

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни «Спеціальні крани»
для студентів спеціальності G11 "Машинобудування",
освітня програма G11.05 "Транспортні засоби" /
"Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні,
меліоративні машини і обладнання"
усіх форм навчання

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Спеціальні крани" для студентів спеціальності G11 "Машинобудування", освітня програма G11.05 "Транспортні засоби" / "Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання" усіх форм навчання / С.Л.Рягін, О.В.Черкашина, С.В.Кирилах. – Запоріжжя: Національний університет "Запорізька політехніка", 2026. – 33 с.

Укладачі:

С.Л.Рягін, доцент, канд. техн. наук

О.В.Черкашина, зав. лабораторією

С.В.Кирилах, ст. лаборант кафедри "Композиційні матеріали, хімія та технології"

Рецензент: М.В.Сидоренко, доцент, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск:

Р.О.Фролов, канд. техн. наук,

завідувач кафедрою "Деталі машин і ПТМ"

Затверджено

на засіданні кафедри

"Деталі машин і ПТМ"

Протокол №9 від 03.06. 2026р.

Рекомендовано до видання НМК

Машинобудівного факультета

Протокол №9 від 09.06. 2026р.

ЗМІСТ

с.

Вступ.....	5
1 Лабораторна робота №1. Вивчення конструкції та вантажопідйомної характеристики електромагніта	6
1.1 Мета роботи.....	6
1.2 Теоретичні положення	6
1.3 Порядок виконання роботи.....	8
1.4 Зміст звіту.....	9
1.5 Контрольні запитання.....	9
2 Лабораторна робота №2. Вивчення конструкції баштового крана.....	10
2.1 Мета роботи.....	10
2.2 Теоретичні положення	10
2.3 Порядок виконання роботи.....	13
2.4 Зміст звіту.....	13
2.5 Контрольні запитання.....	13
3 Лабораторна робота №3. Дослідження фрикційних витків каната на барабані.....	15
3.1 Мета роботи.....	15
3.2 Теоретичні положення	15
3.3 Порядок виконання роботи.....	17
3.4 Зміст звіту.....	17
3.5 Контрольні запитання.....	18
4 Лабораторна робота №4. Дослідження зачерпуючої здатності двоканатного грейфера.....	20
4.1 Мета роботи.....	20
4.2 Теоретичні положення	20
4.3 Порядок виконання роботи.....	22
4.4 Зміст звіту.....	22
4.5 Контрольні запитання.....	23
5 Лабораторна робота № 5. Дослідження диференційного (компенсаційного) поліспада	24
5.1 Мета роботи.....	24
5.2 Теоретичні положення	24
5.3 Порядок виконання роботи.....	27
5.4 Зміст звіту.....	27

5.5 Контрольні запитання.....	27
6 Лабораторна робота №6. Вивчення конструкції та роботи крана-штабелювальника	28
6.1 Мета роботи.....	28
6.2 Теоретичні положення.....	28
6.3 Порядок виконання роботи	30
6.4 Зміст звіту	30
6.5 Контрольні запитання.....	31
Перелік джерел посилання	32

ВСТУП

Спеціальний кран – це кран, конструкцію якого підпорядковано певному технологічному процесу або умовам роботи: розливанню сталі, перевантаженню контейнерів, монтажу на висоті, роботі на хвилі, тощо. Від крана загального призначення він відрізняється вантажозахоплювальним органом, кінематикою механізмів, вимогами до надійності та середовищем експлуатації.

При вивченні дисципліни "Спеціальні крани" виконання лабораторних робіт сприяє кращому засвоєнню теоретичного матеріалу. Знайомство з лабораторним обладнанням, проведення експериментів допомагає закріпленню знань та їх подальшому раціональному використанню.

Студент має самостійно підготуватися до проведення лабораторних робіт, зокрема, вивчити відповідний лекційний матеріал та ознайомитись з цими методичними вказівками.

Перед виконанням лабораторних робіт студенти мають пройти всі необхідні інструктажі, зокрема, інструктаж з Техніки безпеки. Під час проведення лабораторних робіт студенти мають суворо дотримуватись вимог Техніки безпеки. Починати роботу дозволяється тільки з дозволу викладача. У разі виникнення несправностей або інших несподіваних ситуацій студенти мають припинити виконання лабораторної роботи та повідомити викладачу.

Лабораторна робота № 1

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ВАНТАЖОПІДЙОМНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТА

1.1 Мета роботи

Вивчення конструкції та електричної схеми підключення підйомного електромагніта та експериментальне визначення його вантажопідйомної характеристики.

1.2 Теоретичні положення

Вантажні електромагніти використовуються для підйому і переміщення сталевих та чавунних вантажів, які є феромагнітними. Магніт не притягує нагріті до 720°C вантажі, а також сталі, які вміщують нікель або марганець.

Магніти бувають круглої або прямокутної форми різної вантажопідйомності [1].

Круглий електромагніт (рис. 1.1) підвішується на гак крана на трьох зварних ланцюгах 1. Живлення постійним струмом підводиться гнучким кабелем 2. Корпус електромагніта 3 надійно захищає котушку 4 від механічних пошкоджень. Знизу до корпусу закріплені полюси 5. На гак електромагніт підвішується через динамометр 6. Керування магнітами здійснюється за допомогою магнітних контролерів. На панелі магнітного контролера (рис.1.2) монтується ввідний рубильник 1Р, запобіжники 1П, 2П, вмикаючий контактор В, контактор розмагнічування [2].

Для захоплення вантажу електромагнітом слід замкнути контакт К командоконтролера, що увімкне котушку контактора В. Електромагніт М вмикається в джерело постійного струму і вантаж захоплюється. При вимкненому електромагніті котушка контактора не заживлюється струмом, так як в її ланцюзі розірвано контакт В.

Щоб звільнити електромагніт від вантажу, необхідно вимкнути його, що здійснюється за допомогою контакта К та контактора В. Після вимикання електромагніту струм в ньому не зникає зразу.

Під дією е.р.с. самоіндукції струм продовжує текти через електромагніт в тому ж напрямку через опори ПС та РС. При цьому напруга на котушці Н виявляється достатньою, щоб контактор Н спрацював. Електромагніт знов підключиться до джерела струму, але зі зміною полярності, внаслідок чого відбувається розмагнічування та ліквідація залишкового магнетизму. Так як напрям струму змінився магнітний потік знижується до нуля, магніт визволяється навіть від легких вантажів, наприклад, від стружки [4].

Під час зміни струму напруга на котушці Н зменшується, контактор Н відключається і електромагніт втрачає постачання.

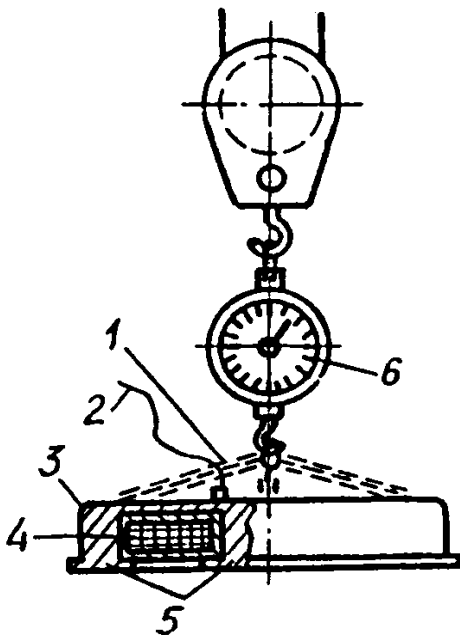


Рисунок 1.1 – Лабораторний вантажозахоплювальний пристрій з електромагнітом та динамометром

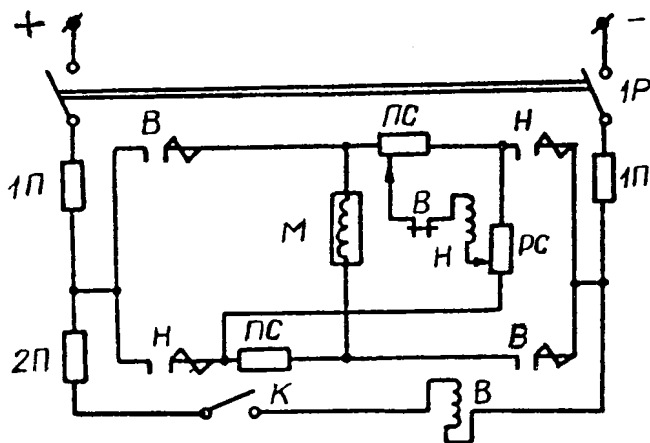


Рисунок 1.2 – Електросхема підключення та керування магнітом

Лабораторне обладнання

1. Вантажний електромагніт.
2. Ємність з дрібними сталевими деталями, стружкою, чавунний диск.
3. Динамометр.

1.3 Порядок виконання роботи

Експериментальне визначення вантажопідйомності електромагніта виконується в такій послідовності:

- 1) опустити гакову підвіску з електромагнітом на вантаж;
- 2) увімкнути електромагніт;
- 3) підняти електромагніт з вантажем на висоту 0,2 – 0,3 м;
- 4) зафіксувати показники динамометра;
- 5) опустити вантаж на опору;
- 6) вимкнути електромагніт.

Вказані операції повторити тричі для одержання середнього значення ваги піднятого електромагнітом вантажу [1].

Для кожного вантажу виконати аналогічні операції. З показників динамометра треба вилучити власну вагу електромагніта.

Підрахувати коефіцієнт вантажопідйомності, приймаючи максимальну вагу масивного вантажу, піднятого магнітом, за 100%.

Коефіцієнт вантажопідйомності магніта при підніманні, наприклад, стружки, можна визначити за формулою

$$K = \frac{G_{стр}}{G_{мас}} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

де $G_{стр}$ і $G_{мас}$ – відповідно, вага стружки і масивного вантажу, які заміряні динамометром.

1.4 Зміст звіту

Зобразити схему лабораторної установки з вантажним електромагнітом та електричну схему його підключення.

1.5 Контрольна запитання

1. Які переваги та недоліки перевантажування вантажів за допомогою електромагніта?
2. Які обмеження виникають при використанні вантажних електромагнітів?
3. Для чого необхідне переполюсування електромагніта?
4. Які основні вимоги, що гарантують безпечність роботи з електромагнітом?

Лабораторна робота № 2

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ БАШТОВОГО КРАНА

2.1 Мета роботи

Вивчення особливостей механізму зміни вильоту стріли, а також інших механізмів баштового крана.

2.2 Теоретичні положення

Кран з поворотною баштою (рис. 2.1) складається з башти (колони) 1, закріпленої на поворотній частині 2, опорної рами 3, стріли 4, флюгерів 5, балансирних візків 6, противаги 7. На поворотній частині рами (рис. 2.2) розміщена лебідка механізму підйому 1, стрілова лебідка 2 та привід механізму повороту 3. Два з чотирьох балансирних візків механізму пересування крана (рис. 2.3) мають електричний привід.

Схема поліспастів механізмів підйому і зміни вильоту стріли зображена на рис. 2.4. Така схема поліспастів дозволяє одержати траєкторію руху гака близьку до горизонтальної. Це значно знижує необхідну потужність двигуна стрілового механізму, тому що на валу сполучених барабанів діє різниця моментів від натягу вантажного і стрілового канатів [2, 3, 5].

Циліндрична форма зрівняльних барабанів не дозволяє одержати точну горизонтальну траєкторію гака, але її відхилення від горизонталі порівняно невеликі. Згідно ДСТУ EN 14439:2016 [6], відхилення руху вантажу від горизонталі при зміні вильоту допускається не більше 10% від діапазону зміни вильоту. Ця норма може служити основою оцінки досконалості конструкції механізму зміни вильоту стріли.

Необхідне співвідношення діаметрів стрілового і зрівняльного барабанів визначається залежністю

$$K = \frac{D_{cnp}}{D_{зр}} = \frac{i_{cnp}}{\frac{(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1) \cdot i_c}{\ln \frac{L_c / h - \sin \varphi_1}{L_c / h - \sin \varphi_2}} - 1}. \quad (2.1)$$

де i_{cnp} - кратність стрілового поліспада, яка визначається відношенням числа гілок каната, що сходять з рухомих блоків до числа гілок, які йдуть на стріловий барабан;

φ_1 , φ_2 - відповідно, найбільший і найменший кути нахилу стріли, які виміряні кутоміром;

i_a - кратність вантажного поліспада;

L_c - довжина стріли;

h - висота оголовка.

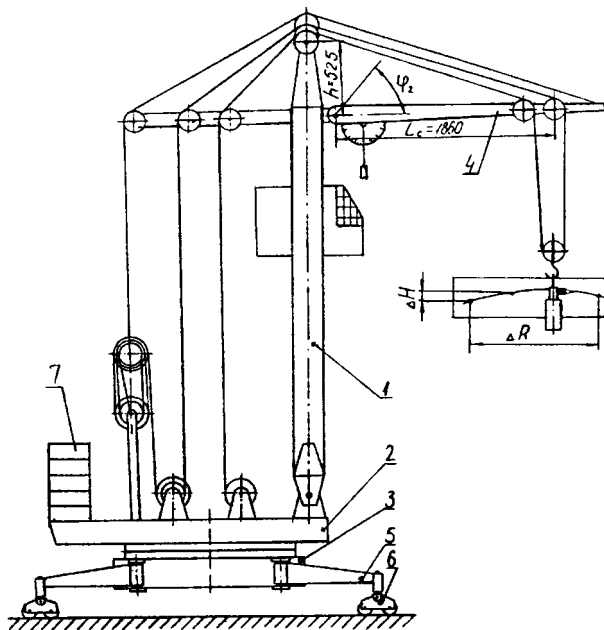


Рисунок 2.1 – Схема лабораторної моделі баштового крана

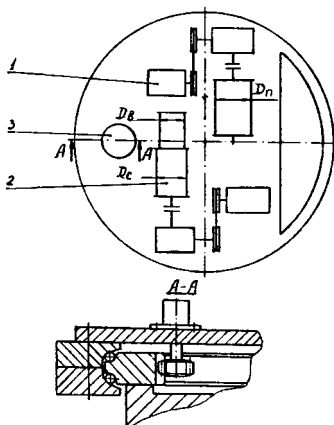


Рисунок 2.2 – Схема поворотної платформи крана

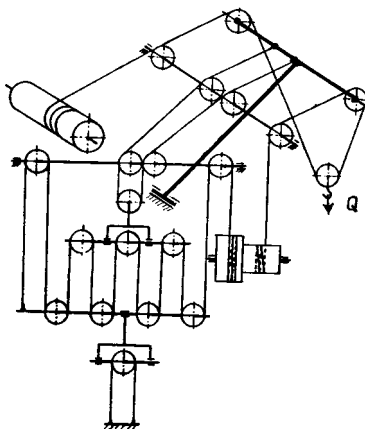


Рисунок 2.3 – Схема запасовки вантажного та стрілового поліспастів

Обладнання:

- 1) модель баштового крана;
- 2) мірна лінійка;
- 3) штангенциркуль;
- 4) міліметровий папір.

2.3 Порядок виконання роботи

При виконанні роботи необхідно дотримуватись такого порядку:

1. Виміряти діаметри стрілового і зрівняльного барабанів по осі канатів для порівняння $K' = \frac{D_{cmp}}{D_{зр}}$ з відношенням K , одержаним за формулою (2.1). Обчислити відхилення

$$\Delta K = \frac{K - K'}{K} \cdot 100\%. \quad (2.2)$$

2. Записати на міліметровці траєкторію вантажу при зміні вильоту ΔR стріли від мінімального до максимального [5]. Виміряти відхилення траєкторії від горизонталі ΔH . Обчислити відносне відхилення Δ траєкторії від горизонталі по формулі

$$\Delta = \frac{\Delta H}{\Delta R} \cdot 100\%. \quad (2.3)$$

Порівняйте з допускнуою величиною $[\Delta]$ за ДСТУ EN 14439:2016 [6].

2.4 Зміст звіту

Звіт повинен вміщувати:

1. Схему крана, його механізмів і поліспастів.
2. Обчислення $K, K', \Delta K$ та Δ .
3. Траєкторію вантажу при зміні вильоту.

2.5 Контрольні запитання

1. Де використовуються баштові крани?
2. Основні конструктивні різновиди баштових кранів.
3. Як визначити кратність стрілового і вантажного поліспастів?
4. Для чого існує зрівняльний барабан?

5. За рахунок чого зменшиться потужність електродвигуна при використанні зрівняльного барабана в механізмі зміни вильоту?

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНИХ ВИТКІВ КАНАТА НА БАРАБАНИ

3.1 Мета роботи

Експериментальне визначення залежності $S_{зб}$ від кута охоплення α і порівняння одержаних величин з розрахунковими.

3.2 Теоретичні положення

Фрикційні витки використовуються для передачі зусилля з приводного барабанана на тяговий канат у механізмах пересування вантажних візків з канатною тягою, у шпильях та ін. У механізмах підйому для розвантаження болтів кріплення вантажного канату для барабана та ін. [4, 7].

Нормами Держпромгірнагляду України передбачається наявність не менш півтора незмотуваних фрикційних витка каната на підйомному барабані вантажопідйомних кранів. У ліфтах з канатоведучим шківом передача тягового зусилля на канати здійснюється також за рахунок тертя між канатами і рівчаками шківа. Зусилля в набігаючій S_n і збігаючій $S_{зб}$ з барабана гілках канату пов'язані залежністю Ейлера

$$\frac{S_n}{S_{зб}} = e^{f\alpha}, \quad (3.1)$$

де $e = 2,71$ - основа натурального логарифму;

$f = 0,1 - 0,2$ - коефіцієнт тертя каната повз барабан чи шків;

α - кут охоплення канатом барабану, рад.

Для отримання експериментальних даних використовується стенд, схема якого показана на рис. 3.1.

Стенд складається із колони 1, в якій може поступально пересуватися горизонтальний гвинт 2, що має повздовжній паз. Гвинт утримується від обертання шпонкою 3. На гвинт нагвинчена гайка 4 з рукоятками. До колони закріплено стакан 5, в якому розміщена тарована пружина 6, що спирається одним торцем на стінку колони, а іншим – в шайбу 7. Шайба передає зусилля стиснутої пружини через упорний підшипник 8 на гайку 4. Від обертання на гвинті 2, шайба 7 утримується гужоном 9. До шайби кріпиться кожух 10, який діє на кільце-показчик 11 шкали зусилля пружини. Сама шкала 12 укріплена на стакані 5. На кінці гвинта 2 закріплено стальний канат 13, що огинає нерухомий барабан 14. Другий кінець каната з'єднано з вантажем 15 [8, 11].

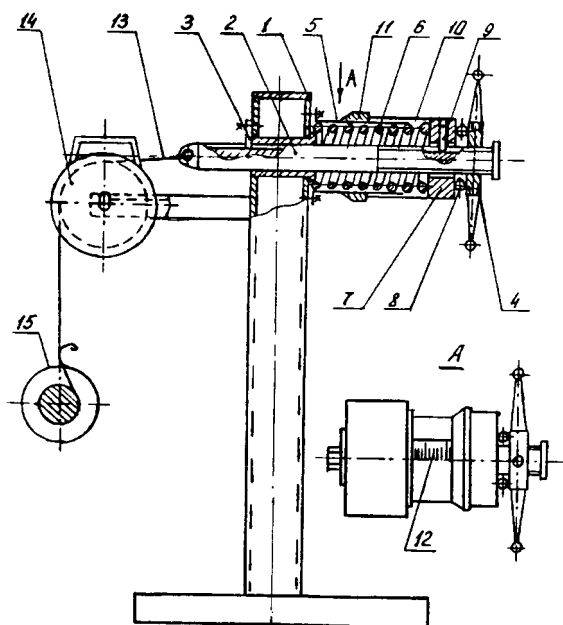


Рисунок 3.1 – Лабораторний стенд з дослідження фрикційних витків каната на барабані

3.3 Порядок виконання роботи

На нерухомий барабан 14 намотати без зашморгу задане число фрикційних витків канату $(0,5\pi, 2,5\pi, 4,5\pi)$.

Зайву частину каната намотати на виточку вантажу 15.

Гайку 4 повернути ліворуч до повного звільнення пружини. Притиснути шайбу 7 до торця пружини, зсуваючи гвинт вліво. Торець показчика повинен стати напроти нульового поділку шкали зусилля 12. Замір зусилля здійснюється шляхом нагвинчування гайки і стиснення пружини до початку проковзування каната на нерухомому барабані. Торець показчика шкали зафіксує зусилля в канаті при проковзуванні його повз барабан, залежно від числа фрикційних витків. Для одержання більш достовірних результатів замір здійснити тричі для кожного числа фрикційних витків і обчислити середню-арифметичну величину зусилля [4, 11].

Результати замірів занести до таблиці і використати для побудови графічної залежності S від α .

Теоретичне значення зусилля визначити за залежністю

$$S = Ge^{f\alpha}, \quad (3.2)$$

де G - сила ваги вантажу, Н;

$f = 0,2$ - коефіцієнт тертя канату повз барабан.

3.4 Зміст звіту

При оформленні звіту необхідно зобразити спрощену схему стенда, заповнити таблицю, обчислити відхилення експериментальних величин від теоретичних по формулі

$$\Delta S = \frac{S_{теор} - S_{експ}}{S_{теор}} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

Побудувати графік залежності $S_{теор}$ і $S_{експ}$ від α (рис. 3.2).

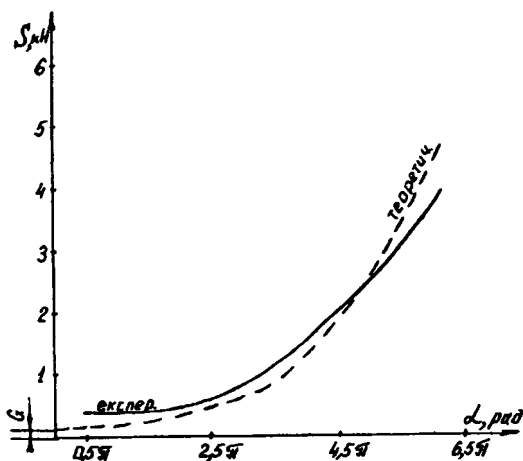


Рисунок 3.2 – Графік залежності фрикційної сили S від кута α

Таблиця 3.1 – Результати дослідження фрикційних витків каната на барабані

Кут охоплення α , рад.		0,5 π	2,5 π	4,5 π	6,5 π	8,5 π
Експериментальне значення зусилля в канаті $S_{\text{експ}}$, Н	S_1					
	S_2					
$S_{\text{експ}} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3}$	S_3					
Теоретичне значення зусилля $S_{\text{теор}}$, Н						
ΔS , %						

3.5 Контрольні запитання

1. У яких вузлах та механізмах вантажопідйомних машин використовуються фрикційні витки канатів на барабані або шківі.
2. Як зв'язані зусилля у набігаючій та збігаючій гілках канату, охоплюючого барабан?
3. Від яких величин залежить сила тертя у формулі Ейлера?
4. У яких одиницях вимірюється кут охоплення барабана?

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЧЕРПУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ ДВОКАНАТНОГО ГРЕЙФЕРА

4.1 Мета роботи

Дослідження особливостей конструкції та роботи двоканатного грейфера через визначення зачерпуючої здатності та вивчення кривих зачерпування сипких матеріалів з різними характеристиками.

4.2 Теоретичні положення

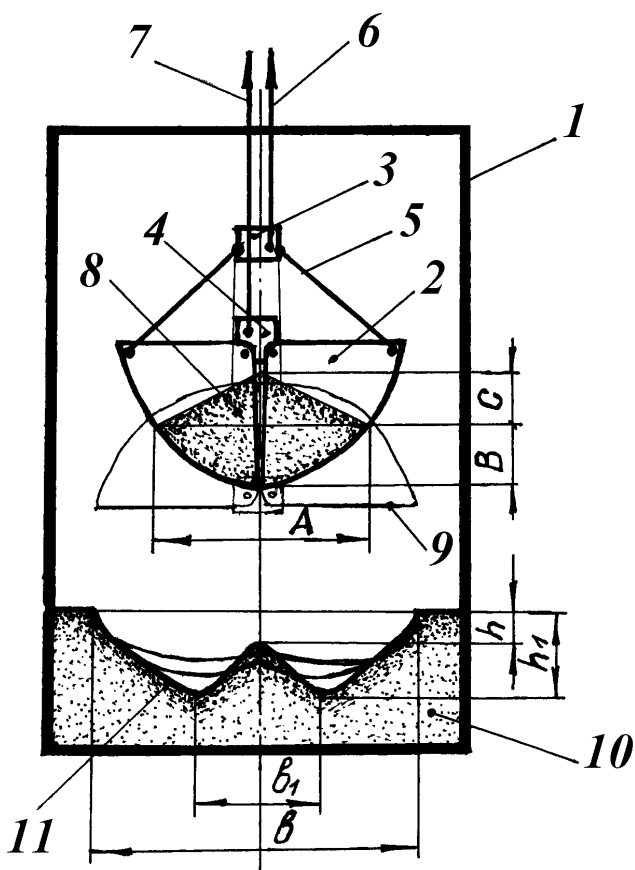
Модель двоканатного грейфера представлена на рис. 4.1. Процес зачерпування грейфером сипких матеріалів здійснюється наступним чином. Порожній грейфер з відкритими щелепами висить на підтримуючих канатах. Стягуючі канати мають напуск. Зачерпуючі і підтримуючі лебідки розгальмовуються і грейфер під дією власної ваги в розкритому стані падає на штабель матеріалу. Щелепи динамічно занурюються в матеріал на початкову глибину h . Далі вмикається механізм зачерпування, який витягує канат із стягуючого поліспада грейфера. Під дією розподілених мас елементів грейфера та стягуючої сили поліспада щелепи закриваються, що призводить до зачерпування матеріалу [4, 9, 10].

Після повного зімкнення щелеп грейфера вмикається механізм підйому. За рахунок синхронної роботи зачерпуючої та підйомної лебідок грейфер із зачерпнутим матеріалом піднімається [11].

Розвантаження грейфера відбувається в зворотньому порядку. Підйомна лебідка загальмовується, а зачерпуюча розгальмовується. Грейфер висить на підтримуючих канатах. Щелепи під дією власної ваги та матеріалу відкриваються, розтягуючи поліспаст. Матеріал висипається із відкритих щелеп [12].

Від геометричних розмірів, розподілення мас елементів грейфера, стягуючої сили поліспада та характеристик сипкого матеріалу залежить зачерпуюча здатність грейфера та вид кривої, по якій рухаються кромки щелеп під час зачерпування конкретного

матеріалу. Однією з оцінок зачерпуючої здатності грейфера може бути коефіцієнт



1 – корпус станда; 2 – щелепа грейфера; 3 – верхня траверса;
 4 – нижня траверса; 5 – важелі; 6 – підтримуючий канат;
 7 – замикаючий канат; 8 – зачерпнутий матеріал; 9 – відкритий
 грейфер; 10 – штабель матеріалу; 11 – можливі криві зачерпування

Рисунок 4.1 - Схема станда для дослідження зачерпуючої здатності грейфера

$$k = \frac{G_m}{G_Q}, \quad (4.1)$$

де G_m - вага матеріалу, зачерпнутого грейфером, кН;

G_Q - сила ваги вантажопідйомності крана, кН.

Слід пам'ятати, що вантажопідйомність крана включає маси піднятого вантажу та вантажозахоплюючого пристрою.

На лабораторній моделі зачерпуючу здатність можна оцінити по співвідношенню площі зачерпнутого матеріалу до загальної площі закритих щелеп

$$k = \frac{F_m}{F_{zp}}, \quad (4.2)$$

де F_m - площа зачерпнутого матеріалу, м²;

F_{zp} - площа закритих щелеп, м².

4.3 Порядок виконання роботи

Підготувати наступні сипкі матеріали: пісок сухий, зерно пшеничне або інше, насіння соняшникове або інше.

Кожний матеріал почергово засипати в модель і виконати зачерпування його грейфером тричі. Перезняти на прозорий планшет конфігурацію зачерпнутого грейфером матеріалу та кривої зачерпування [4]. Вирахувати середню площу зачерпнутого матеріалу F_m та площу щелеп грейфера F_{zp} . Вирахувати також коефіцієнт зачерпуючої здатності K грейфа для кожного матеріалу. Результати дослідження занести до таблиці.

4.4 Зміст звіту

Звіт повинен включати

4.4.1 Схему двоканатного грейфера.

4.4.2 Таблицю з результатами експериментальних значень площ зачерпнутих матеріалів грейфером, коефіцієнтів зачерпуючої здатності K грейфера різних сипких матеріалів.

4.4.3 Графічні копії кривих зачерпування грейфером різних матеріалів. Дати пояснення.

4.5 Контрольні запитання

1. Конструкція та принципи роботи двоканатного грейфера.
2. Що таке зачерпуюча здатність грейфера?
3. Від чого залежить зачерпуюча здатність двоканатного грейфера?
4. Як впливають механічні характеристики зачерпуємого матеріалу на форму кривих зачерпування?

Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНОГО(КОМПЕНСАЦІЙНОГО) ПОЛІСПАСТА

5.1 Мета роботи

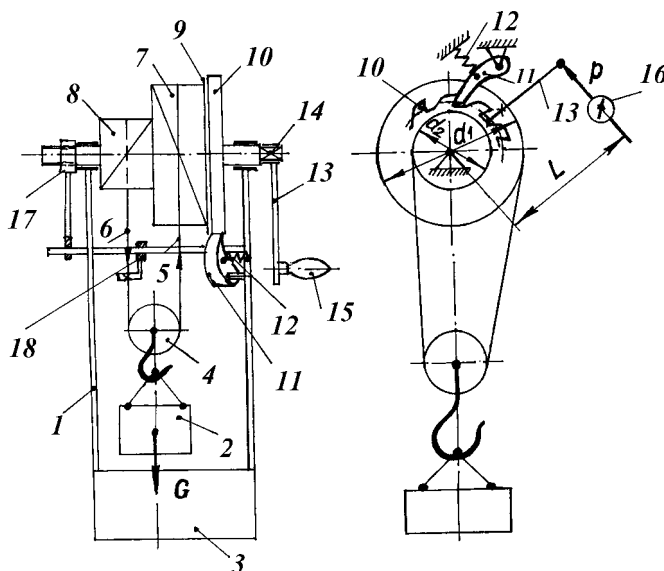
Вивчення конструкції та дослідження різних режимів використання диференційного або компенсаційного поліспасти вантажопідйомного механізму.

5.2 Теоретичні положення

Схема стенда для дослідження диференційного поліспасти приведена на рис. 5.1. Підйом вантажу G здійснюється за рахунок обертання важеля 13 за стрілочкою. Набігаючий канат 5 намотується на більший барабан 7 з діаметром d_1 , а канат 8 змотується з меншого діаметра d_2 барабана 8. Обидва барабани сполучені і сидять на одному валу [4, 13].

Крутний момент, який створено рукою на рукоятці 15, передається барабанам через фрикційну муфту 9. Утримання вантажу в піднятому стані забезпечується храповим механізмом 10, 11, 12. Для опускання вантажу слід змінити напрям обертання важеля 13, що призводить до розфіксації фрикційної муфти 9.

Застосовуючи різні комбінації закріплення канатів 5 та 6 за допомогою затискача 18, можливо досягти різних силових та швидкісних характеристик роботи диференційного поліспасти [15].



1 – стійки; 2 – навантаження G ; 3 – огорожа; 4 – гакова підвіска;
 5 – гілка канату, що йде на великий барабан; 6 – гілка канату, що йде
 на малий барабан; 7 – великий барабан; 8 – малий барабан;
 9 – фрикційна муфта; 10 – храпове колесо; 11 – собачка; 12 – пружина;
 13 – важіль; 14 – хвостовик квадратний; 15 – рукоятка;
 16 – динамометр; 17 – обмежувач висоти підйому; 18 – зачепи канату

Рисунок 5.1 – Схема стенда для дослідження диференційного (компенсаційного) поліспаста

Різні схеми використання поліспаста приведені на рис. 5.2. Схема 1 відповідає випадку, коли канат 5 закріплено на барабані 7, а канат 6 – на барабані 8. При намотуванні канату 5 на барабан 7 канат 6 змотується з барабана 8. В результаті різниці діаметрів барабанів вантаж 2 піднімається на висоту h_1 , за один оберт.

Схема 2 передбачає зацімлення канату 5 затискачем 18. Обертати важіль 13 маємо в зворотному напрямку. За один оберт барабана 8 вантаж 2 підніметься на висоту h_2 .

Схема 3 передбачає зацімлення канату 6 затискачем 18. При обертанні важеля 13 в попередньому напрямку вантаж підніметься на висоту h_3 .

Диференційні (компенсаційні) поліспасты можуть бути використані в швидкокерованих поліспастних системах та у компенсаційно-вирівнюючих пристроях різних приводів.

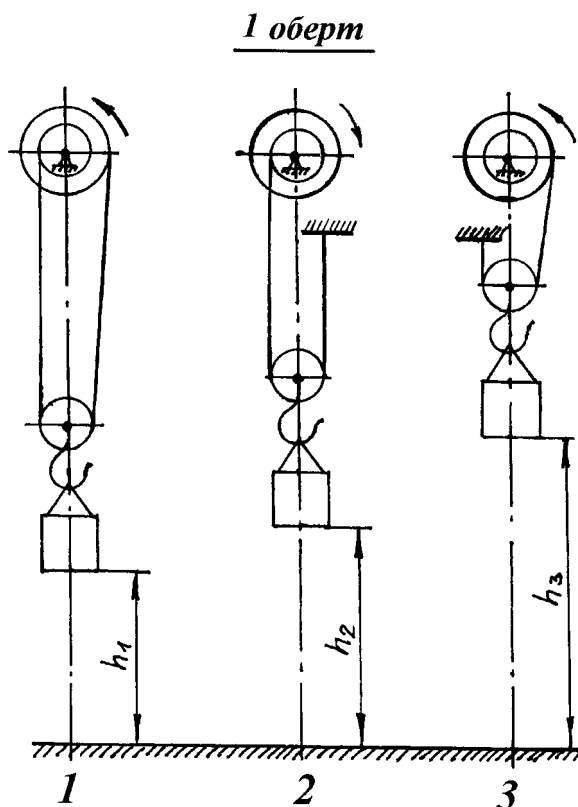


Рисунок 5.2 – Схема дослідження поліспаста з різними запасовками

5.3 Порядок виконання роботи

Здійснити підйом вантажу за першою схемою запасовки поліспасти, повертаючи важіль 13 на один оберт [4]. Для другої схеми необхідно зафіксувати канат 5 затискачем. Здійснити підйом вантажу за другою схемою, повертаючи важіль 13 в протилежну сторону. За третьою схемою слід зафіксувати канат 6. Підйом здійснити обертаючи важіль в попередньому напрямку на один оберт. Для виміру силу до рукоятки 15 прикладати через динамометр 16. Після кожного підйому виміряти висоту переміщення вантажу за один оберт барабанів. Підйом для кожної схеми повторити тричі.

5.4 Зміст звіту

Звіт повинен включати:

1. Схему диференційного поліспасти.
2. Схеми запасовок диференційного поліспасти.
3. Таблицю результатів дослідження диференційного поліспасти.

Таблиця 5.1 – Результати вимірів силових та швидкісних характеристик диференційного поліспасти

Схема запасовки	Сила P, H	Переміщення (h_1, h_2, h_3) , м
1		
2		
3		

5.5 Контрольні запитання

1. Що таке поліспаст та що він дає?
2. За рахунок чого можна отримати різні сили та переміщення вантажу при підйомі за допомогою диференційного поліспасти?
3. Де рекомендовано використовувати диференційні поліспасти?

Лабораторна робота № 6

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА РОБОТИ КРАНА-ШТАБЕЛЮВАЛЬНИКА

6.1 Мета роботи

Вивчення конструкції та функціональних можливостей крана-штабелювальника з ручним керуванням.

6.2 Теоретичні положення

Крани-штабелювальники відносяться до кранів з жорстким підвісом вантажу. Іноді їх називають кранами-маніпуляторами. Найбільш поширене використання крани-штабелювальники мають на складах стелажного типу для штучних і тарних вантажів. Керування краном може бути автоматичним, інтерактивним, за допомогою оператора (ручним), по радіо, з виносного пульта [1, 2].

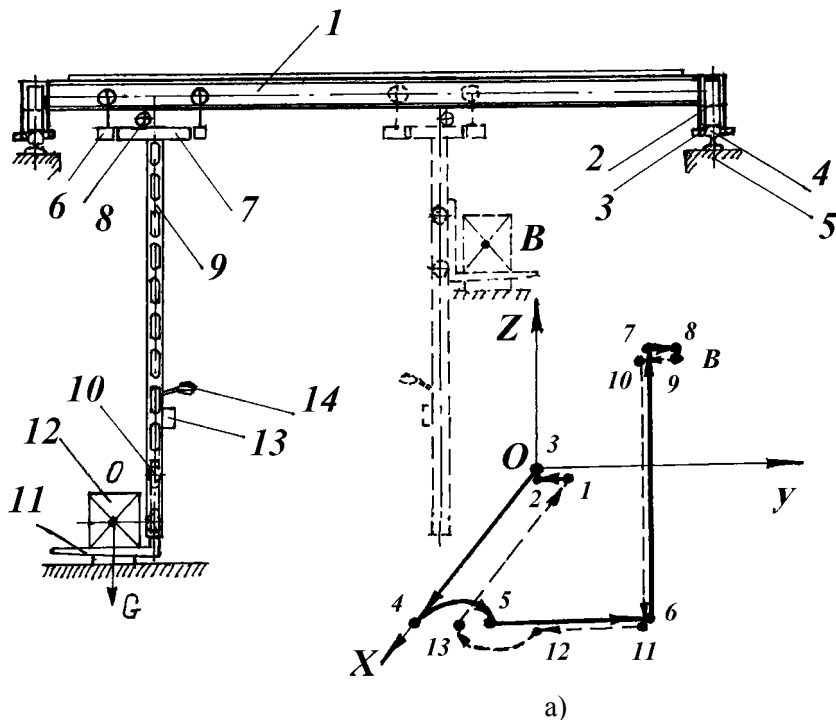
Слід вважати доцільним усунути ручні операції в технологічному процесі та застосовувати крани-штабелювальники (маніпулятори) при переміщенні вантажів масою більше 10 кг на відстань більше 1 м та підйомі на висоту більше 1 м. В сучасних автоматичних складах з великою номенклатурою вантажів (декілька десятків тисяч позицій) крани-штабелювальники з автоматичним керуванням не мають альтернативи як підйомно-транспортний засіб з функціональними можливостями штабелювати вантажі [9, 16].

Лабораторний мостовий кран-штабелювальник опорного типу з ручним керуванням зображено на рис. 6.1. Маніпулювання підхватами 11 здійснюється оператором через рукоятки 14 та кнопочку станцію 13. Переміщення візка 6 з колоною 9 вздовж моста 1, поворот колони та переміщення всього крана вздовж підкранових рейок 4 здійснює оператор за рахунок власної сили, тримаючись за рукоятки 14.

Підйом каретки 10 з вантажем 12, що знаходиться на підхватах 11, здійснюється механізмом 8 з канатною тягою. Наявність приводу підйому каретки з вантажем значно полегшує вантажно-транспортні

операції, чим підвищує продуктивність, знижує травматизм, відповідає вимогам техніки безпеки та промсанітарії.

На рис. 6.1.а зображено траєкторії переміщення центра вантажу від точки О до точки В в тримірному просторі лабораторії з використанням крана-штабелювальника (маніпулятора).



- 1 – міст крана; 2 – опорно ходові колеса; 3 – контр-ролики;
 4 – підкранові рейки; 5 – підкранова балка; 6 – візок; 7 – поворотна платформа; 8 – механізм підйому; 9 – колона; 10 – каретка;
 11 – підхвати; 12 – вантаж; 13 – кнопкова станція; 14 – рукоятки

Рисунок 6.1 – Схема крана-штабелювальника та траєкторії переміщення центра вантажу; а) траєкторії переміщення вантажу

6.3 Порядок виконання роботи

Взятися за рукоятки 14 крана руками. Підвести підхвати 11 під вантаж 12. Зняти вантаж з підкладок, увімкнувши механізм підйому, натискаючи кнопки 13.

Перемістити вантаж по координатах X, Y, Z від точки О до точки В. Опустити вантаж на підкладки в точці В. Вивести підхвати з під вантажу. Перемістити підхвати в початкове положення, в точку О. Зафіксувати секундоміром тривалість повного циклу. Повторити операцію в зворотньому напрямку, тобто треба перевантажити об'єкт з точки В в точку О та виміряти цикл операції [1].

Виконати прямий та зворотній цикли декілька разів, варіюючи послідовність складових траєкторії переміщення центру вантажу. Визначити найбільш оптимальну траєкторію переміщення з найменшим повним циклом. Тривалість циклу може бути розрахована за формулою

$$T = \sum_{i=1}^u \frac{l_i}{V_i}, \quad (6.1)$$

де l_i - довжина i переходу траєкторії, м (рад.);

V_i - швидкість ступені рухомості при виконанні i переходу, м/с $\left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right)$.

6.4 Зміст звіту

Звіт повинен включати в себе

Схему лабораторного мостового опорного крана-штабелювальника.

Графік оптимальної траєкторії переміщення центра вантажу від точки О до точки В.

Результати прямих вимірів секундоміром тривалостей прямих та зворотніх циклів перемішень вантажу.

Опис алгоритма оптимальної траєкторії переміщення вантажу.

Таблицю з результатами дослідження.

6.5 Контрольні запитання

1. Конструкція та як працює кран-штабелювальник?
2. Де використовуються крани-штабелювальники?
3. В чому переваги та особливості експлуатації кранів-штабелювальників?

Перелік джерел посилання

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Спеціальні крани» для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньої програми «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання» усіх форм навчання / уклад. : Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко, З. М. Шаніна, О. В. Черкашина. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 46 с.
2. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання : наказ Міністерства соціальної політики України від 19.01.2018 № 62 : зареєстр. в Мін'юсті України 20.02.2018 за № 244/31696. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18> (дата звернення: 26.09.2026).
3. Про затвердження Технічного регламенту безпеки машин : постанова Кабінету Міністрів України від 30.01.2013 № 62.
4. Григоров О. В., Петренко Н. О. Вантажопідйомні машини : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2006. 304 с. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/31879> (дата звернення: 26.09.2026).
5. Методичні вказівки до розрахунку баштового крана з курсу «Спеціальні крани» : для студентів спец. 7.05050308 «Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання» / уклад. : О. В. Григоров, Н. О. Петренко, В. В. Стрижак та ін. Харків : НТУ «ХПІ», 2016. 68 с. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/29263> (дата звернення: 26.09.2026).
6. Вантажопідіймальні крани. Крани баштові. Вимоги щодо безпечності (EN 14439:2006+A2:2009, IDT) : ДСТУ EN 14439:2016. – [Чинний від 2018-01-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 118 с.
7. Verschoof J. Cranes: Design, Practice, and Maintenance. 2nd ed. London : Professional Engineering Publishing, 2002. 340 p.
8. Shapiro H. I., Shapiro J. P., Shapiro L. K. Cranes and Derricks. 4th ed. New York : McGraw-Hill, 2011. 704 p.

9. Григоров, О. В. Техніка матеріальних потоків логістичних систем : навч. посіб. / О. В. Григоров та ін. ; за заг. ред. О. В. Григорова. Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 496 с.

10. EN 12999:2020. Cranes – Loader cranes. Brussels : CEN, 2020. 124 p.

11. ISO 4309:2017. Cranes – Wire ropes – Care and maintenance, inspection and discard. Geneva : ISO, 2017. 118 p.

12. Колісник М. П., Шевченко А. Ф., Мелашич В. В., Ракша С. В. Крани будівельні. Технічні характеристики. Довідник. / Дніпропетровськ: Пороги, 2006. 186 с.

13. Румянцев Б. П., Бурко Я. В., Зеленко О. В. Довідник конструктора вантажопідіймальних машин: навч. посібник / Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2002. 250 с.

14. Хмара Л. А., Колісник М. П., Голубченко О. І. Будівельні крани: конструкції та експлуатація : навч. посіб. Київ : Техніка, 2001. 296 с.

15. Бондарєв В. С., Дубинець О. І., Колісник М. П. та ін. Підйомно-транспортні машини : розрахунки підймальних і транспортувальних машин : підручник. Київ : Вища школа, 2009. 518с.

16. Кравець А. М., Євтушенко А. В., Погребняк А. В., Романович Є. В. Будівельні та колійні машини. Ч. 2. Будівельна техніка : навч. посіб. Харків : УкрДУЗТ, 2016. 275 с.