

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Навчально-науковий механічний інститут  
Кафедра будівельних, дорожніх та меліоративних машин



**02-01-577М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних робіт з навчальної дисципліни:  
**«Вантажопідійомна, транспортуюча та транспортна техніка»**  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за  
освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація  
машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування» денної та заочної форми навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості НММІ  
Протокол № 4 від 31.12.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Вантажопідіймна, транспортуюча та транспортна техніка» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форми навчання. [Електронне видання] / Серілко Д. Л. – Рівне : НУВГП, 2024. – 53 с.

Укладач:

Серілко Д. Л. доцент кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин, к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск: Тхорук Є. І., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин.

Керівник групи забезпечення спеціальності: Тхорук Є. І., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри будівельних, дорожніх та меліоративних машин.

Попередня версія МВ: 02-01-402

© Д. Л. Серілко, 2024

© НУВГП, 2024

## З М І С Т

Загальні положення.....	4
Лабораторна робота № 1. Оцінювання стану вантажопідійомних органів та їх вибракування.....	5
Лабораторна робота № 2. Визначення геометричних параметрів елементів гакової підвіски та їх порівняння відповідності розрахунковим .....	13
Лабораторна робота № 3. Дослідження роботи силових поліспаств.....	17
Лабораторна робота № 4. Вивчення конструкції і дослідження робочого процесу лебідки.....	24
Лабораторна робота № 5 Конструкція і дослідження роботи двоколодкових гальм.....	29
Лабораторна робота № 6. Знайомство з конструкцією, органами керування баштового крана і отримання практичних навиків роботи на тренажері крана КБ-403.....	36
Лабораторна робота № 7. Дослідження роботи ведучого барабана стрічкового конвеєра.....	44
Список рекомендованої літератури.....	51
Додатки.....	52

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки призначені для використання під час вивчення дисципліни «Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка» (далі ВПТТТ) здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Створення і експлуатація машин та обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» усіх форм навчання.

Дисципліна ВПТТТ є сполучною ланкою між загально-інженерними та професійно-орієнтованими дисциплінами, її структурно-логічне місце в освітньо-професійній підготовці фахівця-механіка знаходиться поряд з такими дисциплінами, як «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Технологічні основи машинобудування», «ТКМ і матеріалознавство», «Деталі машин», «Загальна будова базових машин». Вона закладає підґрунтя для вивчення базових для формування фахівця-механіка дисциплін: «Технологічні комплекси виробництва будівельних матеріалів», «Машини для дорожнього та комунального господарства», «Експлуатація та технічний сервіс машин».

Об'єктами вивчення дисципліни ПТМ є широко розповсюджене на будь-якому виробництві специфічне підйомно-транспортне устаткування – підйомники, крани, конвеєри.

Метою вивчення дисципліни є формування у фахівця-механіка передбачених кваліфікаційною характеристикою спеціальності знань, умінь і навичок, необхідних для розробки, монтажу, організації ефективної експлуатації і удосконалення ВПТТТ. Під час вивчення дисципліни увага приділяється таким типовим складовим частинам ВПТТТ, які широко використовуються також в машинах і основному технологічному обладнанні – гнучким органам, поліспадам, гальмам тощо.

Лабораторні заняття являються найефективнішою формою навчального процесу стосовно формування умінь і навичок щодо визначення та вимірювання робочих параметрів обладнання, його налагодження, регулювання та оцінки працездатності. Даний методичні вказівки підготовлені для надання допомоги студентам у процесі підготовки до лабораторних робіт, їх проведення, виконання звіту та його захисту.

## Лабораторна робота 1

### ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ ОРГАНІВ ТА ЇХ ВИБРАКУВАННЯ

**Мета роботи:** вивчити конструкцію і види канатів та ланцюгів, освоїти методику розрахунку на міцність та браковки вантажопідійомних органів

#### Навчальні задачі:

- вивчення конструкцій канатів та ланцюгів на натурних зразках, набуття навичок вимірювання та браковки канатів та ланцюгів;
- оцінка міцності канату та ланцюга.

#### Лабораторне обладнання та інструменти

1. Стенд зі сталевим і пеньковим канатами різних конструкцій і діаметрів, у тому числі: конопляні (прядив'яні) канати діаметром 12-40 мм; сталеві канати подвійного сукання типу ЛК-Р і ТК діаметром 9,3 - 22 мм; спіральний закритий канат діаметром 32 мм з верхнім шаром z-подібного дроту.

2. Стенд з ланцюгами різної конструкції та розмірів, у тому числі відрізки зварних каліброваних і некаліброваних ланцюгів: ланцюги пластинчасті втулкові, втулково-роликові та їх складові частини; ланцюги штамповані.

3. Таль ручний черв'ячний, обладнаний вантажним пластинчастим ланцюгом і зварним каліброваним тяговим ланцюгом.

4. Відрізки канатів різних конструкцій, які мають різний ступінь спрацювання.

5. Відрізки ланцюгів різних конструкцій і розмірів з різним ступенем спрацювання.

6. Вимірюваний інструмент - штангенциркуль, мікрометр, лінійка.

## Короткі відомості

**Канати** - сталеві, конопляні, капронові - використовуються як вантажні, тягові, несучі і чалочні (для стропування вантажів). Конопляні і капронові канати застосовуються порівняно рідко.

Сталеві канати, які широко застосовуються, виготовляють з дротів діаметром 0,2-2 мм. Матеріал дротин - вуглецева сталь з межею міцності на розрив (тимчасовий опір) 1400-2000 МПа (Н/мм<sup>2</sup>).

### Умовне позначення канату

Канат 24-Г-В-С-Л-Н-1760 ГОСТ 2688-80. Тут 24 - діаметр каната мм; Г,ГЛ- вантажний, вантажнолюдський; В,І - механічні властивості дроту (з дроту вищої марки В виготовляють канати ГЛ, з дроту марки І - І); С (Ж, ОЖ) вид покриття (світлий дріт з цинковим покриттям для жорстких чи особливо жорстких умов роботи); Л- канат лівого хрестового навивання (в канаті правого навивання буква не вказується); Н(Р) - такий, що не розкручується (чи розкручується); 1760 - маркувальна група за тимчасовим опором розриву дротин, МПа.

Як вантажні найчастіше застосовуються канати подвійного сукання (дротини звиті в сталки, а станки навколо осердя - в канат), що на рис. 1.1.

У канаті хрестового сукання напрями сукання дротин у станки та станок у канат не збігаються, у канаті одностороннього сукання - збігаються.

В залежності від характеру контакту, між дротинами двох сусідніх шарів у сталках канати бувають з точковим (ТК), лінійним (ЛК) і комбінованим точково-лінійним контактом (ТЛК). Найбільшого поширення набули канати з лінійним контактом, більш гнучкі, довговічні та міцні, ніж канати ТК.

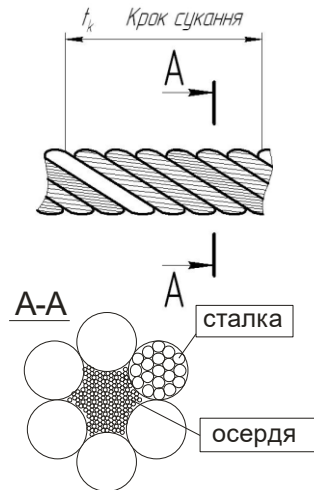


Рис. 1.1. Будова канату подвійного сукання

## Умовне позначення конструкції канату:

Канат ЛК-Р6 - 19(1/6 + 6/6)+ 1 о.с., де перші літери характеризують тип сукання дротинок у сталку. Лінійний контакт (ЛК) дротин сусідніх шарів сталки може бути виконано в різних варіантах: ЛК-Р - у верхньому шарі сталки дротини різного діаметру (рис 2,а); ЛК-О - в кожному шарі сталки дротини однакового діаметра (рис 2,б); ЛК-РО - дротини різного і однакового діаметра по шарах сталки (рис.2.в); ЛК-З - у сталці є дротики малого діаметра, які заповнюють проміжки між основними дротинами (рис. 2, г).

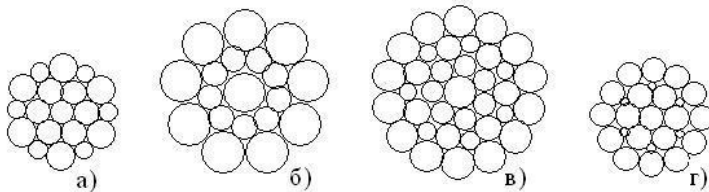


Рис. 1.2. Варіанти виконання сукання дротинок у сталку

Перше число в позначенні конструкції (6) вказує кількість сталок канату, друге (19) - кількість дротин у сталці (в дужках - розподіл дротин у шарах). Кількість дротин буває 19, 25, 36. Після знаку "+" вказується кількість осердь та їх тип: о.с. - органічне осердя; и.с. - осердя з штучних матеріалів; м.с. - металеве осердя (найчастіше це ще один канат подвійного сукання).

**Бракування канату виконується** за кількістю обривів зовнішніх дротин на кроці сукання канату; за ступенем спрацювання чи корозії дротин: зовнішніми бракувальними ознаками.

Максимально припустима кількість обривів на кроці сукання наведена додатку 3, і складає звичайно 10% від кількості дротин у канаті. При наявності спрацювання дротин припустима кількість обривів зменшується. Якщо знос сягає 40%, то канат бракують незалежно від кількості обривів.

Зовнішні бракувальні ознаки: обірвана сталка, видно осердя, є залом або сильна деформація перерізу (розплющення), пошкодження зварюванням.

**Вибір канату з каталогу** (додаток 1) для конкретних умов експлуатації здійснюється за розривним зусиллям:

$$P_K \geq S_{\max} K_K \quad (1.1)$$

де  $S_{\max}$  - максимальне зусилля, що розтягує канат у процесі його роботи, з урахуванням ККД блоків, кН;

$K_K$  - коефіцієнт запасу міцності, який залежить від типу вантажопідійомної машини та групи режиму роботи. Значення цього коефіцієнта - від 3 до 9 (найчастіше 5-6).

Документом, що дозволяє використовувати канат, є акт-сертифікат заводу - виробника, в якому, поряд з іншими параметрами, вказано розривне зусилля канату в цілому. Якщо на канат немає сертифікату, то розривне зусилля канату в цілому  $P_K$  (кН) можна визначити за результатами його випробувань (ГОСТ 3241 -92).

$$P_K = \mu P_{\Sigma} \quad (1.2)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт, що залежить від конструкції канату, можна приймати  $\mu=0,83$ ;  $P_{\Sigma}$  - сумарне розривне зусилля всіх дротин у канаті, кН;

$P_{\Sigma} = P_B Z_B + P_M Z_M$ , де  $P_B, P_M$  - розривні зусилля дротин різного діаметра, кН;  $Z_B, Z_M$  - кількість дротин відповідного діаметра в канаті.

Розривне зусилля дротин звичайно визначають експериментально при їх розриванні на спеціальних машинах. Орієнтовно визначити розривне зусилля дротин можна через площу їх перерізу та тимчасовий опір розриву:

$$P_B = F_B \sigma_{\min} \cdot 10^{-3} \quad P_M = F_M \sigma_{\min} \cdot 10^{-3} \quad (1.3)$$

$$F_B = \frac{\pi d_B^2}{4} \quad F_M = \frac{\pi d_M^2}{4} \quad (1.4)$$

де  $P_B, P_M$  - розривні зусилля дротин великого і малого діаметрів, кН;

$F_B, F_M$  - площі перерізів дротин різного діаметра, мм<sup>2</sup>;

$\sigma_{\min}$  - тимчасовий опір розриву (максимальне напруження) матеріалу дротин, МПа (Н/мм<sup>2</sup>). Можна приймати  $\sigma_{\min}= 1400$  МПа;

$d_B, d_M$  - діаметри дротин, мм.



## Ланцюги

У вантажопідйомних машинах застосовуються такі ланцюги:

- зварні вантажні та тягові з маловуглецевих сталей, що легко зварюються марок Ст. 2, Ст 3, Ст 10, які мають межу міцності при розтягуванні  $\sigma_{\text{тим}} = 350 - 450 \text{ МПа}$  (рис. 1.3 та рис. 1.4);
- пластинчасті з сталей 40, 45, 50 ( $\sigma_{\text{тим}} = 550 - 600 \text{ МПа}$ ).

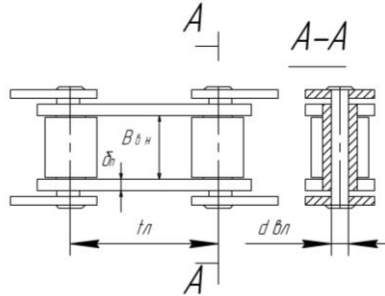


Рис. 1.3. Конструкція втулково-роликового вантажного ланцюга.

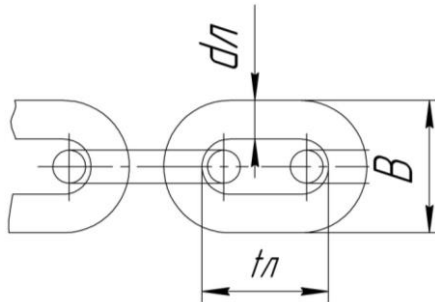


Рис. 1.4. Конструкція зварного вантажного ланцюга

Зварні некалібровані ланцюги (допуск на крок  $\pm 0,1d_{\text{п}}$ ) широко використовуються для виготовлення стропів. У каліброваних ланцюгів більш жорсткий допуск на крок ( $\pm 0,03 < 4$ ) та ширину ланки, що забезпечує можливість їх роботи з зірочками.

Позначення зварного ланцюга: ланцюг А1-10х20 ГОСТ 2319-81.

Тут: А, В - коротколанкові (крок  $t_{\text{л}} = 2,6d_{\text{п}}$ ) та довголанкові ( $t_{\text{л}} = 3,6 d_{\text{п}}$ ); 1,2 - виконання (1 - калібровані, 2 - некалібровані); 10 - діаметр прутка (калібр), мм; 20 - крок ланцюга, мм.

Позначення вантажного пластинчастого ланцюга:

ланцюг 160-1-50 ГОСТ 191 -82. Тут: 160 - руйнуюче навантаження ланцюга, кН; 1 чи 2 - виконання ланцюга - розбірний чи нерозбірний; 50- крок ланцюга, мм.

Методи вибору ланцюга і канату аналогічні. При розрахунку потрібного розривного зусилля ланцюга коефіцієнт запасу міцності приймають від 3 до 8.

Ланцюги поступаються канатам за багатьма показниками (надійності, припустимій швидкості, рівню шуму, вазі), однак можуть працювати з зірочками малих розмірів, тому використовуються там, де вимоги до габаритів ВПМ жорсткі. Зварні ланцюги завдяки гнучкості у всіх напрямках зручні для роботи вручну (як стропи, тягові ланцюги).

### **Порядок виконання роботи**

1. Вивчити конструкцію виданого викладачем зразка канату, виконати ескіз канату та його перерізу так, щоб було видно конструкцію сталки. Виміряти діаметр канату і дротин різного діаметра, вибираючи для вимірювання незношені дроти. Результати навести в такому вигляді:

- діаметр канату, мм;
- кількість сталок;
- вид осердя;
- кількість дротин у сталці;
- кількість шарів у сталці;
- кількість дротин у кожному з шарів;
- вид контакту поміж дротинами суміжних шарів (ТК чи ЛК);
- кількість, тонких дротин у канаті;
- кількість товстих дротин у канаті;
- діаметр тонких дротин;
- діаметр товстих дротин;
- вид сукання (хрестовий чи односторонній);
- напрям сукання канату (правий, лівий);
- вид покриття дротин;
- крок сукання канату, мм;

2. Записати умовне позначення канату і його конструкції.

3. Розрахувати орієнтовне значення розривного зусилля канату в цілому. Для цього визначити:

- а) площу перерізу дротини, мм<sup>2</sup>, товстої, тонкої.

б) розривне зусилля, кН, товстої дротини, тонкої дротини, сумарне всіх дротин, канату в цілому

4. Визначити табличне значення розривного зусилля канату в цілому при СГ - 1400 МПа (наприклад, за табл.1.1) і порівняти його з розрахунковим.

5. Визначити максимальне спрацювання (в %) дротин верхнього шару сталки. Для цього виміряти діаметр дротини  $d_{min}$  у місці найбільшого спрацювання (наприклад, у місці обриву) і діаметр дротини  $d_{ном}$  того ж діаметра без слідів спрацювання (наприклад, з середнього шару станки). Значення діаметрів підставити у формулу:

$$\%знос = \frac{100(d_{ном} - d_{min})}{d_{ном}} \quad (1.6)$$

Визначити кількість обривів дротин на кроці сукання. Результати навести в такому вигляді:

кількість обривів на кроці сукання

спрацювання дротин, %

наявність дефектів (так, ні)

обривана сталка

видно осердя

деформація перерізу

пошкодження зварюванням

висновок про придатність до подальшої експлуатації (так, ні).

6. Вивчити конструкції виданих викладачем зразків ланцюгів та виміряти основні розміри. Виконати ескіз ланцюгів та вказати основні розміри (див. рис. 1.3, 1.4).

7. Записати умовні позначення ланцюгів.

### **Зміст звіту по лабораторній роботі**

1. Найменування роботи та її навчальні задачі.
2. Ескіз канату і його перерізу (з зазначенням кроку сукання і чітким зображенням конструкції сталки).
3. Позначення канату і його конструкції.
4. Результати замірів канату.
5. Результати розрахунку орієнтовного значення розривного зусилля канату в цілому.
6. Табличне значення розривного зусилля канату в цілому.

7. Відомості про бракування канату і висновок щодо придатності його до подальшої експлуатації
8. Ескізи ланцюгів з розмірами.
9. Умовні позначення ланцюгів.
10. Орієнтовне значення руйнуючого навантаження для ланцюгів.

### **Контрольні запитання та завдання**

1. Навести приклади використання канату як вантажного, несучого, тягового, чалочного.
2. Навести та розшифрувати позначення канату при його замовленні, розшифрувати позначення конструкції канату ЛК-Р 6x19 (1+6+6/6)+1о.е. Що означають літери ЛК чи ТК? Позитивні якості канатів ЛК у порівнянні з ТК. Навіщо в канаті використовуються дротини різних діаметрів? Зобразити канат і вказати крок сукання.
3. Що таке канат подвійного стукання; хрестового сукання? Які осердя бувають у канатів? Які функції виконує осердя?
4. Визначити за табл.1.1 діаметр канату, за допомогою якого можна підвісити до металоконструкції вантаж масою  $t$  (2, 3, 4, 5 т).
5. Який запас міцності канату та від яких факторів він залежить? Те ж для ланцюга.
6. Що більше: сумарне розривне зусилля всіх дротин у канаті  $P_s$  чи розривне зусилля канату в цілому  $P_k$ ?
7. Що таке сертифікат? Що в ньому вказано? Звідки його бере механік цеху?
8. За якими показниками бракують канати?
9. Переваги та недоліки ланцюгів у порівнянні з канатами. Область використання ланцюгів. У яких випадках сталевий канат можна замінити ланцюгом і навпаки? Які передбачаються вигоди від цього? В яких випадках можуть використовуватись конопляні канати?
10. Які сталі використовуються для виготовлення зварних і пластинчастих ланцюгів? Чому не навпаки? Яка міцність цих сталей?
11. Переваги та недоліки зварних і пластинчастих ланцюгів. Чим відрізняється зварний калібрований ланцюг від некаліброваного? Що таке калібр ланцюга? Навести і розшифрувати позначення зварного і пластинчастого ланцюгів.

## Лабораторна робота №2

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ГАКОВИХ ПІДВІСОК

**Мета роботи:** вивчити конструкцію, порядок збирання-розбирання, принцип дії та методику розрахунку основних елементів гакових підвісок вантажопідійомних машин.

#### Навчальні задачі:

- розглянути конструкцію та принцип дії гакових вантажопідійомних машин користуючись наявними в лабораторії зразками та плакатами;
- здійснити розбирання гакової підвіски на складові деталі;
- виконати ескізів основних деталей гакової підвіски з встановленням необхідних для виготовлення розмірів, припусків, чистоти обробки і точності виготовлення;
- виконати розрахунок несучої здатності найбільш відповідальних деталей та скласти паспорт гакової підвіски.

#### Лабораторне обладнання та інструменти

1. Гакова підвіска – 1 шт.
2. Метрична лінійка,  $l = 150\text{мм}$  – 1шт.
3. Метрична лінійка,  $l = 300\text{мм}$  – 1шт.
4. Штангенциркуль,  $l = 450\text{мм}$  – 1шт.
5. Різьбомір, набір – комплект від 0,4 до 6мм.
6. Стіл металевий – 1шт.
7. Комплект гайкових ключів – 1шт.
8. Молоток 0,5 кг – 1шт.
9. Викрутка – 1шт.

#### Короткі відомості

**Гакові підвіски** є універсальними і найбільш поширеними вантажозахватними пристроями, що застосовуються на вантажопідійомних кранах.

Розрізняють два типи гакових підвісок: подовженні та вкороченні. В подовжених підвісках траверса, на яку закріплений гак з'єднується з віссю канатних блоків щочками, виготовленими з листової сталі.

У вкорочених підвісках блоки розташовуються на подовжених цапфах траверси.

Гакова підвіска (рис. 2.1) складається з наступних деталей: гака 1, що опирається за допомогою гайки 2 на упорний підшипник 3, який забезпечує вільне обертання гака 1 навколо осі траверси 4, яка знаходиться поміж двома щоками 5, що забезпечує їх вільне обертання навколо своєї горизонтальної осі. Блок 6 встановлений на підшипниках кочення 7, які змонтовані на вісі 8. Для запобігання випадання вантажного канату з жолоба блока 6 в корпусі підвіски є болти 9 з дистанційними втулками 10, які встановлюють з мінімальним зазором (0,5 діаметра канату) від обода блока 6. Зів гака 1 закривається заціпкою 11 для запобігання від самовільного випадання підвішуваних на гаці 1 пристроїв. Для запобігання самовільного відкручування гайки 2 передбачена стопорна планка 12, зафіксована в хвостовику гака 1 болтом 13.

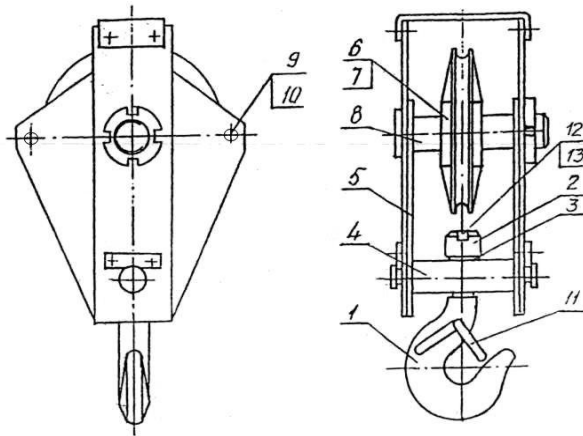


Рис. 2.1. Гакова підвіска: 1 – гак; 2 – гайка; 3 – упорний підшипник; 4 – траверса; 5 – щока; 6 – блок; 7 – підшипник кочення; 8 – вісь; 9 – болт; 10 – дистанційна втулка; 11 – заціпка; 12 – стопорна планка; 13 – болт

### Порядок виконання роботи

В процесі виконання роботи необхідно:

1. розглянути за допомогою плакатів і натурних зразків конструкції гакових підвісок;

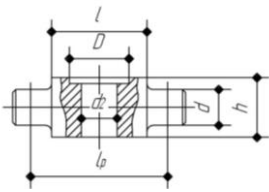
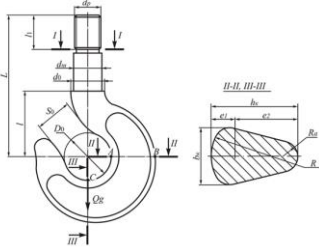
2. розібрати гакову підвіску на окремі деталі;
3. визначити номер гака в залежності від його вантажопідйомності та режиму роботи механізму підйому вантажу;
4. визначити діаметр вантажного канату, що використовується на даній гаковій підвісці;
5. визначити геометричні параметри деталей гакової підвіски шляхом безпосереднього заміру вимірювальним інструментом;
6. визначити вантажність гакової підвіски після виконання розрахунків щодо визначення несучої здатності окремих її елементів згідно табл. 2.2.

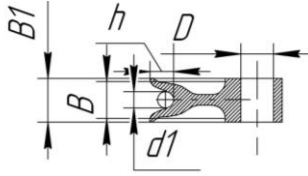
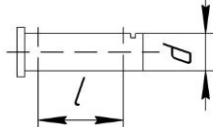
### Зміст звіту по лабораторній роботі

- 1 Тип гакової підвіски – подовжена (вкорочена).....
- 2 Вантажність, т.....
- 3 Номер гака і номер заготовки гака.....
- 6 Кількість та розташування блокі.....
- 7 Габаритні розміри, довжина × ширина × висота, мм.
- 8 Маса гагової підвіски, кг.....

Таблиця 2.1.

Результати заміру деталей гакової підвіски

№	Назва деталі	Ескіз деталі	Параметр, що вимірюється
1	Траверса		D =            мм
			d =            мм
			h =            мм
			l =            мм
			l <sub>p</sub> =            мм
			d <sub>2</sub> =            мм
2	Гак		D <sub>0</sub> =            мм
			S <sub>0</sub> =            мм
			d <sub>p</sub> =            мм
			d <sub>ш</sub> =            мм
			d <sub>0</sub> =            мм
			L =            мм
			l =            мм
			h <sub>к</sub> =            мм
			b <sub>к</sub> =            мм

3	Канатний блок		B =	мм
			B <sub>1</sub> =	мм
			h =	мм
			D =	мм
			d <sub>k</sub> =	мм
4	Вісь блока		l =	мм
			d =	мм

Таблиця 2.2.

Визначення несучої здатності елементів гакової підвіски

№	Назва деталі	Розрахункова формула	Вантажо-підйомність	
			За ДСТУ	Розрах.
1	2	3	4	5
2.	Траверса	$Q = \frac{h^2(l - d_2)[\sigma]_u}{1,5gl_p}$		
3.	Вісь блока	$Q = \frac{0,4d^3[\sigma]_u}{gl}$		
3.	Гак	$Q_{I-I} = \frac{\pi d^2[\sigma]_p}{4g}$		
		$Q_{II-II} = \frac{A \cdot D_0 \cdot k \cdot [\sigma]_p}{2 \cdot g \cdot e_1} \quad \text{в т. А}$		
		$Q_{II-II} = \frac{A \cdot \left(\frac{D_0}{2} + h_k\right) \cdot k \cdot [\sigma]_u}{2 \cdot g \cdot e_2} \quad \text{в т. В}$ $e_2 = h_k - e_1$		
		$Q_{II-III} = \frac{[\tau]_{sp}}{g \sqrt{\left(\frac{e_1}{A \cdot D_k \cdot k}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{1}{A}\right)^2}}$		



де  $A$  – площа перерізу II-II; координата  $e_1$  та коефіцієнт кривизни  $k$  вибирається із додатка 2.

Примітка :

**1** – матеріал траверси та осі – Сталь 45 ( $\sigma_b = 610$  МПа,  $\sigma_\tau = 360$  МПа); допустиме напруження на згин для траверси  $[\sigma]_u = 100$  МПа; для осі блока  $[\sigma]_u = 140$  МПа.

**2** – матеріал гака Сталь 20 ( $[\sigma_b] = 420$  МПа;  $[\sigma_\tau] = 250$  МПа); допустиме напруження на розтяг для перерізу I-I  $[\sigma]_p = 70$  МПа; допустиме напруження на згин для перерізу II-II  $[\sigma]_u = 190$  МПа; допустиме напруження на зріз для перерізу III-III  $[\tau]_{зр} = (0,6 \dots 0,8) \cdot [\sigma]_p$ .

### **Контрольні запитання та завдання**

1. Навести приклади використання гакових підвісок.
2. Які матеріали використовуються для виготовлення гакових підвісок.
3. Які типи гакових підвісок ви знаєте?
4. З яких частин складається гакова підвіска?
5. Як визначити номер гака і номер заготовки гака?
6. Як визначити несучу здатності елементів гакової підвіски?

### **Лабораторна робота № 3**

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИЛОВИХ ПОЛІСПАСТІВ**

**Мета роботи:** вивчити конструкцію і види блоків, підвісок, поліспаств, освоїти методику розрахунку ККД блока і поліспаства

**Навчальні задачі:**

- вивчення конструкцій блоків, підвісок, поліспаств;
- експериментальне визначення ККД блока і поліспаства;
- розрахунок ККД поліспаства за теоретичною залежністю і порівняння з результатами замірів.

#### **Лабораторне обладнання та інструменти**

- 1 Блоки нерухомі на підшипниках кочення та ковзання.
- 2 Підвіски нормальні та вкорочені.

3 Експериментальна установка для визначення ККД блока і поліспасти.

Для визначення ККД блока установка монтується за спеціальною схемою (рис.3.1).

Для визначення ККД поліспасти установка перемонтовується за схемою рис.3.2. Вільний кінець канату від'єднується від стержня 7 і прикріплюється на реборді барабана 3 (здвоєний поліспаст) або на підставці 4 (одинарний поліспаст). Нижні блоки 2 від'єднуються від підставки 4 і закріплюються до одного з вантажів 8, який має спеціальні вушка. У розрив гілки 5 канату, яка набігає на барабан, замість динамометра з межами вимірювання 100-1000 Н встановлюється динамометр з межами вимірювання 10-100Н. В отвір вантажу 8 вставляється стержень 7, на верхній кінець якого замість різьбової втулки 6 нагвинчується гайка.

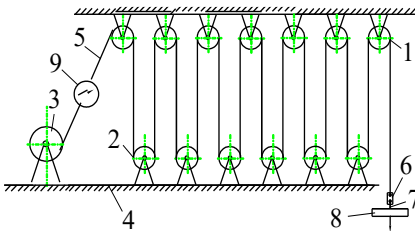


Рис. 3.1. Схема установки для визначення ККД блока, яка складається з тринадцяти блоків, що послідовно огинаються канатом

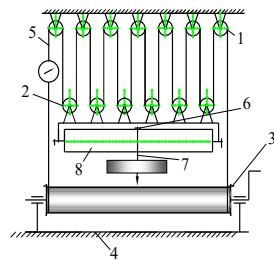


Рис. 3.2. Схема установки у вигляді поліспасти з відхиляючими блоками і «нижнім» розташуванням барабана з ручним приводом

У разі монтажу блоків з підшипниками кочення максимальна вага вантажу не повинна перевищувати 800 Н, з підшипниками ковзання – 500 Н.

### Короткі відомості

**Блоки служать для зміни напрямку руху канату. Рухомий блок** - це блок, вісь якого пересувається в просторі (наприклад, разом з вантажем). **Вісь нерухомого блока закріплена на металоконструкції** і є нерухомою. Блоки виготовляють з чавуну або сталі литтям, штампуванням або зварюванням; установлюють їх, як правило, на підшипниках кочення.

Профіль жолоба блока (рис. 3.3, а) виконується відповідно до ГОСТ 24.191.05-82 так, щоб забезпечити спокійне набігання канату і виключити можливість його випадіння з жолоба блока. Кут максимального бокового відхилення напрямку канату від осі жолоба блока не повинен перевищувати  $6^\circ$  (рис.3.3, б).

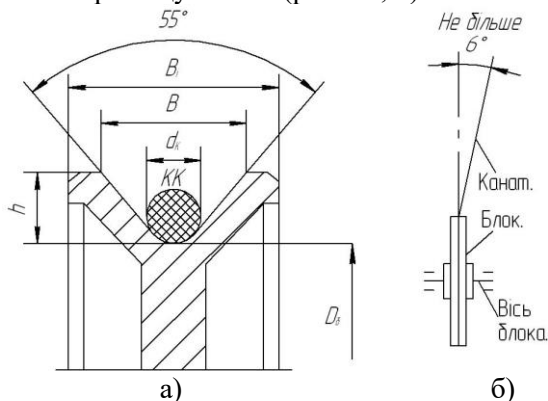


Рис. 3.3.Схема перерізу блока (а) та ілюстрація відхилення канату від осі жолобу (рівчака) блока (б)

**Основний розмір блока - його діаметр по дну жолоба, що визначається із залежності**

$$D_6 \geq d_k \cdot (K_6 - 1), \quad (3.1)$$

де  $d_k$  – діаметр канату, мм;  $K_6$  – коефіцієнт, що залежить від групи класифікації механізму, в якому встановлений блок, а також від того, яким є блок: рухомих чи нерухомих. Згідно з [1, с.34]  $K_6 = 11 \div 28$ , причому для рухомих блоків  $K_6$  є меншим.

Блоки обладнуються пристроєм, що виключає вихід канату з рівчака блока. Проміжок між зазначеним пристроєм і ребордою блока має бути не більшим, ніж 20% від діаметра канату.

**Поліспасть - це система рухомих і нерухомих блоків, які огинає гнучкий елемент (канат або ланцюг).** Така система використовується для виграшу в силі (силові поліспасти) або в швидкості. Найчастіше в ВПМ використовуються **силові поліспасти**, основне призначення яких – зниження навантажень на канати, що призводить до зменшення потрібного діаметра канату, блоків, барабана і розмірів лебідки в цілому.

**Поліспасты бувають одинарними та здвоєними.** В одинарному поліспасті один кінець канату закріпленений на барабані, а другий – на стрілі крана або на іншому нерухомому елементі (поліспасты з парною кратністю) або на гаковій підвісці (поліспасты з непарною кратністю). У здвоєному поліспасті обидва кінці канату закріплені на барабані, а для вирівнювання зусиль у гілках спільно працюючих поліспастів застосовують зрівняльний блок.

Здвоєні поліспасты за інших рівних умов мають більш високий ККД, забезпечують точне вертикальне переміщення вантажу (тому широко застосовуються у прольотних кранах – мостових і козлових) і дозволяють застосовувати менш міцний канат. Схеми поліспастів наведені на рис. 3.4.

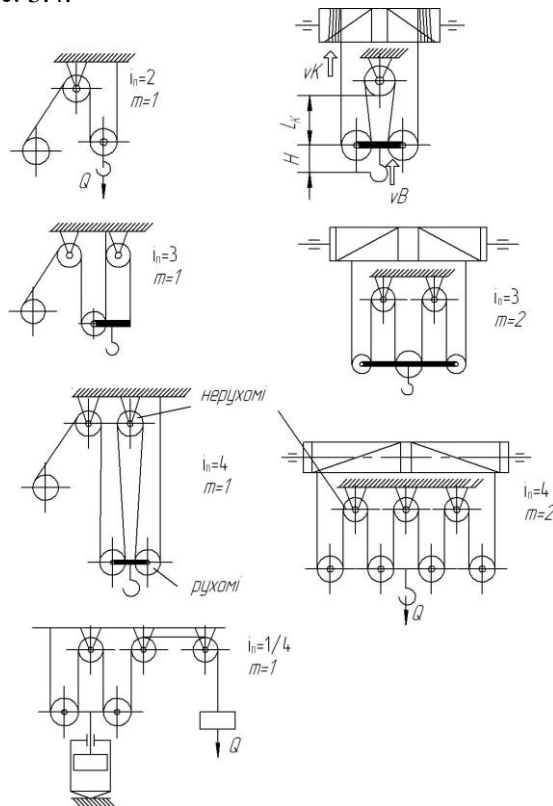


Рис. 3.4. Схеми поліспастів для виграшу в силі (одинарні та здвоєні) та схема поліспасту з гідравлічним приводом для виграшу у швидкості

**Основна характеристика поліспасти – кратність  $i_n$** , яка характеризує виграш у силі або швидкості.

**Кратність**—це відношення швидкості канату  $V_k$ , який навивається на барабан, до швидкості підіймання вантажу  $V_g$  (рис. 3.4).

**Кратність можна визначити за кількістю гілок, на яких висить вантаж** (для здвоєних поліспастів цю кількість треба розділити на два).

Збільшення кратності поліспасти, з одного боку, веде до зменшення габаритів або маси лебідки (менші діаметри канату, блоків, барабана, передаточне число редуктора), з іншого – збільшуються довжина канату, кількість блоків і перегинів канату на них.

Рухомі блоки поліспасти разом з гаком складають **гакову підвіску - нормальну або вкорочену**. Кількість блоків у підвісці - від 1 до 10. Нормальні підвіски використовуються на стрілових кранах, в електричних і ручних телях і характеризуються тим, що гак кріпиться гайкою на спеціальній траверсі. У вкорочених підвісках вісь блоків є траверсою гака (вісь рухомих блоків і вісь траверси збігаються), що істотно зменшує висоту підвіски. Такі підвіски конструктивно можуть бути виконані при парній кількості рухомих блоків і застосовуються, наприклад, на мостових кранах.

**Гаки** підвісок повинні мати маркування та забезпечуватись застережними замками для запобігання випадіння канату. Гайка кріплення гака на траверсі стопориться від самовідгвинчування спеціальною планкою. Гак бракується, якщо: висота його перерізу зменшилась порівняно з початковою на 10% і більше; має місце вигинання гаку в небезпечних перетинах; на поверхні створилися тріщини стомленості, надриви; деформовано різьбу хвостовика гаку або гайки; гак не обертається в траверсі.

Механічні втрати на блоці характеризуються його ККД, який залежить, насамперед, від типу підшипників і виду мастила, а також, у значно меншому ступені, від жорсткості канату і кута обхвату канатом блока. ККД блоків на підшипниках кочення складає  $\eta_0=0,96...0,98$ , на підшипниках ковзання -  $\eta_0=0,94...0,96$ . У рухомих блоків ККД є вищим.

**ККД блоку** можна експериментально визначити із залежності:

$$\eta_{\dot{x}} = \frac{A_{\text{зсмт}}}{A_{\text{еСзє}}} = \frac{G \cdot H}{S \cdot L_K} = \frac{G}{S}, \quad (3.2)$$

де  $A_{\text{КОР}}$ ,  $A_{\text{ВИК}}$  – корисна та виконана робота в процесі підймання вантажу  $G$  (Н) за допомогою нерухомого блока і гнучкої нитки (рис. 3.5);

$S$  – зусилля в гілці канату, до якої прикладена сила (або яка навивається на барабан), Н;

$H$ ,  $L_K$  – висота підймання вантажу  $G$  і довжина ділянки канату, яку треба при цьому навити на барабан, м; **при підйманні вантажу за допомогою нерухомого блока  $H = L_K$ .**

Нагадаємо, що робота, виконана за одиницю часу – це потужність. Позначимо її через “ $N$ ”. Тоді, ККД будь-якого механізму:

$$\eta_{\text{МЕХАНІЗМУ}} = \frac{\frac{A_{\text{КОРИСНА}}}{t}}{\frac{A_{\text{ВИКОНАНА}}}{t}} = \frac{N_{\text{на робочому органі}}}{N_{\text{на двигуні}}}. \quad (3.3)$$

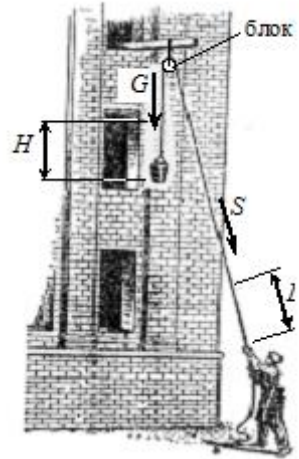


Рис. 3.5. Ілюстрація до визначення ККД блока

Так як втрати на одному блоці незначні, звичайно визначають величину  $\eta_{\Sigma}$  – ККД системи з 10-15 блоків (рис. 3.1), а потім розраховують усереднене значення ККД для кожного блока:

$$\eta_B = \sqrt[n]{\eta_{\Sigma}}, \quad (3.4)$$

де  $n$  – кількість блоків у системі.

Під ККД поліспасти мають на увазі відношення зусилля у збігаючій з барабана гілці канату при нерухомому вантажу до зусилля у тій же гілці при підйманні вантажу.

$$\eta_{\text{не}} = \frac{A_{\text{кор}}}{A_{\text{вик}}} = \frac{G \cdot H}{m \cdot S \cdot L_K} = \frac{G}{m \cdot S \cdot i}, \quad (3.5)$$

де  $\eta_{\text{не}}$  – ККД поліспасової системи, визначене експериментально;

$m$  – кількість гілок, які навиваються на барабан;

$$L_K = H \cdot i_n.$$

Якщо відомий ККД блока, ККД поліспасової системи можна розрахувати за формулою

$$\eta_{nc\bar{\square}} = \frac{\eta_0^Z \cdot (1 + \eta_0 + \eta_0^2 + \dots + \eta_0^{i_n - 1})}{i_n} = \frac{\eta_0^Z \cdot (1 - \eta_0^{i_n})}{i_n \cdot (1 - \eta_0)} \quad (3.6)$$

де  $Z$  – кількість нерухомих (відхиляючих) блоків. Відхиляючі блоки не входять до складу поліспасти, “не приймають участі” у нарощуванні кратності; вони лише забезпечують можливість встановлення барабана лебідки там, де це потрібно (зручно, безпечно і т. ін.). Наприклад, відхиляючі блоки необхідні в механізмі підймання, якщо лебідку треба розмістити внизу, а не вгорі.

Знаючи величину ККД поліспасової системи, можна обчислити максимальне зусилля в гілці канату, яка навивається на барабан, при підйманні вантажу:

$$S_{\max} = \frac{M_e \cdot g}{m \cdot i_n \cdot \eta_n}, \text{ кН}, \quad (3.7)$$

де  $M_B$  – маса вантажу, т.

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкції блоків та підвісок на натурних зразках.
2. Зібрати експериментальну установку (рис. 3.1) для визначення ККД блока (тип підшипників блоків, а також вагу вантажів задає кожній групі викладач).
3. Визначити максимальне зусилля  $S_1$  (Н) у гілці канату, що навивається на барабан у процесі підймання вантажу  $G_1$ .
4. Розрахувати ККД системи блоків та одного блока за формулами (3.2) і (3.3).
5. Перемонтувати експериментальну установку для визначення ККД поліспасти так, як це показано на рис. 3.2.
6. Визначити максимальне зусилля  $S_2$  (Н) в гілці канату в процесі підймання вантажу  $G_2$  з використанням одинарного поліспасти, який має кратність 12, і зведеного поліспасти, який має кратність 6.
7. Розрахувати ККД поліспасової системи (при  $i_n=6$ ,  $m=2$ , а також при  $i_n=12$ ,  $m=1$ ):
  - експериментальний (за формулою 3.5),
  - теоретичний (за формулою 3.6).
8. Проаналізувати одержані результати.

### Зміст звіту по лабораторній роботі

1. Завдання роботи.
2. Схеми силових поліспаств, одинарних і здвоєних, з кратністю 2, 3, 4, а також схема поліспаства для виграшу в швидкості.
3. Схеми експериментальних установок для визначення ККД блока і поліспаства.
4. Значення ваги вантажів  $G_1$  і  $G_2$ , значення зусиль в канаті  $S_1$ ,  $S_2$  (одинарний поліспаств) і  $S'_2$  (здвоєний поліспаств).
5. Розрахунок ККД блока і поліспаствої системи  $\eta_b$ ,  $\eta_{ne}$ ,  $\eta_{nt}$  за формулами (3.2), (3.3), (3.4) і (3.5) (для одинарного і здвоєного поліспаствів).
6. Аналіз результатів.
7. Схеми вкороченої і нормальної підвісок.

### **Контрольні запитання та завдання**

1. Область застосування блоків, підвісок, поліспаствів.
2. Типи блоків, підвісок, поліспаствів.
3. В чому відмінність блоків від поліспаствів?
4. На яких підшипниках найчастіше встановлюють блоки?
5. Яка відмінність нормальної гакової підвіски від вкороченої?
6. У якому випадку обертається зрівняльний блок у здвоєному поліспастві?
7. Як бракується гак?
8. Що таке кратність поліспаства, і як вона визначається?.

### **Лабораторна робота № 4**

#### **ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ЛЕБІДКИ**

**Мета роботи:** вивчити конструкцію і дослідити робочі параметри лебідки

#### **Навчальні задачі**

- вивчення конструкції лебідки;
- визначення основних робочих параметрів - канатоємності барабана, швидкості навівання канату на барабан, зусилля в канаті;



## Лабораторне обладнання та інструменти

1. Електрореверсивна лебідка (рис.4.1) з поліспастом і гаковою підвіскою. На рамі лебідки розташовані асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором АОС-52-4 (потужністю  $N_{\text{дв}}=7\text{кВт}$  і частотою обертання  $n_{\text{дв}} = 1335$  об/хв), двоступінчастий циліндричний редуктор РМ-350, гладенький (без гвинтових канавок) сталевий зварний барабан з ребрами для багатошарового навивання канату з однією власною підшипниковою опорою та спіранням на підшипникову опору тихохідного валу редуктора, прилади управління. Для забезпечення щільного, без зазорів, укладання канату на барабані встановлено канатоукладач. Вал двигуна з'єднаний із швидкохідним валом редуктора за допомогою муфти, одна з напівмуфт якої є гальмівним шківом колодкового нормально замкненого гальма з електрогідравлічним штовхачем, який, порівняно з електромагнітним, забезпечує менші динамічні навантаження під час гальмування. Для зменшення габаритів і маси гальмо встановлено на швидкохідному валу, а не на валу барабана. Управління лебідкою здійснюється магнітним реверсивним пускачем. Поліспаст одинарний, з кратністю 2, має відхиляючий блок. Гакова підвіска одноблочна, нормальна.

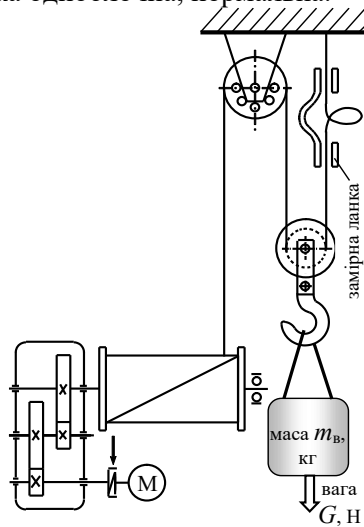


Рис. 4.1. Електрореверсивна лебідка з поліспастом і гаковою підвіскою

## Короткі відомості

Лебідки – це прості вантажопідіймальні машини у вигляді приводного барабана з тяговим органом. Існують ручні лебідки та з електроприводом. Використовуються для підймання вантажу або стріли, горизонтального пересування вантажів або візків, зміни вильоту, повороту.

Основні робочі параметри лебідки – канатоємність  $L_K$  (м), швидкість навівання канату на барабан  $v_K$  (м/с), максимальне тягове зусилля  $S$  (кН).

Схема для визначення канатоємності барабана при багатошаровому навіванні канату наведена на рис.4.2.

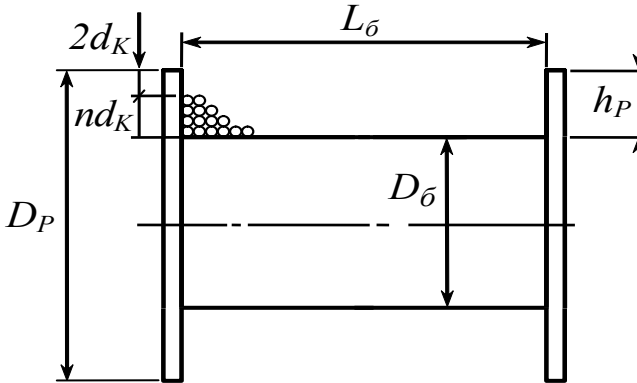


Рис. 4.2. Схема для визначення канатоємності барабана

Канатоємність

$$L_K = l_B \cdot n \cdot z, \quad (4.1)$$

де  $l_B$  – середня довжина одного витка канату, укладеного на барабан, м;

$n$  – кількість шарів канату;

$z$  – кількість витків канату в одному шарі.

Кількість витків канату, які можна (при найбільш щільному укладанні, без зазорів) розташувати в одному шарі, орієнтовно визначаються за формулою:

$$z = L_б / d_K, \quad (4.2)$$

де  $L_б$ ,  $d_K$  – довжина барабана і діаметр канату, мм.

Кількість шарів, які можна розташувати на барабані з ребордами висотою  $h_P$  (м):

$$n \leq (h_P / d_K) - 2. \quad (4.3)$$

Середня довжина одного витка:

$$l_B = \pi \cdot D_{\text{сер}}, \quad (4.4)$$

де  $D_{\text{сер}}$  – діаметр середнього витка, м:

$$D_{\text{сер}} = (D_{\text{min}} + D_{\text{max}}) / 2, \quad (4.5)$$

де  $D_{\text{min}}$ ,  $D_{\text{max}}$  – діаметри навивання по осі канату відповідно у верхньому та нижньому шарах

$$D_{\text{min}} = D_6 + d_K; \quad D_{\text{max}} = D_6 + 2d_K \cdot n - d_K,$$

де  $D_6$  – діаметр барабана.

Максимальна висота, на яку можна підняти вантаж лебідкою з застосуванням поліспасти,

$$H_{\text{max}} = L_K / (i_n + 1), \quad (4.6)$$

де  $i_n$  – кратність поліспасти.

Швидкість навивання канату на барабан змінюється в таких межах:

$$v_{K \text{ min}} = \omega_6 \cdot R_{\text{min}}; \quad v_{K \text{ max}} = \omega_6 \cdot R_{\text{max}}, \quad (4.7)$$

де  $R_{\text{min}} = D_{\text{min}} / 2$ ;  $R_{\text{max}} = D_{\text{max}} / 2$  – відповідно мінімальний і максимальний радіуси укладання канату, м;

$\omega_6$  – кутова швидкість барабана,  $\text{с}^{-1}$ .

$$\omega_6 = \omega_{\text{дв}} / u_P; \quad \omega_{\text{дв}} \left( \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right) = \frac{2\pi (\text{рад/об}) \cdot n_{\text{дв}} (\text{об/хв})}{60 (\text{с/хв})}, \quad \text{або } \omega_{\text{дв}} \approx 0,1 \cdot n_{\text{дв}}, \quad (4.8)$$

де  $\omega_{\text{дв}}$  – кутова швидкість двигуна,  $\text{рад/с}$ ;

$n_{\text{дв}}$  – частота обертання двигуна,  $\text{об/хв}$ ;

$u_P$  – передаточне число редуктора.

Швидкість вантажу під час його підймання з застосуванням поліспасти

$$v_B = v_{K \text{ min}} / i_n. \quad (4.9)$$

Найбільше тягове зусилля лебідки  $S$  (Н) визначають, виходячи з потужності двигуна:

$$S = M_6 / R_{\text{min}}; \quad M_6 = M_H \cdot u_P \cdot \eta; \quad M_H = N_{\text{дв}} / \omega_{\text{дв}}, \quad (4.10)$$

де  $M_6$  – крутний момент на валу барабана,  $\text{Н} \cdot \text{м}$ ;

$M_H$  – номінальний момент двигуна,  $\text{Н} \cdot \text{м}$ ;

$N_{\text{дв}}$  – потужність двигуна,  $\text{Вт}$ ;

$\eta$  – ККД редуктора і барабана ( $\approx 0,9$ ).

Можна розрахувати тягове зусилля з використанням раніше знайденої швидкості навивання канату:

$$S = N_{\text{ДВ}} \cdot \eta / v_{K \text{ min}}. \quad (4.11)$$

Максимальна вантажопідіймальність, яку забезпечить лебідка, використовуючи поліспасть,

$$Q = \frac{S \cdot i_n \cdot \eta_n}{g}, \text{ кг,}$$

або, вимірюючи вантажопідіймальність у тонах:

$$Q = \frac{S \cdot i_n \cdot \eta_n}{1000 \cdot g}, \text{ т,}$$

де  $\eta_n$  – ККД поліспасти (при  $i_n = 2$ , можна вважати, що  $\eta_n \approx 1$ );  
 $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

### Порядок виконання роботи

1 Вивчити конструкцію лебідки, а також складові частини і принцип дії тензометричної системи.

2 Виміряти діаметр  $D_6$  і довжину  $L_6$  барабана, висоту реборд  $h_p$ , діаметр канату  $d_k$ .

3 Визначити максимальну канатоємність барабана за формулами (6.1) - (6.5) і максимальну висоту підймання за формулою (4.6).

4 Розрахувати швидкість навивання канату на барабан і швидкість підймання вантажу під час навивання на барабан першого шару канату за формулами (4.7) - (4.9). Для цього експериментально визначити передаточне число редуктора перелічуванням кількості обертів швидкохідного валу, необхідних для виконання одного повного оберту барабана. Визначити швидкість підймання вантажу експериментально і порівняти з результатами розрахунків.

5 Розрахувати максимальне тягове зусилля лебідки  $S$  (Н), виходячи з потужності двигуна, за формулами (4.10) та (4.11). Оцінити максимальне тягове зусилля лебідки  $S$ , виходячи з міцності канату. Розривне зусилля канату в цілому  $P_k$  обрати відповідно до діаметра канату за табл. 1.1 при тимчасовому опорі дротів розриву – 1800 МПа (Н/мм<sup>2</sup>). Коефіцієнт запасу міцності канату прийняти за  $K_k = 4$ .

## Зміст звіту про лабораторну роботу

- 1 Завдання роботи.
- 2 Кінематична схема лебідки з експлікацією і короткою характеристикою вузлів.
- 3 Результати замірів величин  $d_K$ ,  $D_6$ ,  $L_6$ ,  $h_P$ ,  $m_P$ .
- 4 Розрахункова схема барабану з багатощаровим навіванням.
- 5 Розрахунки величин  $L_6$ ,  $v_{K \min}$ ,  $v_{K \max}$ ,  $v_B$ ,  $S$ ,  $Q$ .
- 6 Результати заміру фактичної швидкості вантажу і порівняння з  $v_B$ .
- 7 Розрахунки максимального тягового зусилля лебідки  $S$  (Н), виходячи з потужності двигуна за формулами (4.10) та (4.11). Оцінка максимального тягового зусилля лебідки  $S$ , виходячи з міцності канату з використанням знайденого за табл. 1.1 розривного зусилля канату в цілому  $P_K$ , обраного за діаметром канату при тимчасовому опорі дротів розриву – 1800 МПа (Н/мм<sup>2</sup>). Коефіцієнт запасу міцності канату прийняти за  $K_K = 4$ .

### Контрольні запитання та завдання

1. Будова та область застосування лебідок.
2. Основні конструктивні параметри лебідки.
3. Чому в лебідках для підймання вантажу використовуються гальма з гідравлічними, а не з електромагнітними штовхачами?
4. Методика визначення канатоємності лебідки.
5. Методика визначення швидкості навівання канату на барабан та зусилля в канаті лебідки.
6. Від чого залежить тривалість пуску двигуна лебідки.

### Лабораторна робота № 5

#### КОНСТРУКЦІЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДВОКОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ

**Мета роботи:** вивчити конструкцію і принцип дії двоколодкових гальм, а також методику регулювання основних їх параметрів

#### Навчальні задачі:

- вивчити конструкцію стендових моделей двоколодкових гальм;

- ознайомитися з принципом дії двоколодкових гальм з короткоходовим елетромагнітом та електродвигуном;
- вивчити основні положення методики визначення основних перемет колодкових гальм;
- вивчити методику та набути навиків регулювання гальмівного моменту двоколодкового гальма.

### Лабораторне обладнання та інструменти

Для проведення лабораторної роботи використовуються:

1. Стенд для регулювання колодкових гальм.
2. Підвіска для встановлення еталонних гирьок.
3. Штангельциркуль.
4. Лінійка  $l=0,5\text{м}$ .
5. Комплект еталонних гирьок,  $G = 5\text{Н}$ .
6. Комплект гайкових ключів.

### Будова стенда

Стенд для регулювання двоколодкових гальм (рис. 5.1.) являє собою стіл 1, на якому встановлений електродвигун 2 з гальмівним шківом 3. На шківі 3 встановлене двоколодкове гальмо 4, а також навантажувальний важіль 5 з гирьовою підвіскою 6.

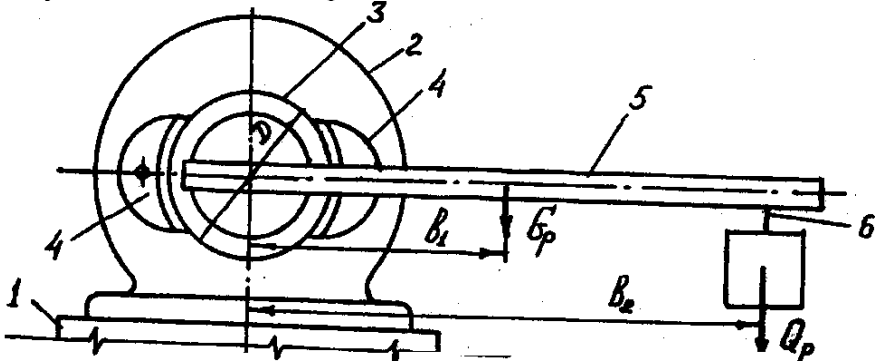


Рис 5.1. Схема стенда: 1- стіл; 2 - електродвигун; 3- шків;  
4- гальмо; 5- важіль; 6- гирьова підвіска

## Короткі відомості

Вивчення конструкції і принципу дії двоколодкових гальм здійснюється за допомогою стендової моделі гальма, встановленого в лабораторії. При знайомстві з конструкцією необхідно особливу увагу звернути на взаємозв'язок гальма, а також будову та принцип дії механізму зімкнення (розімкнення) гальм. Отримані відомості повинні бути відображені у звіті у вигляді конструктивної схеми гальма з показом позицій та найменування окремих елементів. Приклад схеми наведений на рис. 5.2.

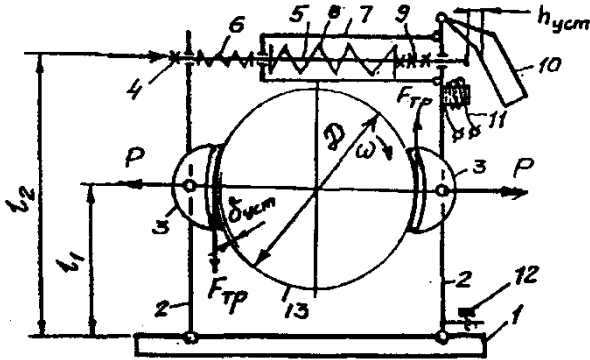


Рис. 5.2. Схема двоколодкового гальма: 1-основа; 2-стійка 3-колодки; 4-гайка штовхача; 5 - штовхач, 6 – пружина, що повертає; 7 - скоба; 8 – замикаюча пружина; 9-гайка замикаючої пружини; 10-якір; 11- електромагнітна котушка; 12-гвинт регулювання рівномірності відходу колодок ,13-шків.

Принцип дії гальма полягає в наступному. Під дією замикаючої пружини колодки 3 притискаються з силою  $P$  до шківів 13, який обертається або нерухомий у результаті чого на його поверхні виникають сили тертя  $F_{тер}$ , які створюють гальмівний момент  $M_G$ . Розгальмування шківів 13 здійснюється за допомогою електромагнітної котушки 11, при увімкненні якої якір 10, повертаючись за годинниковою стрілкою, натискує на штовхач 5, що призводить до розведення стійки 2 і відведення колодок гальма 3 від шківів 13.

## Методика визначення основних параметрів колодкових гальм

До основних параметрів колодкових гальм відносяться:

$D$  - діаметр шківів, м;

$\alpha$  - кут обхвату колодкою шківів, град;

$l_1, l_2$  - значення плечей дії, відповідно, замикаючого зусилля  $P_3$  і зусилля притискання колодок  $P, H$ ;

$P_3$  - величина замикаючого зусилля, Н;

$M_{\Gamma}$  - гальмівний момент, що розвивається на шківі, Нм.

Згідно рис. 5.2. гальмівний момент на шківі гальма визначається за залежністю

$$M_{\Gamma} = F_{TP} D, \quad (5.1)$$

де  $F_{TP}$  - сила тертя, що виникає при притисканні до шківів,  $D$  - діаметр шківів, м.

Враховуючи, що  $F_{TP} = P\mu$ , можна записати

$$M_{\Gamma} = \mu P D. \quad (5.2)$$

Тут  $\mu$  - коефіцієнт тертя колодки по шківу. Звичайно його значення приймають в межах  $\mu = 0,35 \dots 0,45$ :  $P$  - зусилля притискання колодки до шківів, Н.

Таким чином, при відомому зусиллі і притиску колодок до шківів  $P$  визначення виникаючого гальмівного моменту  $M_{\Gamma}$  не викликає труднощів.

Однак в реальних умовах частіше доводиться вирішувати обернену задачу, при заданому гальмівному моменті  $M_{\Gamma}$  потрібно визначити зусилля замкнення гальма  $P_3$  та основні параметри замикаючої пружини.

Згідно рівняння рівноваги однієї із стійок гальма відносно шарніра її кріплення до основи зусилля замкнення гальма дорівнює

$$P_3 = N \frac{l_2}{l_1} \eta + P_{IP}, \quad (5.3)$$



де  $N$  - реакція на тиск гальмівної колодки,  $N=P$ , Н;  $P_{\text{пр}}$  - зусилля протидії пружині, що повертає, звичайно приймається в межах (20...60) Н,  $\eta$  - (0,9...0,95) – к.к.д, важільної системи.

Із урахуванням виразу (4.2) значення  $P_3$  набуде вигляду.

$$P_3 = \frac{M_{\Gamma} l_2}{l_1 \mu D} \eta + P_{\text{пр}}, \quad (5.4)$$

Для забезпечення розрахункового зусилля  $P_3$ , у механізмі замкнення необхідно установити та відрегулювати циліндричну пружину.

Відомо, що зусилля, яке розвивається циліндричними пружинами, описується наступною залежністю

$$P_{\text{п}} = \lambda C_{\text{п}}, \quad (5.5)$$

де  $\lambda$  - величина деформації пружини, м;  $C_{\text{п}}$  - жорсткість пружин, Н/м.

При відомих геометричних параметрах установленної на гальмі замикаючої пружини можна з виразу (4.5) визначити необхідну величину  $\lambda$ .

$$\lambda = \frac{P_3}{C_{\text{п}}}, \quad (5.6)$$

Жорсткість пружини  $C_{\text{п}} = C_1 / n$ ,

де  $C_1$  - жорсткість одного витка, Н/м;  $n$  – кількість витків, шт.

Жорсткість одного витка визначається за відомою формулою

$$C_1 = \frac{Gd}{8C^3}, \quad (5.7)$$

де  $G$  – модуль пружності другого роду,  $G=80000$  МПа;  $d$  – діаметр пружини, м;  $C$  - співвідношення зовнішнього діаметра пружини до діаметра прутка  $C = D_{\text{п}} / d$ .

Таким чином, з урахуванням виразу (4.7) та числових значень вхідних величин потрібна деформація пружини може бути визначена з наступної залежності

$$\lambda = \frac{P_3 n D^3}{10^4 d^4}, \quad (5.8)$$

Важливим регульованим параметром двоколодкового гальма є зазор між поверхнями шківів та колодок  $\delta_{уст}$  при відході їх в момент вимкнення гальма.

Значення установочного радіального зазору нормоване і приймається за таблицею 4.1.

Таблиця 5.1

Діаметр шківів, D, мм	100	200	300	400	600
Радіальний зазор, $\delta_{уст}$ мм	0,6	0,8	1,0	1,25	1,25

При вибраному значенні радіального зазору величина установочного ходу пристрою, що розмикає, буде дорівнювати

$$h_{уст} = 2\delta_{уст}u, \quad (5.9)$$

де  $\delta_{уст}$  - установочний зазор, мм;  $u$  - передаточне співвідношення важільної системи стійки,  $u = \frac{l_1}{l_2}$ .

Максимальний зазор між колодкою та шківом повинен задовольняти умові

$$\delta_{уст \max} = 0.5h_n, \quad (5.10)$$

де  $h_n$  - нормальний (паспортний) хід пристрою, що розмикає.

### Регулювання гальма

Головним параметром гальма, що підлягають регулюванню, є:

1 - Установочний зазор  $\delta_{уст}$ ; 2- величина замикаючого зусилля пружини  $P_3$ , що забезпечує заданий гальмівний момент  $M_{Г}$ .

Регулювання зазору  $\delta_{уст}$  правої колодки здійснюється гвинтом Е при натиснутому якорі шляхом обертання маховика (гайки) А.

Регулювання замикаючого зусилля  $P_3$ , здійснюється за допомогою зміни довжини L робочої пружини шляхом її затискання гайкою Б.

Величина необхідної деформації пружини визначається за залежностями (5.4) та (5.8).

## Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією гальма та стенда.  
2. Відрегулювати установочні зазори та установочний хід замикаючого штовхача.

3. Задатися величиною розрахункового моменту  $M_p$ , попередньо перевіривши можливість його відтворення навантажувальним важелем шківів

$$M_p = G_p b_1 + Q_p b_2$$

4. Користуючись залежністю (5.4) та (5.8) визначити необхідну силу замкнення  $P_3$  та величину деформації пружини  $\lambda$ , які забезпечують гальмівний момент  $M_G$ , що чисельно дорівнює  $M_p$ .

5. Встановивши розрахункову деформацію пружини, перевірити відповідність створеного гальмівного моменту  $M_G$  заданому значенню  $M_p$ . Для цього необхідно навантажити важіль заздалегідь підібраними гальмами  $Q_p$ . Якщо замикаюча пружина відрегульована правильно, то при навантаженні важеля він буде зберігати стан спокою або повільно з постійною кутовою швидкістю повертатися у напрямку дії вантажу  $Q_p$ .

Дослід повторити тричі змінюючи величину  $M_p$  і, відповідно йому визначивши необхідне значення  $\lambda$ , яке забезпечить умову  $M_{Gi} = M_{pi}$ .

Вихідні дані розрахунків і вимірів заносяться в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2.

Параметри	Позначення	Од. виміру	Значення
1	2	3	4
1. Діаметр гальмівного шківів	$D$	мм	
2. Установочний зазор	$\delta_{уст}$	мм	
3. Установочний хід розмикаючого пристрою	$h_{уст}$	мм	
4 Довжина замикаючої пружини у вільному стані	$L$	мм	
5. Розрахункова деформація пружини	$\lambda$	мм	
6. Жорсткість пружини	$C_{II}$	Н/мм	

7. Зусилля замкнення	$P_z$	Н	
8. Сила притиску колодок	$P$	Н	
9. Сила тертя	$F_{TP}$	Н	
10. Коефіцієнт тертя	$\mu$	0,35	
11. Заданий момент	$M_p$	Нм	
12. Розрахунковий гальмівний момент	$M_G$	Нм	
13. Похибка налаштування		%	

### Зміст звіту

Звіт повинен містити:

- мету і задачі роботи;
- короткий опис і схему двоколодкового гальма.
- основні розрахункові залежності щодо визначення потрібних параметрів гальма;
- розрахунок потрібних параметрів;
- таблицю розрахованих та вимірених параметрів.

### Контрольні питання та завдання:

1. Назвіть основні елементи двоколодкового гальма.
2. Який принцип дії колодкових гальм?
3. Як відрегулювати зазор між колодкою і шківом?
4. Як регулюється величина замикаючого зусилля гальма?
5. Які параметри впливають на величину гальмівного моменту?
6. Чим визначається ширина колодки?

### Лабораторна робота 6

## ЗНАЙОМСТВО З КОНСТРУКЦІЄЮ, ОРГАНАМИ КЕРУВАННЯ БАШТОВОГО КРАНА І ОТРИМАННЯ ПРАКТИЧНИХ НАВИКІВ РОБОТИ НА ТРЕНАЖЕРІ КРАНА КБ-403

**Мета роботи:** ознайомитися з конструкцією і органами керування та отримати практичні навички роботи на тренажері баштового крана.

### Навчальні задачі:

- вивчення конструкції баштового крана з поворотною баштою і його основних параметрів;
- здобуття навичок керування крановими механізмами за допомогою командоконтролерів;
- визначення відносної тривалості включення (ТВ %) механізму підйому за результатами замірів;
- розрахунок експлуатаційної продуктивності крана.

### Лабораторне обладнання та інструменти

1. Кран-тренажер ТР-КБ-403А (рис. 6.1.) складається з діючої моделі крана і робочого місця крановника, яке являє собою частину кабіни базового баштового крана КБ-403А.

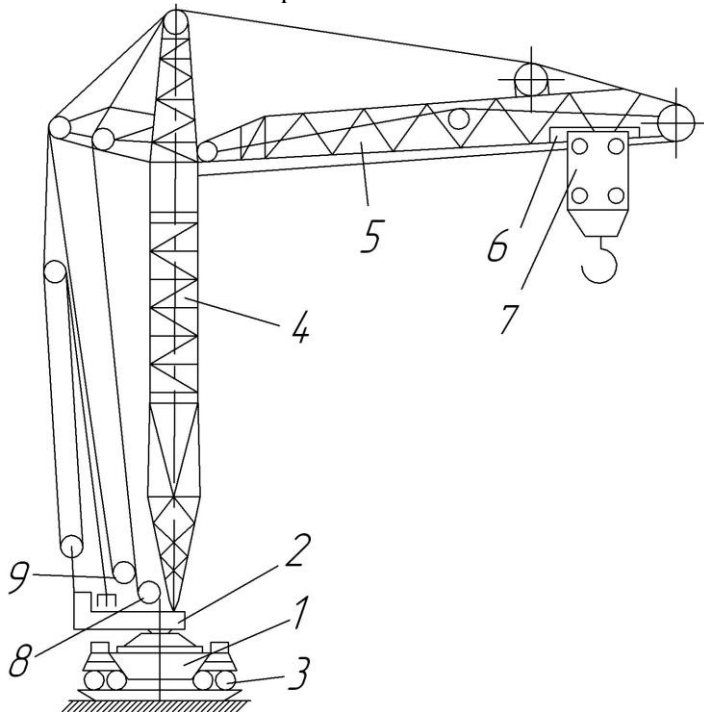


Рис. 6.1. Схема крана-тренажера ТР-КБ-403А: 1 – опорна рама;

2 – поворотна платформа; 3 – ходові візки; 4 – башта; 5 – секційна стріла; 6 – вантажний візок; 7 – гакова підвіска; 8 – вантажна лебідка; 9 – стрілова лебідка.

Діюча модель крана в масштабі 1:10 містить опорну раму 1, яка через опорно-поворотний пристрій з'єднана з поворотною платформою 2. З опорною рамою 1 шарнірно зв'язані діагонально розташовані флюгери, які опираються на ходові візки 3. На поворотній платформі розташовані вантажна 8 і стрілова 9 лебідки, механізм повороту, противага і шафа електрообладнання. Башта 4 ґратчастої конструкції виконана з труб і складається з секцій (верхньої і двох проміжних) і порталу. Секційна стріла 5 балочного типу виконана у вигляді тригранної ферми. Вантажний візок 6 пересувається по двох нижніх поясах ферми. Стріла шарнірно з'єднана з баштою і складається з двох секцій - кореневої і головної, причому у кореневій частині встановлена лебідка механізму пересування вантажного візка. Гакова підвіска 7 служить для підвішування до неї вантажу за допомогою такелажних пристроїв. Схеми запасування канатів вантажної лебідки і лебідки механізму пересування вантажного візка зображені на рис.6.2 і рис.6.3.

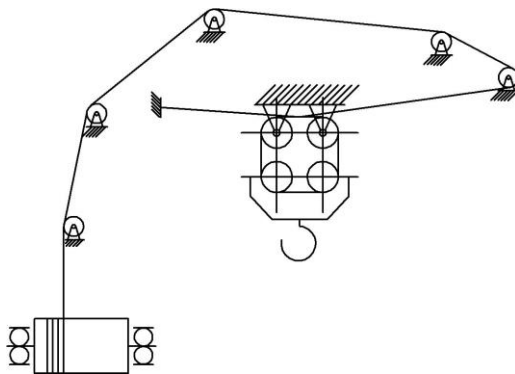


Рис. 6.2. Схема запасування канатів вантажної лебідки

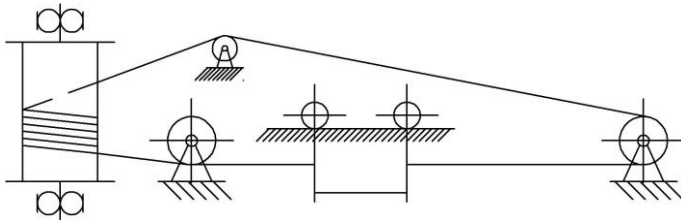


Рис.6.3. Схема запасування канатів механізму пересування

Робоче місце кранівника (рис. 6.4) містить станину 1, сидіння кранівника 2, пульт 3, педалі 4 (звуковий сигнал) і 5 (керування гальмом механізму повороту), а також командоконтролери механізму повороту 6, вантажної лебідки 7, механізмів пересування візка 8 і крана 9.

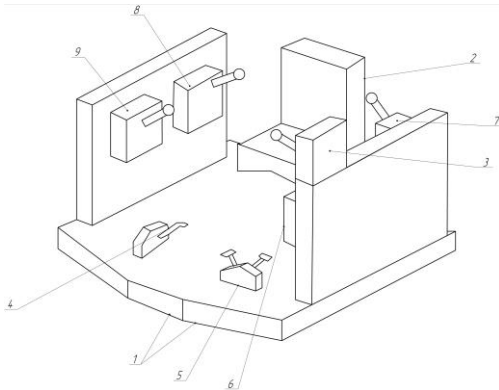


Рис. 6.4. Робоче місце кранівника: 1 – станина; 2 – сидіння кранівника; 3 – пульт; 4 – педаль до звукового сигналу; 5 – педаль керування гальмом механізму повороту; 6 – командоконтролер механізму повороту; 7 – командоконтролер вантажної лебідки; 8 – командо-контролер механізму пересування; 9 – командоконтролер крана

2. Вимірювальний. Інструмент – секундоміри (2шт.), рулетка довжиною 2м, підставки під вантаж (2 шт.).

### Технічна характеристика крана-тренажера

Максимальна маса вантажу, що підіймається, кг	1,25
Максимальна висота підймання вантажу, мм	2000
Виліт стріли, мм	2000
Кут нахилу стріли, град	0; 30; 50
Кут повороту, град	±180
Швидкість підймання і опускання вантажу, м/хв	3; 4

Швидкість повільної посадки, м/хв	2
Швидкість підймання і опускання стріли, м/хв	1,8
Частота обертання крана, хв. <sup>-1</sup>	0,8
Швидкість пересування крана, м/хв	2,0
Швидкість пересування вантажного візка, м/хв	1,0
Довжина підкранового шляху, мм	2100
Ширина колії, мм	560
Маса противаги, кг	39
Маса моделі крана (без противаги), кг	85

### Короткі відомості

**Баштовий кран** - основна вантажопідйомна машина на будівельному майданчику.

Найбільш поширені баштові крани на рейково-колісному ході з поворотною баштою. Зміна вильоту гака здійснюється зміною кута нахилу стріли чи використанням вантажного візка, що пересувається по стрілі.

**Основний показник роботи крана** - його експлуатаційна годинна продуктивність:

$$n_e = QnK_eK_v, \quad (6.1)$$

де  $Q$  - номінальна вантажопідйомність крана, т,  $K_e$  - середній коефіцієнт використання крана за вантажопідйомністю, який визначається в реальних умовах за середнім значенням вантажу з тих вантажів, що пересуваються за зміну. При перевантажуванні штучних вантажів різної ваги і конфігурації  $K_e = 0,6$ , при будівельно-монтажних роботах  $K_v = 0,5$ ;

$K_v$  - коефіцієнт використання крана за часом, який залежить від системи організації робіт на робочому майданчику і враховує технологічні та організаційні перерви. Можна прийняти  $K_v = 0,7 \div 0,8$ ;  $n$  - кількість циклів роботи крана за годину,

$$n = \frac{3600}{T_{\text{ц}}} \quad (6.2)$$

де  $T_{\text{ц}}$  - середня тривалість одного циклу в секундах, яка складається з  $T_m$  - машинного часу і  $T_c$  - часу, необхідного для стропування вантажу, його встановленні на поміст чи на місце монтажу, а також на від'єднання вантажу від вантажозахватних пристроїв;



$$T_y = T_M + T_c. \quad (6.3)$$

Величина  $T_c$  залежить від конкретних умов і може складати від 20 до 200 с і навіть більше.

Машинний час крана можна визначити експериментально чи розрахунком. Без урахування можливого поєднання двох операцій розрахунковий машинний час  $T_M^P$  визначається сумою витрат часу на кожну операцію:

$$T_M^P = t_{нід} + t_{пер.в.} + t_{пер.к.} + t_{нов.} \quad (6.4)$$

де  $t_{нід}$  - час, необхідний для підймання і опускання вантажу і підвіски за цикл, с;

$$t_{нід} = \frac{2(H_B + H_{II})}{V_{II}} \quad (6.5)$$

де  $H_B, H_{II}$  - висота підймання вантажу і підвіски без вантажу, м;  $V_{II}$  - середня швидкість підймання вантажу і підвіски; м/с).  $t_{пер.в.}$  - час пересування вантажного візка з вантажем і без нього, с,

$$t_{пер.в.} = \frac{(l_{B.B.} + l_{B.II.})}{V_B} \quad (6.6)$$

де  $l_{B.B.}, l_{B.II.}$  - шляхи пересування вантажного візка з вантажем і без нього, м;

$V_B$  - швидкість пересування візка, м/с;

$t_{пер.к.}$  - час пересування крана, с:

$$t_{пер.к.} = \frac{(l_{K.B.} + l_{K.II.})}{V_K} \quad (6.7)$$

де  $t_{K.B.}, t_{K.II.}$  - шляхи пересування крана з вантажем і без нього, м;

$V_K$  - швидкість пересування крана, м/с);

$T_{нов.}$  - час повороту крана, с:

$$t_{нов.} = \frac{(\alpha_B + \alpha_{II})}{\omega_K} \quad (6.8)$$

де  $\alpha_B, \alpha_{II}$  - кути повороту крана з вантажем і без нього, радіан;

$\omega_K$  - кутова швидкість крана,  $c^{-1}$ , яка може бути визначена через частоту обертання крана  $n_K$ :

$$\omega_k = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (6.9)$$

Відносна тривалість вмикання (ТВ %) будь-якого кранового механізму

$$ТВ = \frac{t_M}{T_{ц}} 100\%, \quad (6.10)$$

де  $t_M$  - сумарний час роботи за цикл того механізму, для якого визначається ТВ. Вказана величина складається з часу руху, що встановився, часу пуску та гальмування, але через незначність останніми складниками можна нехтувати. Тоді, наприклад для механізму підймання  $t_M \approx t_{під}$ , а для механізму повороту  $t_M = t_{пов}$  і т.і.

### Порядок виконання роботи

1. Розглянути конструкцію баштового крана. Виконати конструктивну схему крана і схеми запасування канату механізмів підймання і пересування візка. При вивченні механізму обертання використувувати плакати.

2. Ознайомитись з будовою робочого місця кранівника і способами керування крановими механізмами.

3. Пересунути вантаж по заданій викладачем трасі і повернута кран у вихідне положення. У процесі переміщення секундомірами фіксувати: сумарний час роботи за цикл механізму підймання ( $t_{під.е}$ ) і машинний час  $T_M$ , що витрачається на виконання всіх операцій по пересуванню вантажу.

4. Виміряти характеристику траси ( $H_в, H_n, l_{В.В.}, l_{В.П.}, l_{К.В.}, l_{К.П.}, \alpha_В, \alpha_{П}$ ). Параметри траси при пересуванні візка з вантажем і без нього можна вважати однаковими.

5. Розрахувати за формулою (6.5) час, необхідний для підймання та опускання вантажу і підвіски за цикл  $t_{під}$ . Порівняти його з  $t_{під.екс}$ .

6. Визначити за формулою (6.4) розрахунковий машинний час  $T_M$ . Необхідні дані для розрахунку швидкості механізмів можна брати з технічної характеристики крана-тренажера.

7. Порівняти розрахунковий і фактичний робочий час. Визначити ефективність поєднання операцій при роботі крана.

8. Визначити тривалість циклу  $T_{ц}$ , беручи значення  $T_c=20-200$  с.

9. Встановити за формулою (6.10) відносну тривалість вмикання механізму підймання, підставляючи  $t_{\text{під.екс}}$  замість  $t_M$

10. Обчислити за формулою (6.1) годинну продуктивність крана. Значення вантажопідйомності крана кожна підгрупа студентів одержує від викладача.

### **Зміст звіту по лабораторній роботі**

1. Задачі роботи.
2. Конструктивна схема крана з експлікацією основних частин. Схеми запасування канату механізмів підймання і пересування вантажного візка.
3. Результати хронометражу величин  $t_{\text{під.екс}}$  і  $T_M$
4. Результати замірів характеристик траси  $H_B$ ,  $l_{B.V.}$ ,  $l_{K.B.}$ ,  $\alpha_B$
5. Розрахунок часу  $t_{\text{під.}}$  і  $T_p^M$ .
6. Порівняння значень  $T_p^M$  і  $T_M$ . Висновок про ефективність, поєднання операцій у даному випадку.
7. Розрахунок тривалості циклу.
8. Розрахунки відносної тривалості вмикань і годинної експлуатаційної продуктивності.

### **Основні вимоги до пересування вантажів баштовим краном**

1. Кранівник повинен працювати тільки за сигналами стропувальника. Сигнал "Стоп" кранівник повинен виконувати незалежно від того, хто його подає.

2. Забороняється поправляти стропи у підвішеному стані, відтягувати вантаж під час підймання чи опускання.

3. Гак крана повинен бути встановлений так, щоб при підйманні вантажу виключити похиле положення вантажного канату.

4. Перед початком роботи (вмиканням механізму пересування і повороту) кранівник повинен подати попереджувальний сигнал.

5. Піднявши вантаж на 290-300 мм, упевнитись у справності гальм, стійкості крана і правильності стропування, а потім продовжити підймання на задану висоту.

6. Для пересування вантажу горизонтально його треба підняти на 0,5 м вище предметів, що трапляються на шляху.

7. Відстань між обоймою гака і блоками на стрілі не повинна бути меншою, ніж 0,5м.

8. Дозволяється поєднувати не більше двох операцій при роботі крана (підймання + поворот, поворот + пересування і т.д.). При цьому неприпустиме одночасне вмикання механізмів.

9. Не дозволяється переведення механізмів з прямого на зворотний хід до повної зупинки.

10. Після закінчення роботи необхідно повернути кран у вихідне положення.

### **Контрольні запитання та завдання**

1. Навести конструктивну схему баштового крана. Перелічити його основні складові частини. Навести схеми запасування канату механізмів підймання і пересування візка.

2. Яке призначення протиугінного пристрою?

3. Перелічити пристрої безпеки, якими обладнано баштовий кран.

4. У чому перевага двохосьової гакової підвіски у порівнянні з одноосьовою?

5. Яке призначення противаги; командоконтролера? Яка кратність стрілового поліспасти? Перелічити кранові механізми.

6. Скільки робочих операцій можна поєднувати при роботі на баштовому крані? Які це операції?

7. Навести формулу для розрахунку годинної експлуатаційної продуктивності. Перелічити шляхи підвищення продуктивності баштового крана.

8. Що таке ТВ? Як його визначити і навіщо?

9. Що більше:  $t_{nid}$  чи  $T_M$ ?

10. Як розрахувати  $t_{nid}$ ? Як експериментально визначити  $t_{nid.екс}$ ?

11. Як розрахувати  $T_M^P$ ?

### **Лабораторна робота № 7**

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВЕДУЧОГО БАРАБАНА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА**

**Мета роботи:** ознайомитися з конструкцією ведучого барабана стрічкового конвеєра, та дослідити його тягові здатності

### Навчальні завдання:

- вивчення конструкції стрічкових конвеєрів;
- визначення продуктивності стрічкового конвеєра;
- дослідження тягової здатності привідного барабана стрічкового конвеєра.

### Лабораторне обладнання

1. Діюча модель горизонтального стрічкового конвеєра (рис. 7.1). Модель містить жолобчасті трироликові роликоопори 1 завантаженої верхньої гілки та однороликові плоскі роликоопори 2 порожньої гілки, які служать для підтримування стрічки 3. **Жолобчасті роликоопори** порівняно з плоскими **забезпечують подвоєння продуктивності** з тими самими шириною стрічки та її швидкістю, а також створюють кращі умови для центрування стрічки. **Тягове зусилля** на стрічку передається від однобарабанного приводу 5 **за рахунок сил зчеплення** привідного барабана зі стрічкою. Гвинтовий натяжний пристрій 4 створює натяг конвеєрної стрічки, достатній для забезпечення необхідного тягового зусилля. Для підвищення тягової здатності привідного барабана служить відхиляючий барабан 6. Кінематична схема приводу конвеєра наведена на рис. 7.2.

2. Стенд із зразками гумотканинних стрічок різної ширини і конструкції.

3. Роликоопори навантаженої і порожньої віток, у тому числі центрувальні (із дефлекторними роликами) і амортизуючі (із роликами, покритими гумою).

4. Установка для дослідження тягової здатності привідного барабана стрічкового конвеєра (рис. 7.3). Одна половина барабана 1 футерована гумотканинною стрічкою, а друга – без футерівки, сталава. Важіль 2 обладнаний контрвантажем 3, який врівноважує довге плече важеля. Вантаж 4 встановлений з можливістю пересування по важелю. Стрічка 5 охоплює барабан 1. До вільного кінця стрічки прикріплений змінний вантаж 6, який створює в збігаючій гілці задане зусилля. Пристрій 7 для кріплення набігаючої на барабан стрічки дозволяє змінювати кут обхвату барабана стрічкою від  $165^{\circ}$  до  $240^{\circ}$ . Вага вантажу 4 складає  $G_{\text{ВАНТ}} = 46 \text{ Н}$ , а вантаж 6 – змінний і задається кожній підгрупі викладачем.



## Короткі відомості

Стрічковий конвеєр (далі – СК) – це машина для безперервного транспортування насипних і штучних вантажів, вантажним і тяговим органом якої є гнучка замкнена стрічка (ДСТУ 3591-97). СК використовують для горизонтального і похилого транспортування насипних і штучних вантажів.

Найважливішою характеристикою СК є продуктивність, яка, за умови транспортування насипних вантажів, може бути визначена за однією з наступних формул:

$$\begin{aligned} Q_1 &= F \cdot V; & P_1 &= F \cdot V \cdot \gamma; \\ Q_2 &= 3600 \cdot F \cdot V; & P_2 &= 3600 \cdot F \cdot V \cdot \gamma, \end{aligned} \quad (7.1)$$

де  $Q_1, Q_2$  – секундна ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) і годинна ( $\text{м}^3/\text{год}$ ) об'ємна продуктивність конвеєра;  $P_1, P_2$  – секундна ( $\text{т}/\text{с}$ ) і годинна ( $\text{т}/\text{год.}$ ) масова продуктивність конвеєра;  $F$  – площа вантажу на стрічці,  $\text{м}^2$ ;  $V$  – швидкість конвеєра,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $\gamma$  – насипна густина вантажу,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

Площа вантажу на жолобчастій стрічці шириною  $B$  (рис. 7.4)

$$F = F_T + F_{\Delta},$$

де  $F_T$  і  $F_{\Delta}$  – площі трапеції та трикутника.

Якщо вважати, що  $\epsilon = 0,8 \cdot B$ ,  $\epsilon_1 = 0,32 \cdot B$ , то  $h_{\Delta} = (\epsilon/2) \cdot \text{tg} \varphi' = 0,4 \cdot B \cdot \text{tg} \varphi'$ .

$$h_T = \frac{(\%o - \%o_1)}{2} \cdot \text{tg} \beta' = 0,24 \cdot B \cdot \text{tg} \beta',$$

де  $\varphi'$  – кут укосу вантажу на стрічці, град., який менший за кут природного укосу вантажу  $\varphi$ . Для переважної більшості насипних вантажів  $\varphi' = 15 \dots 30^\circ$ ;  $\beta'$  – кут нахилу бокових роликів, звичайно,  $\beta' \leq 30^\circ$ .

$$F = 0,5(\epsilon + \epsilon_1) \cdot h_T + 0,5 \cdot \epsilon \cdot h_{\Delta} = (0,13 \cdot \text{tg} \beta' + 0,16 \cdot \text{tg} \varphi') \cdot B^2. \quad (7.2)$$

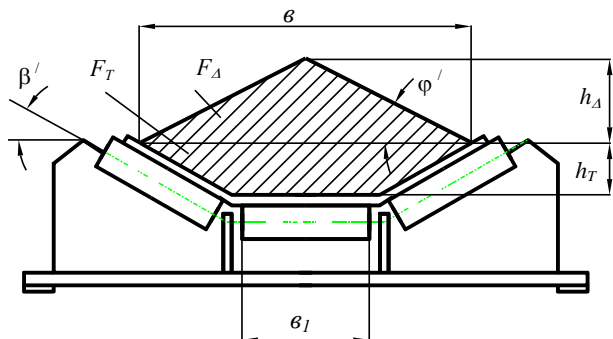


Рис. 7.4. Схема перерізу конвеєра з жолобчастою стрічкою

Методика розрахунку продуктивності СК передбачає використання коефіцієнта площі поперечного перерізу вантажу на стрічці:

$$C_{\Pi} = 3600 \cdot F/B^2 = 3600 \cdot (0,13 \cdot \operatorname{tg} \beta' + 0,16 \cdot \operatorname{tg} \varphi). \quad (7.3)$$

Тоді продуктивність горизонтального конвеєра можна визначити за формулами:

$$Q_2 = C_{\Pi} \cdot V \cdot B^2, \text{ м}^3/\text{год}; \quad \Pi_2 = C_{\Pi} \cdot V \cdot \gamma \cdot B^2, \text{ т, год.} \quad (7.4)$$

Коефіцієнт площі  $C_{\Pi}$  дорівнює продуктивності СК зі стрічкою шириною  $B = 1$  м при швидкості  $V = 1$  м/с. Залежно від властивостей вантажу та кута нахилу бічних роликів рекомендовані значення  $C_{\Pi}$  для жолобчастих роликкоопор складають 300...350.

Із теорії фрикційного приводу впливає умова відсутності пробуксовки стрічки по приводному барабану СК:

$$S_{\text{НБ}} \leq S_{\text{ЗБ}} \cdot e^{f\alpha}, \quad (7.5)$$

де  $S_{\text{НБ}}$ ,  $S_{\text{ЗБ}}$  – натяг у точках набігання на привідний барабан та збігання з нього, Н;

$e \approx 2,72$  – основа натурального логарифма;

$f$  – коефіцієнт зчеплення стрічки з поверхнею привідного барабана;

$\alpha$  – кут обхвату стрічкою привідного барабана, рад.

Максимальне тягове зусилля, яке привідний барабан може передати стрічці,

$$W_T = S_{\text{НБ}} - S_{\text{ЗБ}} = S_{\text{ЗБ}} \cdot (e^{f\alpha} - 1), \quad (7.6)$$



Коефіцієнт тертя стрічки по барабану в умовах лабораторії складає 0,35...0,55. Тяговий фактор при однобарабанному приводі ( $\alpha = 3 - 4$ ) складає  $e^{f\alpha} = 2...5$ .

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію стрічкового конвеєра і його складових частин. Виконати схему конвеєра і його приводу та ескізи роликкоопор.

2. Виміряти на моделі конвеєра ширину стрічки  $B$ , швидкість конвеєра  $V$ , кут нахилу  $\beta'$  бічних роликів жолобчастих роликкоопор. Кут укосу вантажу на стрічці  $\varphi'$  для кожної підгрупи задає викладач.

3. Розрахувати площу поперечного перерізу вантажу на стрічці, коефіцієнт площі і продуктивність конвеєра за формулами (9.2), 95.3), 95.4).

4. Забезпечити на установці рис. 9.3 кут охоплення барабана стрічкою, рівний  $165^0$  (крайній верхній отвір для кріплення стрічки). Відповідно до вказівок викладача використати будь-яку футеровану або не футеровану частину барабана. Вага вантажу  $G$  (рис. 9.3) також задана для кожної групи і складає від 50 до 100Н (більші значення – на не футерованому барабані). Змінюючи положення вантажу  $G_{\text{ВАНТ}}$  на важелі, домогтися початку проковзування стрічки по барабану і заміряти плече  $l$ , мм, при якому почалося проковзування. З урахуванням несталості коефіцієнта тертя стрічки по барабану, проводити не менше трьох вимірів. У момент початку проковзування виконується рівняння:

$$G_{\text{ВАНТ}} \cdot l = W_e \cdot R,$$

де  $R$  – радіус барабана, мм.

5. Повторити заміри на інших кутах охоплення. Результати занести до табл. 5.1.

6. Розрахувати значення  $W_e$  за формулою  $W_e = G_{\text{ВАНТ}} \cdot l / R$ . Результати занести до табл. 5.1.

7. Визначити величину зусилля у стрічці в точці її збігання з барабана

$$S_{3Б} = G + G_{\text{КР}} + G_C, \quad (5.7)$$

де  $G_{\text{КР}} = 2\text{Н}$  – вага пристрою кріплення вантажу на стрічці;

$G_C$  – вага стрічки,  $G_C = b_C \cdot B_C \cdot l_C \cdot \gamma_C$ ;

$b_C, B_C, l_C$  – товщина, ширина і довжина відрізка стрічки, м;

$\gamma_c$  – питома вага стрічки,  $\gamma_c = 11 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$ .

8. Підібрати значення  $f$  таким, щоб при  $\alpha = 180^\circ$  значення  $W_T$  (за формулою (5.6)) і  $W_c$  співпали.

9. Розрахувати при всіх кутах тяговий фактор  $e^{f \alpha}$  і  $W_T$ . Результати занести до табл. 5.1.

10. Побудувати графік  $W_T = f(\alpha)$ . Вказати на ньому експериментальні точки (рис 5.5). Проаналізувати відмінності.

Таблиця 7.1.

Результати замірів та розрахунків

$\alpha$ , град.	$\alpha$ , рад.	$l$ , мм	$W_c$ , Н	$e^{f \alpha}$	$W_T$ , Н
165					
180					
195					
210					
225					
240					

$W, \text{Н}$

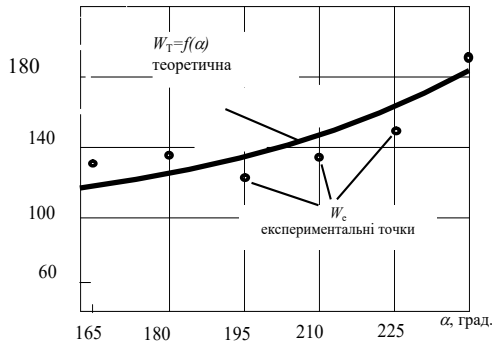


Рис. 7.5. Залежність максимального  $W$  тягового зусилля від кута охоплення привідного барабана  $\alpha$

### Зміст звіту по лабораторній роботі

1. Завдання роботи.
2. Схеми стрічкового конвеєра і його приводу.
3. Ескізи роликкоопор і перерізу стрічок.
4. Результати замірів ширини стрічки, кута нахилу бічних роликів і швидкості на моделі конвеєра.

5. Розрахунок площі поперечного перерізу вантажу на стрічці, коефіцієнта площі і продуктивності конвеєра – формули (7.2), (7.3) і (7.4).

6. Схема установки для дослідження тягової здатності привідного барабана стрічкового конвеєра.

7. Величина  $Q$ , розрахунки  $S_{зБ}$  і  $f$ .

8. Заповнена табл. 5.1, графік  $W_T = f(\alpha)$  з експериментальними точками  $W_e$ . Аналіз відмінностей. Висновки.

### **Контрольні питання та завдання**

1. Область застосування стрічкових конвеєрів.
2. Типи стрічкових конвеєрів.
3. Що таке тягового зусилля? Наведіть три основні способи нарошування тягового зусилля стрічкового конвеєра.
4. Які переваги жолобчастих роликкоопор порівняно з плоскими
5. Що може привести до зміщення стрічки від осі стрічкового конвеєра?
6. Найважливіша характеристика стрічкового конвеєра.

### **Список рекомендованої літератури**

1. Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка / Гончарук О. М., Стрілець В. М. Рівне : НУВГП, 2006. 345 с.
2. Малащенко В. О., Стрілець В. М., Новіцький Я. М., Стрілець О. Р. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2017. 335 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/7529>.
3. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомальних кранів. К. : Держнаглядохоронпраці, 2007. 260 с.
4. Колісник М. П., Шевченко А. Ф., Ракша С. В., Мелашич В. В. Розрахунки будівельних стрілових кранів : навчальний посібник. Дніпропетровськ : Пороги, 2014.
5. Іванченко Ф. К. Підйомно–транспортні машини : підручник. К. : Вища шк., 1993. 413 с.

## ДОДАТКИ

Додаток 1

### Каталог канатів

Діаметр канату, d <sub>к</sub> , ММ	Маркувальна група за тимчасовим опором розриву, МПа			
	1400	1600	1800	2000
	Розривне зусилля канату, кН			
8,3	-	34,8	38,2	41,6
9,1	-	41,6	45,5	49,6
9,9	-	48,9	53,5	58,4
11,0	-	62,9	68,8	75,2
12,0	-	71,8	78,6	85,8
13,0	71,0	81,3	89,0	97,0
14,0	86,7	99,0	108,0	118,0
15,0	100,0	114,5	125,5	137,0
16,5	121,5	139,0	152,0	166,0
18,0	145,0	166,0	181,5	198,0
19,5	167,0	191,0	209,0	228,0
21,0	194,5	222,0	243,5	265,5
22,5	220,5	251,0	275,0	303,5

Додаток 2

### Додаткові дані по розрахунку зів'язки однорогого крюка

№ крюка	Вантажопідйомність		A, мм <sup>2</sup>	e <sub>1</sub> , мм	k
	До 4М	5М–6М			
1	0,32	0,25	154,15	7,80	0,09
2	0,4	0,32	206,21	9,37	0,09
3	0,5	0,4	261,37	10,49	0,09
4	0,63	0,5	341,14	11,39	0,08
5	0,8	0,63	406,96	12,25	0,08
6	1,0	0,8	500,87	13,84	0,09
7	1,25	1,0	615,48	15,58	0,09
8	1,6	1,25	731,02	17,18	0,09
9	2,0	1,6	951,44	19,36	0,09
10	2,5	2,0	1247,84	22,39	0,09
11	3,2	2,5	1475,59	23,68	0,09
12	4,0	3,2	1817,84	27,84	0,10
13	5,0	4,0	2468,44	31,77	0,10
14	6,3	5,0	3082,81	35,04	0,09
15	8,0	6,3	3735,78	38,32	0,09
16	10,0	8,0	4421,24	42,16	0,09
17	12,5	10,0	5777,53	48,05	0,09
18	16,0	12,5	7075,59	54,82	0,10
19	20,0	16,0	9190,84	63,28	0,10
20	25,0	20,0	11335,05	69,00	0,09
21	32,0	25,0	14400,63	77,61	0,09
22	40,0	32,0	17974,94	86,01	0,09
23	50,0	40,0	24490,57	101,20	0,10
24	63,0	50,0	29576,71	110,48	0,09
25	80,0	63,0	37457,26	122,23	0,09
26	100,0	80,0	43545,93	134,95	0,09

Додаток 3

Кількість обривів дротів, за наявності яких канати подвійного звивання, що працюють із сталевими та чавунними блоками, відбраковуються

Кількість несучих дротів у зовнішніх сталках, n	Конструкція канатів		Тип звивання	ГОСТ на канати	Група класифікації (режиму) механізм										
	за ISO (типові зразки конструкцій)	за міждержавними стандартами			M1, M2, M3, M4				M5, M6, M7 та M8						
					хрестове звивання		одност. звивання		хрестове звивання		одност. звивання				
	довжина ділянки								6d	30d	6d	30d	6d	30d	6d
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
n≤50	6x7(6/1)	6x7(1+6)+1x7(1+6)	ЛК-О	3066-80	2	4	1	2	4	8	2	4			
		6x7(1+6)+1 о.с.	ЛК-О	3069-80											
		8x6(0+6)+9 о.с.	ЛК-О	3097-80											
51≤n≤75	6x19(9/9/1)	6x19(1+9+9)+1 о.с.*	ЛК-О	3077-80	3	6	2	3	6	12	3	6			
		6x19(1+9+9)+7x7(1+6)*	ЛК-О	3081-80											
76≤n≤100		18x7(1+6) + 1 о.с.	ЛК-О	7681-80	4	8	2	4	8	16	4	8			
101≤n≤120	8x19(9/9/1)	6x19(1+6+6/6)+7x7(1+6)	ЛК-П	14954-80	5	10	2	5	10	19	5	10			
	6x19(12/6/1)	6x19(1+6+6/6)+1о.с.	ЛК-П	2688-80											
	6x19(12/6+6F/1)	6x25(1+6; 6+12)+1о.с.	ЛК-3	7665-80											
	6x25FS(12/12/1)	6x25(1+6; 6+12)+7x7(1+6)	ЛК-3	7667-80											
121≤n≤140		8x16(0+5+11)+9 о.с.	ТК	3097-80	6	11	3	6	11	22	6	11			
161≤n≤180	6x36(14/7+7/7/1)*	6x30(0+15+15)+7 о.с.	ЛК-О	3083-80	7	14	4	7	14	29	7	14			
		6x36(1+7+7/7+14)+1о.с.	ЛК-Р0	7668-80											
		6x31(1+6+6/6+12)+1о.с.	ЛК-О	16853-80	8	16	4	8	16	32	8	16			
		6x31(1+6+6/6+12)+7x7(1+6)	ЛК-О	16853-80											
		6x37(1+6+15+15)+1о.с.	ТЛК-О	3079-80											
181≤n≤200	6x37(18/12/6/1)	18x19(1+6+6/6)+1 о.с.	ЛК-П	3088-80	10	19	5	10	19	38	10	19			

Примітка:

n – кількість несучих дротів у зовнішніх сталках каната;

d – діаметр каната, мм.