

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Факультет будівництва, транспорту та енергетики  
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

*“Допустити до захисту”*  
Зав. кафедри БДМБ канд. техн. наук, проф.  
\_\_\_\_\_ Владислав НАСТОЯЦЬКИЙ  
\_\_\_\_\_ "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Кваліфікаційна магістерська робота на**

**тему:**

***" Дослідження металевої конструкції будівельного щоглового  
підіймача для малоповерхового будівництва з метою  
оптимізації параметрів "***

Виконав: здобувач  
групи ДМ (ГМ) 23 М - 2 спеціальності  
133 “Галузеве машинобудування”  
\_\_\_\_\_ Євгеній ТОМАЧЕНКО  
\_\_\_\_\_ "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник кваліфікаційної магістерської роботи,  
к.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ Владислав НАСТОЯЦЬКИЙ  
\_\_\_\_\_ "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2025 р.

Кропивницький  
2025

Факультет проектування та експлуатації машин  
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування",  
Освітня програма "Галузеве машинобудування"  
Освітній рівень "магістр"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**Проф. Настоящий В.А.**

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Томаченко Євгенію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту “ Дослідження металевої конструкції будівельного щоглового підйомача для малоповерхового будівництва з метою оптимізації параметрів. ”

Керівник проекту к.т.н. проф. Настоящий Владислав Анатолійович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту 1 грудня 2025

3. Вихідні дані до проекту

1.Вантажопідйомність 3,2 кН.

2. Висота підйому вантажа до 9 м.

3. Швидкість підйому вантажа 0, 63 м/с.

4. Швидкість переміщення вантажа ву вертикальному напрямку 0,5 м/с.

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

1. Огляд наукової і патентної інформації.

2. Обґрунтування напрямів дослідження обладнання.

3.Загальний розрахунок підйомника.

4. Комп'ютерне моделювання щогли підйомника в середовищі САПР «Solid works 2013, дослідження напруженого й деформованого стану, визначення перерізів, вибір та проектування оптимального варіанту щогли

5.Розрахнок деталей підйомника

8.Розробка заходів з охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1.Загальний вид підйомника.

2.Результати досліджень щогли в середовищі Solidworks.

3.Щогла підйомника, що досліджується та оптимізується.

4. Лебідка підйомника.

5.Візок підйомника.

6. Робочі креслення деталей підйомника

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Дослідницький	к.т.н. проф. Настоящий В.А.		
Розрахунково-конструкторський	к.т.н. проф. Настоящий В.А.		
Охорона праці	к.т.н. доцент Лізунков О.В.		

7. Дата видачі завдання 11.09 2025

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

1	Призначення і галузі застосування	11.10.2025	
2	Огляд наукової і патентної інформації	15.10.2025	
3	Обґрунтування напрямів дослідження обладнання.	18.10.2025	
4	Конструювання підйомника, розрахунок потужності, проектування привода, виконання розрахунків на міцність	25.10. 2025	
4	Комп'ютерне моделювання щогли підйомника, в середовищі САПР «Solid works 2013, дослідження напруженого й деформованого стану, визначення перерізів, вибір та проектування оптимального варіанту щогли	10.11 2025	
5	Розробка складальних і робочих креслень підйомника, вузлів та деталей.	15.11.2025	
6	Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	18.11.2025	
7	Економічні розрахунки	25.11.2025	
8	Розробка заходів з охорони праці	1.12.2025	
9	Оформлення альбому документів	5.12.2025	

Здобувач \_\_\_\_\_ Томаченко Є.О.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Настоящий В.А.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## Вступ

Одним етапів з програми відновлення України передбачено, будівництво житла для тимчасово переміщених осіб.

У післямонтажний період будівництва, після завершення спорудження каркасу будівлі, продовжуються оздоблювальні, санітарно-технічні та електромонтажні роботи, які часто потребують використання ручної праці для перевантаження матеріалів. Однією з основних причин цього є невеликі обсяги виконуваних робіт, які, хоча і складають значну частину загального обсягу будівництва, потребують виконання детальних операцій з перевантаженням матеріалів.

До матеріалів, що підлягають перевантаженню в цей період, належать кераміка, шифер, паркет, кровельні та оздоблювальні матеріали, а також елементи санітарно-технічного обладнання. Вони часто постачаються на склади або будівельні майданчики вроздріб, що зумовлює необхідність кількох етапів ручного перевантаження. Незважаючи на те, що ці матеріали складають незначну частину загальної маси матеріалів, що використовуються в будівництві, їхня частка у витратах ручної праці є значною – близько 30 % від усіх затрат праці, пов'язаних із навантажувально-розвантажувальними та транспортними роботами.

Враховуючи, що маса цих матеріалів є невеликою, застосування великих підйомно-транспортних машин для їх транспортування та перевантаження, як це робиться при монтажі каркасу, є нераціональним. Часто матеріали потрібно подавати всередину будівлі через віконні або дверні пройми, що ускладнює процес і вимагає використання спеціальних засобів транспортування або ручної праці для переміщення матеріалів на будівельні поверхи.

					<i>КМБП 25 00.00.000ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Томаченко</i>				<i>Дослідження металевої конструкції будівельного щоглового підіймача для малоповерхового будівництва з метою оптимізації параметрів. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Настоящий</i>					<i>Н</i>		1
<i>Н. контр.</i>	<i>Карпушн</i>					<i>ЦНТУ гр. ГМ-23М-2</i>		
<i>Затв.</i>	<i>Настоящий</i>							





система безпеки, елементи, що визначають стабільність щогли під час роботи.

2. **Дослідження та підстави для проектування:** Виконані дослідження є основою для створення підймача з вантажопідйомністю 3,2 кН і висотою підйому 9 м. Ці дослідження повинні забезпечити визначення оптимальних матеріалів, конструктивних елементів і технологій, які забезпечать високу надійність і безпеку. Одним із результатів таких досліджень є зниження витрат на матеріали і полегшення процесу виробництва.

3. **Підвищення продуктивності праці та економія коштів і матеріалів:** Використання такої техніки в малоповерховому будівництві дозволить знизити витрати на зведення будівель, полегшити роботу робітників, підвищити швидкість монтажу і демонтажу конструкцій, що безпосередньо веде до зменшення витрат часу та фінансових ресурсів.

Ця розробка є важливим кроком у напрямку вдосконалення будівельних технологій для малоповерхового будівництва та збільшення ефективності будівельних процесів при мінімальних витратах.

					<i>КМБП 25 00.00.000ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## 1. Аналітичний розділ. Обґрунтування задач дослідження .

Об'єктом дослідження в даній роботі являється будівельний підйомач – тобто різновид вантажопідйомних машин циклічної дії, яка використовується на будівельних об'єктах як засіб механізації підйому вантажів та вертикальних вантажних потоків при зведенні будівель та споруд.

За будовою несучої конструкції, підйомач, що розглядається (рис.1.1), відноситься до щоглових та використовується переважно для вантажів, тобто для підйому матеріалів, інструментів і іншого вантажу з будівельних майданчиків з метою забезпечення ефективності і безпеки при переміщенні вантажів на великі висоти. Такі підйомачи здебільшого встановлюються та подають вантажі уздовж фасадів будівель (зовнішній пристінний варіант).

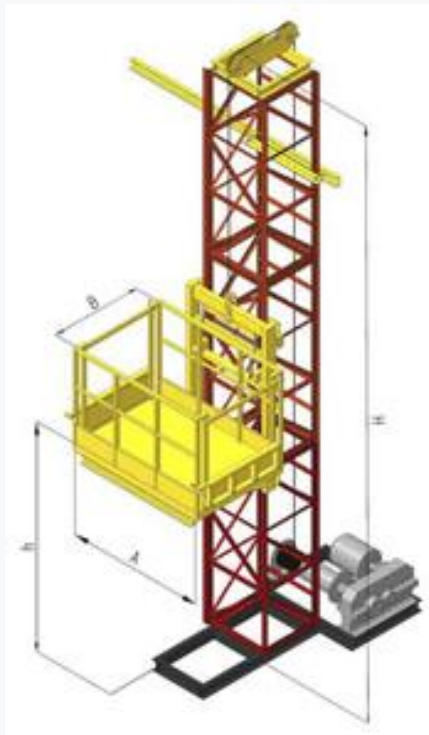
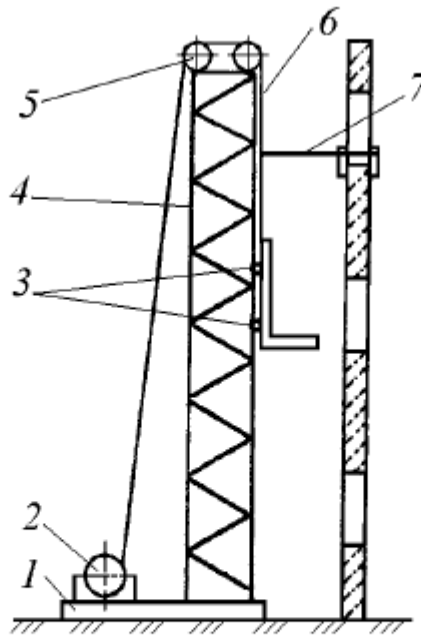


Рис. 1.1. Щогловий вантажний підйомач.

Однією з відмінних конструктивних характеристик є наявність жорсткої металевої щогли-ферми трикутного або прямокутного поперечного перерізу, яка виконує роль спрямовуючого та несучого елемента, забезпечуючи стабільність та міцність всієї конструкції

Вздовж щогли здатні переміщуватись один або декілько вантажонесучих пристроїв, так як уздовж щогли виконуються напрямні, на які спирається вантажонесучий пристрій підіймача. У стаціонарних виконаннях підіймачів щогли як правило спираються на опорну раму та з визначеним кроком кріпляться до елементів об'єктів, що зводяться, і виконуються з можливістю додаткового нарощування (рис.1.2).



1 – рама; 2 – лебідка; 3 – котки; 4 – щогла; 5 – обвідні блоки; 6 – опора;  
7 – канат; 8 – візок

Рисунок 1.2 – Схема одноствійного щоглового підіймача:

Рисунок 1.2 – Схема одноствійного щоглового підіймача:

Основною характеристикою будівельних підіймачів, як і будь-якого вантажопідійомного механізму, є їхня вантажопідійомність. Чим вище ця характеристика, тим міцніша і масивніша конструкція, а також складніший

Зм.	Лист.	№ док.	Підп.	Дата

КМБП 25 00.00.000ПЗ

Лист

монтаж та транспортування обладнання. (рис.1.3) Мобільні моделі підіймачів, як правило, обмежені вантажопідйомністю близько 500 кг, але час, що витрачається на їх встановлення та демонтаж, мінімальний. Тому пропонується конструкція підіймача вантажопідйомністю 320 кг, що забезпечує такі переваги як мобільність та заощадження часу при монтажі та демонтажі.



Рис.1.3. Щогловий підіймач на зведенні житлового будинку

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докum.	Підп.	Дата		



дозволяють точно оцінити вагу металоконструкцій, вантажів і інших елементів:

Вага візка –  $G_{\text{в}} = 3,25 \text{ кН}$  ;

Вага щогли –  $G_{\text{щ}} = 4,0 \text{ кН}$  ;

Вагу противаги підіймача розраховуємо згідно формули

$$G_n = G_{\text{в}} + \frac{1}{2}Q = 3,25 + \frac{1}{2}3,2 = 4,85 \text{ кН} \quad (2.1)$$

де  $Q = 3,2 \text{ кН}$  – максимальна вага вантажу, що підіймається;

зусилля в канатах відповідно вантажному  $S_1$  та противаги  $S_2$

$$S_1 = G_{\text{в}} + Q = 3,25 + 3,2 = 6,45 \text{ кН}$$

$$S_2 = G_n = 4,85 \text{ кН} .$$

Визначаємо сумарні вертикальні навантаження, що діють на щоглу підіймача  $N_{\text{щ}}$

$$N_{\text{щ}} = G_{\text{щ}} + G_{\text{в}} + Q + G_n + S_1 + S_2 = \quad (2.2)$$

$$= 4 + 3,25 + 3,2 + 4,85 + 6,45 + 4,85 = 26,6 \text{ кН}$$

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ док.м.	Підп.	Дата		

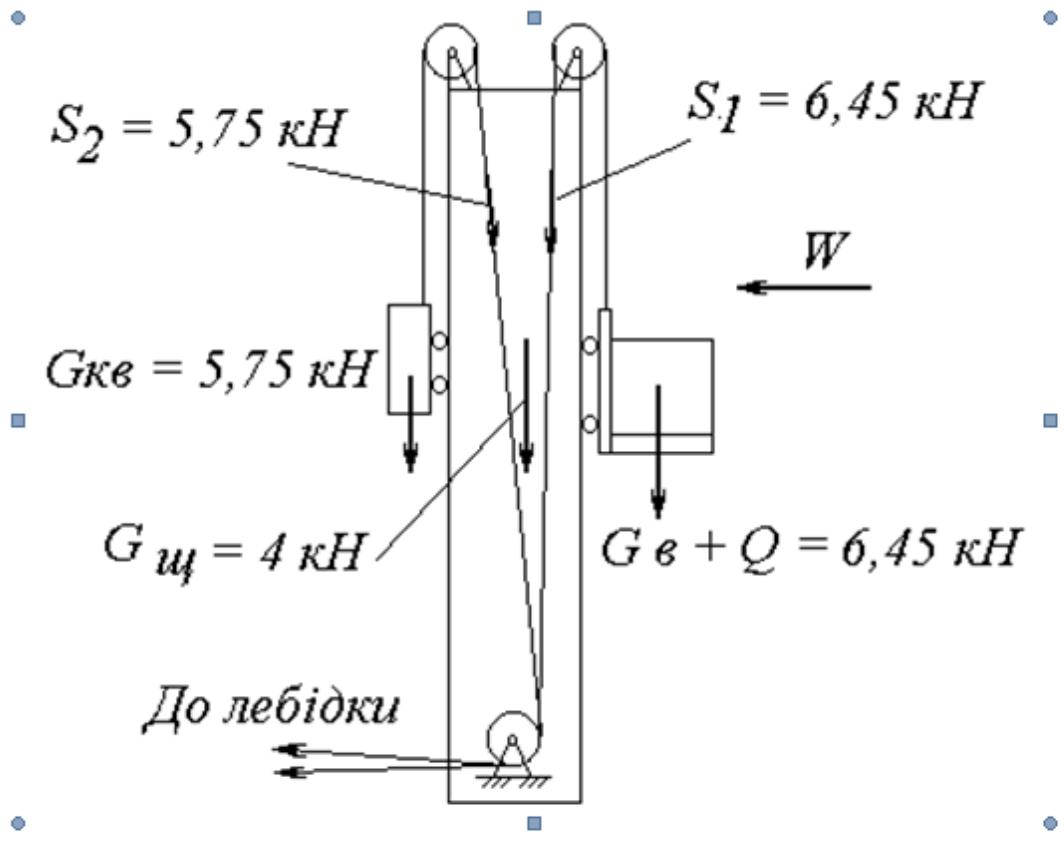


Рисунок 2.1 – Схема до розрахунку навантажень шогли

### 2.1.2 Розрахунок інерційних навантажень

Інерційні навантаження на підйомачу виникають, коли він знаходиться в робочому стані, тобто під час підйому або спуску вантажу. Це навантаження з'являється через зміну швидкості руху підйомача або його елементів. Під час неробочого стану, коли підйомач не рухається, інерційні навантаження відсутні, оскільки відсутня зміна швидкості (прискорення або сповільнення). В такому випадку система знаходиться в рівновазі, і діють лише статичні сили (наприклад, сила тяжіння вантажу).

Розраховуємо вертикальне інерційне навантаження  $V$  за формулою

$$V = 0,1 \frac{Q}{2} V = 0,1 \frac{3,2}{2} = 1,6, \text{ кН}, \quad (2.3)$$



$$A_g = a_g \cdot h_g = 27,5 \cdot 0,9 = 2,48 \text{ м}^2; \quad (2.7)$$

$a_g, h_g$  – відповідно довжина та висота візка з вантажем, м, які після конструктивного опрацювання приймаємо рівними  $a_g = 2,75$ ;  $h_g = 0,9$ ;

для суцільної площі вантажа –  $\alpha = 1$ .

Розрахункове навантаження на  $1 \text{ м}^2$  конструкції щогли  $\omega_{щ}$ , кПа, та візка з вантажем  $\omega_g$ , кПа

$$\omega_{щ} = \gamma_f \cdot \omega_0 \cdot k \cdot c_e \cdot \beta = 1,4 \cdot 0,125 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 2,2 = 0,54; \quad (2.8)$$

$$\omega_g = \gamma_f \cdot \omega_0 \cdot k \cdot c_e \cdot \beta = 1,4 \cdot 0,125 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,25 = 0,31, \quad (2.9)$$

де  $\gamma_f$  – коефіцієнт надійності при вітровому навантаженні; приймаємо рівним  $\gamma_f = 1,4$  [7];

$\omega_0$  – нормативний швидкісний напір тиску вітру, кПа; для робочого стану приймаємо для умов м. Кропивницький  $\omega_0 = 0,160$  [2];

$k$  – коефіцієнт, що враховує зміну швидкісного напору вітру залежно від висоти та типу місцевості; приймаємо за таблицею 2.2 [2]  $k = 1,0$ ;

$c_e$  – аеродинамічний коефіцієнт, який враховує вплив форми перерізу елемента; для вертикальних поверхонь приймаємо  $c_e = 1,4$  [2];

$\beta$  – коефіцієнт, що умовно враховує динамічну складову вітрового навантаження; для щогли приймаємо  $\beta = 2,2$ , для вантажу –  $\beta = 1,25$  [2].

Вітрові навантаження на щоглу  $W_{щ}$ , кН, та візок з вантажем,  $W_g$ , кН

$$W_{щ} = 1,56 \cdot 0,54 = 0,84; \quad (2.10)$$

$$W_g = 2,48 \cdot 0,31 = 0,77. \quad (2.11)$$



### 2.2.2 Розрахунок зусиль у щоглі підіймача.

Для визначення зусиль в елементах несучих металоконструкцій підіймача, наведені таблиці 2.1. розрахункові сполучення є важливим етапом, оскільки це дозволяє оцінити навантаження, які можуть виникнути при різних робочих умовах. Зазначене розрахункове сполучення, яке відповідає максимальним навантаженням робочого стану підіймача, враховує не лише навантаження від самого підіймача (механічні та статичні), але й зовнішні фактори, такі як максимальний вітер.

Для забезпечення міцності та стійкості конструкції підіймача важливо врахувати:

1. **Міцність** елементів конструкції під час роботи з максимально можливими навантаженнями, включаючи вагу підіймача, вантажу та вплив вітру.
2. **Стійкість** конструкції, що передбачає забезпечення стійкості до деформацій, зокрема при максимальному тиску вітру, коли підіймач знаходиться в робочому стані і не пересувається.

Визначення розрахункових сполучень:

1. **I-розрахункове сполучення:** Враховує основні навантаження, такі як вагу підіймача, статичні навантаження, а також постійну дію вітру.
2. **II-розрахункове сполучення:** Враховує навантаження від роботи підіймача в екстремальних умовах, включаючи максимальний вітер та інші фактори, що можуть вплинути на його стійкість і міцність.

Розрахунки для кожного з цих сполучень дозволяють визначити максимальні значення зусиль і перевірити, чи витримують елементи конструкції підіймача ці навантаження. Важливо також оцінити вплив різних комбінацій навантажень для забезпечення надійної і безпечної експлуатації підіймача.

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докum.	Підп.	Дата		

Повздовжня стискаюча сила  $N$ , яка діє на конструкцію і повинна бути врахована при розрахунках міцності та стійкості всієї системи, дорівнює сумі всіх сил, які розташовані вище з'єднання щогли з опорною рамою

$$N = -\gamma_n \cdot k_n \cdot N_k - V = -1,1 \cdot 26,6 - 0,16 = -29,42 \text{ Кн.} \quad (2.12)$$

Згинаючий момент, що діє на щоглу  $M_{32}$ , визначається попередньо умовно від сумісної дії вантажного моменту та повинен врахувати моменти від дії вітрового навантаження та контрвантажу:

$$M_{32} = M_g + M_w = 1,12 + 11,3 = 12,42 \text{ кН}\cdot\text{м}, \quad (2.13)$$

де  $M_g$  – вантажний момент, що враховує дію контрвантажу,

$$M_g = \frac{Q}{2} \cdot l = \frac{3,2}{2} \cdot 0,7 = 1,12 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad (2.14)$$

$l = 0,7 \text{ м}$  – відстань, прийнята від осі щогли до центра мас візка з вантажем,  $\text{м}$ ;

$M_w$  – момент, що створюється вітровим навантаженням

$$M_w = W_g \cdot h_{nid} + W_w \cdot \frac{h_w}{2} = 0,77 \cdot 9 + 0,84 \cdot \frac{10,4}{2} = 11,3 \text{ кН}; \quad (2.15)$$

$h_{nid}, h_w$  – висота відповідно підйому візка та щогли.

Поперечна сила в щоглі  $Q_w$ ,  $\text{кН}$ , визначається як сума сил вітрового навантаження на щоглу та ваги візка з вантажем

$$Q_w = W_w + W_g = 0,77 + 0,84 = 1,61 \text{ кН.} \quad (2.16)$$

Нормальна сила в перерізі пояса щогли  $S_{n,max}$ , визначається повздовжнім зусиллям та згинаючим моментом.

Тип решітки дійсно має великий вплив на розподіл зусиль у поясах щогли. Вибір трикутної решітки з суміщеними вузлами може значно зменшити зусилля, які виникають у поясах щогли, оскільки така конструкція має кілька важливих переваг.











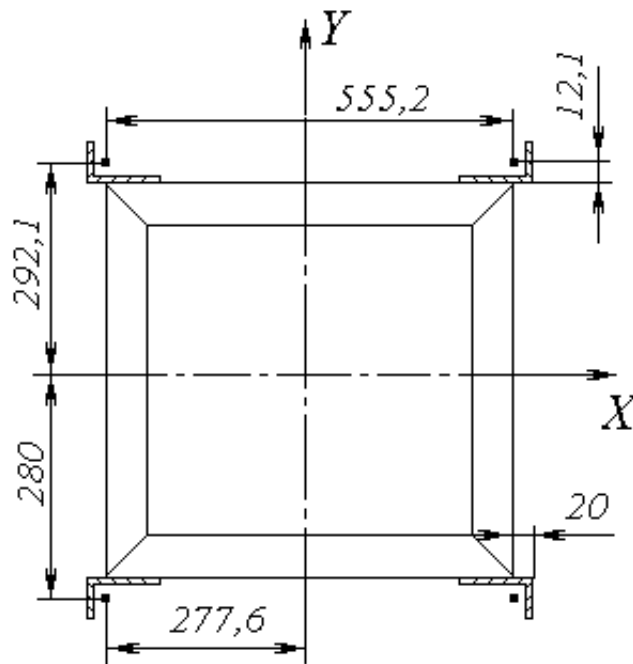


Рисунок 2.2 – Переріз поясу щогли

Отже, сумарні моменти інерції  $\Sigma J_x$ ,  $\Sigma J_y$ ,  $см^4$ , відносно осей X та Y складуть:

$$\Sigma J_x = 4 \left[ 40,9 + 7,25 \cdot 29,21^2 \right] = 24907; \quad (2.27)$$

$$\Sigma J_y = 4 \left[ 14,6 + 7,25 \cdot 27,66^2 \right] = 22246. \quad (2.28)$$

Для уточнення розрахунків та оптимізації конструкції було проведено комп'ютерне моделювання металеві щогли в середовищі САПР «SolidWorks 2013».

На рис. 2.3. наведено результати моделювання напруженого стану елементів щогли з метою аналізу напружено-деформаційного стану.

Аналіз результатів показує, що загалом умови міцності та деформації для щогли виконуються. Ось детальніший аналіз:

## Міцність:

- Найбільші напруження виникають у нижньому перерізі першої секції щогли (місце кріплення щогли до опорної рами) і складають 182,1 МПа, що є меншим за границю текучості матеріалу (225 МПа). Це означає, що міцність щогли не перевищує допустимих меж, і умови міцності виконуються.
- Коefфіцієнт запасу міцності (k) на цьому рівні складає 1,236, що трохи перевищує допустиме значення 1,2, тобто щогла має певний запас міцності, але додавання додаткових секцій на висоту більше 10 м вже є небажаним, оскільки це може призвести до перевантаження елементів.

## 2. Деформації:

- Найбільші переміщення щогли відзначаються у верхньому перерізі останньої секції щогли і складають 16,78 мм.
- Для сталевих щогл допустимі переміщення варіюються в межах від 1/100 до 1/200 висоти щогли, що для щогли висотою 10 м становить 50 мм – 100 мм.
- Отже, переміщення щогли (16,78 мм) значно менші за максимально допустимі значення, що свідчить про те, що деформації знаходяться також в межах допустимих норм.

Таким чином, з точки зору міцності та деформацій, проект щогли можна вважати безпечним для висоти до 10 м, проте збільшення висоти потребуватиме додаткових досліджень і, ймовірно, посилення конструкції.

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докцм.	Підп.	Дата		

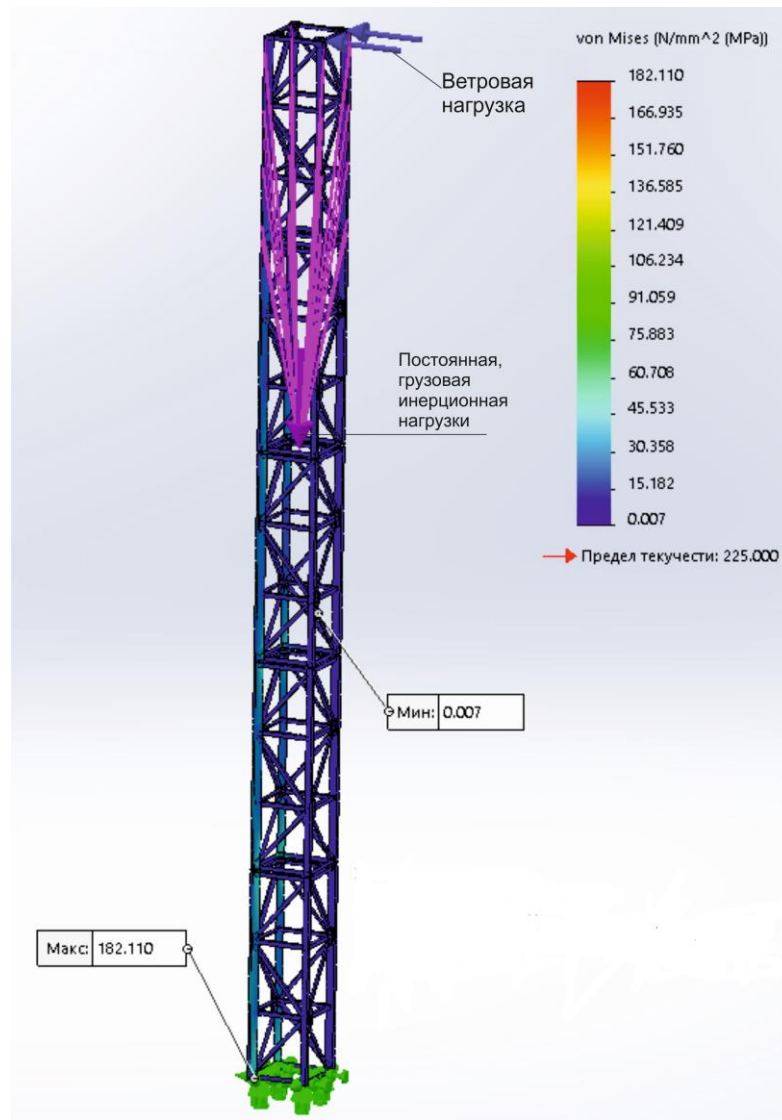


Рис. 2.3. Графічні визначення напружень елементів щогли підіймача за результатами моделювання.

Зм.	Лист.	№ док.м.	Підп.	Дата

КМБП 25 00.00.000ПЗ

Лист

# Эпюра запаса прочности.

Имя модели: Сборка Мачта  
 Название исследования: Статический анализ 1(-По умолчанию-)  
 Тип эпюры: Запас прочности Запас прочности1  
 Критерий : Авто  
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1.2

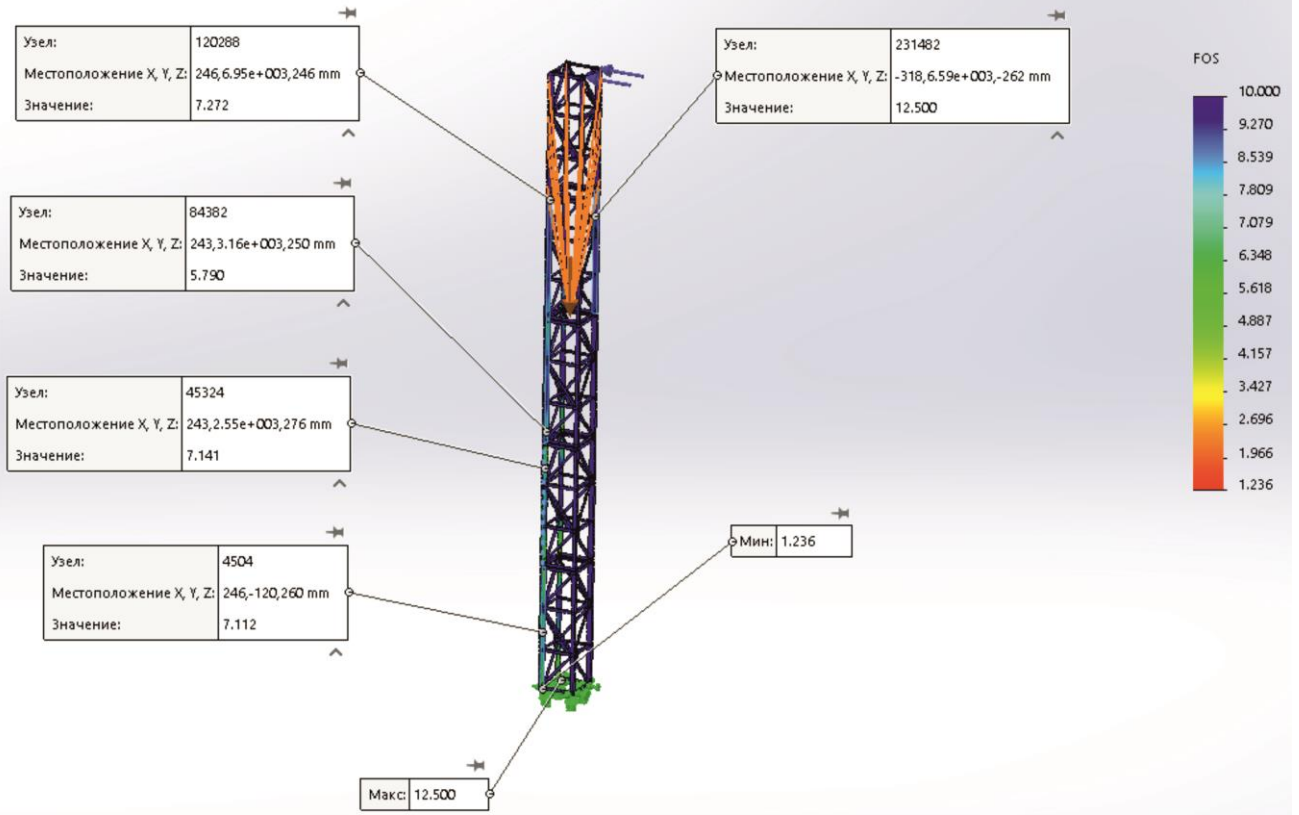


Рис. 2.4. Графічні визначення запаса міцності напружених елементів щогли підіймача за результатами моделювання.

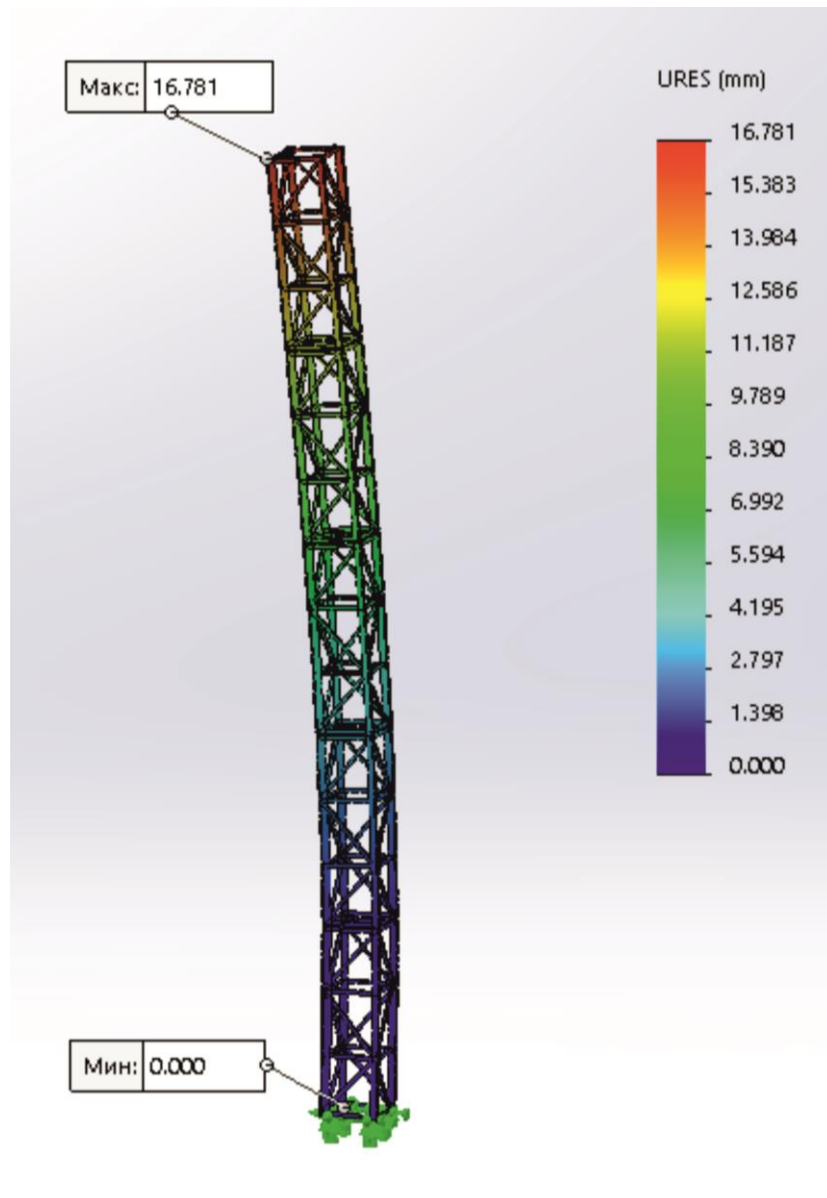
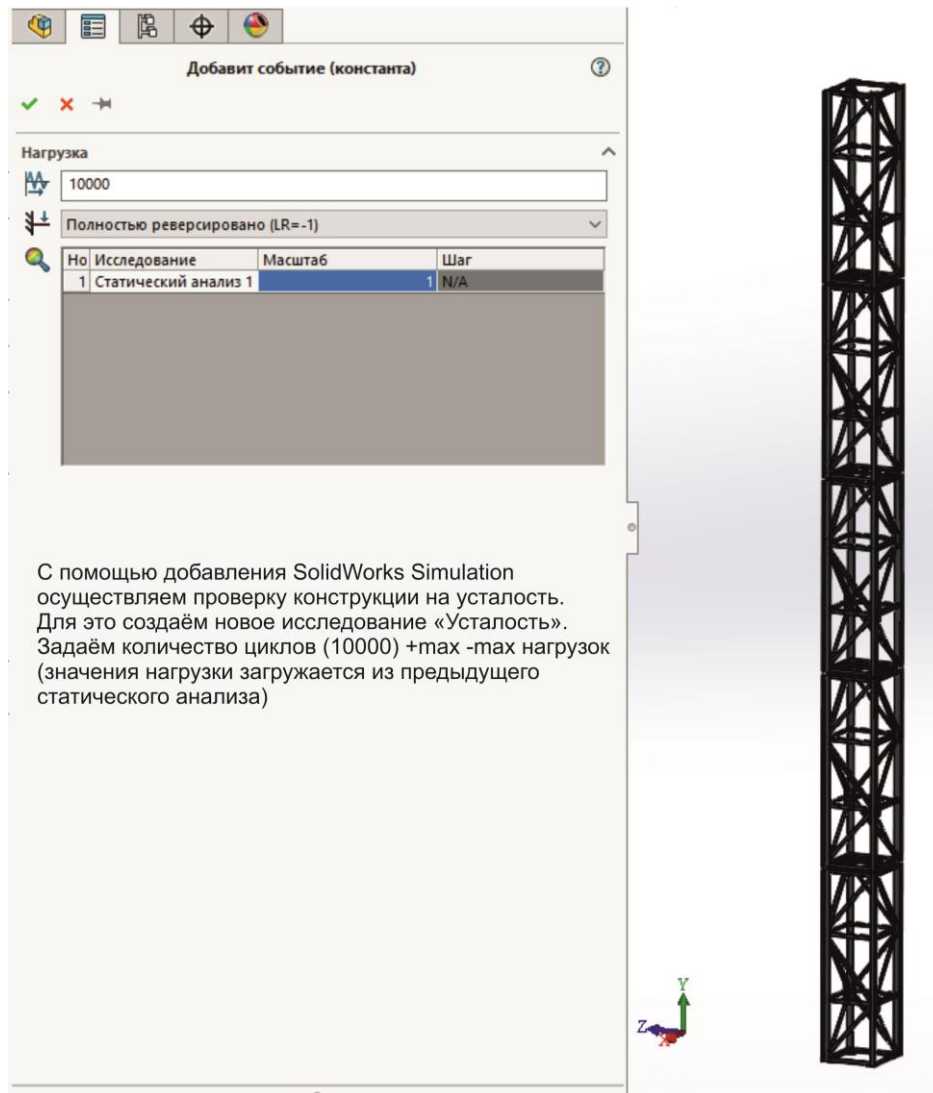


Рис.2.5. Графічні визначення переміщень елементів щогли підймача за результатами моделювання.



С помощью добавления SolidWorks Simulation осуществляем проверку конструкции на усталость. Для это создаём новое исследование «Усталость». Задаём количество циклов (10000) +max -max нагрузок (значения нагрузки загружается из предыдущего статического анализа)

Рис. 2.6.а

**Процент повреждения металлоконструкций  
через 10000 циклов максимальных напряжений**

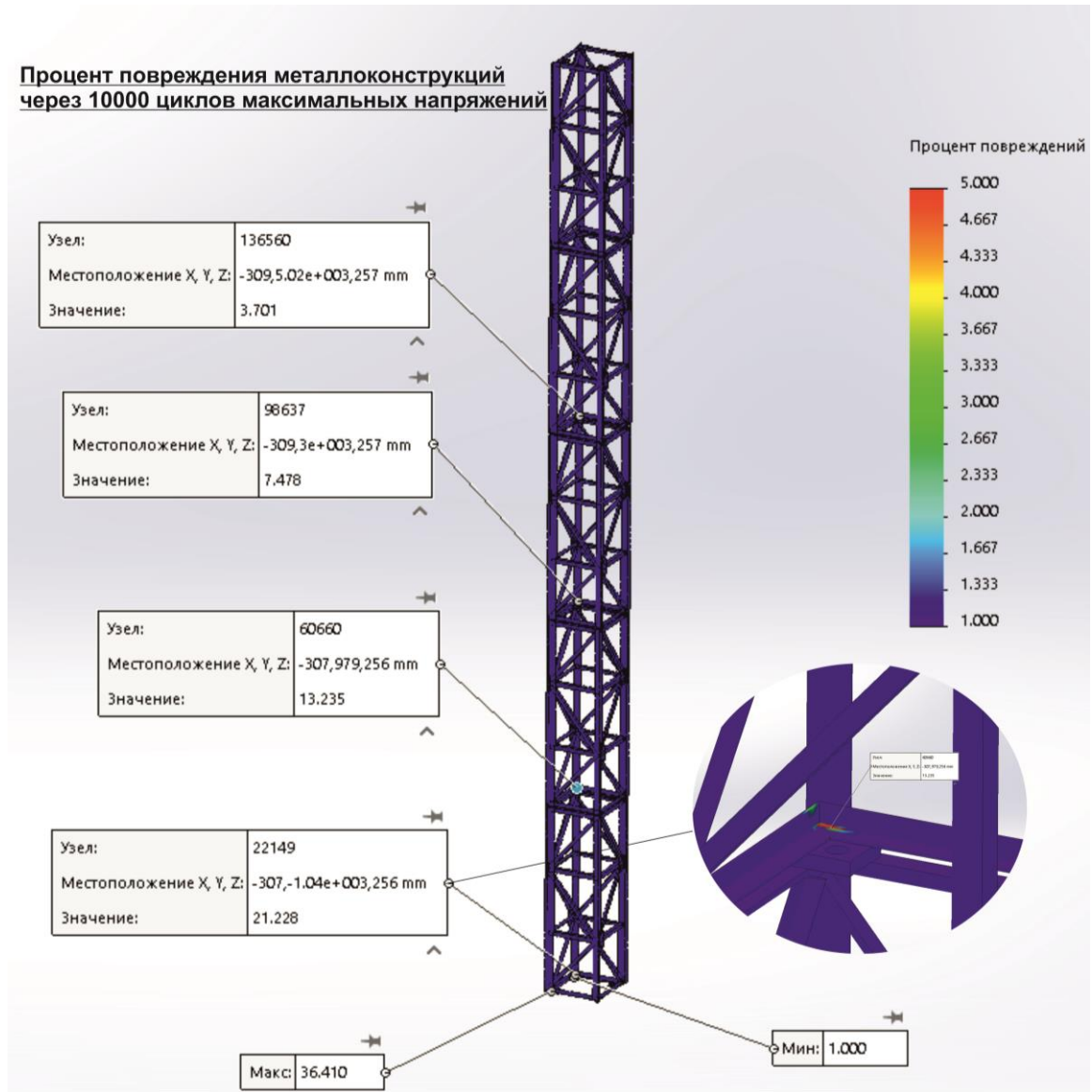


Рис.2.6 б



частину конструкції буде пошкоджено або втратить міцність після 1000 циклів навантажень. Дане дослідження дає змогу оцінити, як стомлюються матеріали конструкції в умовах постійних навантажень, і визначити, чи відповідає їхня стійкість вимогам для певного терміну служби.

3. Визначення мінімального періоду часу, протягом якого металоконструкція зберігає свої функціональні властивості та здатність витримувати навантаження без необхідності значних ремонтів або заміни основних елементів. (пункт в):
4. Це результат аналізу, що дає змогу визначити, скільки часу може безпечно функціонувати металоконструкція, поки не з'являться значні пошкодження чи руйнування. Визначення мінімального терміну служби металоконструкції залежить від багатьох факторів, зокрема від типу конструкції, матеріалів, умов експлуатації, рівня втоми матеріалу, який залежить від величини навантажень і кількості циклів навантажень, а також від дотримання норм і стандартів. Ці етапи моделювання є важливими для забезпечення довговічності та безпеки металевих конструкцій, особливо тих, що піддаються циклічним навантаженням.

Результати дослідження показують, що найбільша частка пошкоджень металоконструкції можлива через 1000 циклів навантажень в місці кріплення нижнього перерізу першої секції щогли до опорної рами . Цей тип пошкоджень складає **36,4%** від загальної кількості пошкоджень. Крім того, мінімальний періоду часу служби металоконструкції щогли становить **27465 циклів** максимального навантаження, що відповідає умовам її експлуатації в даному конкретному місці.

					КМБП 25 00.00.000073	Лист
Зм.	Лист.	№ док.	Підп.	Дата		



Ці результати демонструють ефективність застосування оптимізованої конструкції підіймача в умовах будівництва, забезпечуючи оптимальні параметри міцності та тривалий термін служби при мінімальних витратах на матеріали та енергію.

					КМБП 25 00.00.0000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докцм.	Підп.	Дата		

### 3. Розрахунковий розділ.

#### Розрахунок механізму підйому підіймача

##### 3.1. Кінематична схема механізму підйому

Після визначення параметрів щогли, виконуємо проектування канатного механізму підйому, який буде використовуватися для підіймача. Запроваджуємо кілька ключових аспектів цього механізму для зниження його габаритів і маси:

##### 1. Механізм підйому (рис.3.1):

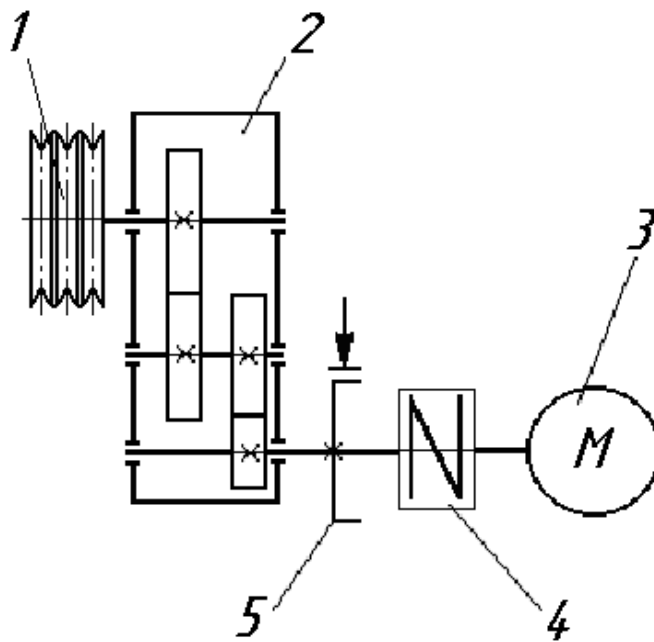


Рисунок 3.1 – Кінематична схема вантажної лебідки підіймача

- Основу механізму складають лебідка, візок та канатноблочна система. Це стандартне рішення для підйомних механізмів, яке застосовується в багатьох існуючих конструкціях.

##### 2. Компоненти лебідки:

- Електродвигун (3): забезпечує рух лебідки.
- Редуктор (2): знижує швидкість обертання та збільшує момент сили.
- Гальмо (5): для фіксації лебідки під час зупинки або при необхідності утримувати вантаж.

- Муфта з гальмівним шківом (4): передає крутний момент від редуктора до шківа, одночасно виконуючи роль гальма.
- Канатоведучий шків (1): служить для направлення канату на підйом.

### 3. Зниження габаритів і маси:

- Оптимізація конструкції: важливо застосовувати матеріали з високими механічними характеристиками, щоб зменшити масу компонентів без втрати міцності.
- Удосконалення механізмів: використання компактних редукторів, ефективних гальмівних систем і полегшених електродвигунів може допомогти знизити загальні габарити і масу.
- Модульний підхід: можливо застосувати модульні конструкції для окремих частин механізму, щоб спростити виробництво та зменшити витрати матеріалів.

### 4. Кінематична схема:

- Далі, важливо розглянути кінематичну схему лебідки (як на рисунку 3.1), яка дозволить точніше визначити розподіл зусиль, ефективність роботи механізму і вплив кожного компонента на роботу всієї системи.

Для розрахунків і проектування таких систем необхідно враховувати не лише механічні властивості компонентів, але й умови експлуатації, можливі навантаження та вимоги до безпеки.

					<i>КМБП 25 00.00.000ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		







1. На основі розрахункового розривного зусилля, обрано діаметр каната, що відповідає мінімальним вимогам для зусилля розриву в конкретній ситуації.
2. На основі розрахункового розривного зусилля для конкретного застосування обрано канат, розривне зусилля якого достатнє для забезпечення необхідної безпеки в експлуатації  $S_p = 35,55$  кН, діаметром  $d_k = 8,3$  мм при розрахунковій межі міцності дротинок  $\sigma = 1570$  МПа
3. Канати типу ЛК – Р 5,6 – В – І – Н – 1570 6x19 (ДСТУ EN 12385-4:2017 Канати сталеві дротяні. Конструкції) мають певні переваги, такі як високий опір до стирання та вигинів, що робить їх придатними для складних умов експлуатації.

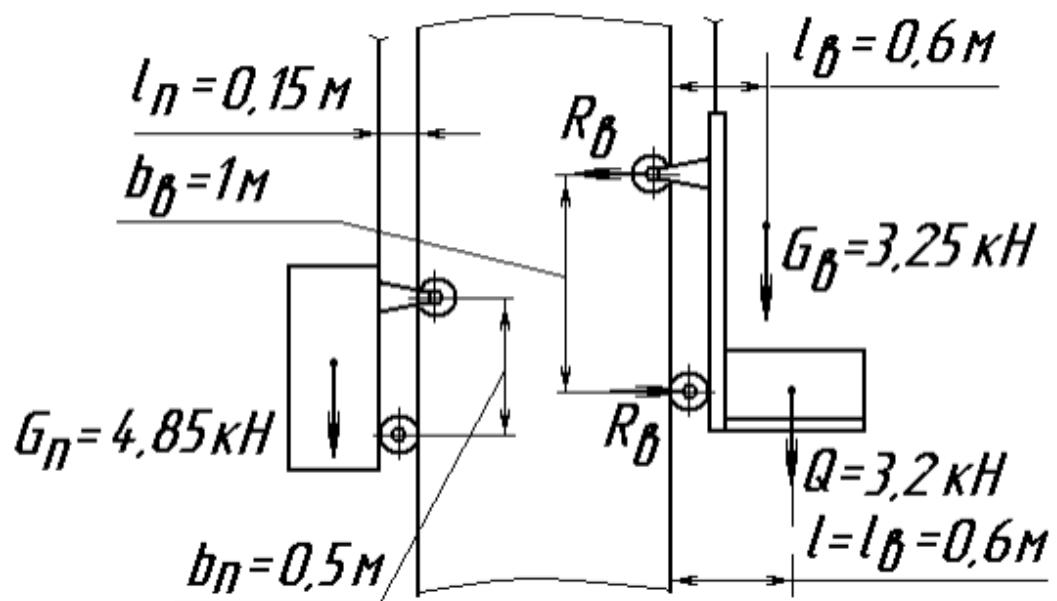


Рисунок 3.2 – Схема визначення сил тертя при пересуванні візка з вантажем та противаги по направляючим

Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата

КМБП 25 00.00.000ПЗ

Лист











де  $J_p = 0,0092 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  – момент інерції ротора електродвигуна,

$J_m$  – момент інерції зубчастої муфти з гальмівним шківом, який попередньо вибрано з каталога [4], по  $M_{ред}$ :  $J_m = 0,0763 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ;

$\delta$  – коефіцієнт, що враховує моменти інерції мас деталей, які обертаються повільніше за вал електродвигуна, згідно рекомендацій ДСТУ ISO/TR 13593:2005  $\delta=1,05\dots1,25$ ; відповідно приймаємо  $\delta = 1,2$ ;

$m$  – маса вантажа, що піднімається підйомачем.

Для випадку що розглядається прийнято  $m = 290 \text{ кг}$ ;

$u_p = 12,41$  – передаточне число редуктора, прийняте по ДСТУ ISO/TR 13593:2005;

$R_{ш}$  – радіус барабана по центру навитого каната вантажної лебідки підйомача:

$$R_{ш} = 0,104m.$$

Час пуску  $t_n$ . відповідно при підйомі і опусканні вантажа

$$t_n = \frac{J_{np}\omega}{M_{n.cр} - M_{c.n}} = \frac{0,13 \cdot 78,5}{16,9 - 13,2} = 2,8 \text{ с}; \quad (3.24)$$

$$t_n = \frac{J_{np}\omega}{M_{n.cр} + M_{c.on}} = \frac{0,13 \cdot 78,5}{16,9 + 9,2} = 0,4 \text{ с}, \quad (3.25)$$

що не перевищує значень часу пуску 8...10 с, рекомендованих за ДСТУ ІЕС 60034-1:2019).

Під час підйому вантажа лебідкою підйомача виникає прискорення пуску  $a_n$ ,

$$a_n = \frac{v\phi}{t_n} = \frac{0,66}{2,8} = 0,24 \text{ м/с}^2, \quad (3.26)$$

що задовольняє значенням, рекомендованим ДСТУ ІЕС 60034-1:2019.

Вибір гальма виконано по відомим методикам [1,2,3,7] та наведено в додатках

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		



3. Виконані дослідження стали основою для розробки проекту малогабаритного мобільного щоглового будівельного підіймача який має вантажопідйомність 3,2 кН та висоту підйому 9 м, а саме виконано загальний розрахунок лебідки з канатоведучим шківом, розрахунки найбільш відповідальних деталей. Також розроблено креслення вигляду загального підіймача, складальні креслення його вузлів та робочі креслення найбільш відповідальних деталей.

4. Основні заходи з безпечної експлуатації підіймача висвітлено в розділі з охорони праці.

5 Таким чином мета роботи виконана.

					<i>КМБП 25 00.00.000ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

## Література

1. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник [В.С. Бондарєв, О.І. Дубинець, М.П. Колісник та ін.]. – К.: Вища шк., 2009. – 734.
2. Лівінський О.М. Підйомно-транспортні та вантажно-розвантажувальні машини: підручник / О.М. Лівінський, О.І. Курок, Л.Є. Пелевін та ін. – Київ: «МП Леся», 2016. – 676 с.
3. Гончарук О.М. Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка: навч. посібник / О.М. Гончарук, В.М. Стрілець. – Рівне: вид-во НУВГП, 2006. – 345 с
4. В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин / В. Т. Павлице. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с
5. Дирда В.І. Довідковий посібник розрахунків механізмів сільськогосподарських та підйомно-транспортних машин: навчальний посібник / В.І. Дирда, Ю.М. Овчаренко - Дніпропетровськ, 2003. – 52 с.
6. Деталі машин: підручник / [Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін.]. – Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. – 308 с.

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		

## Зміст

Стор.

Вступ

1. Аналітичний розділ. Обґрунтування задач дослідження.....	
2. Дослідницький розділ. Комп'ютерне моделювання та дослідження металоконструкції щогли.....	
3. Розрахунковий розділ. Розрахунок механізму підйому.....	
5. Охорона праці.....	
Висновки.....	
Література.....	
Зміст.....	
Додатки	

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докцм.	Підп.	Дата		

## ДОДАТКИ

### Д.1. Розрахунок гальмівного моменту та вибір гальма

Розрахунковий гальмівний момент  $M_z$ , Н·м,

$$M_z = k_z M_{cm.z} = 1,5 \cdot 9,5 = 14,25, \quad (Д1.1)$$

де  $k_z$  – коефіцієнт запасу гальмування;  $k_z = 1,5$  який визначаємо за таблицею 18 [1];

$M_{cm.z}$  – статичний момент на валу двигуна при гальмуванні, Н·м.

$$M_{cm.z} = \frac{W_{gn} D \eta_M}{2 u_M} = \frac{1340 \cdot 0,2083 \cdot 0,85}{2 \cdot 12,41} = 9,5, \quad (Д1.2)$$

По додатку XLIX [2] вибираємо двоколודкове гальму типу ТКТ – 200/100 з найбільшим гальмівним моментом  $M_z = 40$  Н·м, і регулюємо його на розрахунковий гальмівний момент.

Визначаємо час гальмування механізму підйому  $t_z$ , с,

$$t_z = \frac{J_{np.z} \cdot \omega}{M_z + M_{cm.z}} = \frac{0,11 \cdot 78,5}{14,25 + 9,5} = 0,36, \quad (Д1.3)$$

де  $J_{np.z}$  – момент інерції рухомих мас механізму приведений до вала двигуна при гальмуванні, кг·м<sup>2</sup>,

$$\begin{aligned} J_{np.z} &= \delta (J_p + J_M) + m \frac{R_{ш}^2 \cdot \eta_M}{u_p^2} = \\ &= 1,2 (0,0092 + 0,0763) + 290 \frac{0,104^2 \cdot 0,85}{12,41^2} = 0,11. \end{aligned} \quad (Д1.4)$$

Величина гальмівного шляху  $S$ , м,

$$S = v_{\phi} \cdot t_z = 0,66 \cdot 0,36 = 0,23. \quad (Д1.5)$$

Одержане значення гальмівного шляху задовольняє вимогам точності подачі вантажу [1].

Перевірка гальма за моментом

Умова правильного вибору гальма

$$KM^H \leq m_0 M^P, \quad (Д1.6)$$

де  $K$  – коефіцієнт перевантаження. При перевірці гальм механізмів підйому за найбільшим моментом приймають  $K = 1,5$  [2];

$M^H$  – момент на валу двигуна від нормативних складових навантажень при гальмуванні, Н·м,

$$M^H = M_{ст.з} = 9,5; \quad (Д1.7)$$

$m_0$  – коефіцієнт умов роботи,

$$m_0 = m_1 \cdot m_2 = 1,0 \cdot 0,8 = 0,8, \quad (Д1.8)$$

$m_1$  – коефіцієнт відповідальності. При перевірці гальм  $m_1 = 1,0$  [2];

$m_2$  – коефіцієнт, що враховує умови роботи. При перевірці гальм механізмів підйому за найбільшим моментом приймаємо  $m_2 = 0,8$  [2];

$M^P$  – розрахункова несуча здатність по моменту; в даному розрахунку приймаємо рівною максимальному гальмівному моменту, Н·м, тобто

$$M^P = M_{max} = 100. \quad (Д1.9)$$

Тоді

$$KM^H = 1,5 \cdot 9,5 = 14,25; \quad (Д1.10)$$

$$m_0 M^P = 0,8 \cdot 40 = 32; \quad (Д1.11)$$

Оскільки  $14,25 < 32$  то вибране гальмо задовольняє перевірці по моменту [2].

Література до розділу

1. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник [В.С. Бондарев, О.І. Дубинець, М.П. Колісник та ін.]. – К.: Вища шк., 2009. – 734.

2. Вантажопідймальні крани, підймальні пристрої і відповідальне обладнання. Виготовлення. Загальні технічні вимоги. СОУ МПП 53.020-158:2006.

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ док.	Підп.	Дата		











$$K_n M_{пер} \leq k_{ур} M_{ут}, \quad (Д2.18)$$

де  $K_n$ , – коефіцієнти перевантаження;

$M_{пер}$ ,  $M_{ут}$  – відповідно перекидаючий та утримуючий моменти, кН·м,

що діють на підіймач;

$k_{ур}$  – коефіцієнт умов роботи, значення якого приймаємо таким же як і для першого розрахункового положення.

Обчислимо значення коефіцієнта перевантаження за формулою (Д2.2)

$$K_n = 1 + K_1 K_2, \quad (Д2.19)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт надійності; приймаємо по таблиці 15.1 [2]

$$K_1 = 4;$$

$K_2$  – коефіцієнт мінливості, який визначаємо за формулою (Д2.3)

$$K_2 = \frac{\sqrt{M_{S_{W_{ц}}}^2 + M_{S_{W_6}}^2 + M_{S_Q}^2}}{M^H}; \quad (Д2.20)$$

$M_{S_{W_{ц}}}$ ,  $M_{S_{W_6}}$  – відповідно моменти, кН·м, відносно ребра

перекидання від середніх квадратичних відхилень випадкових сладових вітрових навантажень на щоглу та візок, які обчислюємо за формулами (7.4, 7.5) прийнявши значення коефіцієнтів  $m_n$  та  $\xi$  такими ж як і для першого розрахункового положення, тобто  $m_n = 0,12$ ,  $\xi = 1,8$ ;

$M_{S_Q}^2$  – момент, кН·м, відносно ребра перекидання від середнього квадратичного відхилення ваги вантажу.

Перекидаючі моменти від нормативних вітрових навантажень на щоглу  $M_{W_{ц}}^H$ , кН·м, та візок  $M_{W_6}^H$ , кН·м, знайдемо за формулами (Д2.6, Д2.7) прийнявши нормативне вітрове навантаження на візок  $W_6$ , кН, рівним  $W_6 = 0,74$ , а довжини плеч, м, прикладання навантажень такими ж як і для першого розрахункового положення, тобто  $l_1 = 5,5$ ,  $l_2 = 9$ .

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		





$$h = \frac{9}{4} = 2,25. \quad (\text{Д2.35})$$

Розміри небезпечної зони приймаємо із розрахунку максимальних конструктивних розмірів платформи у плані плюс  $1/4$  висоти підйому вантажу, але в усіх випадках не менше  $5 \text{ м}$ . Оскільки розрахункова відстань від підіймача до межі небезпечної зони  $h = 2,25 \text{ м} < 5 \text{ м}$ , то приймаємо  $h = 5 \text{ м}$ . Схема небезпечної зони експлуатації підіймача показана на кресленні КМБП 25 00.00.000 ОП.

### Д2.2.3 Розташування апарату керування підіймачом

У вантажних підіймачів апарат керування повинен встановлюватись у безпечному місці; при цьому повинно бути забезпечено належний огляд навантажувально-розвантажувальних майданчиків [3].

Розташування пульта керування в зоні I як показано на кресленні КМБП 2500.00.000 ОП дозволяє мотористу одночасно добре бачити вертикальне переміщення платформи, стан вантажу на ній, зупинку платформи проти вікна і робітника, що проводить навантажувально-розвантажувальні роботи. Розташування пульта керування в зонах II, III, IV не дає потрібного ефекту.

На основі вищевказаного можна зробити висновок, що пульт керування або кабінку моториста доцільно розташовувати з боку платформи підіймача під кутом  $45^\circ$  (в плані) до будівлі на відстані  $2/3$  від максимальної висоти підйому вантажу над поверхнею землі так, щоб відстань до очей моториста було не меншою за  $2 \text{ м}$ .

### 7.3 Техніка безпеки при експлуатації підіймача

Правила безпечної експлуатації підіймача, що проектується, розробимо на основі "Правил будови та безпечної експлуатації ліфтів" [2], у яких викладено основні положення будови та експлуатації підіймачів, які забезпечують їх безпечну роботу.

					КМБП 25 00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата		



12. Технічний огляд цих підйомачів повинен бути покладений їх користувачем на представника технічної адміністрації, який здійснює нагляд за вантажопідйомними машинами підприємства і повинен проводитись відповідно з чинними Правилами.

					<i>КМБП 25 00.00.000ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Література до розділу

1. Ярошевська В.М., Чабан В.Й. Охорона праці в галузі: навчальний посібник. Київ : ВД “ Професіонал ”, 2004. 288с.
2. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. [Чинний від 2018—04—10]. Київ : Міністерство соціальної політики України, 2018.
3. НПАОП 0.00-1.02-08 «Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів Правила охорони праці у газовому господарстві підприємств чорної [Чинний від 2008-10-18]. Київ : Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, 2008.

					<i>КМБП 25 00.00.000ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		