

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра: „Матеріалознавство та ливарне виробництво”

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою МЛІВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр Кузик

“ _____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА **за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**

на тему:

**“Конструювання і розрахунок бадьового підйомника
ливарного цеху”**

“Design and calculation of a bucket elevator for a foundry”

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ПМ(ОЛ)-21

спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Мельник М.М.

“ _____ ” _____ 2025 р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____ Віктор Ломакін

“ _____ ” _____ 2025 р.

Рецензент _____

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Огляд підйомників	Ломакін В. М.		
Конструювання бадьового підйомника ливарного цеху	Ломакін В. М.		
Креслення	Ломакін В. М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд підйомників		
2.	Конструювання бадьового підйомника ливарного цеху		
3.	Креслення		
5.	Оформлення пояснювальної записки		
6.	Оформлення рецензії		
7.	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання:

“ _____ ” _____ 2025 р.

Підпис керівника

Ломакін В. М.
(прізвище та ініціали)

Підпис здобувача

Мельник М. М.
(прізвище та ініціали)

Анотація

стор. 42, рис. 12, табл. 4, бібліографічних назв 2

ПІДЙОМНИК, ВІЗОК, БАРАБАН, ЛЕБІДКА, НАПРАВЛЯЮЧА, КАНАТ

В бакалаврській роботі виконано огляд існуючих видів підйомних машин, вивчено конструкцію та принцип роботи бадьового підйомника; за відомими вихідними даними виконано проектний розрахунок бадьового підйомника для завантажування електродпечей.

Annotation

Page 42, fig. 12, table 4, bibliographic titles 2

HOIST, CART, DRUM, WINCH, GUIDE, ROPE

In the bachelor's thesis, a review of existing types of lifting machines was carried out, the design and operating principle of a bucket elevator was studied; based on known initial data, a design calculation of a bucket elevator for loading electric furnaces was performed.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	7
1. Підйомні машини та лебідки	8
1.1. Класифікація підйомних машин	8
1.2. Основні конструкції барабанних підйомних машин та лебідок	9
1.2.1. Складові частини відкритих підйомників	11
1.2.2. Шахтні підйомні машини з циліндричними барабанами	13
1.2.3. Барабанні лебідки доменних підйомників	22
2. Конструювання і проектний розрахунок бадьового підйомника ливарного цеху	25
2.1. Призначення і конструктивне виконання бадьового підйомника	25
2.2. Конструювання підвісної системи	27
2.3. Конструктивна схема бадьового підйомника	27
2.4. Основні енергетичні та технологічні параметри підйому	29
2.5. Розрахунок вузла барабана	33
3. Розрахунок силових параметрів та навантажень візка бадьового підйомника	37
4. Техніка безпеки і покращення умов праці	39
Висновок	40
Список літератури	42
Додатки.....	43

ВСТУП

Ліквідація ручних вантажно-розвантажувальних робіт, виключення важкої ручної праці при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій, комплексна механізація і автоматизація виробничих процесів у всіх галузях народного господарства неможливі без використання широкого комплексу підйомно-транспортних машин. Сучасні поточкові технологічні і автоматизовані лінії, міжцеховий і внутрішньо цеховий транспорт, вантажно-розвантажувальні операції на складах і перевалочних пунктах органічно пов'язані із застосуванням різноманітних типів підйомно-транспортних машин і механізмів, що забезпечують безперервність і ритмічність виробничих процесів. Тому застосування даного обладнання багато в чому визначає ефективність сучасного виробництва, а рівень механізації технічного виробництва - ступінь досконалості і продуктивності підприємства. При сучасній інтенсивності виробництва не можна забезпечити його стійкий ритм без погодженої і безвідмовної роботи засобів транспортування сировини, напівфабрикатів і готової продукції на всіх стадіях обробки і складування [1, 2].

Одним з різновидів підйомно-транспортних машин є баддєві підйомники. В бакалаврській роботі виконано огляд існуючих видів підйомних машин, вивчено конструкцію та принцип роботи баддєвого підйомника; за відомими вихідними даними виконано проектний розрахунок баддєвого підйомника для завантажування електродпечей.

1. ПІДЙОМНІ МАШИНИ ТА ЛЕБІДКИ

1.1. Класифікація підйомних машин

Підйомні машини і лебідки за принципом дії розділяються на барабани і з шківками тертя.

Барабанні підйомники бувають з постійним радіусом навивки (циліндрові барабани) і змінним (конічні, біциліндроконічні і циліндроконічні барабани). Підйомники з циліндровими барабанами можуть бути з одним (одинарним) або двома (подвійними) барабанами. При двох барабанах кожен з них обслуговує одну гілку каната, а в установці з одним барабаном він обслуговує обидві гілки каната: при звиванні з барабана гілки каната, що опускає підйомну посудину, на його місце навивається гілка каната, що піднімає посудину.

Найбільш широкого поширення набули циліндрові барабани з одношаровою і багатошаровою навивкою каната, які застосовуються в конструкціях підйомних машин для вертикальних і похилих шахт і кар'єрів.

При одношаровій навивке каната на барабан підйомні машини обслуговують висоту підйому до 700 м. Багатошарова навивка каната значно збільшує обслуговувану висоту підйому.

Для глибоких шахт застосовуються підйомні машини із змінним радіусом навивки, з яких в даний час випускаються тільки машини з біциліндроконічними барабанами.

У зарубіжній практиці для підйому з великих глибин (понад 2000 м) застосовуються здвоєні циліндрові барабани, що розташовані на паралельних валах і мають багатошарову навивку (підйомна система Блейера).

Доменні підйомники обслуговуються лебідками з одним циліндровим барабаном.

Шківи тертя застосовуються як одноканатні і багатоканатні шахтні підйомні машини, обслуговуючі шахти завглибшки від 800 до 1600 м з підйомними судинами великої вантажопідйомності (до 50 т).

Багатоканатні канатоведучі шківи знайшли широке застосування в ліфтових лебідках.

1.2. Основні конструкції барабанних підйомних машин і лебідок

У різних галузях народного господарства широко використовуються відкриті підйомники. Вони можуть мати як похилу, так і вертикальну траєкторію руху підйомних судин.

За призначенням відкриті вантажні підйомники розділяються на:

а) промислові загального призначення — для підйому навалювальних вантажів

(золи, піску, силосу і ін.) по вертикальному або похилому шляху;

б) кар'єрні — для підйому гірської маси по похилій траншеї з кар'єрів па поверхня;

в) доменні — для подачі матеріалів по похилому мосту для завантаження в доменну пекти;

г) будівельні — для подачі будівельних матеріалів (цеглина, бетон, і ін.) по вертикалі при будівництві і ремонті будівель.

Будівельні підйомники в даному підручнику не розглядаються, оскільки вони не є стаціонарно встановленими.

Вантажні підйомники транспортують вантажі в основному в скипах, що безпосередньо перевозять завантажені в них матеріали, або за допомогою спеціальних платформ-клітей, на які встановлюються навантажені вагонетки.

У кар'єрах найбільш поширені канатні скиповые підйомники. У комбінації із залізничним або автомобільним внутрішньокар'єрним транспортом вони можуть конкурувати з конвеєрними підйомниками. Швидкість руху скипов досягає 12 м/сек, а кут нахилу шляху 35—45°.

Основні достоїнства канатних кар'єрних підйомників: а) найкоротша відстань підйому вантажу з кар'єру на поверхню; б) найменша енергоємність підйому; в) простота конструкції і обслуговування; г) можливість повної автоматизації порівняно простими засобами; д) значне спрощення транспортного обслуговування кар'єрів.

Похиłe розташування в відкритих траншеях, могутні вантажопотоки і їх розосередженість визначають особливі вимоги до конструювання кар'єрних канатних підйомників, які багато в чому відрізняються від шахтних підйомних установок. Як правило, це повинні бути підйомні установки значно більшою, ніж при підземних роботах, продуктивності, вантажопідйомності і маневреності. - Кар'єрні підйомники мають специфічні особливості роботи, що полягають в обслуговуванні змінної глибини підйому, що утрудняє устаткування підйомника завантажувальними пристроями (бункерами), які необхідно переносити при поглибленні кар'єру.

Тому найбільшого поширення набуло безбункерна завантаження скипов. Скіпи безпосередньо завантажуються з рухомого складу усередині-кар'єрного транспорту, яким є саморозвантажні вагони або самоскиди. Об'єм скіпа повинен бути рівним об'єму вагону або самоскида. При устаткуванні кар'єрів скіповим підйомом виконання допоміжних функцій (спуск і підйом людей, матеріалів, вагонів внутрішньокар'єрного транспорту і ін.) проводиться за допомогою платформ-клітей, забезпечених рейками. При утворенні відвалів конусної форми використовується підйом в скипах або вагонетках з нахилом шляху 20—30°.

Доменні підйомники мають велику продуктивність і безперервну роботу по обслуговуванню печей.

Скіпові підйомники загального призначення встановлюються на різних підприємствах для обслуговування підсобних робіт. Перевагою їх перед іншими видами транспорту є простота конструкції і автоматична робота.

1.2.1. Складові частини відкритих підйомників

Схема двоскіпового кар'єрного підйомника з поліспаотною підвіскою скипів представлена на рис. 1.1. Нижня станція кар'єрного підйомника обладнана естакадою 1, на яку в'їжджає вагон з бічним розвантаженням або самоскид, що безпосередньо завантажує скіп 2 у

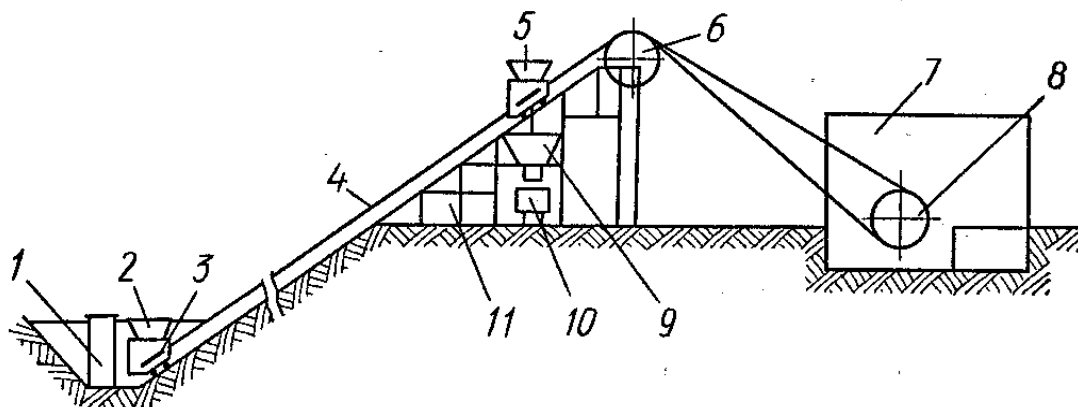


Рис. 1.1. Схема скіпової кар'єрної установки

момент його знаходження під естакадою. При рухомому складі з розвантаженням через дно на естакаді встановлюються люки, через які гірська маса завантажується в скипы. Скіп забезпечений шківом 3, що дозволяє передавати його вагу дві гілки підйомного каната 4. Одна гілка каната закріплюється на естакаді, інша — перекидається через направляючий шків 6 і навівається на барабан підйомної машини 8, встановленою в спеціальній будівлі 7 на поверхні. В період завантаження нижнього скипа верхній скіп 5 розвантажується на похилій естакаді 11 в бункер 9, звідки гірська маса поступає на залізничний вагон, що знаходиться під естакадою, 10. Для зручності маневрування вагонами під естакадою передбачено дві залізничні колії.

Поліспаотна підвіска скипов зближує робочі гілки канатів і дає можливість застосовувати підйомні машини із звичайним розташуванням барабанів. Безбункерна завантаження скипов створює залежність роботи скипового підйомника від роботи внутрішньокар'єрного транспорту. Для здійснення незалежної роботи підйому від роботи внутрішньокар'єрного транспорту

естакади обладнали бункерами-дозаторами, в які розвантажуються самоскиди. У кар'єрах великої продуктивності доцільно встановлювати декілька скіпових підйомників, що скорочує протяжність і кількість рухомого складу внутрішньокар'єрного транспорту і створює необхідний резерв в випадку зупинки одного з підйомників.

У скіпового доменного підйомника (рис. 1.2) похилий міст 6 з куту нахилу $47\text{--}60^\circ$ спирається на стінку скипової ями 9 і пилон 11. По нижньому поясу моста прокладено дві колії 4, що опускаються до скипової ями. Для кращого завантаження скипов кут нахилу колії збільшений на $8\text{--}10^\circ$. У верхній частині моста рейкові шляхи переходять в розвантажувальні криві 12. Кожен з двох

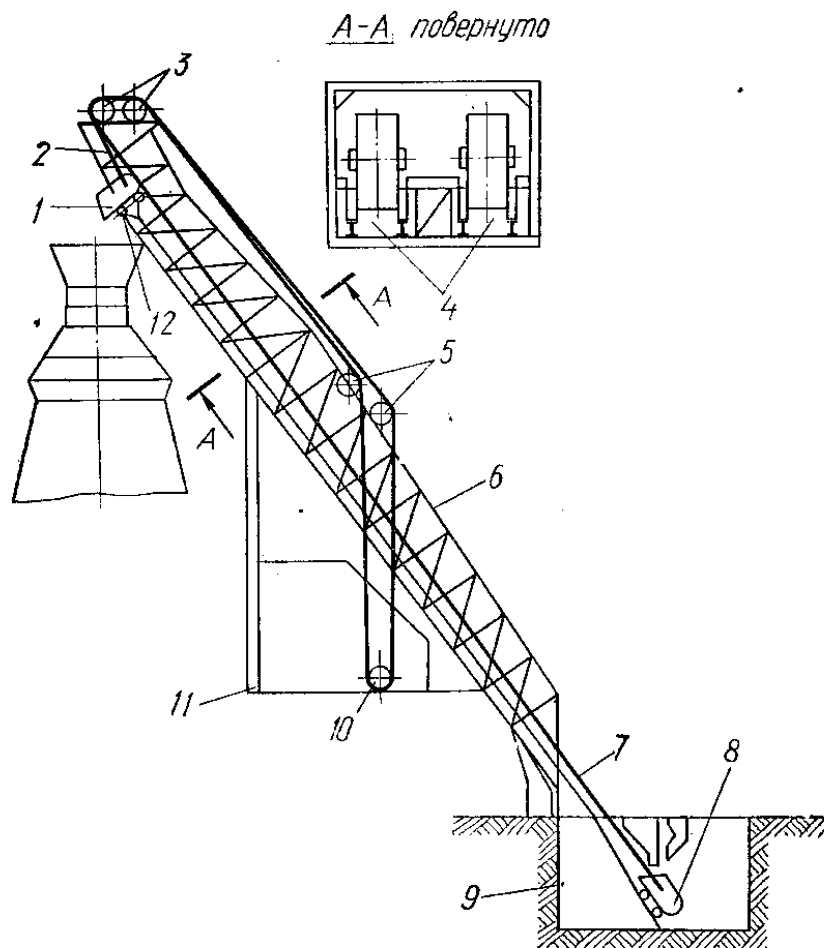


Рис. 1.2. Схема скіпового доменного підйомника

скипов 1 до 8 підвішений на парі канатів 2 і 7, прикріплених до барабана лебідки 10; оскільки два з них намотуються, піднімаючи один скип, два інших змотуються, опускаючи інший. Лебідка 10 встановлена в спеціальному

приміщенні під мостом. Для напряду канатів встановлюються дві пари обвідних блоків: на середині моста — блоки 5, а на верху — блоки 3. Блоки мають по два струмки під канати. Нижній скип завантажується агломератом або коксом з різних бункерів.

1.2.2. Шахтні підйомні машини з циліндричними барабанами

Стандартизації піддалися основні параметри барабанів (діаметр і довжина), передавальні відносини редукторів, величини максимального натягнення каната і різниця статичних натягнень канатів.

У стандартах передбачені єдині індекси для позначення підйомних машин:

Ц — циліндрові однобарабанні;

ЦР — циліндрові однобарабанні з розрізним барабаном;

2Ц — циліндрові двохбарабанні.

Що випускаються вітчизняними заводами шахтні підйомні машини з циліндровими барабанами розділяються на дві групи:

1. Малі підйомні машини з діаметром барабанів від 1,2 до 3,5 м (ДСТУ).

2. Крупні підйомні машини з діаметром барабанів від 4 до 6 м (ДСТУ).

Малі підйомні машини призначені для установки як на поверхні в закритому приміщенні, так і в підземних камерах з температурою повітря, від +5 до +35±С, що враховане в конструкціях цих машин і їх електроустаткування.

Крупні підйомні машини призначені тільки для установки на поверхні в закритому приміщенні.

До конструкцій барабанів всіх підйомних машин пред'являються наступні основні вимоги: достатня міцність і жорсткість, невелика власна вага, хороша навивочная поверхня, зручність монтажу і експлуатації.

Циліндрові барабани підйомних, машин виготовляються литими або зварними, роз'ємними для зручності транспортування і монтажу.

Вітчизняні заводи випускають в основному підйомні машини з барабанами зварної конструкції або комбінованими із зварною оболонкою і литими лобовинами,

сполученими з оболонкою болтами. На оболонці барабана нарізують по гвинтовій лінії жолобки для правильного напрямку навивки каната і оберігання сусідніх витків від взаємного тертя.

Кожна підйомна машина обладналася пультом управління і контрольно-вимірювальною апаратурою (показчик глибини, швидкостемір, обмежувач швидкості і ін.).

Підйомна машина з одним циліндровим барабаном може обслуговувати однокінцевої або двокінцевої підйом вертикальних або похилих шахт (рис. 1.3).

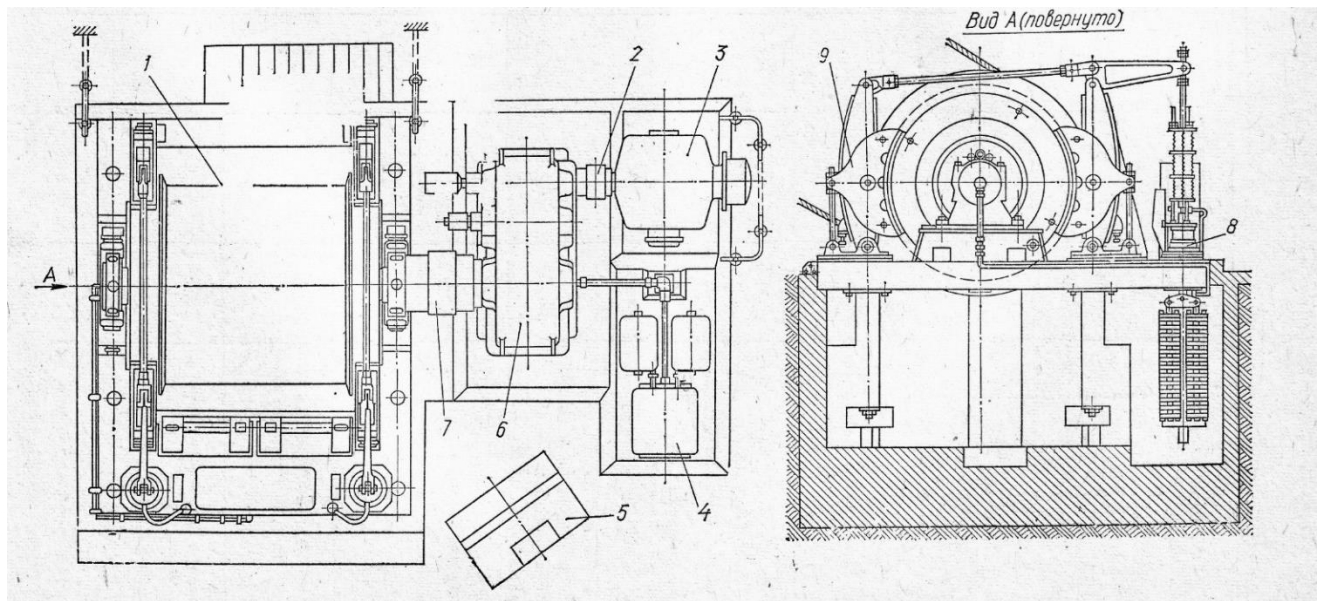


Рис.1.3. Загальний вид однобарабанної підйомної машини типу Ц

Єдиний барабан додає підйомним машинам типу Ц компактність, зменшує їх вагу і розміри машинної будівлі. Обертання барабана передається від електродвигуна 3 через двоступінчатий редуктор 6, сполучений з корінним валом машини зубчатою муфтою 7, а з валом електродвигуна — пружинною муфтою 2.

Гальмівний пристрій машини виконує як робоче, так і запобіжне гальмування і складається з двох пар гальмівних колодок 9, кожна з яких зв'язана між собою системою тяги і важелів. Кожна пара колодок має пружинно-вантажний пневматичний гальмівний привід 8.

Управління машиною здійснюється з пульта 5, на якому встановлена контрольно-вимірювальна і запобіжна апаратура, а також рукоятки управління. Пульт управління має з підйомною машиною тільки електричний зв'язок і може

бути встановлений в машинній або надшахтній будівлі. Дистанційне або автоматичне керування машиною здійснюється апаратом завдання і контролю ходу (АЗК) 4, механічно пов'язаним з тихохідним валом редуктора. Тип електродвигуна і пускорегулююча апаратура вибирається відповідно до місця установки машини (на поверхні або під землею).

Корінна частина (збірка головного валу) однобарабанної підйомної машини показана на рис. 1.4. Головний вал, до якого за допомогою шпонок 2 жорстко кріпиться барабан, встановлений на сферичних роликотидшипниках 3. Гальмівні шківни 4, що є також лободинами барабанів, відлили з чавуну і сполучені із сталеву зварною оболонку барабана 6 болтами 7. Канат закріплюється усередині барабана

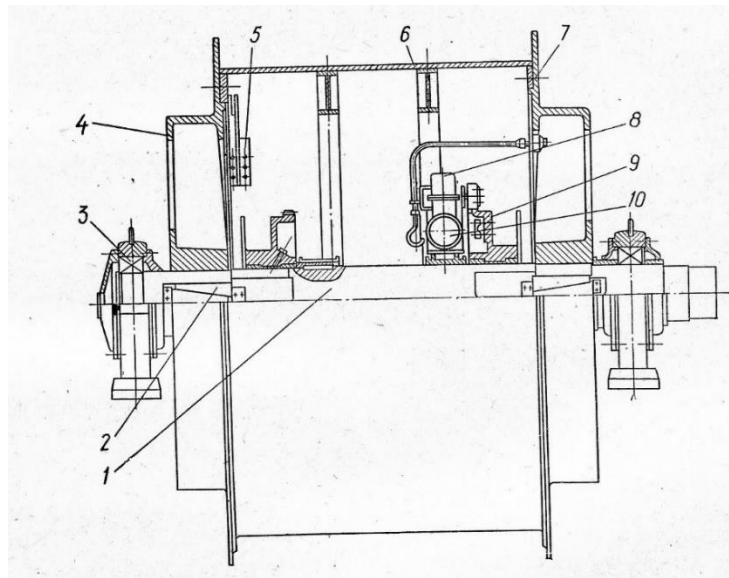


Рис. 1.4. Корінна частина малої підйомної машини типу Ц

зажимами 5. При експлуатації однобарабанних машин неможливо одночасно обслуговувати декілька горизонтів, ускладнюється зміна і навішування канатів, регулювання їх довжини після витяжки і обрубка

кріпиться барабан, встановлений на сферичних роликотидшипниках 3. Гальмівні шківни 4, що є також лободинами барабанів, відлили з чавуну і сполучені із сталеву зварною оболонку барабана 6 болтами 7. Канат закріплюється усередині барабана зажимами 5. При експлуатації однобарабанних машин неможливо одночасно обслуговувати декілька горизонтів, ускладнюється зміна і навішування канатів, регулювання їх довжини після витяжки і обрубка відрізання каната для випробування. Для виробництва вказаних операцій довжина каната,

призначена для узяття проб, намотується в декілька шарів на спеціальну бобіну 9, розміщену усередині барабана і вільно насаджена на корінний вал. Бобіна приводиться в дію електродвигуном 10 через редуктор 8.

При використанні підйомної машини для проходки шахт, на бобіні можна розмістити до 100 м каната, що дозволяє рідше проводити заміну каната при змінній висоті підйому.

Двобарабанні підйомні машини (2Ц) (рис. 1.5) призначені для обслуговування двокінцевого підйому вертикальних або похилих шахт. Вони мають в порівнянні

3

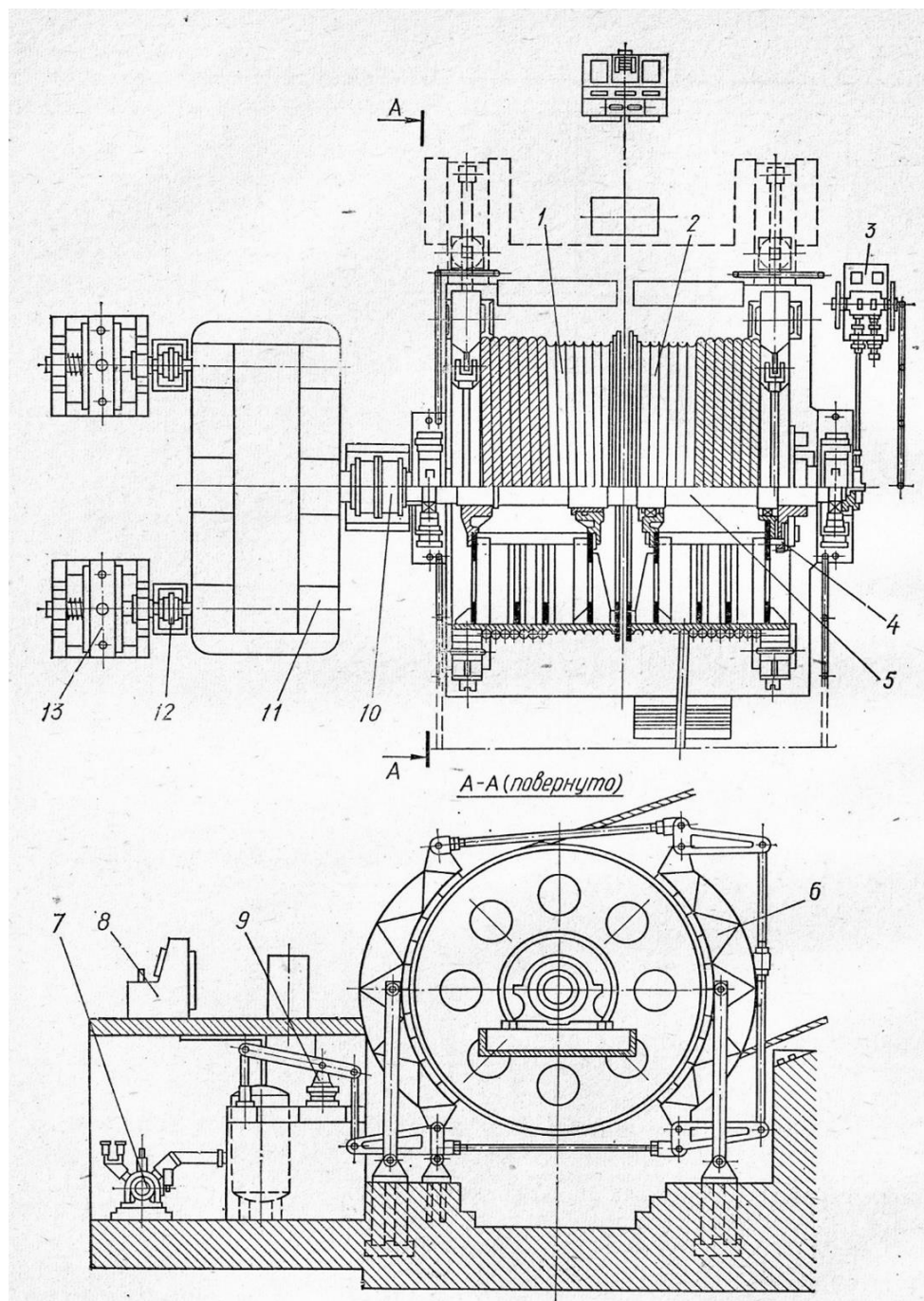


Рис. 1.5. Загальний вид крупної підйомної машини типу 2Ц

однобарабанними велику канатомісткість. Ці підйомні машини дозволяють проводити підйом вантажів з декількох горизонтів.

Конструктивні відмінності цих підйомних машин від однобарабанних полягають в тому, що один барабан (заклинений) 1 жорстко закріплений на корінному валу 5, а інший (переставний) 2 з'єднується з валом за допомогою роз'єднувального пристрою (механізму перестановки) 4. Оболонка і лобовини барабанів виготовляються з листової сталі і з'єднуються між собою зваркою. Лобовини прикріплюються болтами до литих маточин. З чотирьох маточин обох барабанів тільки одна маточина заклиненого барабана має пресову посадку, а останні насаджені на вал вільно. Оболонки барабанів мають нарізку канавок для витків підйомного каната.

Машина 2Ц має два гальмівних пристрої з поступально рухомими колодками 6 і незалежними приводами 9. При гальмуванні машини обидві пари колодок накладаються на барабани. При відключенні переставного барабана 2 від валу він стопориться парою гальмівних колодок в той час, як заклинений барабан може обертатися разом з валом. Для полегшення повернення валу у вільно насаджених маточинах переставного барабана встановлюються сферичні роликотидшипники. Управління машиною проводиться з пульта 8. Редуктор 11 з'єднується з корінним валом машини зубчатою муфтою 10, а з одним або з двома асинхронними двигунами 13 — пружинними муфтами 12. Машина може працювати і без редуктора з тихохідним двигуном постійного струму, безпосередньо сполученим з корінним валом муфтою 10. Регулятор підйому 3 сполучений з корінним валом машини. Компресор 7 забезпечує стислим повітрям циліндри гальмівних приводів робочого і запобіжного гальмування.

Пристрій (механізм перестановки) (рис. 1.6) розчеплення складається із

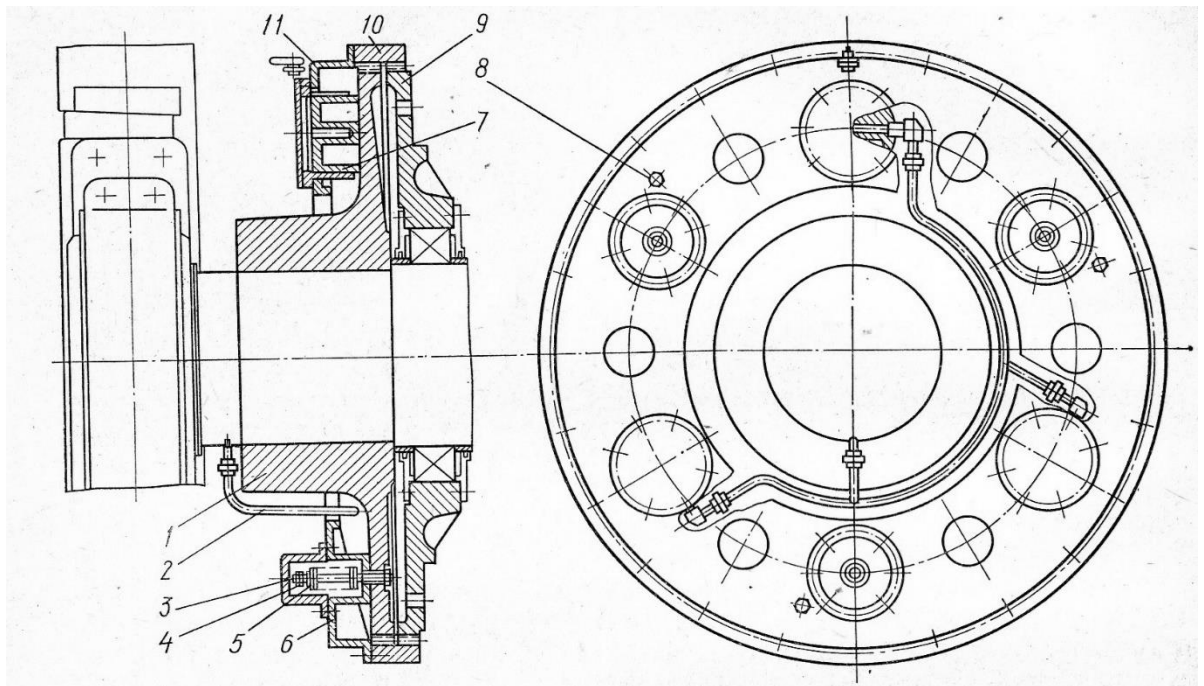


Рис. 1.6. Механізм перестановки підйомної машини типу 2Ц

зубчатої муфти 1, посаженої на вал машини пресовою посадкою, зовнішнього зубчатого вінця 10 з внутрішньою нарізкою зубів, який замикає своїми зубами муфту 1 і зубчатий вінець маточини 9. Приводом пристрою розчеплення є три пневматичні циліндри 7, корпуси яких разом з кришками 11 сполучені із зубчатим вінцем 10 болтами. Затискні пакети 5 є набором тарілчастих пружин і розташовані на шпильках 3.

Включення механізму перестановки здійснюється під дією зусилля стислого повітря, а виключення під дією зусилля стислих пружин.

Стисле повітря через спеціальний трубопровід 2 поступає в пневматичні циліндри 7, корпуси яких разом з кришкою 11 і зубчатим вінцем 10 відходять від зубчатого вінця маточини 9, при цьому пакети пружин стискаються.

Зубчатий вінець 10 зміщується настільки, що зуби вінця 9 звільняються від зачеплення із зубами вінця 10 і переставний барабан від'єднується від валу машини.

При виключенні пристрою розчеплення повітря випускається з циліндрів. Під дією стислих пружин кришка 11 і вінець 10 повертаються в первинне положення, замикаючи вінець 9 і зубчату муфту 1, і переставний барабан жорстко з'єднується з корінним валом машини. Перестановка барабанів при зміні горизонтів відбувається у декілька етапів. При роботі підйомної установки, коли одна

підйомна судина знаходиться на нижньому горизонті, інший займає положення на верхньому приймальному майданчику (рис. 1.7, а).

Для перекладу машини на роботу з верхнього горизонту необхідно судина переставного барабана 1 підняти на приймальний майданчик верхнього горизонту, тобто підняти його на висоту h_r (рис. 1.7, б). При цьому друга судина, зв'язана підйомним канатом із заклиненним барабаном 2, опуститься від рівня верхнього приймального майданчика на таку ж висоту h_r . Після цього підйомна машина зупиняється і включається пристрій розчеплення, відключаючи при цьому переставний барабан від валу.

Потім переставний барабан 1 загальмовується (рис. 1.7, в), а заклинений барабан 2, обертаючись, піднімає свою судину (швидкість руху судини не більше 3 м/сек) на висоту h_r , установив його на рівні верхнього приймального майданчика. Після цього вимикається пристрій розчеплення, приєднуючи переставний барабан до

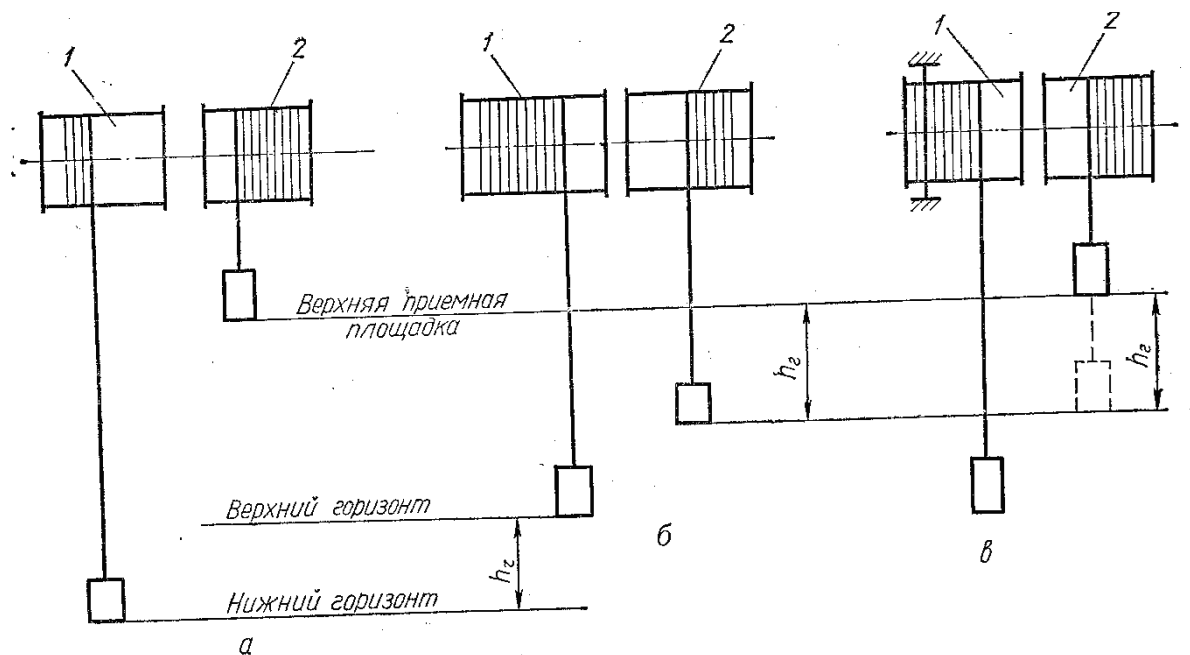


Рис. 1.7. Схема перестановки барабанів при зміні горизонтів: а – початкове положення; б – середнє положення; в – кінцеве положення.

валу. При роботі підйомної установки, коли одна посудина знаходиться на рівні верхнього горизонту, інша займе положення на верхньому приймальному майданчику. По аналогічній схемі здійснюється регулювання довжини каната.

У шахтних підйомних машинах з одним розрізним барабаном (ЦР) об'єднані достоїнства однобарабанних і двохбарабанних машин: маючи один барабан, така машина дозволяє проводити підйом вантажів з декількох горизонтів.

Підйомна машина типу ЦР відрізняється від двохбарабанної машини тільки конструкцією корінної частини (рис. 1.8), а решта всіх вузлів машини (гальма, гальмівні приводи, редуктори, муфти, пульт управління, контрольно-вимірвальна апаратура і ін.) аналогічна розглянутим вище підйомним машинам типу 2Ц і Ц.

Корінна частина машини типу ЦР складається з порожнистого корінного валу 2 із запресованими цапфами 1. Вал 2 обертається в роликотидшипниках 7. Барабан цієї машини складається з двох частин: заклиненою 3 і переставний 4. Заклинена частина барабана прикріплюється болтами до маточин, які наглухо насаджуються на корінний вал.

На праву маточину заклиненого барабана насаджується ліва роликотидшипна 5 переставної частини 4 барабани. Права роликотидшипна насаджується безпосередньо на корінний вал і виготовляється як одне ціле з верхнім зубчатим вінцем механізму перестановки 6. Зубчатою муфтою 8 корінний вал машини з'єднується з валом редуктора, або безпосередньо з валом тихохідного двигуна. На гладкі краї оболонок заклиненої і переставної частин барабана накладаються гальмівні колодки. Частини барабанів переставляються так само, як і машині типу 2Ц. Для від'єднання переставної частини барабана від валу потрібно прикріплений до неї канат повністю перемотати із заклиненої частини на переставну частину.

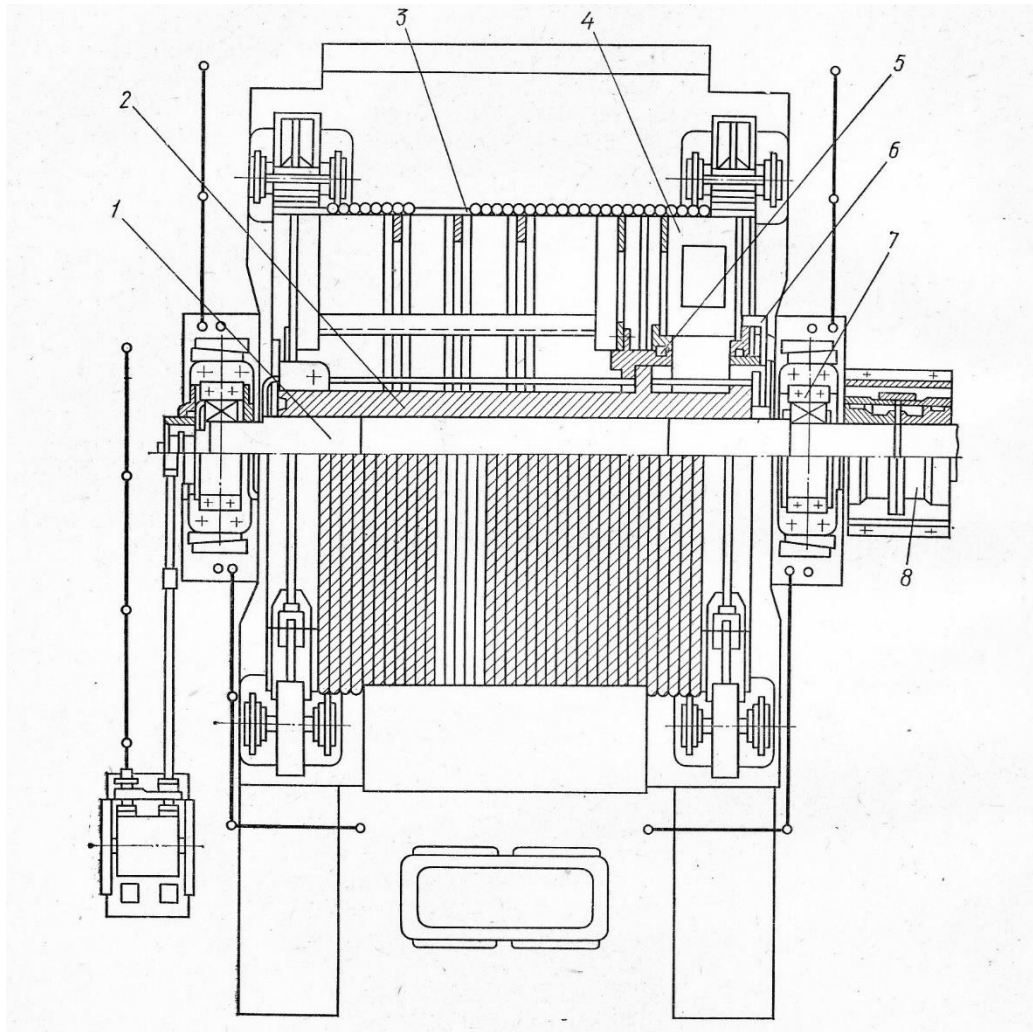


Рис. 1.8. Коріна частина підйомної машини типу ЦР

1.2.3. Барабанні лебідки доменних підйомників

Доменні підйомні лебідки призначаються для роботи в системі похилого скипового доменного підйомника. Загальний вид лебідки С-22,5-210 даний на рис. 1.9.

Основними вузлами лебідки є: двигуни 1, зубчаті муфти 2, робочі гальма 3, редуктори 4 і два проміжні вали з шестернями 5, передавальними обертання барабану 6 через сполучене з ним зубчате колесо 11. На лебідці встановлені вузли управління і захисту, до яких належить шляховий 7 і відцентровий 8 вимикачів, а також вимикач слабкого місця каната 9. Два двигуни постійного струму мають

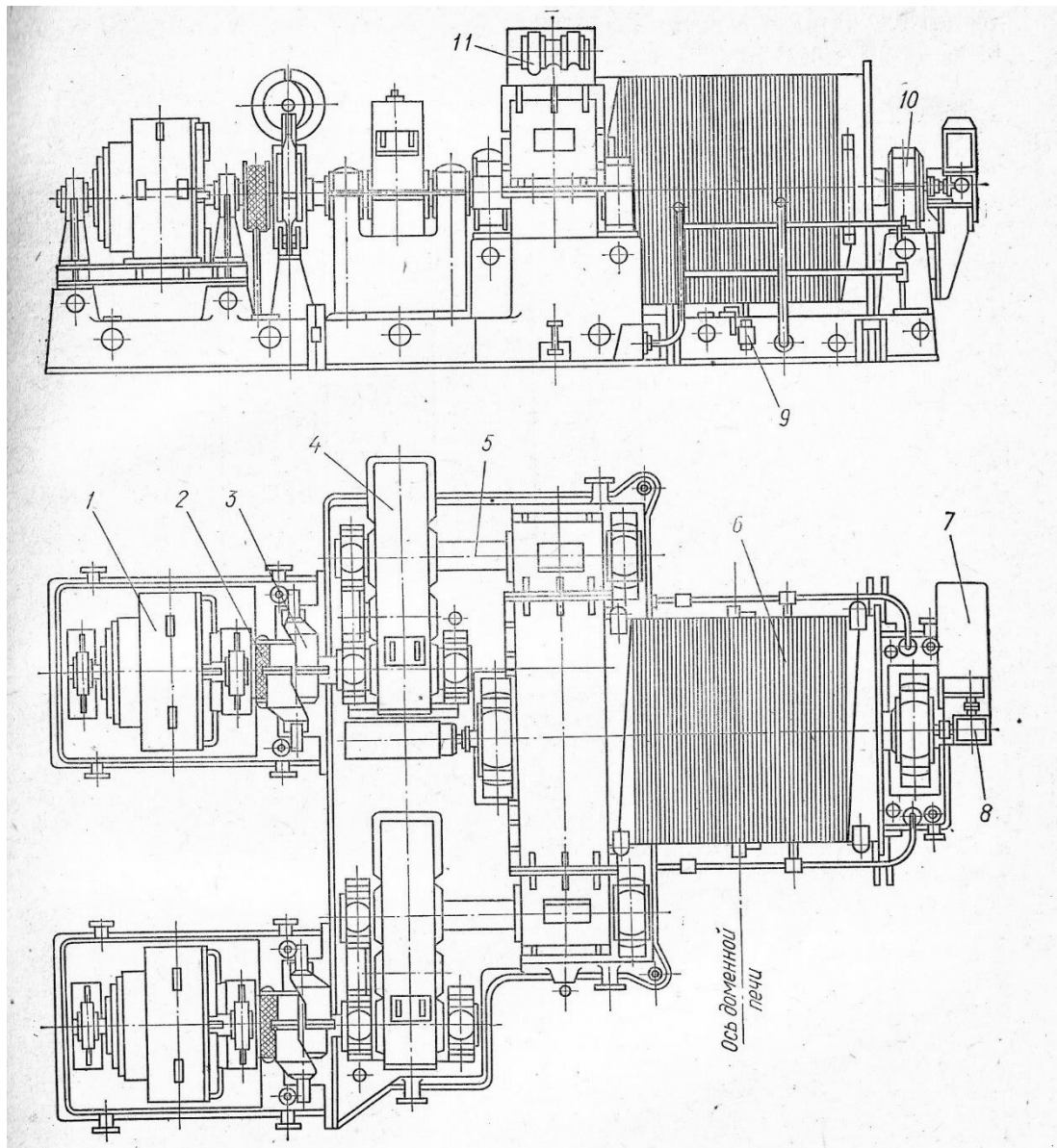


Рис. 1.9. Загальний вид лебідки доменного підйомника

управління по схемі Г—Д, яка забезпечує точність зупинки скипа в межах ± 25 мм. В період уповільнення підйомника застосовується генераторне гальмування. Робоче гальмо служить для остаточної зупинки лебідки. Барабан лебідки чавунний, литий з двуходовою нарізкою.

Для кріплення кінці канатів пропускаються через отвори всередину барабана, утворюючи на валу петлю, і закріплюються затисками. Зубчате колесо 11 насаджується на вал барабана і кріпиться до його оболонки болтами. Вал барабана спирається на сферичні роликпідшипники 10. Вхідний вал кожного редуктора з'єднується з валом електродвигуна зубчатою муфтою. Проміжні вали виконані як одне ціле з шестернею, що знаходиться в зачепленні із зубчатим колесом барабана.

Електромагнітні гальма типу колодки здійснюють як робоче, так і аварійне гальмування лебідки. Гальмівні шківни розташовані на валах електродвигунів. Відцентровий вимикач лебідки служить для захисту від надмірного підвищення швидкості і для контролю зниження швидкості після початку гальмування.

Збільшення швидкості допускається не більше ніж на 15% від номінальної. Контроль гальмування відбувається при швидкості, що становить 50% від номінальної. Порушення швидкісного режиму роботи лебідки викликає аварійну зупинку. Вимикачі слабкого місця каната служать для виключення двигуна лебідки при ослабленні натягнення каната, яке може відбутися при зависанні скипа в розвантажувальних кривих, застряванні його при русі по похилому мосту або обриві каната.

Підйомні машини із змінним радіусом навивки. До них відносяться машини з конічними і біциліндричними барабанами. Найбільш поширені підйомні машини з біциліндроконічними барабанами (БЦК), встановлені на багатьох вітчизняних шахтах.

Підйомні машини з біциліндроконічними барабанами застосовуються для підйому вантажу з великих глибин (800—1500 м).

Барабан машини типу БЦК складається з двох частин: заклиненої 1 і переставної 2 (рис. 1.10).

Заклинена велика частина барабана жорстко сполучена з корінним валом машини, який є порожнистим (трубчастий) валом 10 із запресованими в нього цапфами 8, що спираються на підшипники 7. Зубчата муфта 6 сполучає корінний вал з вихідним валом редуктора. Переставна менша частина барабана має можливість провертатися щодо корінного валу на роликотпідшипниках 9.

Жорстке з'єднання переставної частини барабана з корінним валом здійснюється через механізм перестановки 5 зубчатого типу.

Оболонки малого і великого циліндрів барабана мають спіральні канавки, а на конічній частині до оболонки приварюються жолобки. З обох боків барабана на

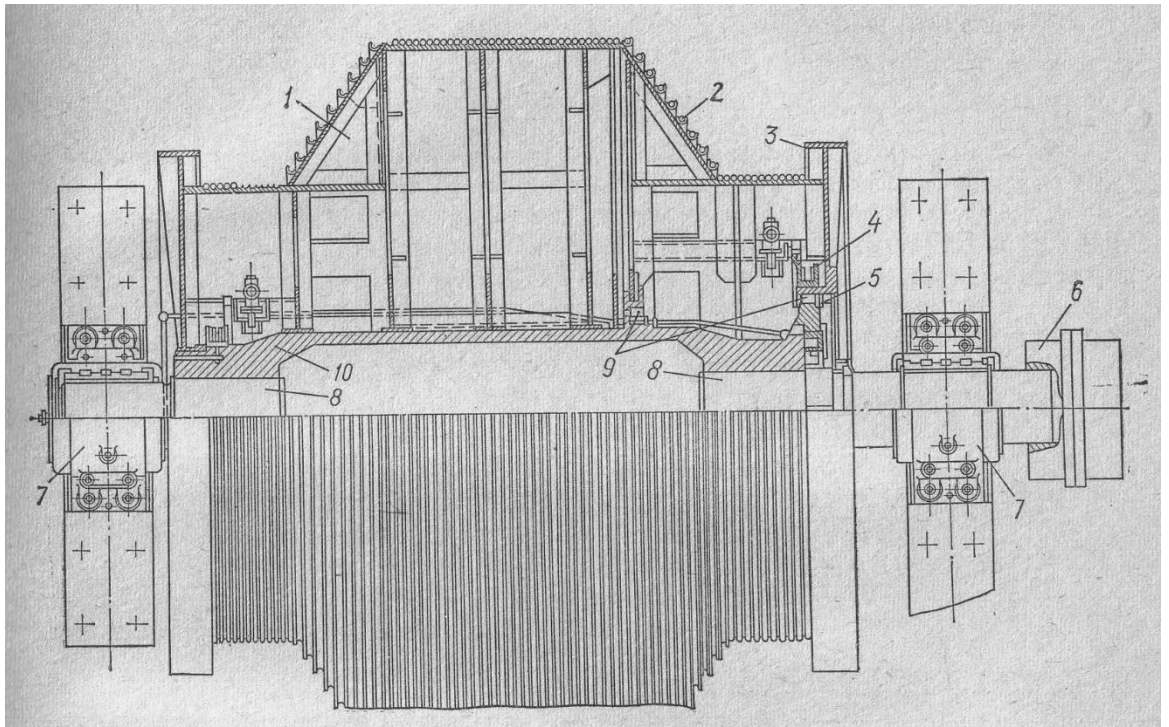


Рис. 1.10. Коріна частина підйомної машини типу БЦК

порожнистий вал 10 вільно насаджені бобіни 4, призначені для навивки запасної довжини каната. Бобіни мають черв'ячний привід з електродвигуном.

До лобовинам малих циліндрів приварюється гальмівне обіддя 3, до яких прикладаються зусилля двох пар гальмівних колодок.

Зміна горизонтів роботи підйомної машини типу БЦК за допомогою механізму перестановки аналогічна зміні горизонтів роботи машин з циліндровими барабанами.

2. КОНСТРУЮВАННЯ І ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК БАДЬОВОГО ПІДЙОМНИКА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

2.1. Призначення і конструктивне виконання бадьового підйомника

Бадьовий підйомник може використовуватися для вертикального транспортування шихтових матеріалів із підвального складу до завантажувального бункера індукційної тигельної печі на першому поверсі.

При висоті підйому 15 м застосування підйомника є економічно доцільним, безпечним і ефективним у порівнянні з крановими або конвеєрними системами.

Принципова (не точна) схема підйомника показана на рис. 2.1.

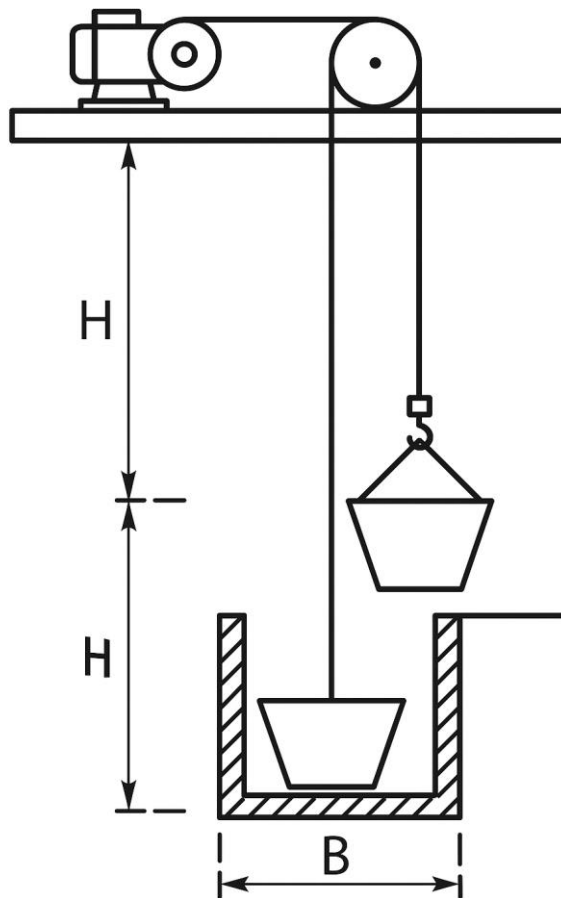


Рис. 2.1. Принципова схема бадьового підйомника

У конструкції приводу баддьевого підйомника не передбачено застосування клинопасових або відкритих зубчастих передач, оскільки двигун з'єднаний безпосередньо з редуктором через муфту.

Можливі два основних варіанти компоновки приводу барабана:

1. Барабан встановлюється безпосередньо на тихохідний вал редуктора.
2. Барабан монтується на окрему вісь (вал), з'єднану з редуктором через муфту.

У даній роботі прийнято схему з установкою барабана безпосередньо на тихохідний вал двоступеневого редуктора. Це дозволяє мінімізувати габарити механізму, спростити конструкцію і зменшити витрати на виготовлення та обслуговування. Передавання крутного моменту здійснюється без проміжних передач, через стандартну жорстку або еластичну муфту. Оскільки конструкція вала та його міцність вже забезпечуються виробником редуктора, окремий розрахунок осі барабана не виконується.

Таблиця 2.1 – Вихідні параметри

Параметр	Показник
Вантажопідйомність лебідки, $Q_{\text{леб}}$, кг	8000
Вантажопідйомність візка, $Q_{\text{віз}}$, кг	4000
Місткість бадді, V , м ³	0,5
Густина чавуну, ρ , кг/м ³	7000
Висота підйому бадді, H , м	15
Кут нахилу підйому (відносно горизонталі): α	70°
Швидкість руху бадді, v , м/с	0,4
ККД механізму підйому, η	0,85

2.2. Конструювання підвісної системи

У даній конструкції передбачено встановлення двох барабанів зліва і справа на вихідному тихохідному валу редуктора. Кожен барабан має окремий канат, який підключено до бадді з відповідного боку. Це забезпечує симетричне підвішування вантажу, підвищує стійкість бадді під час руху та запобігає її перекосу або хитанню при підйомі по похилій траєкторії. Канати натягуються одночасно, а синхронність намотування забезпечується загальним жорстким валом редуктора.

Рішення про відсутність поліспасти в системі є усвідомленим. У даній конструкції поліспаст не застосовується, оскільки обрано достатній крутний момент приводу, і необхідна потужність двигуна не перевищує допустимі значення. Поліспаст дозволяє зменшити навантаження на привід, але вимагає подвоєння довжини каната та зменшує швидкість підйому. З огляду на конструктивну простоту, коротку довжину барабана та компактність механізму, поліспаст не використовується.

Таким чином, при заданих умовах підйому на похилій довжині 15 м під кутом 70° , без поліспасти досягається достатня надійність і ефективність роботи підйомника при спрощеній конструкції.

2.3. Конструктивна схема бадьового підйомника

На зображенні нижче (рис. 2.2) представлена загальна конструктивна схема бадьового підйомника. Підйомна траєкторія виконана під кутом 70° до горизонту. Баддя рухається по похилій напрямній рамі, що кріпиться до конструкції будівлі. Зліва і справа на вихідному тихохідному валу редуктора встановлено по одному барабану, від яких йдуть два канати. Ці канати через головчаті блоки та вирівнюючі блоки на візку підключаються до бадді. Реалізовано жорстке симетричне підключення без застосування поліспасти. Така

конструкція забезпечує стійкість бадді, захист від перекосів і рівномірне навантаження на привід.

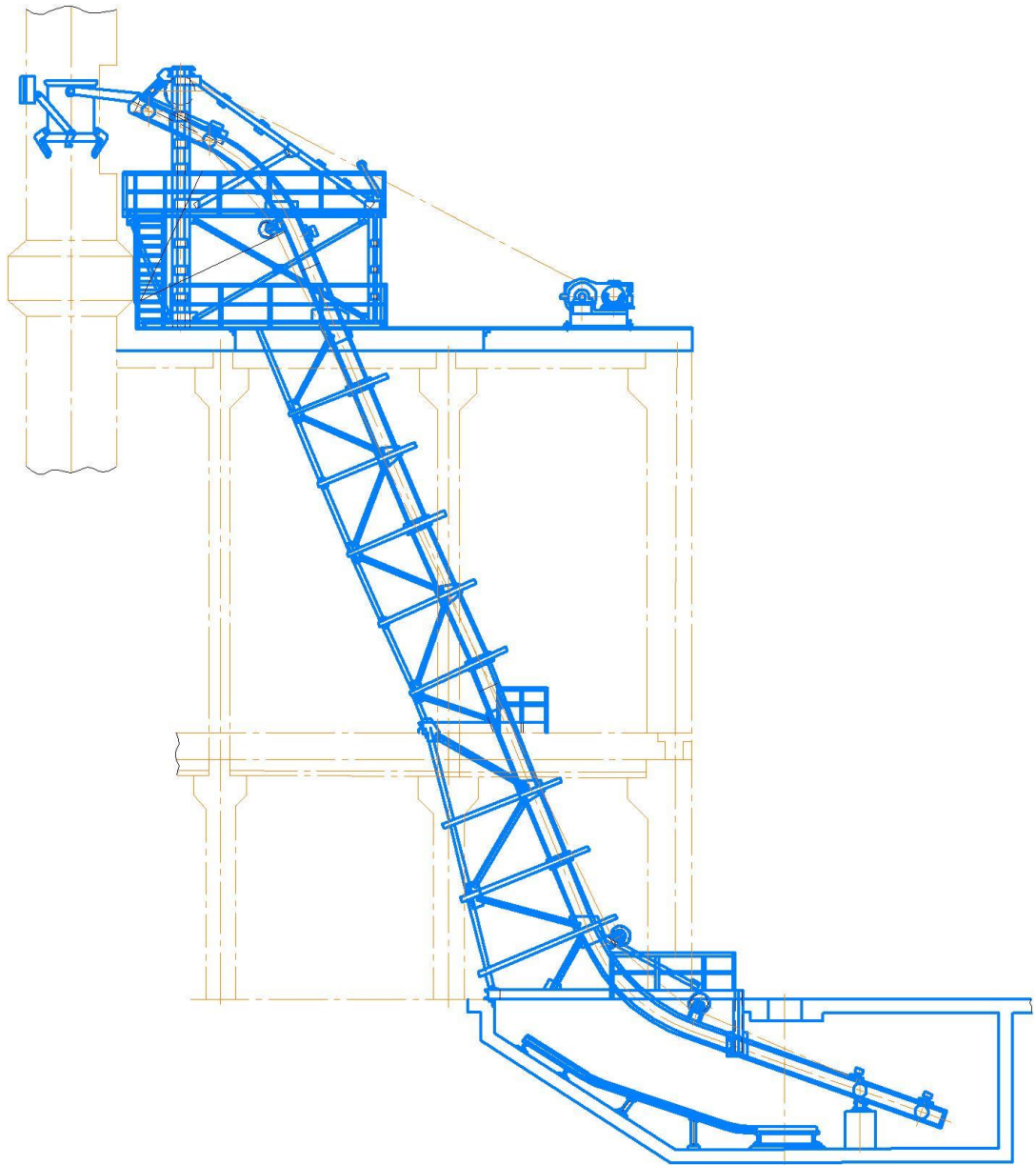


Рис. 2.2. Схема баддьевого підйомника ливарного цеху

2.4. Основні енергетичні та технологічні параметри підйому

2.4.1. Розрахунок маси вантажу

$$m = \rho * V = 7000 * 0.5 = 3500 \text{ кг (відповідає вантажопідйомності візка)} \quad (2.1)$$

де: ρ — густина чавуну, кг/м^3

V — об'єм бадді, м^3

2.4.2. Сила тяги

$$F = m g \sin(\alpha) = 3500 * 9.81 \sin(70) = 32270 \text{ Н} \quad (2.2)$$

2.4.3. Час підйому бадді

$$t = H / v = 15 / 0.4 = 37.5 \text{ с} \quad (2.3)$$

H — висота підйому, м

v — швидкість руху бадді, м/с

2.4.4. Розрахунок необхідної потужності на гаку

$$N = (F * v) = 32270 * 0.4 \approx 12.9 \text{ кВт} \quad (2.4)$$

2.4.5. Енергетичні витрати за один цикл

$$A = F * H = 32270 * 15 = 484050 \text{ Дж} \quad (2.5)$$

2.4.6. Розрахунок циклічності

$$\text{Повний цикл (підйом + спуск): } t_{\text{цикл}} = 2 * 37.5 = 75 \text{ с} \quad (2.6)$$

$$\text{Кількість циклів на годину: } n = 3600 / 75 = 48 \text{ циклів/год} \quad (2.7)$$

2.4.7. Продуктивність підйомника

$$\text{По об'єму: } Q_v = 0.5 * 48 = 24 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.8)$$

$$\text{По масі: } Q_m = 3500 * 48 = 168 \text{ т/год} \quad (2.9)$$

2.4.8. Розрахунок потужності двигуна і вибір редуктора

Приймаємо:

$$\text{- ККД редуктора: } \eta_{\text{ред}} = 0.94$$

$$\text{- ККД муфти: } \eta_{\text{муф}} = 0.98$$

$$\text{Загальний ККД: } \eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{мех}} * \eta_{\text{ред}} * \eta_{\text{муф}} = 0.92 * 0.94 * 0.98 = 0.85 \quad (2.10)$$

При підйомі номінального вантажу потужність двигуна механізму підйому

$$N_{\text{дв}} = N / \eta_{\text{заг}} = 12.9 / 0.851 \approx 15.2 \text{ кВт} \quad (2.11)$$

Прийнятий по каталогу двигун: асинхронний трифазний двигун загальнопромислового призначення з наступними параметрами:

Таблиця 2.2 – Характеристика електричного двигуна привода

Параметр	Значення
Тип двигуна	4A160M4
Потужність номінальна	18.5 кВт
Частота обертання	1500 об/хв (4 полюси)
Напруга	380 В
Частота мережі	50 Гц
Ступінь захисту	IP54 або IP55
Тип охолодження	IC411 (зовнішнє обдування)

Обґрунтування:

Потужність двигуна покриває обчислену механічну потребу з урахуванням усіх втрат у передачах (ККД).

Такий двигун є стандартним, легко доступним, забезпечує високий ресурс роботи.

Номінальний момент на валу двигуна:

$$M_H = \frac{9550 P}{n} = \frac{9550 \cdot 18,5}{1500} = 117,8 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.12)$$

Цей момент відповідає асинхронному двигуну типу 4A160M4, 18.5 кВт, 1500 об/хв.

Відношення максимального моменту до номінального

$$\psi \frac{M_{n.max}}{M_H} = 2,0 \dots 2,5 \quad . \quad (2.13)$$

Тобто максимальний момент у 2–2.5 раза більший за номінальний — залежно від виробника, конструкції двигуна, класу ізоляції та типу навантаження.

Маємо,

$$M_{\max} \approx 2.2 \cdot M_{\text{ном}} \approx 2.2 \cdot 118 = 259.6 \text{ Нм} \quad (2.14)$$

Відношення максимального до номінального моменту для асинхронного двигуна 18.5 кВт, 1500 об/хв становить ~ 2.2 .

Це означає, що двигун здатен витримати короточасне перевантаження без зупинки чи втрати стабільності роботи.

Передаточне число редуктора: при $D_{\text{барабана}} = 400$ мм, окружність $U = \pi * D \approx 1.26$ м.

Отже,

$$n_{\text{вих}} = v * 60 / U = 0.4 * 60 / 1.26 \approx 19.1 \text{ об/хв} \quad (2.15)$$

Передаточне число редуктора: $i = 1500 / 19.1 \approx 78,5$

Таблиця 2.3 – Варіанти редукторів

Тип редуктора	Передаточне число	ККД
Ц2-250	63–100	0.94
Ц2-400	80–160	0.92
Ч2-315	100–125	0.93
Ц2-500	100	0.94

Виходячи з діаметра барабана $D=400$ мм розрахункове передаточне число редуктора становить $i \approx 78.5$. У цьому випадку для досягнення відповідної

швидкості обертання вихідного вала рекомендовано застосовувати циліндричний редуктор типу Ц2-400 з передаточним числом $i = 80$

2.5. Розрахунок вузла барабана

Приймаємо розрахунковий діаметр барабана $D = 400$ мм, виходячи з діаметра каната $d = 20$ мм та співвідношення $D = 20 \cdot d$. Канат укладається з кроком $t = 22$ мм. Кількість витків — 15. Довжина намотування становить $L = 15 \cdot 22 = 330$ мм. Приймаємо довжину барабана з запасом — 350 мм.

Матеріал барабана — чавун СЧ15-32. Межа міцності на стиск $\sigma = 7000$ кгс/см². Коефіцієнт запасу — $k = 4.25$.

Допустиме напруження:

$$[\sigma] = \sigma / k = 7000 / 4.25 \approx 1647 \text{ кгс/см}^2 = 164,7 \text{ МПа} \quad (2.16)$$

Приймаємо товщину стінки барабана $s = 16$ мм.

2.5.1. Попередня оцінка напруження (тільки кручення)

$$\text{Крутний момент на валу: } M = m \cdot g \cdot r = 3500 \cdot 9.81 \cdot 0.2 = 6867 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (2.17)$$

Момент опору $W = 0.0043 \text{ м}^3 = 4300 \text{ см}^3$ (попередньо прийнятий)

$$\text{Напруження від кручення: } \sigma = M / W = 6867 / 0.0043 \approx 1.6 \text{ МПа} \quad (2.18)$$

Це базовий розрахунок, який не враховує згин, і дає попередню оцінку безпечного рівня напружень.

2.5.2. Повна перевірка міцності (згин + кручення)

Крутний момент: $T = 6867 \text{ Н}\cdot\text{м} \approx 70000 \text{ кгс}\cdot\text{см}$

Відстань між гілками каната $b = 180 \text{ мм}$, отже плечо згину $b/2 = 90 \text{ мм} = 9 \text{ см}$

Згинальний момент: $M = F \cdot (b/2) = 34335 \cdot 9 = 309015 \text{ кгс}\cdot\text{см}$ (2.19)

Момент опору $W = 960 \text{ см}^3$ (для $D = 400 \text{ мм}$, $d = 370 \text{ мм}$ – внутрішній діаметр)

Складне напруження: $\sigma_{\text{екв}} = M/W + T/W \cdot \alpha$

Приймаємо $\alpha = 0.7 \rightarrow \sigma_{\text{екв}} = 309015 / 960 + (70000 / 960) \cdot 0.7 \approx 322 + 51 = 373 \text{ кгс/см}^2 \approx 36.6 \text{ МПа}$ (2.20)

Обидва розрахунки — спрощений і точний — показують, що напруження в стінці барабана значно менше допустимого ($1.6\text{--}36.6 \text{ МПа} < 164.7 \text{ МПа}$). Отже, конструкція барабана забезпечує необхідний запас міцності як при крученні, так і при комбінованому навантаженні.

Розрахований крутний момент ($M = 6867 \text{ Н}\cdot\text{м}$) виникає внаслідок дії сили натягу каната при підйомі вантажу. Цей момент передається на вузол барабана, де сприймається одночасно стінкою барабана (при крученні) і валом (вихідним валом редуктора). У цьому розділі виконується перевірка саме стінки барабана як циліндричної оболонки на міцність при складному напруженні (згин + кручення). Окремий розрахунок вала не виконується, оскільки барабан змонтований безпосередньо на стандартний вал редуктора, розрахований виробником на відповідне навантаження.

2.5.3. Розрахунок кріплення каната до барабана

Зусилля: $F = m \cdot g = 34335 \text{ Н}$ (2.21)

Необхідна довжина кріплення: $l \geq 10 \cdot d = 10 \cdot 20 = 200 \text{ мм}$

Приймається пальцеве або клинове кріплення з додатковою фіксацією.

2.5.4. Вибір типу каната

Для умов роботи лебідки з канатним підйомом шихти приймається сталевий канат типу 6×36 за ДСТУ, діаметром $d = 20 \text{ мм}$, оцинкований, з просоченням.

2.5.5. Перевірка міцності каната

З урахуванням динамічних навантажень приймається коефіцієнт динаміки:

$$\varphi = 1.4$$

Отже,

$$F_{\max} = F \cdot \varphi = 34335 \cdot 1.4 \approx 48069 \text{ Н} \quad (2.22)$$

Вимагається запас міцності згідно з нормативами: $k = 6$

$$F_{\text{розр}} \geq F_{\max} \cdot k = 48069 \cdot 6 \approx 288414 \text{ Н} \quad (2.23)$$

Розривне зусилля для сталевого каната типу 6×36 діаметром 20 мм з межею міцності становить: $\sigma = 1600 \text{ Мпа}$.

Отже,

$$F_{розр} \approx 305000 \text{ Н} > 288414 \text{ Н} \quad (2.24)$$

305 000 Н — це не розрахована величина, а взята з нормативних таблиць, які враховують усі параметри каната (кількість пасм, структура, міцність сталі тощо).

Канат 6×36 діаметром 20 мм задовольняє вимоги по розривному зусиллю та забезпечує необхідний запас міцності. Він сумісний з діаметром барабана $D = 400$ мм, дотримується рекомендації $D \geq 20 \cdot d$.

3. РОЗРАХУНОК СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ТА НАВАНТАЖЕНЬ ВІЗКА БАДДЬОВОГО ПІДЙОМНИКА

3.1. Загальна маса візка з вантажем

Таблиця 3.1. – Вихідні дані

Параметр	Показник
Маса вантажу (шихта), кг	3500
Маса бідді (оцінено), кг	400
Маса візка (оцінено), кг	300
Кут нахилу напрямних, град	70
Коефіцієнт тертя по напрямних, μ	0,1
Кількість опорних коліс, n	4

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{шихта}} + m_{\text{баддя}} + m_{\text{візок}} = 3500 + 400 + 300 = 4200 \text{ кг} \quad (2.25)$$

3.2. Реакція напрямної (нормальна сила)

$$R = m \cdot g \cdot \cos(\alpha) = 4200 \cdot 9.81 \cdot \cos(70^\circ) \approx 4200 \cdot 9.81 \cdot 0.3420 \approx 14117 \text{ Н} \quad (2.26)$$

3.3. Сила тертя по напрямних

$$F_{\text{терт}} = \mu \cdot R = 0.1 \cdot 14117 \approx 1412 \text{ Н} \quad (2.27)$$

3.4. Навантаження на одне колесо

$$P = R / n = 14117 / 4 \approx 3529 \text{ Н} \quad (2.28)$$

3.5. Гальмівна сила (утримання на похилій)

$$F_{\text{упр}} = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = 4200 \cdot 9.81 \cdot \sin(70^\circ) \approx 4200 \cdot 9.81 \cdot 0.9397 \approx 38709 \text{ Н} \quad (2.29)$$

Ця сила, яку повинна компенсувати лебідка або гальмівний механізм при зупинці

Загальний вигляд спроектованого бадьового підйомника ливарного цеху показано на креслені – БР-131.25.04.02.01.00.00 ВЗ. Привод (лебідка двобарабанна) показано на кресленні – БР-131.25.04.02.02.00.00 КС. Вантажний візок підйомника показано на кресленні – БР-131.25.04.02.03.00.00 КС.

4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ПРАЦІ

Вантажопідйомні установки являють собою дуже складні механізми, які вимагають суворого дотримання правил техніки безпеки. Це, насамперед, пов'язано з переміщенням вантажів, що є дуже небезпечним і може викликати травматизм.

Для запобігання виникнення небезпечних випадків необхідно, по-перше дотримуватись всіх правил експлуатації вантажо-підйомних машин, і по-друге завчасно слідкувати за технічним станом усіх механізмів і вузлів.

Технічний нагляд є обов'язковим і включає в себе перевірку працездатності і робочого стану всіх елементів машини.

До першочергових елементів відносяться: сталевий канат, направляючі блоки, гальмівні системи механізмів підйому вантажу, переміщення візка.

Також не меншу увагу треба звертати на стан кріплення сталевих канатів до канатного барабана, а також на його зношення.

Дотримування правил безпечної експлуатації кранів повинно виконуватись персоналом, який його експлуатує, який в свою чергу повинен бути навчений і атестований.

Висновок

Сучасні підйомно-транспортні машини характеризується широким діапазоном вантажопідйомності, габаритів обслуговуваної площини, високою продуктивністю.

Кількісних обмежень по базових параметрах для сучасних підйомно-транспортних машин не існує. Їх створюють для будь-яких умов можливого застосування. Є тільки економічні обмеження. Складні важкі машини коштують дорого і застосовувати їх доцільно лише в тому випадку, якщо можна завантажити настільки, щоб вони окупалися за реальний строк експлуатації до морального і фізичного зношування.

Базовими напрямками розвитку підйомно-транспортного обладнання є вдосконалювання приводів машин і механізмів, спрямоване на розширення діапазону регулювання швидкостей, підвищення їх ККД і надійності, розробка нових конструктивних рішень, зокрема, з використанням убудованих планетарних пристроїв з термічно обробленими довговічними зубчастими колісьми. Металоконструкції кранового обладнання варто вдосконалювати шляхом застосування якісного металу з метою, як зниження металоємності конструкції, так і підвищення довговічності. Для зниження маси кранів і підвищення технологічності виготовлення створюються нові прогресивні конструкції мостів кранів: основні балки мостів виконуються двостінними, але зі стінками різної товщини, з розміщенням під візкової рейки над внутрішньої, більш товстою, стінкою, що і дозволяє, розмістити в балках електроапаратуру крана; розширюється застосування трубчастих і штампованих профілів, а в ряді випадків і легких металів; підвищується якість застосовуваних матеріалів і удосконалюється технологія виробництва деталей.

Тенденції розвитку кранів наступні: збільшення випуску кранів великої вантажопідйомності при зниженні випуску кранів малої вантажопідйомності, розширення застосування гідравлічного приводу і спеціалізованого електропривода, застосування кранів маніпуляторів для виконання масових будівельних робіт - вантажно-розвантажувальних і монтажних.

Розвиток всіх галузей машинобудівного господарства в цей час визначається, насамперед, машинобудуванням - новими машинами, що інтенсифікують виробничі процеси, що забезпечують різке підвищення продуктивності праці. Це можна досягти, не тільки і не стільки копіюючи і поліпшуючи існуючі у світовій практиці моделі, скільки створюючи принципово нові машини, що базуються на передових досягненнях техніки.

В даній роботі вивчено конструкцію та принцип роботи бадьового підйомника ливарного цеху, виконано огляд аналогічних машин; за відомими вихідними даними виконано проектний розрахунок бадьового підйомника; запропоновані заходи з техніки безпеки та покращення умов праці.

Список літератури

1. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 413 с.
2. Сумцов В. П. Устаткування ливарних цехів. – К.: ІСДО, 1993. – 552 с.

ДОДАТКИ