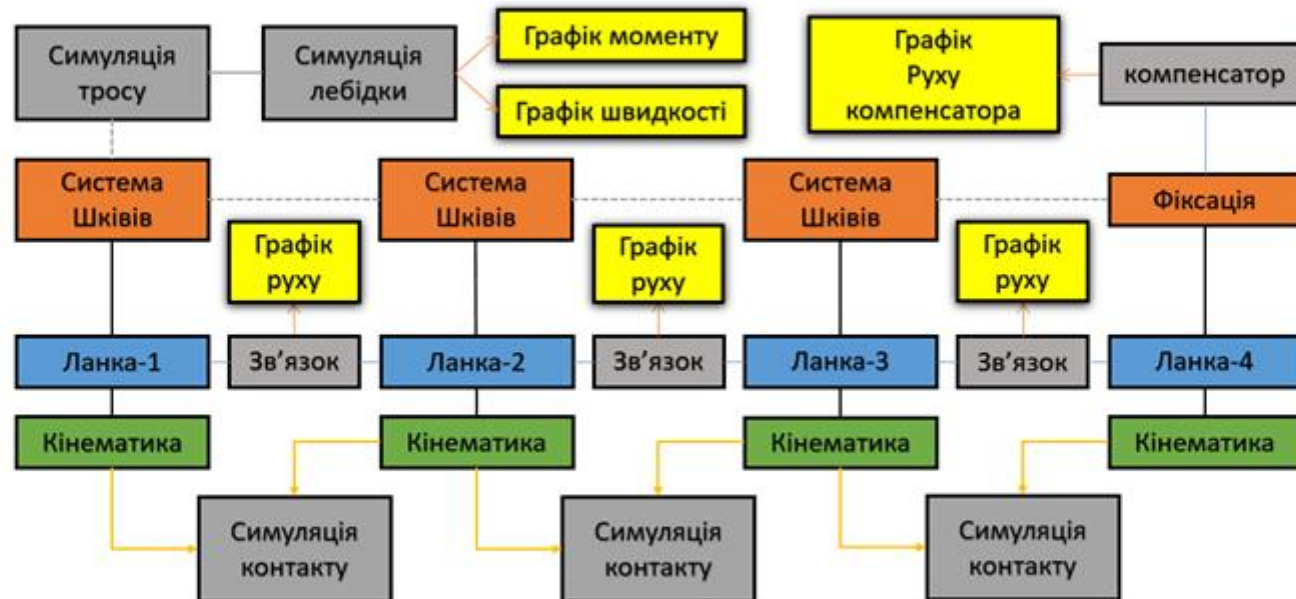
## Аналіз вантажного зачепу



## Кінематика тросів

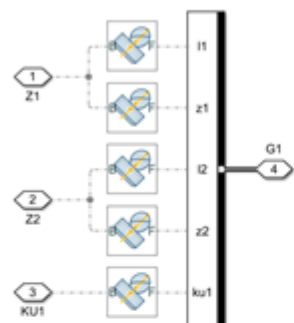


## Структура математичної моделі телескопічної щогли

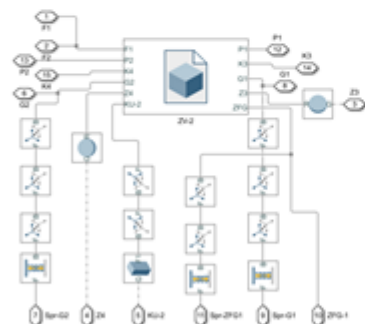




## Математична модель телескопічної щогли

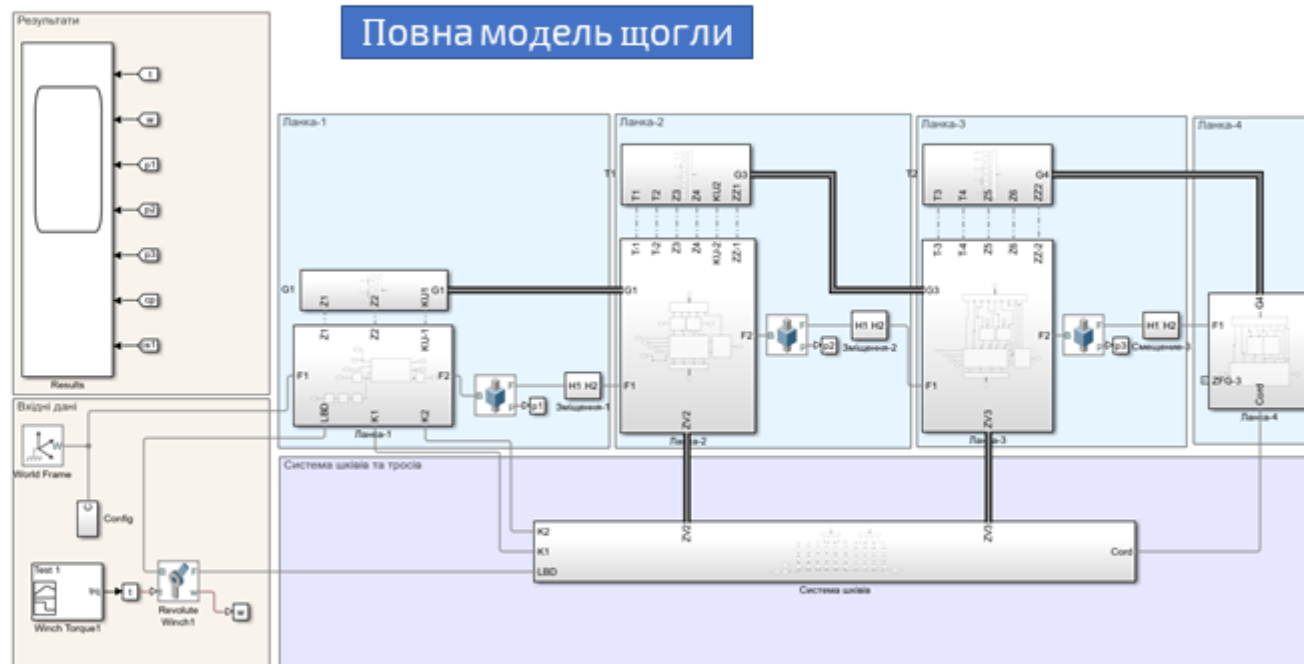


Модель контакту



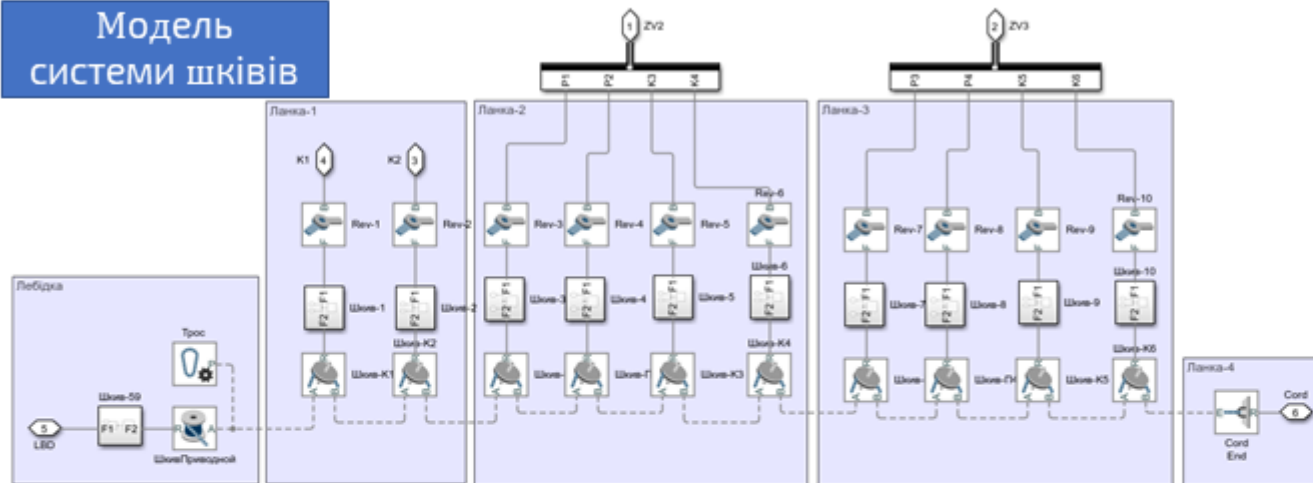
Модель ланки

Повна модель щогли

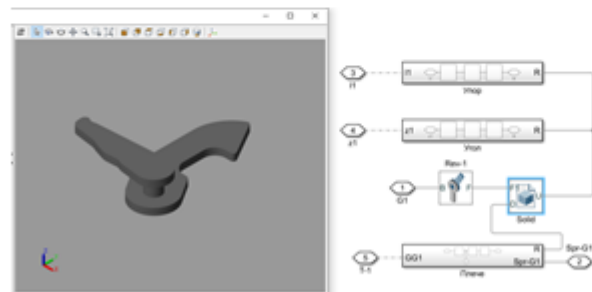
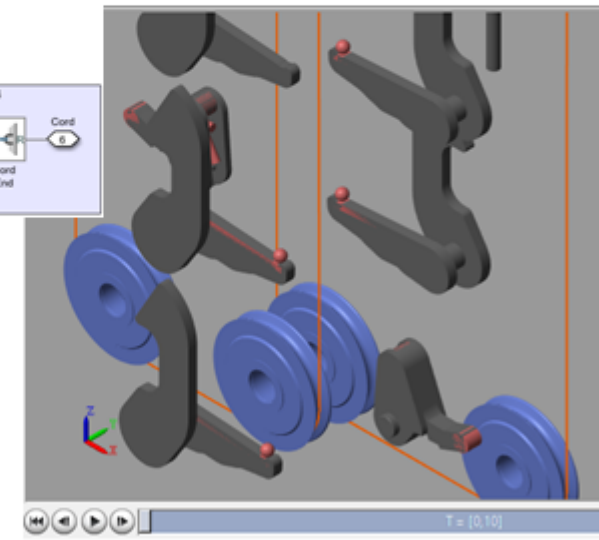


# Математична модель телескопічної щогли

Модель  
системи шківів



Приклад  
симуляції  
кінематики



Модель  
вантажного  
гака



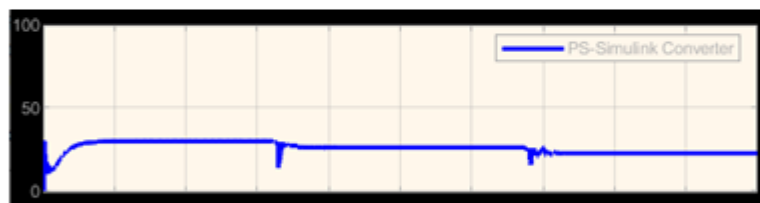
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»



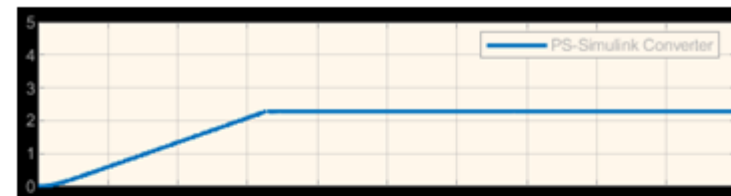
## Результати математичного моделювання



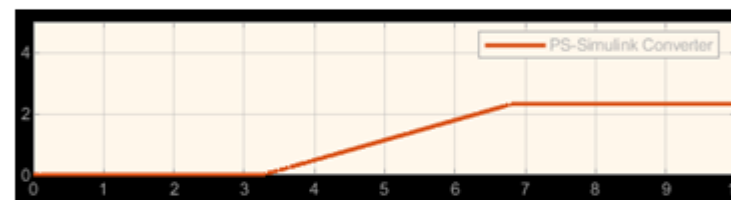
Графік вхідного моменту



Графік швидкості  
переміщення  
вантажного тросу



Графік переміщення ланки-2



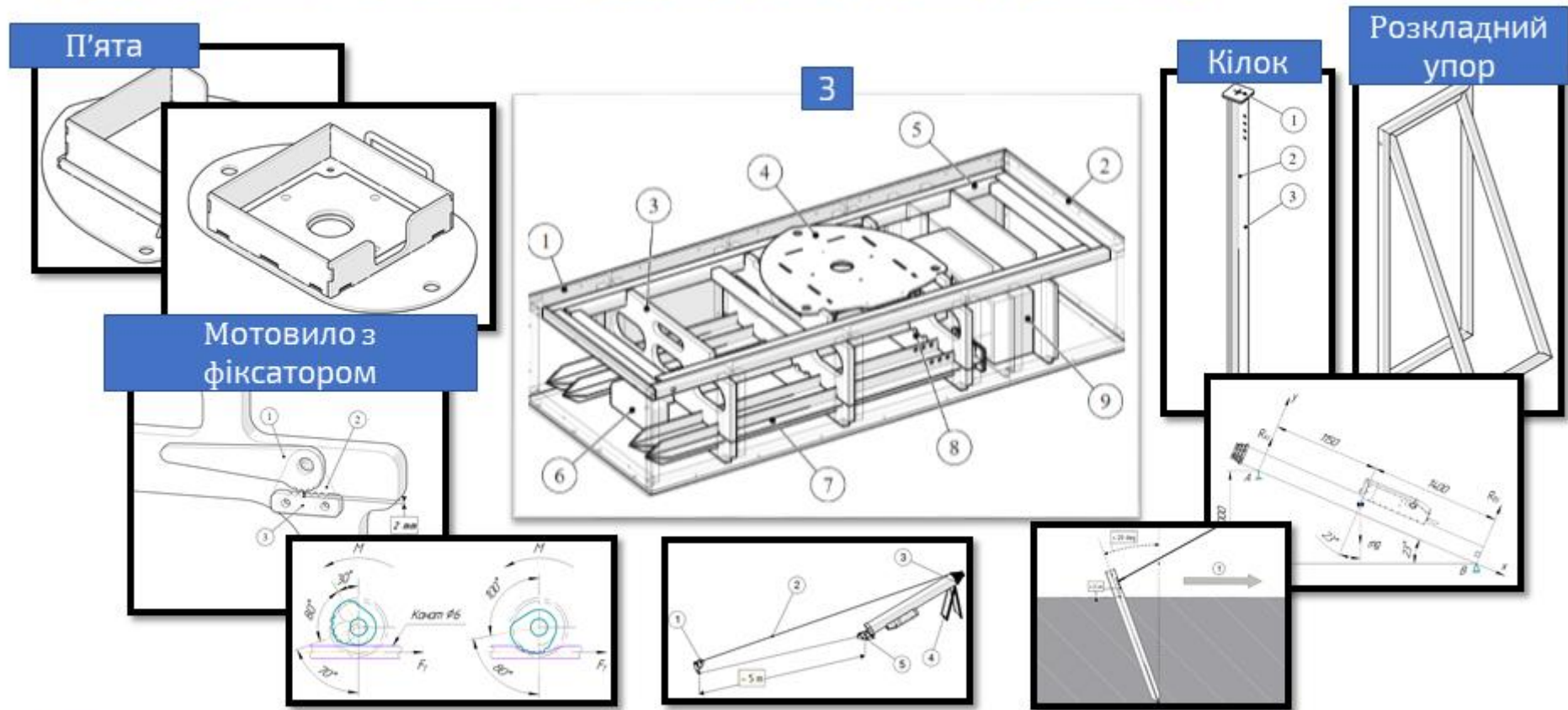
Графік переміщення ланки-3



Графік переміщення ланки-4

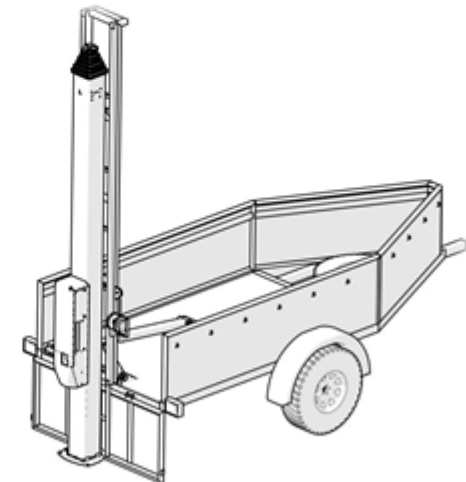
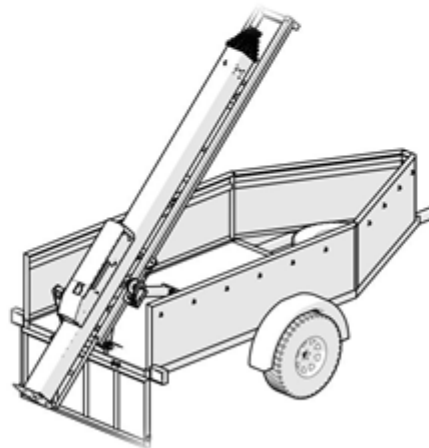
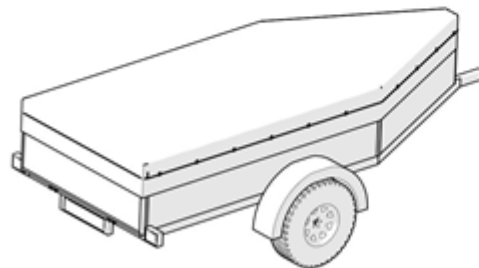


## Проектування допоміжних засобів розгортання (Такелаж)



## Стартап-проект

- Ціль – розробка автоматизованого засобу для переміщення та розгортання телескопічної щогли на позицію
- Переваги – виріб має меншу масу та простіші елементи взаємодії ніж аналоги



## SWOT-аналіз

Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
Експорт виробу	Слабко розвинута галузь на території країни	Є попит	Вузький напрям
Виготовлення надійної упаковки	Необхідність налаштування виробництва	Наявність необхідного обладнання для лазерного зварювання та різки	Необхідність точного налаштування

