

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

# **БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІФТІВ ТА СПЕЦТЕХНІКИ**

*(для студентів 5 курсу денної форми навчання  
спеціальності 7.17020201, 8.17020201 – Охорона праці (за галузями))*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2016**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Безпека експлуатації ліфтів та спецтехніки" (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 7.17020201, 8.17020201 – Охорона праці (за галузями)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. Х. Далека, В. М. Шавкун. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 49 с.

Укладачі: В. Х. Далека,  
В. М. Шавкун

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В. М. Фатеев

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту,  
протокол № 10 від 01.04.2014 р.

## Зміст

Стор.

|   |    |
|---|----|
| Вступ.....  | 4  |
| 1. Призначення та класифікація підйомно-транспортного обладнання.....                               | 4  |
| 2. Загальні вимоги до виконання лабораторних робіт.....   | 7  |
| 3. Етапи виконання лабораторних робіт.....  | 7  |
| 4. Вимоги до складання звіту з лабораторних робіт.....  | 7  |
| 5. Правила та заходи безпеки під час проведення робіт в лабораторії кафедри ..                      | 7  |
| Лабораторна робота 1. Випробування редукторних ліфтових лебідок.....                                | 8  |
| Лабораторна робота 2. Випробування ліфтових гальм.....  | 12 |
| Лабораторна робота 3. Випробування обмежувачів швидкості ліфтів.....                                | 19 |
| Лабораторна робота 4. Випробування двигуна ліфта.....   | 23 |
| Лабораторна робота 5. Дослідження точності зупинки кабіни ліфта.....                                | 36 |
| Лабораторна робота 6. Система моніторингу технічного стану ліфтів<br>на основі диспетчеризації..... | 42 |
| Список джерел.....  | 47 |

## Вступ

Здобуття знань в області конструювання та опанування принципами дії вантажопідйомних машин різного призначення та вертикального транспорту дискретного типу, факторів, що впливають на їх продуктивність та якість виконуємої роботи, а також основами раціонального вибору і ефективної експлуатації технологічного обладнання. Крім того, знати тенденції при розробці якісно нових і модернізації існуючих підйомно-транспортних машин для забезпечення механізації та автоматизації навантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт у різних сферах виробництва; підвищенні їх вантажопідйомності при одночасному зниженні маси завдяки застосуванню нових кінематичних схем, раціональних профілів металу, матеріалів і прогресивних технологій машинобудування; збільшенні продуктивності різних видів обладнання внаслідок застосування широкого діапазону регулювання швидкостей механізмів, автоматичного та дистанційного керування, спеціальних захоплюваних і інших підйомних механізмів, а також створення поліпшених умов життєдіяльності персоналу; підвищення надійності роботи машин і довговічності їх елементів шляхом розробки прогресивних технічних рішень, застосування нових уточнюючих методів розрахунку та матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями.

Вантажопідйомні машини та транспортні засоби перервної дії, що використовуються при здійсненні підйомно-розвантажувальних і транспортувальних робіт, а також перевезень вантажів і пасажирів в процесі виготовлення, технічного обслуговування та ремонту виробів у сфері машинобудування, будівництва та житлово-комунального господарства.

## 1 Призначення та класифікація підйомно-транспортного обладнання

Підйомно-транспортна машина уявляє собою електромеханічну систему, що виконує корисну роботу з перетворенням одного виду в інший. Вона складається із механізмів різного призначення, об'єднаних загальним корпусом, рамою або станиною. Механізми включають в себе вузли у вигляді закінчених складальних одиниць, а також деталі. Останні виготовляють в основному із однорідного по найменуванню та марці матеріалу без використання складальних операцій. Їх підрозділяють на прості (заклепка, штифт, шпонка), складні (розподільний вал, корпус редуктора та двигуна), загального (болти, вали, зубчасті колеса) і спеціального призначення, які застосовуються в різних видах машин (гаки кранів, корпуса ковшем екскаваторів, поршня насосів).

Основними вимогами, що пред'являються до деталі, є простота їх форм, економічність (вартість матеріалу, витрати на виготовлення та експлуатацію) і надійність (здібність зберігати у часі свою працездатність). Визначають працездатність як по окремим, так і сумісним показникам міцності, зносостійкості, теплостійкості, жорсткості, стійкості та вібростійкості. Значення необхідних показників, головним серед яких для більшості деталей є міцність – властивість елемента чинити опір зміненню форми (руйнуванню) під дією зовнішніх навантажень, залежить від умов роботи деталей, наприклад для деталей кріплення – міцність, ходового гвинта – зносостійкість.

Характер виробничого процесу, його специфічні особливості, рід і фізико-механічні властивості вантажів, що переміщуються, визначають тип і конструкцію застосовуваного підйомно-транспортного обладнання. При здійсненні вибору його типу необхідно враховувати: комплексність механізації навантажувально-розвантажувальних і транспортних операцій на усіх етапах виробничого процесу, умови зберігання пересувного вантажу, відповідність продуктивна транспортних і технологічних машин, включених в один потік, створення благо сприятливих умов праці для обслуговуючого персоналу та інші фактори. Виконання зазначених вимог в різних галузях виробництва привело до створення різноманітних типів підйомних і транспортних пристроїв, що відрізняються між собою по призначенню, конструкції, принципу дії, розмірам, параметрам та ін. Нижче розглянемо основи класифікації машин з урахуванням різних ознак.

За призначенням (технологічною ознакою) машини розподіляють на вантажопідйомні, транспортуючі, ручні, а також для виконання земляних робіт, переробки та сортування кам'яних матеріалів, оздоблюючих робіт, ремонту та утримання доріг. В залежності від конструкції механізмів та обслуговуючої зони вантажопідйомні пристрої розподіляють на прості (домкрати, лебідки, талі) і складні (крани, підйомники). До транспортуючих машин відносяться пристрої рейкового і безрейкового наземного внутрішньозаводського транспорту, машини з тяговим органом (стрічкові, пластинчасті, скребкові та ковшові ланцюгові конвеєри, ескалатори, елеватори), а також без нього (гравітаційний, пневматичний і гідравлічний транспорт, роликові, гвинтові та інерційні конвеєри). Кожний тип машин має ряд типорозмірів (моделей)

близьких по конструкції, але відрізняються окремими параметрами (розміри, маса, потужність, продуктивність).

*За режимом роботи (принципом дії)* розрізняють машини періодичної (циклічної) дії, що виконують роботу шляхом періодичних багатократних повторень адекватних робочих і неробочих операцій з циклічною видачею продукції (внутрішньозаводський транспорт – візки з ручним приводом, електронавантажувачі, ліфти, механічні лопати, промислові роботи, а також скрепери рис. 19, дод.), а також безперервної дії, що видають або транспортують продукцію безперервним потоком (різноманітні конвеєри (рис. 20,22,25, дод.) ескалатори (рис. 21 дод), елеватори (рис. 23, дод.), гравітаційні пристрої у вигляді нахилених і гвинтових спусків (рис. 24, дод.), пневматичний і гідравлічний транспорт). Слід визначити машини і комбінованої дії (крокуючі екскаватори). Машинам циклічної дії характерна універсальність та прилаштованість до різних виробничих умов, а безперервної дії – підвищена продуктивність.

*По ступені рухомості машини* розподіляють на переносні, стаціонарні та пересувні (у тому числі в кузові автотранспорту, причепні та напівпричепі до транспортних засобів, а також самохідні).

*По типу ходового обладнання* розрізняють машини на гусеничному, пневмокомісному, рейковому ході, крокуючі та комбіновані.

*По виду силового обладнання* підрозділяють на машини, що працюють від електричних двигунів і двигунів внутрішнього згоряння. Перші володіють великою готовністю до роботи при наявності електроенергії, а другі є автономні і не залежать від джерела енергії. Багато, особливо будівельних, машин мають комбінований привід з використанням гідравлічних і пневматичних двигунів.

*По кількості двигунів*, встановлених на машині, розрізняють одномоторні (усі механізми приводяться в дію від однієї силової установки) і багатомоторні (для кожного механізму передбачено індивідуальний двигун).

*По системам керування* транспортні засоби розподіляють на механічні (педалі та рукоятки, що приводять в дію системи важелів), гідравлічні (без насосні та насосні, де частково або повністю використовуються гідро пристрої), пневматичні (з використанням стисненого повітря), електричні (з використанням електрообладнання) і комбіновані (електрогідравлічні, пневмоелектричні).

*По ступені універсальності* підрозділяють машини на універсальні багатоцільового призначення, споряджені різними видами швидко знімальних робочих органів, пристосовань та обладнання для виконання великої різноманітності технологічних операцій і спеціалізовані, що мають один вид робочого обладнання та призначені для виконання тільки одного технологічного процесу.

*По ступені автоматизації* розрізняють машини з механізованим і автоматизованим керуванням на базі мікропроцесорної техніки та міні-ЕОМ, промислові роботи, а також роботизовані машини і комплекси.

## **2 Загальні вимоги до виконання лабораторних робіт**

Лабораторні роботи проводять по розкладу в лабораторії чи філіях кафедри. Навчальна група ділиться на ланки (по 2 на кожний вид та призначення пристосування), з навчальною групою проводять інструктивно-методичні заняття, на яких студентам повідомляють порядок проведення лабораторних робіт, ознайомлюють їх з документацією і організацією робочих місць, графіком виконання робіт, проводять інструктаж по техніці безпеки, після чого студент розписується в спеціальному журналі несе фізичну відповідальність за порушення правил та заходів безпеки при виконанні робіт в лабораторії кафедри та їх філіях.

## **3 Етапи виконання лабораторних робіт**

1. Домашня підготовка – вивчення теоретичного матеріалу.
2. Перевірка викладачем готовності студентів до виконання лабораторних робіт.
3. Виконання лабораторних робіт.
4. Організаційно-технічне обслуговування робочих місць.
5. Оформлення звіту та захист лабораторних робіт.

Не виконання заданого обсягу роботи, низька якість виконання завдання та не знання правил та заходів безпеки можуть бути наслідком переносу чергової лабораторної роботи на додаткові заняття.

## **4 Вимоги до складання звіту з лабораторних робіт**

Після виконання роботи кожний студент пред'являє викладачу звіт, який оформлює відповідно з вимогами діючих стандартів. Зміст та форма звіту по лабораторній роботі максимально наближений до виробничо-технічним документам. Форми звітів та їх заповнення здійснюють в кінці кожної лабораторної роботи. Звіт оформлюють в окремому зошиті і використовують при підготовці до екзамену чи заліку.

## **5 Правила та заходи безпеки роботи в лабораторії кафедри**

Щоб запобігти нещасних випадків необхідно додержувати правила та заходи безпеки. К виконанню лабораторних робіт допускаються студенти тільки після засвоєння ними вказаних правил, що підтверджується підписом викладачем в журналі.

Правила та заходи безпеки роботи в лабораторії кафедри та її філіях регламентуються документами, які повинні бути затверджені адміністрацією академії чи філіях: „Інструкція з проведення вступного інструктажу з правил та заходам безпеки”, „Інструкція з проведення інструктажу на робочому місці з охорони праці”, „Інструкція з правил пожежної безпеки”.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

## Випробування редукторних ліфтових лебідок

**Мета роботи:** Ознайомитись з конструкцією та принципом дії реверсивних лебідок. Отримати навички щодо визначення їх основних параметрів.

### Звіт повинен містити

Стислу характеристику підйомно-транспортного обладнання, що розглядається та схеми реверсивних лебідок.

### Загальні положення

Лебідка – це складніший пристрій – вантажопідйомна машина для переміщення вантажу за допомогою гнучкого елемента. Лебідки тягові і підйомні. У конструкцію лебідки входить комір і додаткова передача в приводі. У комір (рис. 1.1) вантаж *1* підіймається гнучким елементом *2* (канатом або ланцюгом), намотуваним на барабан *3*. Барабан, закріплений на валу, обертається за допомогою рукоятки *4*. Передавальне відношення коміра невелике; воно рівне відношенню радіусу приводної рукоятки *l* до радіусу *R* барабана, тому і вантажопідйомність коміра незначна. У лебідках будь-яке тягове зусилля досягається збільшенням передавального відношення додаткової передачі, що встановлюється між валом барабана і рукояткою.

У тяговій лебідці *б* (рис. 2.2) вантаж *1* підтягають гнучким елементом *2*, намотуваним на барабан *3*, який обертається рукояткою *5* через зубчасту або черв'ячну передачу *4*. Тягові лебідки використовують для переміщення вантажу по площині або по тих, що направляють.

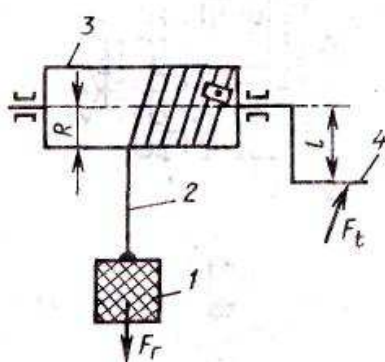


Рисунок 1.1 – Схема коміра

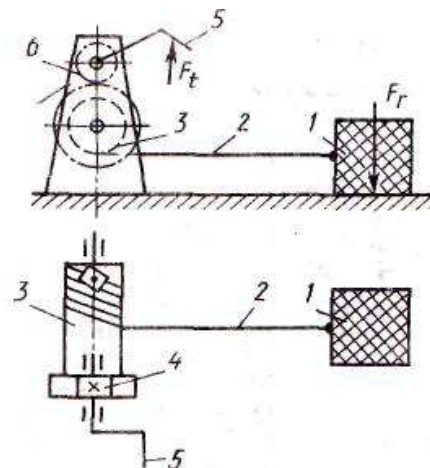


Рисунок 1.2 – Схема тягової лебідки

Підйомна лебідка (рис. 1.3) по конструкції аналогічна тяговою. Для підйому вільно підвешеного або рухомого в тих, що направляють вантажу використовують відхиляючий блок.



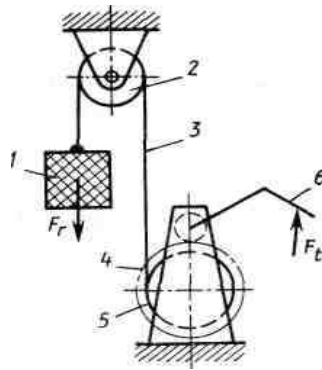


Рисунок 1.3 – Схема підйомної лебідки:

1 – груз; що 2-відхиляє нерухомий блок; 3 – гнучкий елемент (канат);  
4 – зубчата передача; 5 – барабан; 6 – рукоятка

Лебідки виготовляють з ручним і машинним приводом. Лебідки з приводом від електродвигуна називають електролебідками.

Лебідку застосовують для переміщення вантажу за допомогою гнучкого елемента. Вона може входити як складова частина в складніші вантажопідйомні пристрої (кран, підйомник і ін.). Лебідки можуть бути з ручним і машинним приводом.

При ручному приводі на валу лебідки кріплять рукоятку. За Правилами Держміськтехнагляду всі ручні підйомні механізми повинні бути забезпечені пристроями, що запобігають небезпечному для обслуговуючого персоналу довільному обертанню рукоятки під дією вантажу. Такі пристрої називають безпечними рукоятками.

При припиненні обертання рукоятки гальмо під дією вантажного моменту автоматично розвиває гальмівний момент, пропорційний масі вантажу, зупиняє його і утримує в підвішеному стані. Для опускання вантажу необхідно протягом всього часу спуску прикладати зовнішній момент з боку приводу.

До безпечних відноситься рукоятка, сконструйована по типу дискового грузоупорного гальма з поверхнями, що розмикаються, тертя, які замикаються вантажем (рис. 1.4). На валу 5 закріплена на шпонці різьбова втулка з диском 1. Другий диск 4 є гайку з рукояткою 6. Між цими дисками знаходиться колесо, хропіння, з собачкою 3. Колесо, хропіння, вільно сидить на втулці диска 1. Зазор між поверхнями, що труться, обмежений шайбою. Різьблення на втулці диска 1 направлена так, що при обертанні рукоятки за годинниковою стрілкою (при підйомі вантажу) гайка переміщається вліво і затискає колесо, хропіння, 2 між дисками 1 і 4.

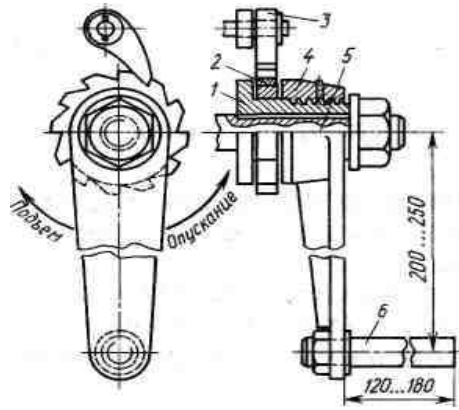


Рисунок 1.4 – Схема безпечної рукоятки лебідки

Завдяки відповідному напрямку зубів колеса, хропіння, диски і колесо, хропіння, можуть вільно обертатися при підйомі вантажу. Після закінчення підйому вантаж зупиняється, оскільки колесо, хропіння, утримується від зворотного обертання собачкою 3, а диски 1 я 4 зчеплені з колесом, хропіння, силою тертя (момент від вантажу як при підйомі, так і при спуску направлений в одну і ту ж сторону). Для спуску вантажу необхідно обертати рукоятку проти годинникової стрілки. Оскільки вал 5 і диск 1 закріплені від осевого зсуву, то диск 4 переміщатиметься по різьбленню управо до тих пір, поки момент тертя між дисками і колесом, хропіння, стане недостатнім для утримання диска від обертання під дією сили тяжіння вантажу. При цьому вантаж почне опускатися. Вільне опускання вантажу продовжується до тих пір, поки кутова швидкість диска 1 не перевищить кутової швидкості обертання рукоятки. Тоді втулка диска 1 знову почне пересуватися по різьбленню і переміщати диск 4 вліво, збільшуючи момент тертя між дисками і колесом, хропіння, і припиняючи їх відносне переміщення. Це відносне переміщення переходить в безперервне ковзання дисків 1 і 4 по колесу, хропіння, 2, при якому вантаж опускається з швидкістю, що не перевищує відповідної окружної швидкості рукоятки.

Станина 1 лебідки (рис. 1.5) скріплює тягою 2. Обертання від рукоятки 6 передається барабану 3 через зубчасту передачу 4. Піднятий вантаж утримується колесом, хропіння, 5. При багатоступінчатій зубчатій передавальне відношення слід розподілити так, щоб більше передавальне відношення було у барабана, а менше у рукоятки. В цьому випадку подовжується термін служби зубчатих передач і зменшується опір сил інерції, що особливо важливо при машинному приводі.

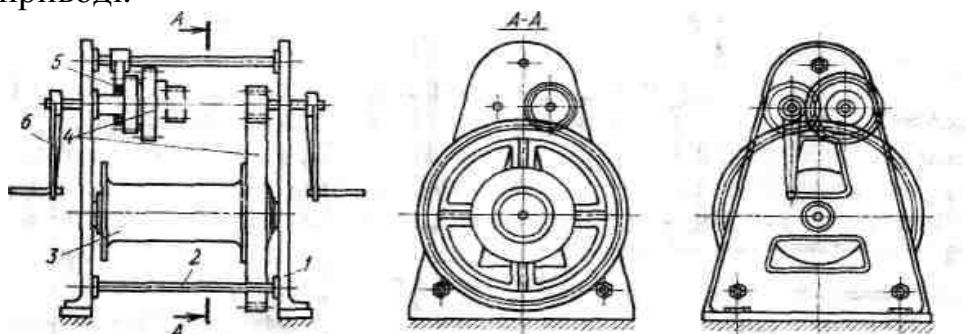


Рисунок 2.5 – Лебідка загального призначення з ручним приводом

Лебідки з машинним приводом (рис. 1.6), найчастіше з електричним, широко застосовують в механізмах підйому кранів різних конструкцій. Лебідка складається з барабана 1, редуктора 2, гальма 3 і електродвигуна 4. Всі ці механізми кріплять на загальну раму 5.

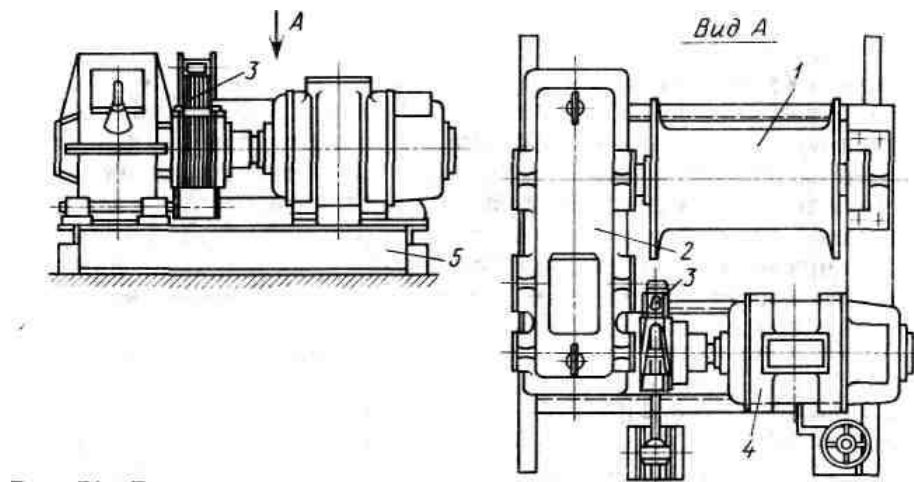


Рисунок 1.6 – Лебідка з машинним приводом

Кутові швидкості барабана лебідки з ручним приводом незначні (швидкість  $v_K = 0,007 \text{ ч } 0,0075 \text{ м/с}$ ). Розрахунок лебідки ведуть по статичному моменту кручення на валу барабана  $M_{cb} = FrD_p/2$  і на валу рукоятки  $M_p$  [формула (3)], де  $Fr$  – вантажопідйомність лебідки без поліспасти;  $D_p$  – розрахунковий діаметр барабана,  $D_p = D_b + (2z_c - 1) d_K$ ;  $z_c$  – число шарів навівки каната. Загальне передавальне відношення  $i_{обш} = M_{cb}/(M_p \eta)$  виходить великим, тому для лебідок використовують і вбудовані планетарні або черв'ячні передачі. У електричних лебідок при швидкості руху каната  $v_K - 0,5 \dots 1 \text{ м/с}$  і частоті обертання валу електродвигуна  $n_d = 750 \dots 2800 \text{ об/мин}$  передавальне відношення редуктора  $i = n_d/n_b$  виходить також великим.

Лебідки широко використовуються як самостійні механізми або є складовою частиною вантажопідйомних машин – в механізмах підйому, механізмах пересування візка стріловидного крана і ін.

### Основні питання

1. Конструкція та принцип дії реверсивних лебідок.
2. Наведіть стислу характеристику підйомно-транспортного обладнання, що розглядається.
3. Переваги і недоліки лебідок різного конструктивного виконання.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

### Випробування ліфтових гальм

**Мета роботи:** Вивчити основні методи діагностування гальм лебідки. Вивчити конструкцію приладів та пристроїв для технічного контролю гальм ліфтів.

#### Загальні положення

Зміна технічного стану гальма зазвичай відбувається поступово. Раптовість відмов в більшості випадків є чисто умовною. За наявності засобів і методів діагностування виникненню відмов можна передбачати і запобігти.

Основним критерієм, що визначає працездатність гальма лебідки ліфта, є величина його гальмівного моменту. Якщо гальмівний момент ліфта в процесі експлуатації стає недостатнім, то порушується точність зупинки кабіни, що призводить до проходу нею крайніх нормативних положень. Надмірний гальмівний момент призводить до різкішого гальмування кабіни і погіршення комфортності роботи ліфта.

Інструментальна оцінка загального технічного стану ліфтового гальма може проводитися по параметрах гальмівного моменту, уповільнення (гальмування)  $a_m$  і шляхи гальмування  $h_m$ . Візуальна оцінка роботи гальмівного пристрою ліфта проводиться по точності зупинки кабіни. Точність зупинки кабіни може бути визначена величиною

$$\Delta h = \frac{(h_{\text{вз}} + h_{\text{мз}}) - (h_{\text{вн}} + h_{\text{мн}})}{2},$$

де  $h_{\text{вз}}$ ,  $h_{\text{мз}}$  – шлях кабіни з номінальним навантаженням в періоди вибігу до накладення і після накладення гальма;

$h_{\text{вн}}$ ,  $h_{\text{мн}}$  – шлях порожньої кабіни в періоди вибігу і після накладення гальма.

Визначальне значення для величини  $\Delta h$  мають величини  $h_{\text{мз}}$  і  $h_{\text{мн}}$ , які залежать від роботи гальма.

Проте в умовах експлуатації ліфта точно визначити час і шлях гальмування досить складно, тому доцільно при діагностуванні гальма визначати технічний стан гальма в першу чергу шляхом перевірки: гальмівного моменту і стану гальмівних пружин, що забезпечують необхідне зусилля натиснення гальмівних колодок, а також перевірки товщини фрикційних накладок і наявності короткозамкнутих витків в котушці електромагніту.

Стан гальмівних пружин можна оцінювати по величині гальмівного моменту, що розвивається, зміряного спеціальним пристосуванням, загальний вигляд якого представлено на рисунку 2.1. Прилад складається із штанги 4 з різьбовими кінцями, що має в середині перехідний отвір квадратної форми для з'єднання з динамометричним ключем 3. На кінці штанги 4 надягають два притиски 5 для охоплення маховика 1 редуктора лебідки. У комплект пристосування входять чотири гайки, призначені для стягання притисків, які

забезпечують нерухоме з'єднання з маховиком редуктора лебідки. Окрім цього в комплект пристосування для вимірювання зусилля пружин гальмівних колодок входить захват, що є нерозбірною конструкцією у вигляді "вилки" з отвором квадратної форми (14x14) під головку динамометричного ключа.

Для вимірювання величини гальмівного моменту слід встановити даний пристрій для забезпечення необхідної сили тертя між притисками пристрою і маховиком і затягнути гайки на кінцях штанги. Потім в квадратний отвір пристрою вставити динамометричний ключ 3 і зміряти величину обертового моменту  $M_{кр}$ , для чого необхідно повернути маховик лебідки в одну і іншу сторони на кут 180. Свідчення приладу на динамометричному ключі занести в таблицю.

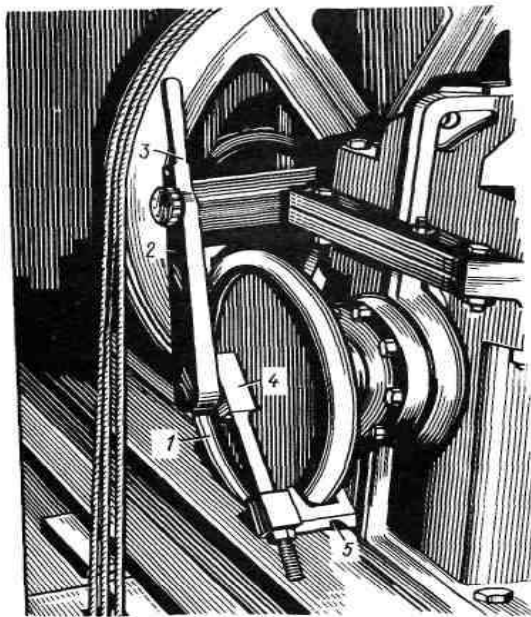


Рисунок 2.1 – Пристрій для вимірювання гальмівного моменту лебідки  
 1 – маховик лебідки; 2 – канатоведучий шків лебідки;  
 3 – динамометричний ключ; 4 – штанга; 5 – притиски

Величина обертового моменту, на маховику, зміряна приладом із застосуванням динамометричного ключа, залежить від величини гальмівного моменту  $M_m$  і величини статичного моменту  $M_{ст}$ , який у свою чергу залежить від напрямку обертання маховика.

Величину обертового моменту визначають

$$M_{кр} = M_m + M_{ст}$$

Величина гальмівного моменту дорівнює:

$$M_m = M_{кр} - M_{ст}$$

де  $M_{ст}$  – величина статичного моменту у відповідному режимі (при опусканні і підйомі кабіни);

$M_{кр}$  – величина обертового моменту.

Величина статичного моменту на валу двигуна при опусканні порожньої кабіни

$$M_{cm}^{on} = \frac{P_o - K + F_n - 0,5Q_{n.каб} + F_k}{\eta_{шк}} \cdot \frac{D_{шк}}{2} \cdot \frac{1}{U_p} \cdot \frac{1}{\eta_n},$$

де  $P_o$  – сила тяжіння противаги;  $K$  – сила тяжіння кабіни;  $Q_{n.каб}$  – сила тяжіння від підвісного кабелю;  $F_n$  – сила тертя в черевиках противаги;  $F_k$  – сила тертя в черевиках кабіни;  $\eta_{шк}$  – ККД канатоведучого шківа;  $D_{шк}$  – діаметр канатоведучого шківа;  $U_p$  – передавальне число редуктора;  $\eta_n$  – ККД редуктора.

Статичний момент при підйомі порожньої кабіни визначається величиною

$$M_{cm}^n = (-P_o + F_n + K + 0,5Q_{n.каб} + F_k) \cdot \frac{1}{\eta_{шк}} \cdot \frac{D_{шк}}{2} \cdot \frac{1}{U_p} \cdot \frac{1}{\eta_n}$$

Величина обертового моменту на маховику, яка зміряна приладом при опусканні  $M_{кр}^{on}$  і при підйомі  $M_{кр}^n$  кабіни, сумується з відповідними величинами  $M_{cm}^n$   $M_{cm}^{on}$ ; отримують два значення моменту при підйомі  $M_m^n$  і опусканні  $M_m^{on}$  кабіни:

$$M_m^n = M_{кр}^n - M_{cm}^n; \quad M_m^{on} = M_{cm}^{on} + M_{кр}^{on}$$

Величина фактичного гальмівного моменту  $M_m^\phi$  визначатиметься по формулі:

$$M_m^\phi = \frac{M_m^n + M_m^{on}}{2}$$

Отримані фактичні дані по величині гальмівного моменту порівнюють з розрахунковими. У існуючих конструкціях гальм величина гальмівного моменту залежить від зусилля гальмівних пружин і стану накладок гальмівних колодок.

Фактичне зусилля гальмівних пружин без їх розбирання можна діагностувати приведеним пристосуванням, для чого захват приладу підводять до гальмівного важеля (рис. 2.2) і зусиллям руки стискають пружину гальма, при цьому знімають показання приладу на динамометричному ключі у момент відриву колодки від гальмівного шківа. Отримане при вимірюванні зусилля стиснення пружини порівнюють з номінальною розрахунковою величиною і роблять висновок про працездатність пружини гальмівного пристрою.

Діагностичним параметром, що визначає надійну роботу гальма, є також знос фрикційних накладок гальма. Для здійснення безрозбірної діагностики зносу фрикційних накладок і визначення величини залишкового ресурсу гальмівної накладки в процесі експлуатації можна використовувати пристрій для контролю зносу фрикційної накладки (рис. 2.3). Цей пристрій складається з корпусу 1, виконаного у вигляді порожнього циліндра, на якому болтом 2 закріплений нерухомий контакт 3. У середині корпусу є пересувний контакт 4, що є електропровідним стержнем, на верхній частині якого розташована шкала. На контакт 4 надіта пружина стиснення 5, яка одним кінцем закріплена на його

виступі, а іншим упирається у втулку 6. Корпус 1 кріпиться на різьбленні в тілі гальмівної колодки 7, до якої з внутрішньої сторони заклепками 8 кріпиться накладка 9, прилегла до гальмівного шківів 10.

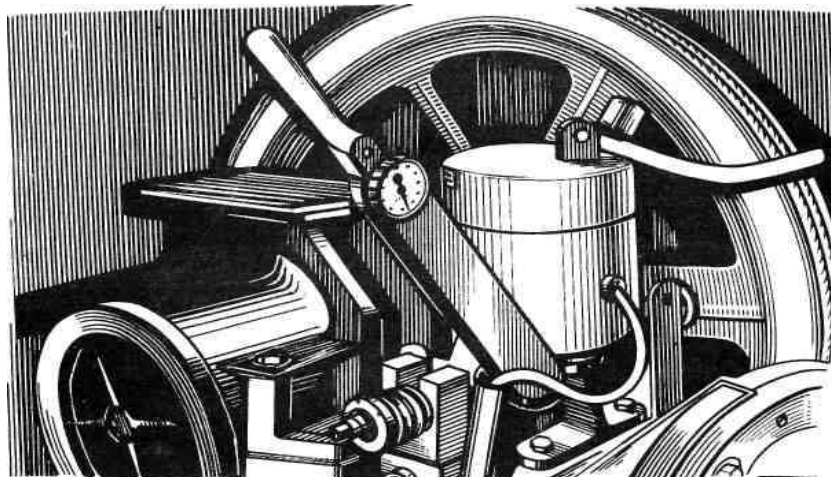


Рисунок 2.2 – Діагностування гальмівної колодки

Пристрій працює таким чином. При установці контрольного пристрою в тілі гальмівної колодки між контактами 3 і 4 регулюють зазор, який повинен бути рівний допустимому зносу гальмівної накладки, і записують число поділок, що залишилися, на шкалі рухомого контакту 4. Останній, постійно контактуючи з гальмівним шківом 10, у міру зносу гальмівної накладки 9 переміщається всередину корпусу 1, стискаючи при цьому пружину 5. При просуванні контакту 4 висувається нанесена на ній шкала, по якій визначають фактичний знос накладки. У разі критичного зносу гальмівної накладки 9 контакти 3 і 4 замикаються і подають імпульси в сигнальний ланцюг (об'єднаної диспетчерської системи).

Використання пристрою дозволяє більш оперативно в будь-який період експлуатації визначити ступінь зносу і залишковий ресурс гальмівної накладки, а також дозволяє прогнозувати час заміни фрикційних накладок. Для вимірювання товщини фрикційних накладок гальмівних колодок в процесі проведення технічного обслуговування ліфтів можна рекомендувати і переносні вимірювальні пристрої.

Контроль наявності короткозамкнутих витків в обмотках котушок електромагнітів можна проводити за допомогою переносного приладу. При діагностуванні обмоток котушок електромагнітів слід підключити кінці котушок до вихідних клем приладу і включити прилад. Якщо генератор приладу не збуджується і стрілка приладу при включенні живлення знаходиться у початкової відмітки шкали, то котушка має один або декілька короткозамкнутих витків. Така котушка підлягає заміні.

Для контролю лебідок з електроприводом редуктора з канатоведучим шківом (КВШ) Центральним проектним-конструкторським бюро по ліфтах розроблений прилад "Ліфтовий вимірник моментів КВШ і гальма".

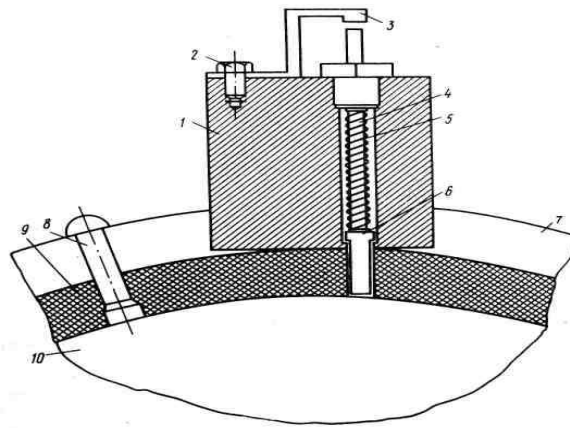


Рисунок 2.3 – Пристрій для визначення величини зносу фрикційних гальмівних колодок

*1 – корпус; 2 – болт; 3 – нерухомий контакт; 4 – рухомий контакт;  
5 – пружина; 6 – втулка; 7 – колодка гальмівна; 8 – заклепка; 9 – накладка колодки гальма; 10 – гальмівний шків*

На рисунку 2.4 приведений загальний вид ліфтового вимірника моментів. Він складається з підстави 1, яка опорними поверхнями 2 притискається до обода маховика при вимірюваннях на швидкохідному валу або до опорної балки при вимірюваннях на тихохідному валу. Кріплення до ободу маховика ліфтового вимірника моментів здійснюється струбцинами. Для визначення центру отвору швидкохідного валу між опорними поверхнями 2 передбачений підпружинений центруючий конус 3. Вісь конуса співпадає з віссю шарніра. Прилад має ручку 4. В конусі приладу розташовано два підшипники 5, з яких один контактує з пружним елементом 6 зверху, а інший – знизу. При натисненні на ручку приладу вгору або вниз конус має можливість вільно повертатися в шарнірі, а зусилля через підшипник, вставлений для зменшення впливу тертя, передається на пружний елемент 6.

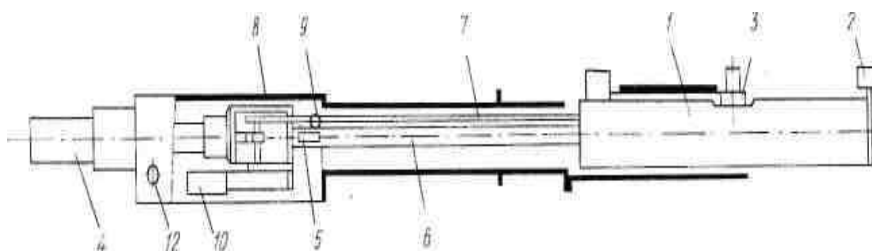


Рисунок 2.4 – Ліфтовий вимірник моментів КВШ і гальма

*1 – підстава; 2 – опорні поверхні підстави; 3 – центруючий конус; 4 – ручка;  
5 – підшипник; 6 – пружний елемент; 7 – консольна балка; 8 – рамка з віссю;  
9 – сферичний наконечник; 10 – індикатор; 11 – індуктивний датчик;  
12 – кнопка*

Прогинання визначуваного елемента знаходять шляхом порівняння з прогинанням консольної балки 7. Консольна балка 7 розташована поряд з пружним елементом, але не навантажена зусиллям натиснення на ручку. На кінці пружного елемента 6 закріплена рамка з віссю, що вільно обертається, 8, яка має важелі. Сферичний наконечник 9, розташований на одному з важелів,



контактує з консольною балкою, а два інших важеля рамки контактують з ніжками індикатора 10 і індуктивним датчиком 11. Причому датчики жорстко закріплені на рамі. Для фіксації свідчень служить кнопка 12. Окрім індикатора 10 прилад забезпечений вимірювальною системою, що випускається заводом "Калібр", і самописцем типу НЗ38.

За допомогою ліфтового вимірника моментів можна в умовах заводу визначати наступні параметри ліфта:

а) момент на КВШ при різних навантаженнях;

б) статичний момент опору на швидкохідному валу редуктора лебідки при включеному і вимкненому гальмі (гальмівний момент, оцінка ККД редуктора);

в) моменти опору на швидкохідному валу редуктора лебідки без навантаження від кабіни і противаги з включеним і вимкненим гальмом (визначають статичний момент гальма, момент тертя в підшипниках редуктора і двигуна);

г) початковий пусковий момент електродвигуна лебідки.

Схема установки вказаного приладу при вимірюваннях величини статичного моменту опору на швидкохідному валу редуктора лебідки показана на рисунку 2.5. Моментометр 1 кріпиться за маховик лебідки ліфта 2 струбцинами 3. Після кріплення приладу до маховика 2 на корпусі редуктора кріплять датчик кута повороту 5. Датчик кута повороту складається з корпусу, в якому закріплений вал на шарикопідшипниках. До валу повідковою муфтою приєднаний круговий дротяний потенціометр типу ПТП-11, з другого боку валу встановлений лімб і вкручено текстолитовий наконечник. Наконечник притискається тільки тоді, коли проводять вимірювання обертової поверхні.

Після монтажу приладу проводять вимірювання. Для визначення величини статичного моменту гальма  $M_m$  і моменту тертя в редукторі при навантаженнях в діапазоні від 0 до  $2Q$  на швидкохідному валу лебідки при включеному і вимкненому гальмі необхідно до ручки приладу докласти зусилля оператора. Оператор уручну повертає швидкохідний вал, як за годинниковою стрілкою, так і проти годинникової стрілки, при включеному або вимкненому гальмі лебідки, в межах чверті обороту з кутовою швидкістю не більше 0,3 рад/с. Індикатор стрілкового типу, встановлений на приладі, показуватиме що додається до швидкохідного валу редуктора обертовий момент. Показання приладу записує оператор.

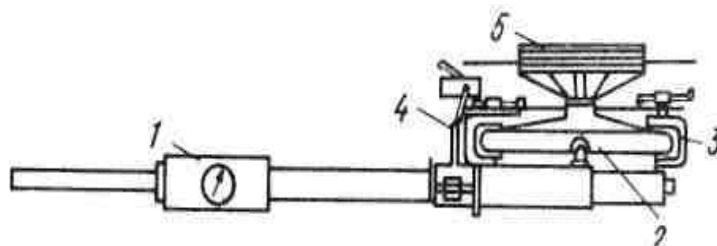


Рисунок 2.5 – Схема установки вимірника моментів на швидкохідному валу лебідки ліфта

1 – моментометр; 2 – маховик лебідки ліфта; 3 – струбцина;

4 – кронштейн; 5 – датчик кута повороту

Визначення статичного моменту гальма  $M_m$ , моменту тертя в підшипниках редуктора і електродвигуна без навантаження проводять, звільняючи від канатів канатоведучий шків, а всі інші операції залишаються аналогічними, як і при визначенні показників з навантаженням. Дослідження, виконані кафедрою "Будівельні машини" МИСИ ім. В. В. Куйбишева спільно з відділом енергетики і ліфтового господарства, дозволили встановити доцільність і можливість застосування акустико-емісійного методу контролю наявності тріщин в елементах конструкції лебідки ліфта. Фізичною основою методу контролю є ефект генерації пружних хвиль деформації в конструкційних матеріалах при мікроруйнуваннях, супроводжуваних зародження і розвиток тріщин.

Мікроруйнування матеріалу супроводжується виникненням випадкової послідовності імпульсів деформації змінної амплітуди. Імпульси акустичної емісії мають характер затухаючих високочастотних коливань від 30 до 25000 кГц. Реєстрація і аналіз форми сигналів акустичної емісії дозволяють отримати достатньо повну інформацію про швидкість розвитку і розміри тріщин. Спеціальні методи і технічні засоби дозволяють з прийнятною точністю визначити координати тріщин в об'ємі матеріалу деталі. Проте усесторонній аналіз характеристик сигналів акустичної емісії вимагає застосування вельми складної, стаціонарної апаратури, яка не відповідає вимогам мобільності і загальнодоступності користування. Акустико-емісійний контроль тріщин в деталях і несучих конструкціях ліфтового устаткування може бути заснований на вимірюванні частоти появи сигналів акустичної емісії при зміні знаку і величини зовнішнього навантаження.

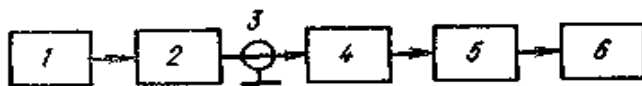


Рисунок 2.6 – Блок-схема приладу акустичного контролю тріщин  
 1 – датчик сигналів акустичної емісії; 2 – передпідсилювач; 3 – кабель;  
 4 – основний регульований підсилювач; 5 – блок обробки сигналів акустичної емісії; 6 – пристрій вимірювання і реєстрації інтенсивності емісії

В процесі дослідження був виготовлений і випробуваний в лабораторних і виробничих умовах експериментальною зразок приладу для акустико-емісійного безрозбірного контролю наявності тріщин в черв'яку редуктора і елементах несучих конструкцій ліфтового устаткування. Конструкція приладу забезпечує можливість вимірювання інтенсивності сигналів акустичної емісії за шкалою стрілкового індикатора частотоміра або за допомогою осцилографа в діапазоні від 0 до 250 кГц. Блок-схема приладу показана на рисунку 6.6.

Конструкція приладу включає датчик сигналів акустичної емісії 1, ширококутовий передпідсилювач 2, розміщений в корпусі пошукової головки, сполученої з корпусом приладу високочастотним кабелем 3; основний регульований підсилювач 4 і блок обробки сигналів акустичної емісії (АЭ) 5, а

також пристрій вимірювання і реєстрації інтенсивності АЭ 6. Загальна маса приладу не перевищує 5 кг, габаритні розміри - 345x207x105 мм. Споживана потужність не перевищує 0,15 Вт. Прилад має систему загороджувальних фільтрів, що ефективно пригнічують акустичні шуми, що генеруються приводом ліфта. Експериментальне дослідження приладу в лабораторних і виробничих умовах підтвердили можливість надійного виявлення сигналів АЭ на тлі перешкод, що створюються ліфтовим устаткуванням при безрозбірній діагностиці.

### **Основні питання**

1. Назвіть основні методи діагностування гальм лебідки.
2. Конструкція приладів та пристроїв для технічного контролю гальм ліфтів.
3. Назвіть порядок вимірювання величини гальмівного моменту.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3**

### **Випробування обмежувачів швидкості ліфтів**

**Мета роботи:** Ознайомитися з основними параметрами за якими випробують обмежувачі швидкості ліфтових пристроїв. Вивчити їх будову.

### **Завдання**

1. У ході роботи ознайомитися і вивчити принцип дії та будову обмежувачів швидкості різного конструктивного виконання.
2. Визначити основні параметри за якими випробують обмежувачі швидкості ліфтових пристроїв.

### **Загальні положення**

Підвищення надійної і безвідмовної роботи конструкції ліфта в цілому і окремих його елементів набуває особливо важливого значення у зв'язку з різким збільшенням кількості працюючих ліфтів. В першу чергу це відноситься до пристосувань безпеки, що є на ліфтах. Одним з таких спеціальних ліфтових пристроїв є уловлювачі і обмежувачі швидкості.

Відповідно до "Правил пристрою і безпечної експлуатації ліфтів" уловлювачі кабіни ліфтів, які обладнані лебідкою з канато-провідним шківом (рис. 3.1, 3.2).

До обмежувачів швидкості і уловлювачів висуваються наступні основні вимоги:

- обмежувач швидкості повинен спрацьовувати і приводити в дію уловлювачі при досягненні кабіною певної, заданої критичної швидкості;
- пристрій обмежувача швидкості повинен забезпечувати створення зусилля, достатнього для включення уловлювачів;

- конструкція уловлювачів і обмежувачів швидкості і їх елементів повинна мати достатню довговічність.

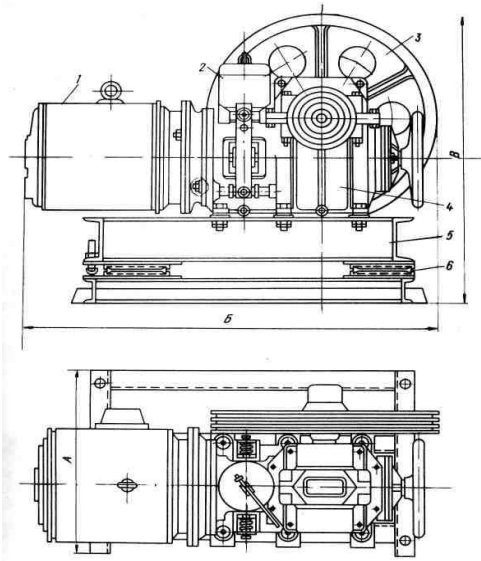


Рисунок 3.1 – Лебідка з канатопровідним шківом

Повинні приводитися в дію обмежувачем швидкості (рис. 3.2). Для створення необхідного тягового зусилля шків обмежувача швидкості (рис. 3.2) має робочий орган клинового профілю. В процесі експлуатації профіль змінюється і зменшується тягова здатність шківа.

Інтенсивність зносу робочого органу залежить від матеріалу шківа, точності монтажу обмежувача швидкості, а також режиму роботи ліфта. У міру зносу клиновий профіль робочого органу переходить в напівкруглий з підрізом, унаслідок чого тягова здатність шківа зменшується.

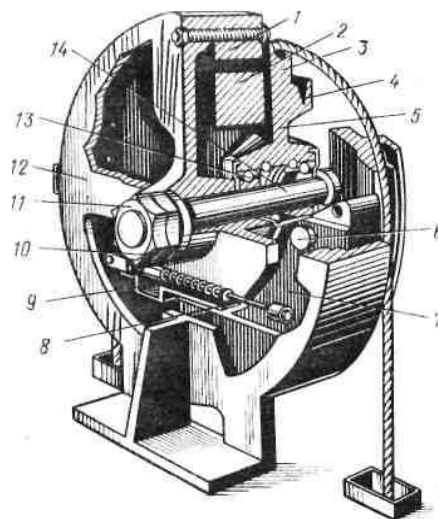


Рисунок 3.2 – Обмежувач швидкості з горизонтальною віссю обертання  
 1 – упор; 2,7 – вантажі; 3 – робочий орган; 4 – контрольний орган; 5 – шків;  
 6 – вісь; 8 – тяга; 9 – пружина; 10 – гайка; 11 – контргайка;  
 12 – корпус обмежувача швидкості; 13 – підшипник; 14 – вісь

Якщо в процесі експлуатації не діагностувати профіль, то знос шківів може привести до такого положення, коли канат обмежувача швидкості унаслідок недостатності сили зчеплення з шківом не зможе забезпечити зусилля, необхідного для включення уловлювачів.

При перевірці обмежувача швидкості основним параметром, що діагностується, є тягове зусилля шківів, яке залежить від профілю робочого органу.

Фактичне натягнення каната, що виникає від дії маси натягувача обмежувача швидкості можна заміряти динамометром. Для цього необхідно зняти канат обмежувача швидкості з шківів натягувача і динамометром заміряти зусилля натягнення, що створюється масою натягувача. Зусилля, що створюється однією гілкою каната обмежувача швидкості, можна визначити також за допомогою динамометра.

Працездатність обмежувача швидкості залежить не тільки від того, чи забезпечить він спрацювання при певному перевищенні кабіною ліфта номінальної швидкості руху, але і від того, чи забезпечить він зусилля, необхідне для включення уловлювачів. Механізм уловлювачів повинен приходити в рух і наближати клини до направляючих при зусиллі не більше 10-15 кгс. Зусилля механізму уловлювачів перевіряють за допомогою динамометра, приєднаного до верхньої гілки каната обмежувача швидкості, яка закріплена на важелі уловлювачів. Прикріплений динамометр до важелю уловлювачів піднімають вгору до дотику клинів уловлювачів до направляючих і визначають фактичне зусилля. При зусиллі більше 15 кгс необхідно відрегулювати механізм уловлювачів. При зусиллі механізму останніх менше 10 кгс може відбутися довільне спрацювання уловлювачів при пуску кабіни вниз. Тому необхідно, щоб зусилля механізму уловлювачів було завжди в межах 10-15 кгс.

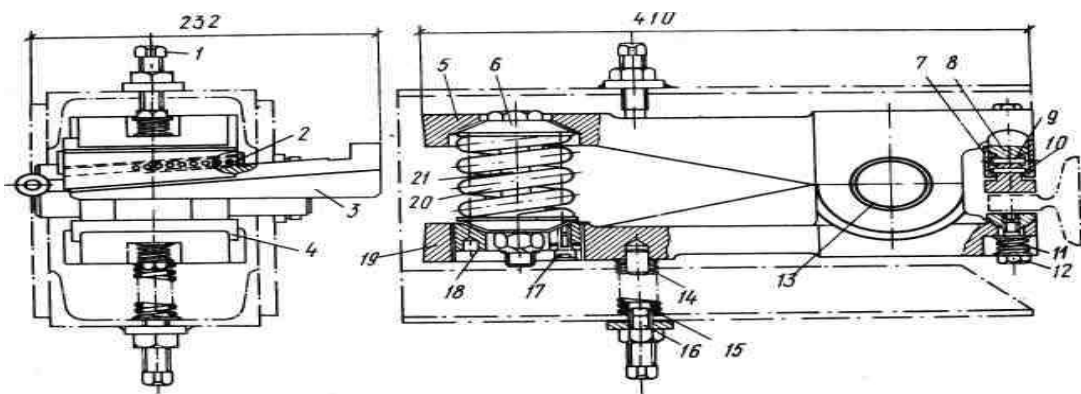


Рисунок 3.3 – Конструкція клищових комбінованих уловлювачів  
 1, 12, 16, 17, 21 – болти; 2, 7 – планки; 3 – клин; 4, 8 – колодки; 5, 19 – важелі;  
 6 – фасонна шайба; 9 – роликівна обойма; 10 – штифт; 11, 14, 20 – пружини;  
 13 – вісь; 15 – втулка; 18 – кільце

При діагностуванні ліфтів, обладнаних клищовими комбінованими уловлювачами (рис. 3.3) зазор між направляючою і робочими поверхнями

клину 3 і гальмівною колодкою 8 повинен бути 2,5 мм і розподілятися симетрично. Регулюють зазор таким чином. Для зменшення зазору між клином і направляючою кільце 18 слід загвинчувати, причому при загвинчуванні кільця довгі плечі важелів 5, 19 уловлювача розходяться, а сумарний зазор між направляючою і робочою поверхнею клину зменшується. Для збільшення зазору між клином і направляючою кільце 18 необхідно вигвинчувати, збільшуючи сумарний зазор. Після установки потрібного зазору клини уловлювача ставлять так, щоб вони розташовувалися симетрично до направляючою.

Діагностування вантажних ліфтів, обладнаних ексцентриковими уловлювачами (рис. 3.4), проводять в наступній послідовності. Вимірюють зазор між ексцентриками 19 (рис. 3.3) і направляючою. Зазор повинен бути 5 мм і однаковим з обох боків. Натягненням каната 1 відводять ексцентрики 19 від направляючих на відстань 5 мм і відпускають канат 1. Ексцентрики повинні надійно притиснутися до направляючих. Для визначення допустимого натягнення в канаті 1, яке повинне бути в межах 7-7,5 кгс, використовують динамометр. Динамометр кріплять до важеля 18 і тягнуть вниз до дотику ексцентрика з направляючими; зусилля на динамометрі повинне бути в межах 7-7,5 кгс. Якщо при діагностуванні опиниться, що зазор між направляючими і ексцентриками менше або більше 5 мм, то його регулюють за допомогою натягнення або ослаблення пружини 10.

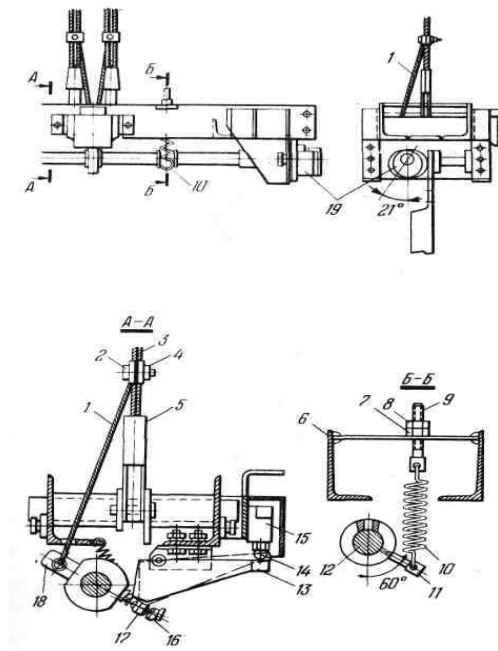


Рисунок 3.4 – Ексцентриковий уловлювач:

- 1 – канат зв'язку уловлювача з тяговими канатами; 2 – болт затиску;  
 3 – тяговий канат; 4 – кріплення тягового каната; 5 – патрон; 6 – куточок  
 верхньої балки каркаса кабіни; 7 – регульовальна гайка; 8 – контргайка;  
 9 – регульовальна шпилька; 10 – пружина; 11 – важіль; 12 – вал; 13 – натискний  
 майданчик; 14 – шток контакту; 15 – контакт уловлювачів;  
 16 – регульовальний болт; 17 – контргайка; 18 – важіль; 19 – ексцентрик

## Основні питання

1. Назвіть основні параметри за якими випробують обмежувачі швидкості ліфтових пристроїв.
2. Принцип дії та будова обмежувачів швидкості різного конструктивного виконання.
3. Послідовність діагностування вантажних ліфтів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

### Випробування двигуна ліфта

**Мета:** засвоїти принципи експрес-діагностики та основи роботи з індикатором дефектів обмоток, пірометром, віброметром та оптичним тахометром.

### Короткі теоретичні відомості

**Індикатор дефектів обмоток електричних машин ИДО-05** – це портативний прилад, призначений для контролю трифазних обмоток електричних машин (рис. 4.1).

ИДО-05 – забезпечує виявлення :

- міжвиткових замикань;
- обриву провідників;
- неправильного з'єднання схеми обмотки;
- незадовільного стану ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками.



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд індикатора дефектів обмоток електричних машин ИДО-05

ИДО-05 дозволяє виявити дефекти трифазної обмотки машини напругою до 1000 В – без демонтажу та розбирання останньої.

*Принцип роботи індикатора:*

- при перевірці обмотки на наявність міжвиткових замикань, обриву

провідників та на правильність з'єднання схеми порівнюються повні опори двох фаз обмотки при підключенні до них генератора високочастотного стабілізованого струму. За наявності дефектів повні опори фаз обмотки та відповідно струми в них будуть різними;

– при перевірці стану ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками подається на обмотку напруга постійного струму і контролюється струм витoku.

*Технічні дані ИДО-05:*

1) контрольовані параметри:

– при перевірці обмотки на наявність міжвиткових замикань, обриву провідників та на правильність з'єднання схеми коефіцієнт несиметрії фазних струмів ( $K_n$ );

– при перевірці стану ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками опір ізоляції ( $R_n$ );

2) діапазон вимірювання  $K_n$ , 0–99 %;

3) параметри вихідного змінного струму при вимірюванні  $K_n$ :


– діюче значення,  $1,5 \pm 0,15$  мА;

– частота,  $10 \pm 1$  кГц;

4) чутливість (величина  $K_n$  при замиканні одного витка у фазі), не менше 5%;

5) вихідна постійна напруга при перевірці стану ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками,  $1000 \pm 100$  В.

Конструктивно індикатор представлений у вигляді портативного приладу рис. 2.1. На верхній кришці корпусу розташовані віконця світлодіодної алфавітно-цифрової індикації та написи, які пояснюють призначення органів керування та світлодіодів.

У верхній торцевій частині корпусу є контактні з'єднання : "-1000 В" та "" – для підключення до індикатора сполучних дротів при перевірці ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками, "КАБЕЛЬ" – для підключення до індикатора сполучного кабелю при вимірюванні  $K_n$ .

На лівій бічній стінці корпусу знаходяться дві кнопки: "ПИТАНИЕ" – для включення-відключення індикатора та "ВЫБОР ФАЗ" – для вибору пари фаз при вимірюванні  $K_n$ .

На правій бічній стінці корпусу розташовано контактне з'єднання "5В, 1А" – для підключення до індикатора зовнішнього блоку живлення БПВД-2.

На задній кришці корпусу наведені надписи, що пояснюють призначення контактних з'єднань індикатора та містять основну інформацію про нього. В середині корпусу розташовано дві плати з елементами схеми індикатора та акумулятори.

*Принцип роботи індикатора.*

При перевірці трифазної обмотки на наявність міжвиткових замикань, обриву фази та на правильність з'єднання фаз принцип роботи індикатора заснований на порівнянні повних опорів двох фаз обмотки при підключенні до них генератора високочастотного стабілізованого струму. За наявності дефектів



повні опори фаз обмотки і відповідно струми в них будуть різними. Ступінь цієї відмінності встановлюється величиною коефіцієнта несиметрії фазних струмів  $K_H$ :

$$K_{H1} = \frac{I_A - I_B}{I_0} \cdot 100\%; \quad K_{H2} = \frac{I_B - I_C}{I_0} \cdot 100\%; \quad K_{H3} = \frac{I_C - I_A}{I_0} \cdot 100\%;$$

де  $I_A, I_B, I_C$  – діючі значення фазних струмів;  $I_0$  – діюче значення високочастотного стабілізованого струму, який генерується індикатором ( $I_0 = I_A + I_B = I_B + I_C = I_C + I_A$ ).

При перевірці стану ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками принцип роботи індикатора полягає в подачі на обмотку напруги постійного струму та контролі струму витoku.

Вказівка щодо заходів безпеки:

- перед роботою з індикатором вивчити принципи роботи;
- обмотки контрольованої машини повинні бути знеструмлені.
- при перевірці ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками не торкатися до затисків сполучних дротів. Після її завершення ємності обмоток повинні бути розряджені.


*Підготовка до роботи:*

1. Перевірити живлення індикатора.
2. Включити індикатор натисненням кнопки "ПИТАНИЕ". При цьому повинні засвітитися світлодіод " $R_H$ " і після автоматичного налаштування алфавітна індикація " $\square \square \square$ ". Якщо свічення світлодіода " $R_H$ " є переривистим, то необхідно провести заряд акумуляторів.
3. Вимкнути індикатор натисненням кнопки "ПИТАНИЕ".

*Порядок роботи:*

Під час перевірки трифазної обмотки на наявність міжвиткових замикань, обриву фази та на правильність з'єднання фаз необхідно короткочасно закортити обмотку машини на корпус та підключити до індикатора з'єднувальний кабель. Підключити з'єднувальний кабель за допомогою затисків "А", "В" і "С" до виводів трифазної обмотки машини. При цьому фази повинні бути з'єднанні згідно схеми з'єднань для даної машини (в зірку або в трикутник). Включити індикатор. При цьому повинні засвітитися світлодіод " $K_H$ " та після автоматичного налаштування алфавітна індикація " $\square \square \square$ ". Якщо на місці одного з символів " $\square$ ", " $\square$ " або " $\square$ " засвічується символ "-", то це вказує на обрив відповідної фази та відсутності необхідності виконувати подальші рекомендації. Натиснути кнопку "ВЫБОР ФАЗ". При цьому повинні засвітитися алфавітний символ " $\square$ " та після автоматичного налаштування значення  $K_H$  фаз, до яких підключені затискачі «В» і «С» з'єднувального кабелю. Натиснути кнопку "ВЫБОР ФАЗ" ще раз. При цьому повинні засвітитися алфавітний символ " $\square$ " і після автоматичного налаштування значення  $K_H$  фаз, до яких підключені затискачі «А» і «С» з'єднувального кабелю. Натиснути повторно кнопку "ВЫБОР ФАЗ". При цьому повинні засвітитися алфавітний символ " $\square$ " і після автоматичного налаштування значення  $K_H$  фаз, до яких підключені затискачі «А» і «В»

з'єднувального кабелю. По величині щонайбільшого з вимірних  $K_n$  встановити факт наявності або відсутності в обмотці міжвиткових замикань, обриву фази, неправильного з'єднання фаз, використовуючи таблицю 4.1. Вимкнути індикатор. Від'єднати з'єднувальний кабель.

Під час перевірки стану ізоляції обмоток відносно корпусу машини та між обмотками необхідно підключити до індикатора з'єднувальні кабелі. Підключити контактне з'єднання "-1000 В" до контрольованої обмотки, а контактне з'єднання "" до корпусу машини. Включити індикатор. При цьому повинен засвітитися світлодіод " $R_n$ ". По алфавітних свіченнях індикатора оцінити стан ізоляції обмотки відносно корпусу машини та між обмотками, використовуючи таблицю 2.1, алфавітної індикації " $H \square P$ " відповідає  $R_n > R_{\text{доп}}$ , де  $R_{\text{доп}} = 500, 600$  кОм; " $\square \square \square$ " -  $R_{\text{кр}} < R_n < R_{\text{доп}}$ , де  $R_{\text{кр}} = 50, 60$  кОм; " $H \square \square$ " -  $R_n < R_{\text{кр}}$ ). Вимкнути індикатор. Від'єднати з'єднувальний кабель.

#### *Контроль достовірності значень*

1. Підключити до індикатора з'єднувальний кабель.
2. Замкнути накоротко затиски "А", "В" і "С" з'єднувального кабелю.
3. Включити індикатор. При цьому повинні засвітитися світлодіод " $K_n$ " та після автоматичного налаштування алфавітна індикація " $\square \square \square$ ".
4. Натиснути кнопку "ВИБОР ФАЗ". При цьому повинне засвітитися алфавітно-цифрова індикація " $\square \square \square$ ", " $\square \square |$ " або " $\square \square \square$ ".
5. Натиснути кнопку "ВИБОР ФАЗ". При цьому повинне засвітитися алфавітно-цифрова індикація " $\square \square \square$ ", " $\square \square |$ " або " $\square \square \square$ ".
6. Натиснути кнопку "ВИБОР ФАЗ". При цьому повинне засвітитися алфавітно-цифрова індикація " $\square \square \square$ ", " $\square \square |$ " або " $\square \square \square$ ".
7. По черзі від'єднати кожний із затисків, залишаючи замкнутими пару інших. При цьому при включенні-відключенні індикатора при від'єданому затискачу "А" після автоматичного налаштування повинне засвічуватися алфавітна індикація " $- \square \square$ ", "В" - " $\square - \square$ ", "С" - " $\square \square -$ ".
8. Вимкнути індикатор. Від'єднати з'єднувальний кабель.
9. Підключити до індикатора з'єднувальні дроти.
10. Включити індикатор. При цьому повинні засвітитися світлодіод " $R_n$ " та після автоматичного налаштування алфавітна індикація " $H \square P$ ".
11. Вимкнути індикатор. Підключити до затискачів з'єднувальних дротів резистор  $80 \div 470$  кОм.
12. Включити індикатор. При цьому разом з світлодіодом " $R_n$ " після автоматичного налаштування повинне засвітитися алфавітна індикація " $\square \square \square$ ".
13. Вимкнути індикатор. Замкнути накоротко затискачі з'єднувальних дротів.
14. Включити індикатор. При цьому повинні засвітитися світлодіод " $R_n$ " та після автоматичного налаштування алфавітна індикація " $H \square \square$ ".
15. Вимкнути індикатор. Індикатор справний, якщо виконуються вищезазначені вимоги.

Таблиця 4.1 – Можливі дефекти трифазної обмотки та варіанти їх індикації

| Показання індикатора          |       | Вид дефекту  | Рекомендовані додаткові міри для визначення виду дефекту |
|-------------------------------|-------|--|--|
| $K_n$                         | $R_n$ |  |  |
| A00-A04<br>B00-B04            | —     | Дефект відсутній   | —  |
| A05-A95<br>B05-B95<br>C05-C95 | —     | Міжвиткові замикання.<br>Неправильне з'єднання фаз   | —<br>Перевірити правильність з'єднання фаз               |
| A96-A99<br>B96-B99<br>C96-C99 | —     | Коротке замикання фази/фаз   | —  |
|                               | —     | Обрив фази   |  |
| —                             | НОР   | Дефекти відсутні. (Ізоляція обмотки відносно корпусу машини та між обмотками в нормальному стані)  | —  |
| —                             | УЗО   | Дефекти відсутні. (Ізоляція обмотки відносно корпусу машини та між обмотками в задовільному стані) | —  |
| —                             | НЕУ   | Незадовільний стан ізоляції обмотки відносно корпусу машини та між обмотками                       | —  |

**Примітка.** При вимірюванні  $K_n$  обмотки статора значну погрішність може вносити ексцентриситет ротора. Тому для машин в зборі як виміряне значення  $K_n$  потрібно вибрати мінімальне із значень  $K_n$ , які показує індикатор при повільному повертанні ротора вручну.

Безконтактний інфрачервоний термометр-пірометр EM-520 дозволяє безпомилково та безпечно виміряти температуру (в Фаренгейтах (F) або в Цельсіях (C)) гарячих або холодних поверхонь об'єкта. Технічні характеристики приладу наведені у таблиці 4.2.



Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд безконтактного інфрачервоного термометр-пірометра EM-520

Кожний об'єкт випромінює інфрачервону енергію, якщо його температура не близька до абсолютного нуля. Ця енергія розповсюджується із швидкістю світла на всіх напрямках. Інфрачервоний термометр фокусує інфрачервоне випромінювання на датчик, який перетворить її в напругу, пропорційно температурі об'єкта, яка обробляється процесором і виводиться на дисплей. Для правильного вимірювання температури об'єкта необхідно, щоб об'єкт був більше діаметра зони вимірювання. Взаємозв'язок між відстанню від приладу до об'єкта та розміром об'єкта характеризується відношенням відстані до діаметра зони вимірювання. Це відношення у приладу EM-520 дорівнює 6:1.

Таблиця 4.2 – Характеристики приладу EM-520

| Показник   | Значення                      |
|--|-------------------------------|
| Температурний діапазон вимірювання                             | -4 ...608 °F, -20...320 °C    |
| Похибка вимірювання  | ±2°C (± 3°F) або 2% показаний |
| Час вимірювання  | 0,5 с                         |
| Коефіцієнт випромінювання                                      | 0,95                          |
| Робочий діапазон температур                                    | 0...45 °C                     |
| Відношення відстані до об'єкта та діаметра вимірювальної точки | 6:1                           |

Для роботи з приладом необхідно натиснути та утримувати кнопку-курок, дані про температуру і стан батареї виводяться на дисплеї приладу. Після відпускання кнопки-курка, дані на дисплеї залишаються протягом 15 с.

За допомогою приладу можна визначити найгарячішу область об'єкту. Для цього потрібно навести термометр на область, яка цікавить. Натиснути кнопку-курок та переміщати точки наведення по всій області, знайти область з щонайбільшими свідченнями дисплея. Термометр дозволяє прочитувати свідчення температури поверхні доти, поки кнопка-курок натиснута.

Вимірювання відбувається при утриманні кнопки-курка не менше однієї секунди.

При експлуатації приладу потрібно оберегати термометр від дії електромагнітних полів (створюваних зварювальним трансформатором, індукційним нагрівачем і т.п.), запобігати тривалій дії на термометр високої температури та забороняється направляти лазер в очі як напряму, так і через поверхні, що відображають.

*Вимірювач вібрації (віброметр) із смуговим аналізатором ИВПА-07*– призначений для вимірювання СКЗ віброшвидкості в смузі частот, що вибирається користувачем. Зовнішній вигляд наведено на рисунку 4.3. Прилад забезпечує вимірювання СКЗ віброшвидкості:

- в смузі частот від 10 до 1000 Гц;
- в області ВЧ (смуга від 300 до 1000 Гц);
- в смузі шириною 10 Гц на частотах кратних 10 Гц в НЧ області (10-300 Гц).



Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд вимірювача вібрації (віброметр) із смуговим аналізатором ИВПА-07

Технічні характеристики приладу:

- робочий діапазон частот від 10 до 1000 Гц;
- діапазон вимірювання СКЗ віброшвидкості від 0,5 до 20,0 (50,0 \*) мм / с.

Правила використання.

Перед початком роботи з приладом необхідно перевірити його на функціонування. Для цього включають прилад, на цифровому табло повинна пройти тест-заставка ("-х-" модифікація приладу) та встановитися стабільні показання або індикація, відповідно вимірюваної вібрації. Блімання на індикаторі значень, свідчить що рівень вібрації вище індикованих значень (відбувається обмеження сигналу). Якщо в першому розряді індикатора символ "n" (noise – шум) і показання блимають, то це означає, що рівень сигналу нижче рівня шуму. У випадку, коли на індикаторі висвічується напис "Err", це свідчить про несправність кабелю зв'язку датчика з приладом. Подальша експлуатація приладу не можлива. Якщо в останньому розряді індикатора горить децимальна крапка, то це свідчить про те, що напруга живлення знаходиться нижче рівня необхідного для нормальної роботи приладу. Елемент живлення вимагає заміни.

Під час вимірювання вібрації на об'єкті необхідно встановити датчик на рівну площадку з магнітного матеріалу. Для вимірювання СКЗ віброшвидкості в смузі частот від 10 до 1000 Гц потрібно вибрати режим "F.00". Для цього необхідно провести наступні дії:

– натиснути і утримувати кнопку (◀) або (▶) до тих пір, поки в першому розряді індикатора не з'явиться символ "F";

– короткими натисканнями кнопок (◀) або (▶) вибрати режим "F.00".

Після цього прилад автоматично перейде в режим вимірювання СКЗ віброшвидкості в діапазоні частот від 10 до 1000 Гц.

Для вимірювання СКЗ віброшвидкості в області ВЧ (300 - 1000 Гц) потрібно вибрати режим "F.31". Для цього необхідно провести наступні дії:

– натиснути і утримувати кнопку (◀) або (▶) до тих пір поки в першому розряді індикатора не з'явиться символ "F";

– короткими натисканнями кнопок (◀) або (▶) вибрати режим "F.31".

Після цього прилад автоматично перейде в режим вимірювання СКЗ віброшвидкості в області ВЧ (300 - 1000 Гц).

Вимірювання СКЗ віброшвидкості на частотах кратних 10 Гц забезпечується на режимах "F.xx", де xx може мати значення від 01 до 30, що відповідає частотам від 10 до 300 Гц. Для вибору режиму необхідно провести наступні дії:

– натиснути і утримувати кнопку (◀) або (▶) до тих пір поки в першому розряді індикатора не з'явиться символ "F";

– короткими натисканнями кнопок (◀) або (▶) вибрати режим відповідний частоті, на якій необхідно зробити вимірювання. Після цього прилад автоматично перейде в режим вимірювання СКЗ віброшвидкості на обраній частоті (використовуються смугові фільтри з шириною вікна близько 10 Гц).

*Додаткові можливості приладу ИВПА-07.*

1. Визначення непрямим способом швидкості обертання валу двигуна. Проаналізувавши рівні вібрації на режимах з вузькосмуговими фільтрами (F.01, F.02, ..., F.29, F.30) за формулою можна визначити на яких приблизно обертах працює обладнання.

$$n \cong 600 \cdot XX \text{ (об/хв)}, \quad (4.1)$$

де XX – номер режиму, на якому зафіксовано максимальний рівень вібрації.

2. Оцінка амплітуди вібропереміщення розраховується за виразом

$$АМПЛИТУДА_{(мкм)} \leq \frac{13500 \cdot СКЗВІБРОШВИДКІСТЬ_{\left(\frac{мм}{с}\right)}}{ОБЕРТИ_{\left(\frac{об}{хв}\right)}} \quad (4.2)$$

або

$$АМПЛИТУДА_{(мкм)} \leq \frac{225 \cdot СКЗВІБРОШВИДКІСТЬ_{\left(\frac{мм}{с}\right)}}{ЧАСТОТА_{(Гц)}} \quad (4.3)$$

### 3.4 Допустимі вібрації електричних машин за ГОСТ 10816-1-97

Тахометр оптичний ТО-М (рис. 4.4) – забезпечує безконтактне вимірювання швидкості обертання частин механізмів і машин оптичним способом (випромінювання і прийом світлового променя відбитого від поверхні об'єкта). Вимірювання інтервалів часу здійснюється між фотомітками, нанесеними на поверхню об'єкта або по контрастних елементах механізмів.



Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд тахометру оптичного ТО-М

У режимі тахометра прилад дозволяє вимірювати швидкість обертання (рис. 4.5, а, б), а також запам'ятовувати мінімальне та максимальне значення. Результат вимірювання відображається на 4-х розрядному світлодіодному індикаторі у форматі RPM (revolutions per minute – оборотів за хвилину) або RPS (revolutions per second – оборотів за секунду, частота). Також прилад може працювати в режимі лічильника (рис. 4.5, в), що дозволяє підраховувати певні події, не обмежуючись часом вимірювання. Налаштування параметрів (колір мітки, інтенсивність випромінювання, поріг чутливості і дільник) дозволяє адаптувати прилад до певних умов експлуатації.

Технічні характеристики.

Режим тахометра:

- діапазон вимірювання без дільника від 20 до 9999 об/хв (від 0,3 до 99,99 Гц);
- з використанням дільника до 60000 об/хв (до 1 кГц);
- похибка вимірювання  $\pm 1$  молодшого розряду ( $\pm 0,02\%$  згідно ДСТУ ГОСТ 8.285:2008);

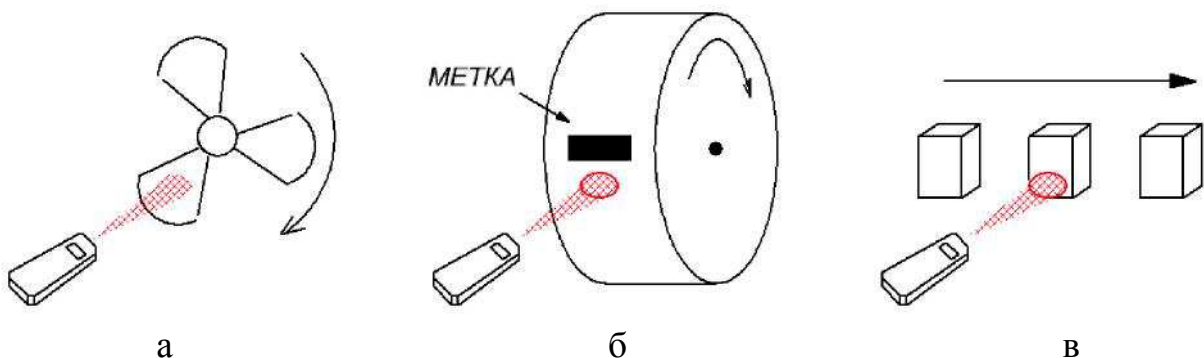


Рисунок 4.5 – Режим тахометра (а, б) та лічильника (в)

- відстань до об'єкта (зона чутливості) не більше 150 мм (при певних умовах може бути розширена до 300 мм);
- тривалість проходження мітки повинна бути не менше 300 мкс;
- інтервал між мітками повинен бути не менше 500 мкс;
- час вимірювання та індикації 1с (до 3с якщо <60 об/хв).

Режим лічильника:

- частота відслідковуються подій не більше 500 Гц;
- мінімальна тривалість події (наявність / відсутність об'єкта) не менше 1мс;
- лічильник до 9999 \* Дільник;
- дільник від 1 до 255.

Після включення приладу на цифровому табло відображається серійний номер протягом декількох секунд. Потім прилад перейде в режим "Н" – режим настройки та контролю (на індикаторі "М. Х. ХХ", де Х. ХХ – напруга живлення).

Кнопками (◀) і (▶) здійснюється вибір режиму роботи: "С" – режим лічильника, "Н" - режим настройки та контролю, "Т" – режим тахометра, "Min" – мінімальне значення, "Max" – максимальне значення. Обраний режим підсвічується однойменним світлодіодом. Кнопки необхідно утримувати до перемикання режиму.

Поверхня, по якій буде ковзати світловий промінь приладу, повинна мати контрастні елементи конструкції або заздалегідь нанесені фотомітки (фарба, маркер, липка стрічка тощо) контрастуючи з поверхнею. Розмір фотомітки повинен бути таким, щоб час проходження перед світловим променем (при максимальній швидкості обертання або руху) було не менше значення обумовленого в технічних характеристиках.

Відстань до поверхні вважається оптимальною, коли проекція світлового променя знаходиться в межах кордонів нанесеної фотомітки. Якщо проекція світлового променя набагато більше розміру фотомітки, то необхідно наблизити прилад до поверхні, але при цьому не забувати про техніку безпеки.

Достовірність вимірювань складає 5 одиниць.

Налагодження параметрів. Для адаптації приладу до конкретних умов вимірювань користувачеві доступні наступні параметри: 1. ХХХ – режим, де ХХХ = tAc – режим RPM, ХХХ = FrE – режим RPS; 2. ХХХ – мітка, де ХХХ = LiG – світла на темному, ХХХ = dAr – темна на світлому; 3. ХХХ – дільник, де ХХХ – коефіцієнт розподілу вхідних імпульсів; 4. ХХХ – поріг лічильника, де ХХХ – задає порогове значення освітленості; 5. ХХХ – випромінювач, де ХХХ – задає інтенсивність світлового променя; 6. ХХХ – приймач, де ХХХ – значення освітленості, отримане від приймача.

Параметри для редагування можна викликати з режиму настройки та контролю "Н", натиснувши кнопку (▼). Значення обраного параметра можна змінювати кнопкою (◀) або (▶).

У режимі тахометра "Т" відбувається вимір швидкості обертання і відображення результатів на цифровому індикаторі в форматі RPM або RPS (залежить від параметра 1.ХХХ). Натискання та утримання кнопки "0" фіксує



вимірне значення на індикаторі.

При індикації "Min" і "Max" значення процес вимірювання не припиняється. Скидання значень здійснюється кнопкою "0".

Поріг чутливості налаштовується автоматично і постійно в процесі вимірювання. Розпізнавання мітки індукується точкою в останньому розряді індикатора. Якщо прилад не зміг визначити наявність мітки протягом 3-х секунд, свідчення на індикаторі обнуляються. Прочерки на індикаторі означають не стабільність вимірювань (три послідовних виміру відрізняються більш ніж на 50 одиниць).

Параметри, використовувані в режимі тахометра: 1. XXX, 2. XXX, 3. XXX, 5. XXX.

У режимі лічильника "С" відбувається підрахунок подій. Подією вважається зміна контрастності (зміна освітленості щодо порогового значення).

Межа освітленості задається параметром 4. XXX вручну на підставі інформації отриманої з параметра 6. XXX (середнє арифметичне двох значень освітленості в контрастних точках).

Обнуління здійснюється кнопкою "0".

При переході в інші режими і назад значення лічильника не змінюється.

Параметри, використовувані в режимі лічильника: 2. XXX, 3. XXX, 4. XXX, 5. XXX.

### Опис лабораторного обладнання

Всі діагностичні операції проводяться на експериментальній установці, схема якої приведена на рисунку 4.6. Вона включає в себе асинхронний двигун з паспортними даними, що приведені у таблиці 4.3 і силову схему його пуску.

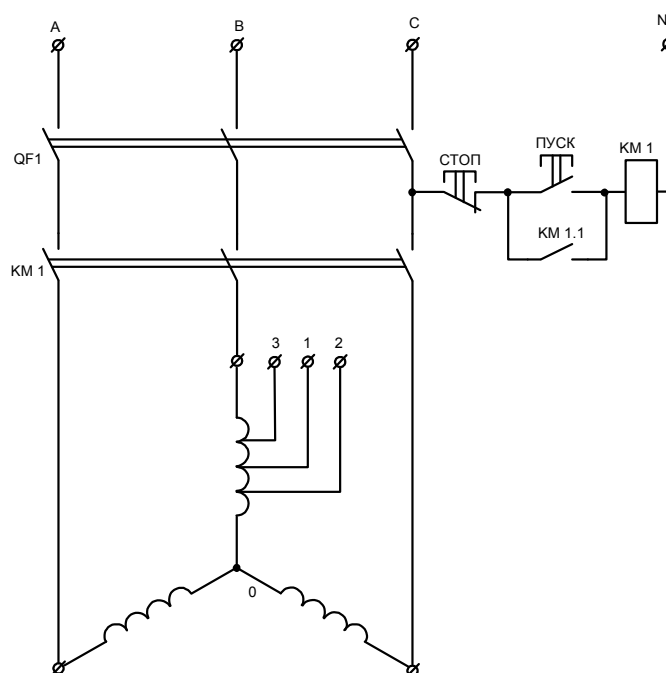


Рисунок 4.6 – Принципова схема експериментальної установки

Для дослідження на лабораторному стенді реалізована можливість штучного створення несиметрії напруги живлення шляхом зміни напруги однієї фази (підключаються до зажимів обмотки АД з відпайками).

Виткове замикання в обмотці статора здійснюється за допомогою з'єднання між собою відпайок, встановлених на статорі.

З'єднуючи по чергово відпайки 3, 1 та 2 між собою та з загальним виводом, проводиться експериментальна оцінка отриманих результатів

Оскільки кожна з відпайок, встановлених на статорі, зафіксована вручну, то неодмінно необхідно врахувати похибки, пов'язані з конструктивними рішеннями. Тому перед початком проведення експериментів було виміряне значення опорів на кожній з відпайок. Дані вимірювань занесено до таблиці А2 дивись додаток Г.

### Хід роботи

1. Ознайомитися з конструкцією, принципом дії та мірами безпеки при роботі з індикатором дефектів обмоток електричних машин ИДО-05.

2. За допомогою приладу ИДО-05 виконати наступні досліди та заповнити таблицю 4.3:

а) **Перевірка трифазної обмотки АД на наявність дефектів.** Підключити з'єднувальний кабель приладу за допомогою затисків "А", "В" і "С" до виводів трифазної обмотки машини. Натискаючи кнопку «ВЫБОР ФАЗ», отримати значення  $K_n$  для фаз "А", "В" і "С".

б) **Імітація обриву фази.** Підключити з'єднувальний кабель приладу за допомогою затисків "А", "В" і "С" до будь-яких двох виводів трифазної обмотки машини. Провести вимірювання.

с) **Імітація міжфазного КЗ.** Поставити перемичку між двома виводами трифазної обмотки АД. Далі провести дослід аналогічно до пункту а).

д) **Імітація міжвиткових замикань.** 1. Підключити з'єднувальний кабель приладу за допомогою затисків до виводів фаз "А", "С" і по чергово до відпайок № 1,2,3 фази "В", провести вимірювання. 2. Підключити з'єднувальний кабель приладу за допомогою затисків до виводів фаз "А", "В" і "С", при цьому по чергово з'єднувати між собою відпайки № 1,2,3 фази "В", провести вимірювання.

е) **Перевірка стану ізоляції.** Підключити до індикатора з'єднувальні кабелі. Підключити контактне з'єднання "-1000 В" до контрольованої обмотки, а контактне з'єднання "///" до корпусу машини. По чергово провести вимірювання для трьох фаз.

3. Ознайомитися з конструкцією, принципом дії та мірами безпеки при роботі з безконтактним інфрачервоним термометром-пірометром ЕМ-520.

Таблиця 4.3 – Визначення дефектів обмоток електричних машин

| Тип                                      | Значення $K_n$   |   |   | Примітка |
|--|------------------|---|---|----------|
|  | A                | B | C |          |
| Дефекти фазних обмоток                   |                  |   |   |          |
| Наявність міжвиткових замикань           |                  |   |   |          |
| Наявність короткого замикання фази/фаз   |                  |   |   |          |
| Наявність обриву фази                    |                  |   |   |          |
| Тип                                      | Значення $R_{и}$ |   |   | Примітка |
|  | A                | B | C |          |
| Стан ізоляції обмоток електричної машини |                  |   |   |          |

4. За допомогою приладу EM-520 виконати дослідити та заповнити таблицю 4.4:

Таблиця 4.4 – Визначення температури за допомогою приладу EM-520

| Місце виміру температури               | Результат |    |    |    |
|--|-----------|----|----|----|
|  | X1        | X2 | X3 | X4 |
| Температуру корпусу електричної машини |           |    |    |    |
| Температуру станини електричної машини |           |    |    |    |

5. Ознайомитися з конструкцією, принципом дії та мірами безпеки при роботі з вимірювачем вібрації (віброметром) із смуговим аналізатором ИВПА-07.

6. За допомогою приладу ИВПА-07 визначити та оцінити рівень вібрації електричної машини у режимі F00, розрахувати оберти двигуна та амплітуди вібропереміщення. За допомогою приладу ИВПА-07 виконати дослідити та заповнити таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Визначення вібрації за допомогою приладу ИВПА-07

| Місце виміру вібрації     | Результат |    |    |                 |
|---------------------------|-----------|----|----|-----------------|
|                           | X1        | X2 | X3 | X <sub>ср</sub> |
| Корпус електричної машини |           |    |    |                 |
| Кришка вентилятора        |           |    |    |                 |
| Підшипникова кришка       |           |    |    |                 |

7. Ознайомитися з конструкцією, принципом дії та мірами безпеки при роботі з тахометром оптичним ТО-М. За допомогою приладу ТО-М визначити швидкість електричної машини та заповнити таблицю 4.6.

Таблиця 4.6 – Визначення вібрації за допомогою приладу ТО-М

|                 | Результат |    |    |                 |
|-----------------|-----------|----|----|-----------------|
|                 | X1        | X2 | X3 | X <sub>ср</sub> |
| Вимір швидкості |           |    |    |                 |

## Зміст звіту

1. Назва та мета роботи;
2. Теоретичні відомості;
3. Результати вимірювань;
4. Необхідні розрахунки;
5. Висновки.

## Контрольні питання

1. Вкажіть переваги та недоліки експрес-діагностики.
2. Яким чином перевіряється справність фазних обмоток електричних машин при експрес-діагностиці.
3. Для чого потрібен інфрачервоний пірометр?
4. Які параметри визначаються за допомогою смугового аналізатора ИВПА-07?
5. Вкажіть області застосування оптичного тахометра ТО-М.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

### Дослідження точності зупинки кабіни ліфта

#### *1. Вимоги, що висуваються до лебідок ліфтів*

Крім загальних вимог, що висуваються звичайно до машин підйомно-транспортних пристроїв (достатня потужність, надійність, простота пристроїв, довговічність, зручність обслуговування, взаємозамінність змінних деталей, хороші економічні показники тощо), до ліфтовим машин додатково пред'являються особливі вимоги, що впливають із специфіки роботи цих машин. Головні з них:

а) Ліфтові лебідки повинні володіти підвищеною ступенем надійності та безпеки експлуатації; від цього залежить безаварійна робота ліфтів.

б) Ліфтова лебідка повинна зупиняти кабіну як можна точніше на рівні поверхової площадки.

Утворюється при зупинці кабіни різниця рівнів підлоги кабіни і підлоги поверхової площадки ускладнює завантаження і розвантаження кабіни, знижує продуктивність ліфта і безпеку користування ним.

в) Робота ліфтової лебідки повинна бути плавною і безшумною. Безшумність особливо важлива для ліфтів, встановлених в житлових будинках. Непереборні джерела шуму повинні бути ретельно ізольовані від конструкцій будівлі. Плавність руху кабіни без великих прискорень особливо важлива для пасажирських та лікарняних ліфтів.

г) Ліфтові лебідки повинні бути особливо компактні щоб уникнути дорогого, часто неприпустимого за архітектурними міркувань збільшення розмірів машинних приміщень.

Складовими частинами ліфтової лебідки є канатоведучий орган (шків або барабан), електродвигун, гальма і редуктор, за допомогою якого обертання електродвигуна передається канатоведущому органу. Всі частини лебідки компонується на загальній металевій плиті, і тільки в окремих випадках одна з опор вала канатоведущого органу, найчастіше барабана, ставиться на фундаменті окремо або балках.

Для швидкісних ліфтів лебідки влаштовуються без передавального механізму і називаються безредукторними.

У цих лебідок канатоведучий і гальмівної шків насаджуються безпосередньо на тихохідний вал електродвигуна.

У редукторних лебідок вал електродвигуна з'єднується з валом редуктора за допомогою муфти.

## 2. Прискорення

Плавність руху кабіни характеризується прискореннями і уповільненнями, створюваними підйомним механізмом на початку руху (при пуску) і в кінці руху при гальмуванні (зупинці).

Прискорення викликають додаткові зусилля в механізмах ліфта і впливають на організм людини, що перебуває в кабіні ліфта.

Великі прискорення можуть викликати хворобливий стан – запаморочення, стиснуте дихання, відчуття страху тощо Цей стан у нетренованих людей настає вже при прискоренні  $2,5 \text{ м/с}^2$  і вище, тому для ліфтів не рекомендується піднімати прискорення (уповільнення) вище  $2 \text{ м/с}^2$ .

Організм людини помітно реагує на швидке зміна прискорення, тобто на другу похідну від швидкості або третю похідну від шляху, названу ривком швидкості  $\rho$ :

$$\rho = \frac{da}{dt} = \frac{d^2v}{dt^2} = \frac{d^3s}{dt^3}$$

де  $a$  – уповільнення;

$v$  – швидкість;

$t$  – час;

$s$  – шлях.

При ривку швидкості  $\rho = 3...5 \text{ м/с}^2$  рух настільки спокійно і плавно, що пасажир його майже не відчуває.

Вплив ривка швидкості  $\rho$  мало досліджене, але слід дотримуватися основного правила: зміна швидкості і прискорень при пуску і зупинці повинно бути поступовим, плавним, як графічно показано на рисунку 5.1.

Плавно розганяючись на ділянці 0-1, ліфт набуває максимальне прискорення на ділянці 1-2, яке потім знижується до нуля в точці 3, де ліфт досягає нормальної швидкості. Далі ліфт рухається з рівномірною швидкістю (ділянка 3-4), і в певному місці шахти перед зупинкою починається плавне

уповільнення, яке триває до точки 6, досягаючи максимальної величини на ділянці 5-6. Швидкість зменшується від номінальної величини  $v_n$  до зупиночної  $v_0$ , яка потрібна для отримання точної зупинки кабіни на рівні поверху.

Від точки 8 починається остаточне гальмування механізму також з поступовим зміною прискорення по кривій 8-10, і ліфт зупиняється. При подальшому русі процес повторюється з тією тільки різницею, що ділянка 3-4 може бути більше або менше в залежності від висоти поверху, як і ділянка 7-8 залежно від навантаження і напрямку руху ліфта, що впливають на шлях гальмування або «вибіг» кабіни.

На рисунку 5.1 показаний найбільш бажаний вигляд кривої швидкості, відповідає вимозі плавності руху.

Такий графік досягається поки порівняно дорогими засобами: за допомогою електродвигунів постійного струму, керованих зміною напруги (схема генератор – двигун), зі складною апаратурою управління. При цій системі приводу можна отримати найбільше прискорення і уповільнення на ділянці

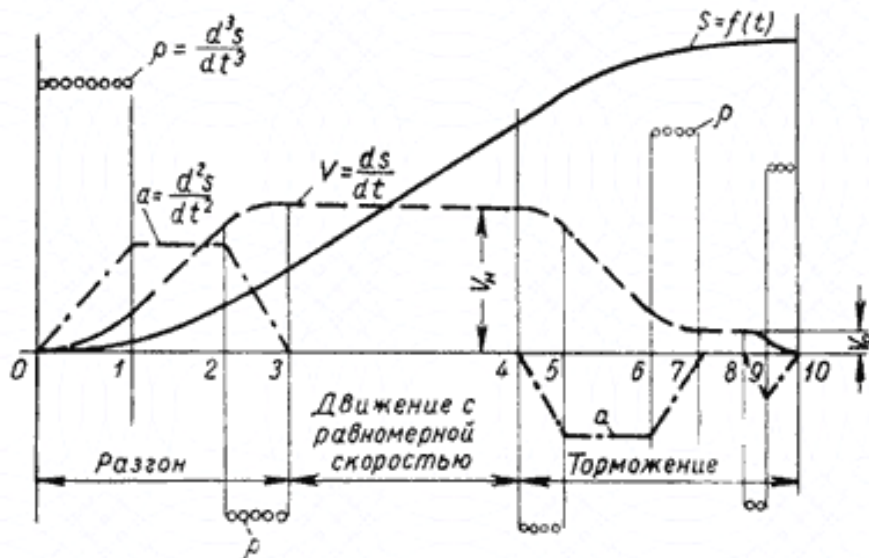


Рисунок 5.1 – Графіки шляху, швидкості, прискорень і ривків швидкості руху кабіни  $S$  м;  $v$  в м/с;  $a$ , м/с<sup>2</sup>;  $\rho$  в м/с<sup>3</sup>; 1-2 та 5-6 в межах до 2,0-2,2 м/с<sup>2</sup> і ривки швидкості на ділянках 0-1; 2-3; 4-5; 6-7; 8-9; 9-10 не вище 6 м/с<sup>3</sup>.

Хороший графік швидкості може бути досягнутий в межах висоти одного поверху (3,6 м) при швидкості 1,8-2,0 м/с; для отримання більшої швидкості з прискореннями і ривками швидкості в зазначених межах знадобиться більший шлях; висоти одного поверху буде мало. В межах двох поверхів можна плавно досягти швидкості 3,5 м/сек. Для плавного розгону до швидкості 5-6 м/сек і спокійною зупинки кабіни потрібно перегін протягом 4-5 поверхів.

При одношвидкісних електродвигунах зменшення прискорень досягається або збільшенням махових мас на валу електродвигуна, або включенням в ланцюг ротора опору у електродвигунів з контактними кільцями. В гальмівному періоді зменшення величини уповільнення досягається також шляхом збільшення махових мас або ослаблення пружин гальма, або

застосуванням гальмівних систем із збільшеним часом дії (електрогідравлічних, моторних та ін).

Але слід пам'ятати, що з зменшенням прискорень (уповільнень) при гальмуванні погіршується точність зупинки кабіни на рівні поверхів. Послаблювати гальма треба обачно, одночасно перевіряючи точність зупинок.

В таблиці 5.1 наведено величини прискорень, рекомендованих для ліфтів різних систем.

Таблиця 5.1 – Рекомендовані прискорення при пуску і зупинці ліфта

| Найменування показників  | Змінний струм |      |     | Постійний струм |     |     |      |
|--|---------------|------|-----|-----------------|-----|-----|------|
|  |               |      |     |                 |     |     |      |
| 1  | 2             |      |     | 3               |     |     |      |
| Швидкість ліфта, м/с   | 0,5           | 0,75 | 1,0 | 1,0             | 1,5 | 2,5 | 3,5  |
| Максимальне прискорення, м/с <sup>2</sup>  | 1,0           | 1,0  | 1,5 | 1,0             | 1,5 | 2,0 | 2,0* |
| Середнє розрахункове прискорення, м/с <sup>2</sup>   | 0,5           | 0,5  | 0,8 | 0,8             | 1,0 | 1,5 | 1,5  |
| *При добре налагодженій системі прискорення можуть бути доведені до 2,2-2,5 м/с <sup>2</sup> |               |      |     |                 |     |     |      |

Середні розрахункові прискорення виходять від ділення номінальної швидкості на час розгону або гальмування:

$$a_{cp} = \frac{v_n}{t_p}$$

Величини середніх прискорень служать для підрахунку часу, розгону і гальмування, а також для визначення продуктивності ліфта.

Дуже малі прискорення (менше табличних) не вигідні, так як сильно знижують продуктивність ліфта.

Більш високі прискорення, крім негативного впливу на плавність ходу і на стан пасажирів, можуть викликати зайве ковзання канатів на канатоведучому шківі, що пов'язане з підвищеним зносом канатів і самого шківів.

### 3. Точність зупинки кабіни і способи її досягнення

Величина уповільнення при гальмуванні залежить не тільки від величини гальмівного моменту, але і від величини вантажу, що знаходиться в кабіні, і від напрямку руху. Кабіна сповільнюється швидше при русі вгору з вантажем і, повільніше в тому ж напрямку руху, але без вантажу. І, навпаки, при гальмуванні кабіни з вантажем, що рухається вниз, уповільнення буде менше, вибіг буде більше.

При різних уповільненнях виходять різні вибіги, тобто шляху гальмування  $S_T$ :

$$S_T = \frac{v_0^2}{2a_{cp}}$$

де  $S_T$  – шлях гальмування (вибіг) в мм;

$v_0$  – швидкість руху кабіни на початку гальмування, що має певну постійну величину у даної системи приводу, м/с;

$a_{cp}$  – середнє уповільнення в м/с<sup>2</sup>.

Так як імпульс на уповільнення перед зупинкою дається завжди в одному і тому ж місці шахти з допомогою датчика або поверхового вимикача, то кабіна зупиняється або вище майданчики поверху або нижче її, в залежності від напрямку руху і величини вантажу в кабіні.

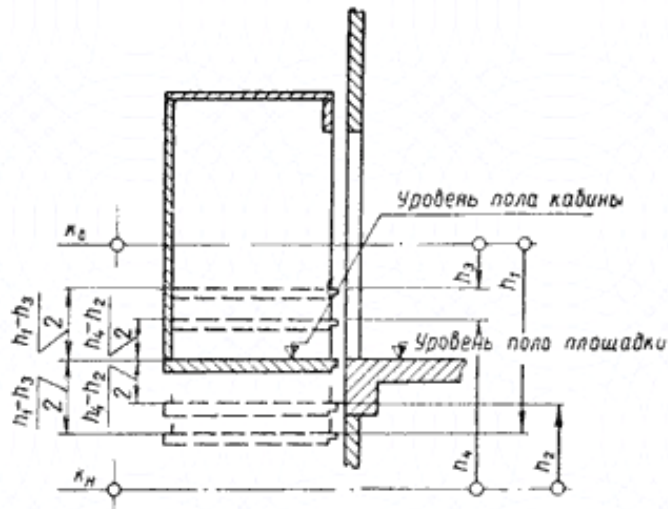


Рисунок 5.2 – Точність зупинки кабіни (схема)

Датчики або вимикачі встановлюються таким чином, щоб різниця в вибігах кабіни з повним вантажем і порожній ділилася порогом шахтної двері навпіл, як схематично показано на рисунку 5.2.

Вимикач  $K_v$  поставлений так, щоб кабіна, рухалася вгору, зупинялася в одному випадку вище підлоги поверхової площадки на  $(h_1 - h_3)/2$ , а в іншому випадку, коли кабіна повністю завантажена, нижче підлоги на ту ж величину. Точно так само вимикач  $K_n$  встановлюється так, щоб різниця в рівнях підлоги кабіни, що рухалася вниз, і поверхової площадки була дорівнює  $(h_4 - h_2)/2$ .

Ці величини характеризують точність зупинки кабіни. Точність зупинки кабіни прийнято називати напіврізницею гальмівних вибігаючих кабіни при русі в одному напрямку з вантажем і без вантажу. Точність зупинки при русі вгору і при русі вниз може бути різною, але в розрахунок приймається велика величина.

Точність зупинки  $\pm 10$  мм вважається достатньою для всіх видів ліфтів, але в деяких випадках потрібно і більш висока точність; в більшості ж випадків для вантажних ліфтів, що завантажуються без візків, та пасажирських ліфтів можна задовольнитися точністю  $\pm 50$  мм.

Менш точна зупинка ускладнює завантаження і розвантаження кабіни і може служити причиною нещасних випадків.

При зупинці кабіни вище або нижче рівня майданчика поверху більше ніж на 150 мм двері шахти замкнені автоматичним замком.

У більшості ліфтів гальмування виробляється гальмом з постійним гальмівним моментом і лише привід по системі г-д дозволяє зробити зупинку кабіни, не вдаючись до гальма.

Для отримання більш або менш точної зупинки треба мати перед зупинкою невелику швидкість, умовно названу нами «зупиночної».



Встановлено, що для точності зупинок в межах  $\pm 10$  мм треба мати «зупиночну» швидкість не вище  $0,15$  м/с.

У ліфтів з одношвидкісним електродвигуном гальмування починається з повної швидкості, тому область застосування цих систем обмежена вимогами до точності зупинок.

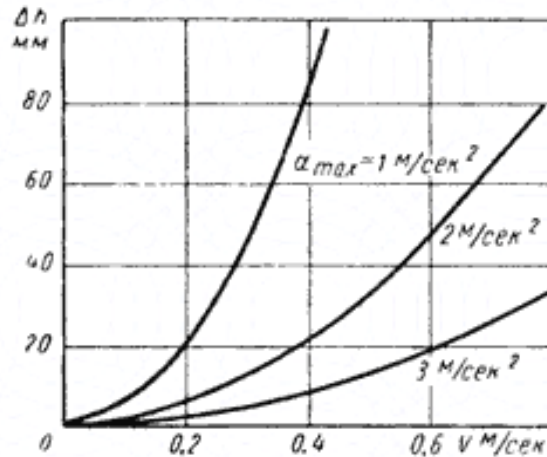


Рисунок 5.3 – Взаємозв'язок швидкості, прискорення і точності зупинки кабіни

При швидкості ліфта з одношвидкісним електродвигуном вище  $0,8$  м/с і при прискореннях не більш  $1,5$  м/с<sup>2</sup> можна домогтися допустимої точності зупинок  $\pm 120-150$  мм (рис. 5.3).

Швидкість  $0,8$  м/с можна вважати граничною для простих систем з одношвидкісним електродвигуном.

Для отримання більш точних автоматичних зупинок потрібно, щоб привід ліфта забезпечував можливість отримання зменшеній швидкості перед гальмуванням.

Існує велика кількість систем, що забезпечують отримання зменшеною зупиночної швидкості ліфта. Всі вони можуть бути розділені на дві основні групи: системи електричного регулювання швидкості і системи механічного регулювання швидкості.

До першої групи відносяться приводи на постійному струмі за системою г-д і з реостатним керуванням, а також приводи на трифазному струмі з двошвидкісним електродвигунами з перемиканням полюсів і приводи з двома електродвигунами.

До другої групи відносяться механічні системи з мікроприводами і мікропередачами.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

### Система моніторингу технічного стану ліфтів на основі диспетчеризації

Комплексна система диспетчеризації ліфтів на базі ресурсів стільникового зв'язку GSM, GPRS дистанційний збір і візуалізація інформації про стан об'єктів ліфтового господарства; забезпечення екстреного каналу голосового зв'язку.



*Основними функціями пропонованої системи є:*

дистанційний збір і візуалізація інформації про стан технологічних об'єктів ліфтового господарства;

забезпечення екстреного каналу голосового зв'язку між диспетчером і кабіною ліфта;

оперативне управління головним контактором живлення станції ліфта;

аналіз стану живильної мережі, оповіщення про вихід фазних напруг за допустимі відхилення, контроль перекосу фаз і порушень фазування;

охоронна сигналізація розтину дверей машинного відділення ліфта;

управління місцевим освітленням сходових площадок;

прийом та архівування інформації накопичується в приладі обліку (значення спожитої енергії за тарифами, миттєвої потужності, півгодинних зрізів потужностей та енергій).

*Додатковими функціями системи є:*

- аналіз стану живильної мережі, оповіщення про вихід фазних напруг за допустимі відхилення, контроль перекосу фаз і порушень фазування;
- охоронна сигналізація розтину дверей машинного відділення ліфта;
- управління місцевим освітленням сходових площадок;
- прийом та архівування інформації накопичується в приладі обліку (значення спожитої енергії за тарифами, миттєвої потужності, півгодинних зрізів потужностей і енергій);
- сигналізація про відкриття дверей шахти при відсутності кабіни на поверсі;
- сигналізація про спрацювання ланцюга безпеки ліфта;
- ідентифікація надходить сигналізації (з якого ліфта і який сигнал).



Диспетчерський центр



Термінал моніторингу і керування

*До складу системи входять:*

- диспетчерський вузол;
- термінали моніторингу і управління.

*Основними відмінними особливостями запропонованої системи від існуючих аналогів є:*

- використання в системі двох дублюючих каналів зв'язку (GPRS / Інтернет канал, GSM / голосовий канал)
- можливість підключення до системи, як старих релейних ліфтів, так і сучасних ліфтів з цифровими станціями управління.

*Економічний ефект впровадження системи забезпечується:*

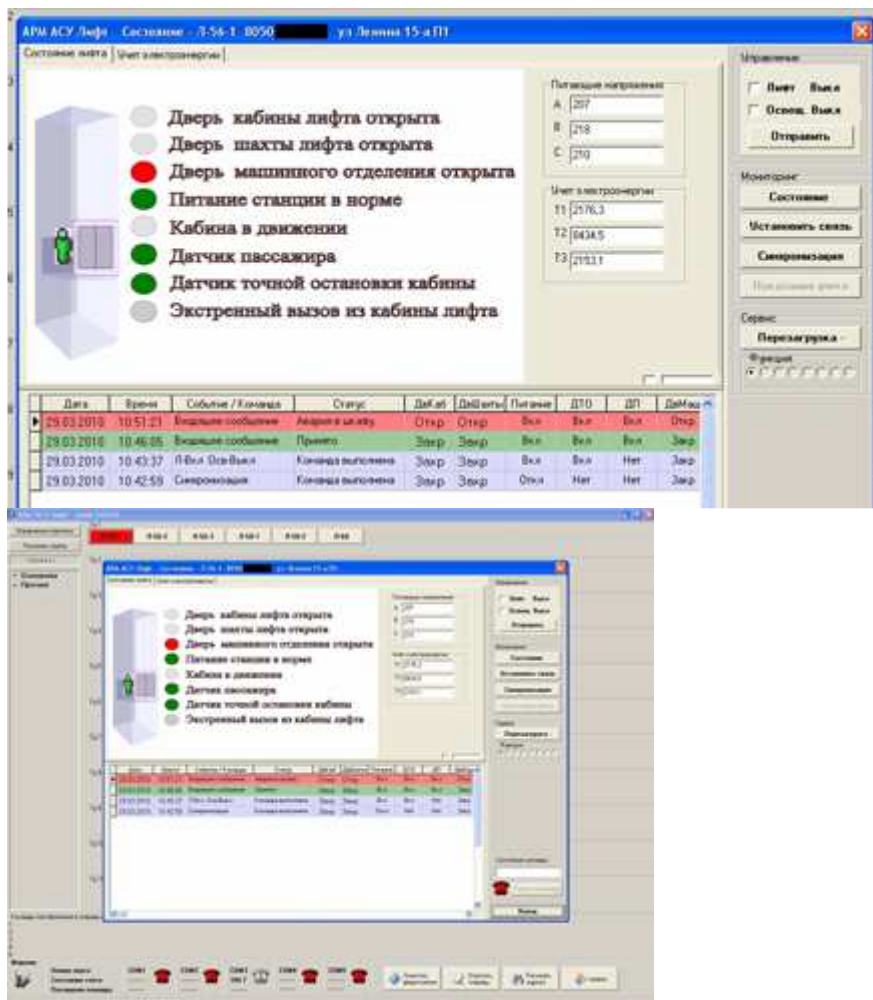
наявністю інформаційної зворотного зв'язку про включення необхідного режиму, що дозволяє скоротити час реакції диспетчера на нештатну ситуацію;

наявністю дистанційного керування живленням станції ліфта дозволяє виключити виїзди, пов'язані з необхідністю перезапуску обладнання;

захистом обладнання станції ліфта, в результаті контролю стану живильної мережі, і прийняттям рішення про припинення експлуатації, у разі виходу фазних напруг за допустимі відхилення, перекосу фаз і порушень фазування;

дистанційним технічним урахуванням спожитої енергії, дозволяє скоротити робочий час і транспортні витрати, необхідні при об'їздах для зняття показань;

простотою монтажу і мінімальними вимогами до поточного обслуговування (1 раз в рік).



## **Технічні вимоги до терміналу:**

### *1. Загальні положення*

1.1 Термінал призначений для безперервного цілодобового моніторингу стану ліфтового обладнання, дистанційного управління, охорони машинного приміщення ліфта, а також для організації дуплексного двостороннього голосового зв'язку між диспетчером і кабіною ліфта або машинним приміщенням.

### *2. Використовувані канали зв'язку*

2.1 Термінал здійснює передачу інформації в диспетчерський центр по мережі стільникового зв'язку стандарту GSM з використанням пакетної передачі даних GPRS.

2.2 При повному або перевантаженню локальної мережі (або конкретної комірки) і внаслідок цього недоступності каналу GPRS у стільникового оператора або при недоступності інтернет-каналу в диспетчерському центрі система автоматично продовжує працювати в голосовому (найбільш пріоритетному) каналі. При цьому дані передаються у вигляді коротких (1-2 с.) тонально-кодованих голосових повідомлень передаються на диспетчерські модеми. Функціональність системи при цьому 100% зберігається. Перемикання каналів відбувається автоматично, прозора для оператора. При появі каналу GPRS система автоматично переключиться на нього.

2.3 Канал зв'язку CSD використовується для передачі параметрів терміналу.

### *3. Опис можливостей терміналу*

3.1 Термінал має можливість аналізу напруги в 15-ти контрольних точках об'єкта, що обслуговується.

3.1.1 Кількість входів аналізу напруги живильної мережі – 3 шт.

3.1.2 Тип входу аналізу живильної напруги – аналоговий (передається безпосередньо на АЦП через вузли захисту та обмеження).

3.1.3 Кількість входів аналізу живильної напруги – 10 шт.

3.1.4 Тип входу аналізу – аналоговий (передається безпосередньо на АЦП через вузли захисту та обмеження).

3.1.5 Поріг виходу за межі задається програмно і може бути змінений шляхом перемикання підпрограми для конкретної ліфтової станції за команду з диспетчерського центру. Діапазон зміни порогу від 4 до 220 вольт.

3.1.6 Кількість входів охорони – 2 шт.

3.1.7 Тип входу охорони – дискретний (оптронная розв'язка).

3.1.8 Кількість ліній виклику диспетчера – 2 шт.

3.2 Термінал має можливість управління виконавчими пристроями.

3.2.1 Тип виходу – сімістор. Комутація котушки контактора робочою напругою 220В і струмом утримання до 0,6А.

3.2.2 Кількість ліній управління – 2 шт.

3.3 Термінал має вбудований мікрофон і динамік для організації голосового зв'язку з машинним приміщенням.

3.3.1 Термінал має можливість підключення виносного мікрофона і динаміка для організації голосового зв'язку з кабіною ліфта. Для підключення зв'язку між машинним відділенням і кабіною ліфта використовується 4-х провідна лінія, забезпечується дуплексна передача сигналів мікрофона і динаміка а також передача сигнал виклику диспетчера і напруги живлення для підсилювачів мікрофона і динаміка.

3.3.2 Переговорний пристрій кабіни ліфта пропонується у двох виконання – вандалостійка переговорна панель вбудовується переговорний пристрій.

3.3.3 Переговорна панель являє собою закінчене рішення містить мікрофон динамік і кнопку виклику а також необхідні підсилювальні і согласовательно-захисні вузли.

3.3.4 Переговорна панель має можливість підключення зовнішнього динаміка.

3.3.5 Вбудовується переговорний пристрій являє собою мікрофон з підсилювачем прийому і передачі в пластмасовому корпусі, що містить согласовательно-захисні вузли. 3.3.6. Вбудовується переговорний пристрій має можливість підключення зовнішнього динаміка і кнопки виклику.

3.3.7 Термінал живиться від мережі змінного напруги 220В 50 Гц.

3.3.8 Термінал має два вбудованих джерела резервного живлення – акумулятор і літієва батарея.

3.3.9 Час автономної роботи від акумулятора не менше 5-ти годин.

3.3.10 Термінал оснащений інтелектуальною схемою зарядки акумулятора – реалізовано вимога точного підтримання значення напруги буферного заряду в залежності від температури.

3.4.1 В робочому режимі термінал аналізує поєднання сигналів в контрольних точках об'єкта і виявляє несправності, збої, спроби втручання в роботу ліфта та аварійні ситуації.

3.4.2 При виявленні аварійної ситуації відбувається сеанс зв'язку з диспетчерським центром при якому виконується передача інформації про стан датчиків і коди несправностей і повідомлень.

3.5 При настройці терміналу з диспетчерського центру подається команда яка дозволяє:

- встановити інверсію сигналу для кожного датчика;
- встановити гучність мікрофона і динаміка для кабіни ліфта;
- встановити гучність мікрофона і динаміка для машинного приміщення;
- встановити тип логіки роботи (вибір конкретної ліфтової станції);
- дозволити або заборонити повідомляти диспетчеру про кожної конкретної аварії зі списку аварій.

3.6 Реалізовано алгоритм дистанційного оновлення програмного забезпечення терміналу. Алгоритми роботи можуть бути скориговані за бажанням Замовника нові функції можуть бути додані без виїзду на об'єкт.

## Список джерел

1. Колісник М.П., Шевченко Д.Ф., Мелашич В.В. Основні розробки, виробництва, монтажу, випробувань та обстежень підйомно-транспортних машин.- Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2007. – 193 с.
2. Піпа Б.Ф., Хом'як О.М., Чабан В.В. Підйомно-транспортні пристрої. - Навчальний посібник. – Київ: КНУТД, 2006. – 143с.
3. Григоров О.В., Петренко О.В. Вантажопідйомні машини. – Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2006. – 299 с.
4. Ракша С.В., Мелашич В.В., Колісник М.П. – Розрахунки механізмів кранів мостового типу. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2006. - 148 с.
5. Панкратов А.И. Выбор электропривода механизма подъема мостового крана-Краматорск: Донбасская госуд. машиностроительная академия, 2006. – 63 с.
6. Баладінський В.Л., Гаркавенко О.М., Вольтерс О.Ю. та інші. Пристрої та механізми вантажопідйомних машин. Навчальний посібник. – Київ: КНУБА, 2005. – 131 с.
7. Ракша С.В. Довідник до розрахунків механізмів вантажопідйомних кранів. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2005. – 130 с.
8. Стратегія посилення самостійної роботи студентів у контексті приєднання України до Болонського процесу. Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції. – Харків: ХНАМГ, 2004. – 244 с.
9. Міренський І.Г., Бабічева О.Ф. Оцінка надійності технічних систем на стадії проектування. Навчальний посібник з грифом МОН України. – Харків: ХДАМГ, 2003. – 106 с.
10. Берещук М.Я., Стадник Г.В., Нечос В.Ю. Науково-методичні основи визначення рейтингу та вдосконалення системи підвищення якості освіти. // Вища школа. – № 4-5. – 2003. – С. 32-42.
11. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации. – Москва: Высш.шк., 2003. – 575 с.
12. Тіщенко Л.М. Проектування вантажопідйомних машин та навантажувачів. - Харків: Будівництво, 2003. – 407 с.
13. Огурцов А.П., Сарандачов В.І., Солод В.Ю. Діагностика, динаміка, надійність підйомно-транспортних машин. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2002. – 367 с.
14. Берещук М.Я., Дмитрієв І.Б. Тестовий контроль та рейтингова оцінка знань студентів. Методичні рекомендації до застосування. – Харків: ХДАМГ, 2001. – 43с.
15. Архангельский Г.Г., Волков Д.П. Лифты. – Москва : Ассоциация строительных вузов, 1999. - 479 с.

16. Иванов В.И. Специальные грузоподъемные машины. – Минск: Белорусская наука, 1997. – 335 с.
17. Полетаев А.А. Эксплуатация лифтов. Справочник. – Москва: Стройиздат, 1991. – 283 с.
18. Добронравов С.С. Строительные машины и оборудование. – Москва: Высш. шк., 1991. – 407 с.
19. Додонов Б.П., Лифанов В.А. Грузоподъемные и транспортные устройства. – Москва.: Машиностроение, 1990. – 248 с.
20. Александров М.П., Решетов Д.П. Подъемно-транспортные устройства. Атлас конструкции. – Москва: Машиностроение, 1987. – 122 с.
21. Федосеев В.Н., Гончаров Г.К. Безопасная эксплуатация лифтов. Справочное пособие. – Москва: Стройиздат, 1987. – 256 с.
22. Александров М.П., Колобок Л.Н., Лобов Н.А. и др. Грузоподъемные машины. – Москва : Машиностроение, 1986. – 400 с.



*Навчальне видання*

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

**БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІФТІВ  
ТА СПЕЦТЕХНІКИ**

*(для студентів 5 курсу денної форми навчання  
спеціальності 7.17020201, 8.17020201 – Охорона праці (за галузями))*

Укладачі: **ДАЛЕКА** Василь Хомич,  
**ШАВКУН** Вячеслав Михайлович

Відповідальний за випуск *О. В. Кульбашиний*

Редактор З. І. Зайцева

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2014, поз. 106 М

---

Підп. до друку 06.05. 2014  
Друк на ризографі.  
Зам. №

Формат 60 x 84/16  
Ум. друк. арк. 3,0  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.