Комплексна бакалаврська робота
Аналіз конструкції і можливостей удосконалення
та організація процесу експлуатації
лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

Свистун Вадим Олександрович
Частина І. Аналіз конструкції
лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

Наконечний Дмитро Володимирович
Частина ІІ. Аналіз можливостей удосконалення
та організація процесу експлуатації
лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

Керівник роботи **проф., д.т.н. Громадський А.С.**

ВСТУП

Під час здійснення підземної розробки рудних родовищ використовуються різноманітні технологічні процеси, які можна розділіти на дві основні групи [1-9]:

- основні технологічні процеси, спрямовані на виконання операцій розкриття родовища, підготовки його до очисного виймання та власне очисного виймання. До них відносять процеси проходки горизонтальних і вертикальних гірничих виробок, а також випуску, доставки та транспортування видобутої гірничої маси. Вони забезпечують отримання продукції рудника – рудної мінеральної сировини. Способи і порядок виконання цих робіт можуть сильно відрізнятися в залежності від виду і фізико-механічних властивостей сировини, гірничо-геологічних умов її залягання під землею, продуктивності підприємства та багатьох інших факторів. Практично усі основні технологічні процеси складаються з послідовно виконуваних операцій, для механізації яких використовується відповідне обладнання. Його технічний рівень та якість обумовлюють ефективність та техніко-економічні показники роботи руднику;

- допоміжні технологічні процеси, що призначені для обслуговування основних та підтримки життєдіяльності гірничого підприємства. До них відносяться наступні операції [10-13]:

- забезпечення бурових робіт (вилучення та відновлення бурового інструменту);

- приведення гірничих виробок у безпечний стан (оббирання покрівлі та руйнування негабаритних шматків руди);

- зарядка шпурів і свердловин вибухівкою;

- кріплення виробок для захисту від дії гірського тиску;

- провітрювання та осушення виробок;

- доставки матеріалів та обладнання, перевезення людей;

- монтажу та ремонту обладнання;

- будівництва комунікацій, утримання, обслуговування та ремонту гірни-

чих виробок.

Численні технологічні операції допоміжного характеру потребують максимальної механізації, адже вони у більшості своїй містять значну кількість робіт, які приходиться виконувати вручну. На них витрачається багато часу, важкої праці, а умови їхнього здійснення часто бувають небезпечними та шкідливими для гірників. Усе це знижує продуктивність гірничодобувних робіт, в першу чергу кількість видобутої руди, що припадає на кожного робітника рудника. Цей показник є головним для оцінки техніко-економічної ефективності роботи гірничого підприємства.

Проблема механізації допоміжних технологічних операцій є однією з головних на вітчизняних підземних виробництвах з видобутку руд. Якщо рівень забезпечення основних технологічних процесів більш-менш сучасною технікою можна вважати достатнім (принаймні, така техніка розроблена і може серійно вироблятися, навіть якщо цього виробництва в даний час немає або воно є, але потрібні машини відсутні на даному підприємстві), то про допоміжні операції такого не скажеш. Для багатьох робіт подібного характеру потрібної ефективної техніки не існує. І тут є велике поле для діяльності вітчизняних дослідників та розробників гірничого електромеханічного обладнання.

У зв'язку з цим доречно згадати Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут рудникового машинобудування (колишній ВНДПІрудмаш, м. Кривий Ріг), який протягом довгих років був провідним вітчизняним розробником техніки для підземного видобутку рудних корисних копалин (передусім, залізних руд) і багато уваги приділяв створенню машин для механізації операцій допоміжного характеру [11]. На жаль, за різними причинами він не так давно припинив своє існування і заміни йому в Україні немає, хоча потреба в подібній установі не зникла і залишається дуже високою, адже рудні шахти постійно чекають на нову, більш досконалу техніку.

З огляду на вищесказане, можна із впевненістю стверджувати, що важливість створення ефективного та високопродуктивного гірничого обладнання, в тому числі допоміжного, є беззаперечною, тому актуальність представленої ком-

плексної бакалаврської роботи, присвяченої аналізу конструкції і можливості удосконалення та організації процесу експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,5П, розробленої свого часу саме в інституті ВНДПІрудмаш, не викликає жодних сумнівів.

Об’єкти роботи:

- частина І – технологічні процеси механізації допоміжних робіт під час підземного видобутку руд;

- частина ІІ – технологічний процес експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,5П.

Предмети роботи:

- частина І – лебідка шахтна допоміжна ШВА-18000х0,5П для механізації монтажних і ремонтних підземних гірничих робіт;

- частина ІІ – параметри удосконаленої конструкції та режиму експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,5П.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

«КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
Кафедра гірничих машин і обладнання

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної (бакалаврської) роботи

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Тема роботи:

Аналіз конструкції і можливостей удосконалення та організація процесу експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

Частина І

Аналіз конструкції лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

РЕФЕРАТ

Аналіз конструкції і можливостей удосконалення та організація процесу експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П. Частина І. Аналіз конструкції лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П. Свистун Вадим Олександрович. Криворізький національний університет, факультет механічної інженерії та транспорту, кафедра гірничих машин і обладнання, група ГМБ-22-1.– Кривий Ріг: КНУ, 2026.
Загальний обсяг роботи: сторінок – 112, ілюстр. – 29, табл. – 20, література – 25; креслень – 8.

У першій частині роботи проаналізована конструкція лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П для переміщення вантажів та обладнання під час навантажувально-розвантажувальних та монтажно-демонтажних робіт в шахтних умовах. Виконано оцінку технічного рівня та якості установкию

Ключові слова: обладнання для механізації допоміжних технологічних операцій підземного видобутку корисних копалин, лебідка шахтна допоміжна ШВА-18000х0,25П

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАШИНИ

1.1 Вантажопідйомне обладнання рудних шахт

Одними з найрозповсюджених допоміжних операцій під час підземної розробки рудних родовищ є роботи, пов'язані з підйомом та переміщенням різних машин, обладнання різних типів, матеріалів та інших вантажів як під землею, так і на поверхневих дільницях рудників. За допомогою подібного обладнання здійснюються монтаж і демонтаж основних гірничих машин та споруд, механізуються операції технічного обслуговування та ремонту підземної техніки, виконуються роботи, необхідні для будівництва та технічного утримання різноманітних комунікацій та енергетичних мереж шахт.

У більшості випадків вантажопідйомні операції пов'язані з необхідністю стропування та підтягування вантажів, а також з іншими такелажними роботами.

Найчастіше вантажопідйомні машини працюють у циклічному режимі і можуть бути класифіковані на допоміжні (прості) конструкції, підйомники та крани.

Допоміжні конструкції шахтної вантажопідйомної техніки підрозділяються на домкрати, поліспасти, талі, тельфери та лебідки.

Домкрати зазвичай використовуються для підняття вантажів на невелику висоту і діють на них знизу. Лебідки застосовують для підйому і підтягування вантажів як у вигляді самостійних машин і механізмів, так і їхніх складових частин. Талі працюють аналогічним чином, але в разі роботи з невеликими вантажами. Крім того, вони ви користовуються для стягування між собою окремих елементів під час монтажних робіт, натягування тросів, канатів, дротів та виконання інших робіт при невеликих тягових зусиллях (0,1-5,0 т).

Можна також відзначити самохідні допоміжні вантажопідйомні машини для механізації навантажувально-розвантажувальних операцій, які знаходять усе більше використання на сучасних підземних рудниках. Такі конструкції можуть бути універсальними зі змінним робочим устаткуванням, що дозволяє застосову-

вати їх для інших робіт допоміжного роду – прибирання гірничої породи, очищення шахтних водовідливних канавок, завантаження та укладання шпал тощо.

1.2 Особливості конструкцій вантажопідйомних механізмів

Домкрати можуть мати різні механізми підйому (рейковий, гвинтовий, гідравлічний) та ручний привод і розраховані на вантажопідйомність до 500 т під час підйому вантажів на висоту до 1-1,5 м з невеликим (до 0,5-2 м) горизонтальбним переміщенням піднятого вантажу (рис. 1.1).

Рейковий домкрат (рис. 1.1*а*) складається з корпусу 1 з опрною п'ятою 7, зубчастої рейки 2, верхньої опорної головки 6, на яку спирається вантаж, який потрібно підняти, лапи 3 для підйому низько розташованих вантажів, та приводного механізму для підйому опускання рейки. Останній має рукоятку 5 та одну-дві пари циліндричних зубчастих передач 4. Для фіксації вантажу у піднятому положенні використовується храпове колесо 8 із собачкою 9. Рейкові конструкції забезпечують вантажопідйомність не більше 15-20 т.

Гвинтовий домкрат (рис. 1.1*б*) складається з корпусу 1 та гвинтового підйомного механізму з гвинтом 2 та гайкою 3. Для роботи у стиснених умовах застосовуються рукоятки приводу 6 з храповим механізмом. Останній має храпове колесо 4 та двосторонню собачку 5 для повороту храпового колеса. Одним зі своїх двох гаків собачка утримується у різьбі гвинта в залежності від того, який напрямок його обертання потрібний на даний момент (на підйом чи опускання вантажу). Додаткові стопорні пристосування завдяки самогальмівним властивостіям пари «вантажний гвинт-гайка» тут не потрібні. Для горизонтального переміщення піднятого вантажу домкрат постачається полозками та другою гвинтовою (або рейковою) парою. Вантажопідйомність гвинтових домкратів може бути до 20-30 т з висотою підйму до 0,5 м.

Гідравлічні конструкції домкратів застосовуються для виконання особливо важких і складних монтажних робіт адже забезпечують велику (до 200 т) вантажопідйомність, відрізняють компактністю, плавністю руху та точністю установ-

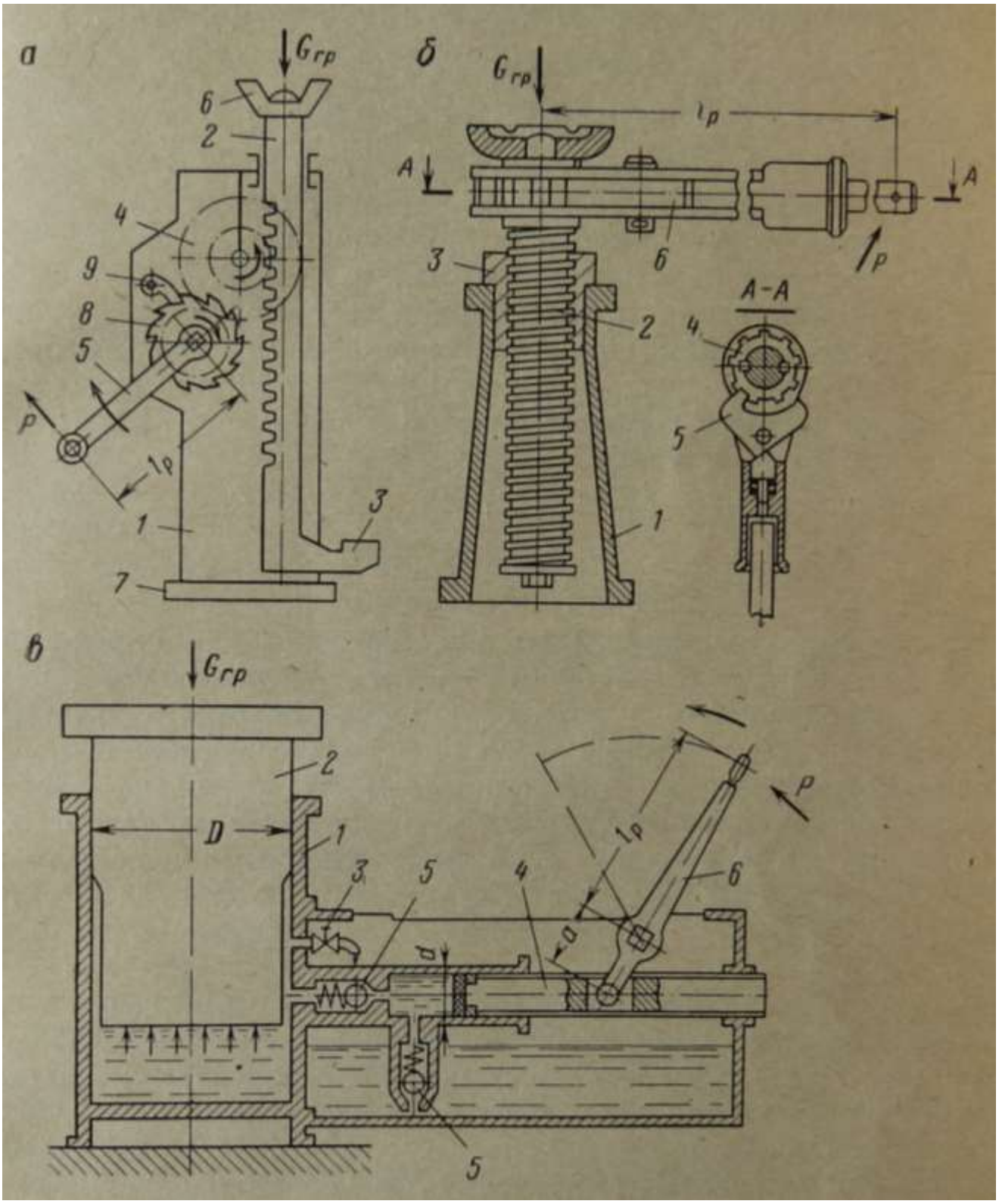


Рисунок 1.1 – Схеми домкратов різних типів:
а – рейковий (1 – корпус; 2 – зубчаста рейка; 3 – лапа; 4 – циліндрична зубчаста передача; 5 – рукоятка приводу; 6 – верхня опорна головка; 7 – опорна п’ята; 8 – храпове колесо; 9 – собачка); *б* – гвинтовий (1 – корпус; 2 – гвинт; 3 – гайка; 4 – храпове колесо; 5 – собачка; 6 – рукоятка приводу); *в* – гідравлічний (1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – зливний кран; 4 – плунжер; 5 – клапани; 6 – рукоятка приводу)

ки вантажу на заданому рівні підйому. Проте, в них досить малі величини висоти підйому (до 0,2 м) та його швидкості. На рис. 1.1*в* показана схема такого пристрою у вигляді циліндру 1 з поршнем 2, під який під час підйому вантажу нагнітається рідина (масло, гас, вода) за допомогою ручного плунжерного насосу, що складається з плунжера 4, клапанів 5 та рукоятки приводу 6. Для опускання вантажу потрібно випустити рідину з циліндру шляхом відкриття зливного крану 3.

В табл. 1.1 приведені основні технічні характеристики гідравлічних домкратів, що використовуються під час монтажу та ремонту обладнання в рудних шахтах [10].

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики
гідравлічних домкратів рудних шахт

Показники	Модель гідродомкрату		
	ДГП-8	ДГ-8А	ДГД
Вантажопідйомність, т	80	80	100-120
Хід поршня, мм	200	200	70-35
Зусилля на рукоятці, Н	-	450	-
Тиск масла, МПа	10	-	25
Маса, кг	19,5	24,1	11,5

На рис. 1.2 показані принципові схеми поліспастів – вантажопідйомних механізмів, що складаються з комбінації рухомих та нерухомих блоків і канату або ланцюгу. Принцип дії поліспасту – виграш у зусиллі за рахунок швидкості руху. Такий пристій може використовуватися в якості самостійного підйомного механізму або працювати разом з іншими вантажопідйомними та тяговими машинами.

Вантажі 1 підвішуються до рухомих обойм 2, а тягові зусилля прикладаються до вільних гілок гнучких елементів 3, що збігають з останніх блоків нерухомих обойм 4. Із збільшенням числа гілок (кратності поліспасту) зменшується зусилля, потрібне для підйому, а, значить, і перетин тягового канату. Щоправда,

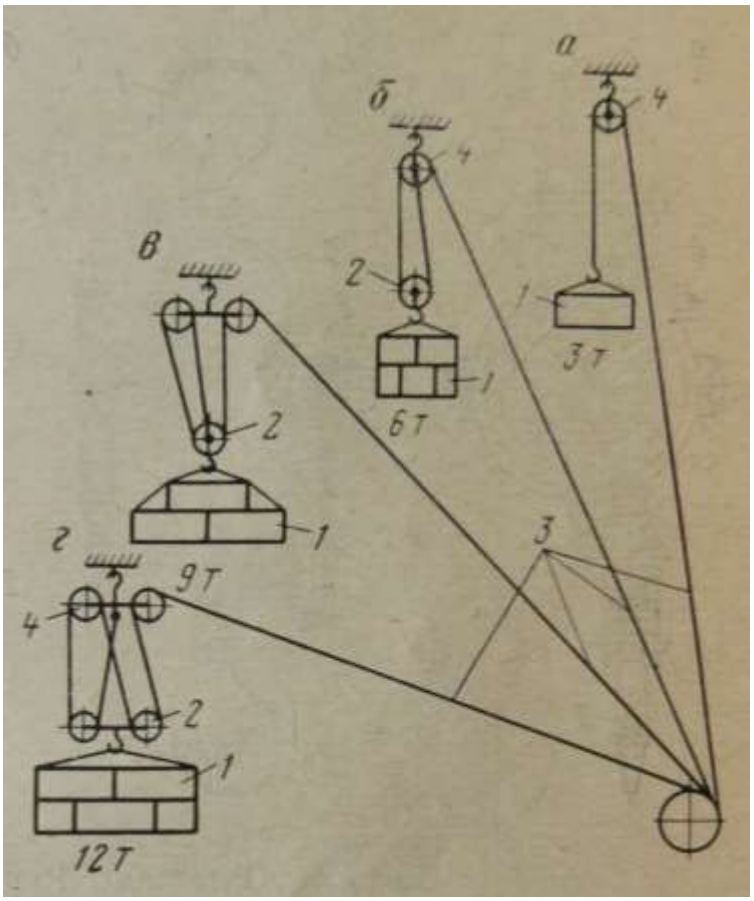


Рисунок 1.2 – Принципові схеми поліспастів:
а, б, в, г – кратність поліспасту відповідно 1, 2, 3, 4;
1 – вантажі; 2 – рухомі обойми; 3 – вільні гілки гнучких елементів;
4 – нерухомі обойми

при цьому також відповідно зменшуються величини висоти підйому.

Талями, лебідками і тельферами називаються невеликі вантажопідйомні механізми, що підвішуються на невисоких опорах за допомогою гаків або закріплюються на візках.

На рис. 1.3*а* і *б* показані ручні лебідки типів відповідно ЛРЦ та ЛРК. Обидві вони мають корпус 3, вантажоупорне гальмо з втулкою, храповиком, упором 4 та накладками зчеплення, вал-шестірню, зубчасте колесо, барабан (зірочки), рукоятку 2, канатоукладальник 7 з канатом (ланцюгом), гак 1, кришку 5 та фіксатор 6. На рис. 1.3*в* представлена схема тягального пристосування ТП-1, що складається з гаку 1 для захвату вантажу, гаку 3 для кріплення пристрою до стояку, рукоятки 2, корпусу 4, та втулково-роликового ланцюга 5, який переміщує вантаж при повороті рукоятки [10].

В табл. 1.2 і 1.3 приведені технічні характеристики цих пристроїв.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики ручних лебідок

Показники	Модель лебідки	
	ЛРЦ	ЛРК
Тягове зусилля, кН	12,5	12,5
Хід робочого органу, мм	3000	4300
Швидкість ланцюга (на середньому радіусі зірочки) при двох хитаннях рукоятки за секунду на 30°, м/с	0,005	0,007
Зусилля на рукоятці, Н	225	263
Габаритні розмірі, мм;		
довжина	700	775
ширина	185	202
висота	170	165
Маса, кг	19,5	17

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики тягального пристосування ТП-1

Показники	Значення
Вантажопідйомність, кН	15
Довжина ланцюга, м	4
Відстань між центрами гаків, мм:	
максимальна	1050
мінімальна	350
Привод	ручний важільний
Маса, кг	20,2

Тельферами називаються електричні талі, що підвішуються і переміщаються по монорейці за допомогою ходових візків. Кінематична і принципова схеми електроталі показані на рис. 1.4.

Механізм підйому може бути виконаний у вигляді мотор-барабану або звичайного барабану 2 (рис. 1.4*а*). Крутний момент на нього передається від аси-

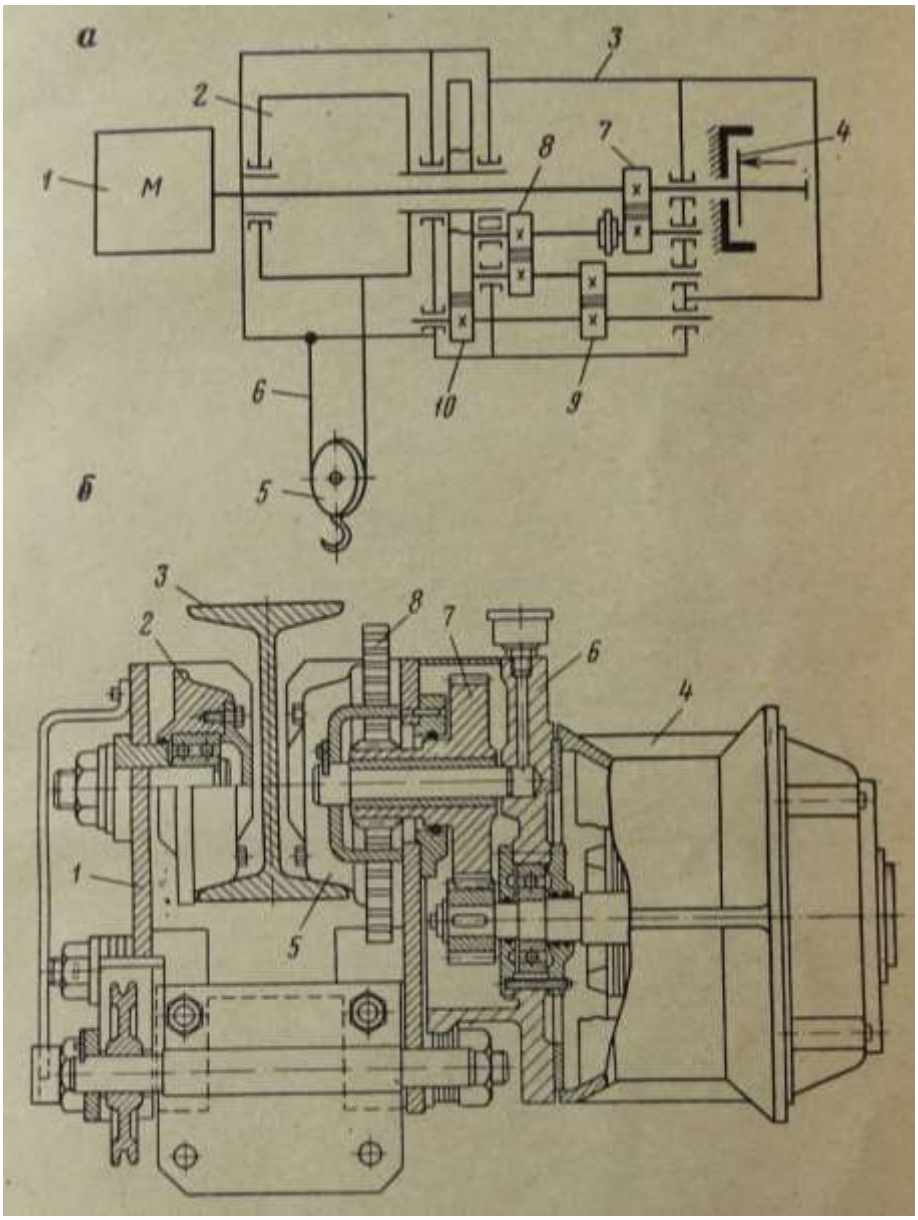


Рисунок 1.4 – Схеми електричної талі:
а – кінематична механізму підйому (1 – електродвигун; 2 – мотор-барабан або звичайний барабан; 3 – редуктор; 4 – гальмо; 5 – гакова підвіска; 6 – вантажопідйомний канат; 7-10 – зубчасті передачі);
б – принципова (1 – ходовий візок; 2 – ведений ролик; 3 – монорейка; 4 – електродвигун; 5 – ведучий ролик; 6 – редуктор; 7, 8 – зубчасті передачі)

нхронного трьохфазного електродвигуна 1 з короткозамкненим ротором через редуктор 3 із зубчастими передачами 7-10. Вантажопідйомний канат 6 з гаковою підвіскою 5 одним кінцем кріпиться до корпусу тельфера, а другим намотується на барабан. Опускання вантажу здійснюється реверсуванням електродвигуна. Підйомний механізм постачений гальмом 4, який утримує вантаж у разі відключення електродвигуна та обмежує швидкість його опускання.

Вантажопідйомна частина монтується на ходовому візку 1 (рис. 1.4*б*), обладнаному роликами 2 і 5, за допомогою яких він може переміщатися по монорейці 3. Привод візка може здійснюватися від власного електродвигуна 4, що сполучається з ведучим роликом 5 через редуктор 6 із зубчастими передачами 7 і 8.

Із самохідного вантажопійдймного обладнання можна відзначити шахтні крани К-1-1000 і КРС-3 та агрегат монтажний шахтний АМШ. В табл. 1.4 приведені технічні характеристики цих установок, на рис. 1.5 показана принципова схема крану К-1-1000, а на рис. 1.6 – технологічні схеми використання агрегату АМШ [10].

Самохідний кран К-1-1000 призначений для переміщення вантажів по горизонтальним виробкам з рейковим шляхом, зведення збірного залізобетонного

Таблиця 1.4 – Основні технічні характеристики шахтного самохідного вантажопідйомного обладнання

	К-1-1000	КРС-3	АМШ
Вантажопідйомність (при вильоті стріли, м) кг	10 (3,2 м) 20 (1,6 м)	30	60 (до 2 м) 25 (> 5 м)
Максимальна висота підйому (від головки рейки),мм	3500	4000	4800
Кут повороту стріли, град.	210	360	360
Швидкість переміщення, км/год.	0,5	8	10,5
Тип приводу	пневматичний або електричний	електричний	електричний
Колія рейкового шляху, мм	900	750; 900	750; 900
Тягове зусилля монтажної лебідки, кН	-	8	40
Габаритні розміри, мм:			
довжина	5200	4380	4870
ширина	1350	1635	1350
висота	1500	1340	1600
Маса, кг	3000	4400	13000

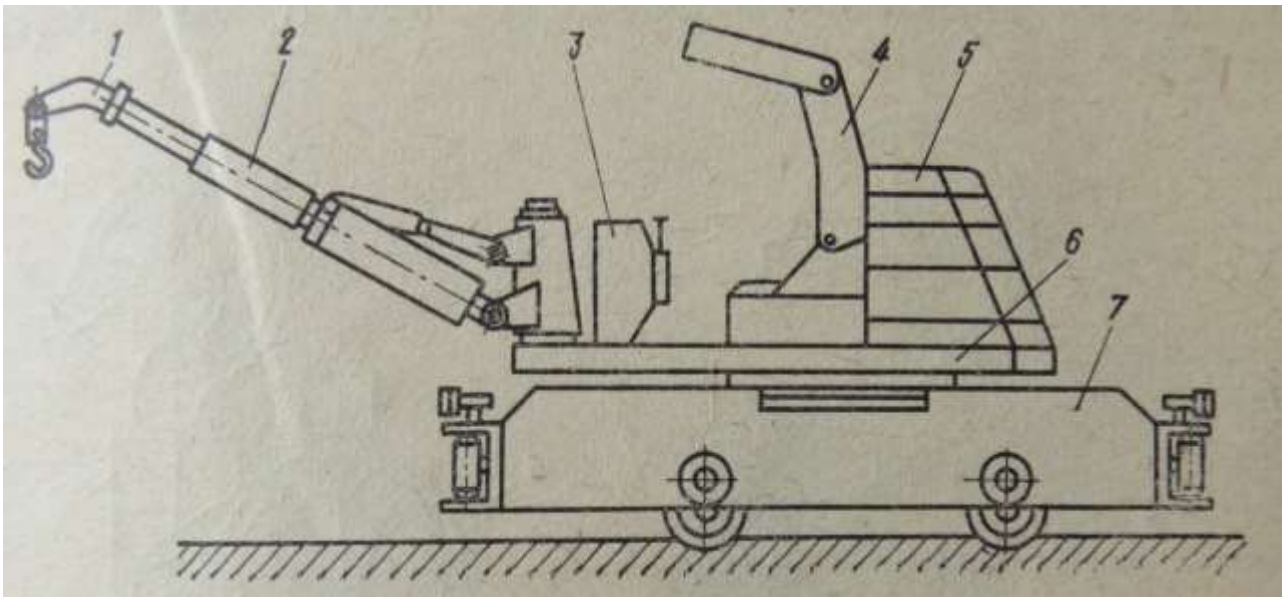


Рисунок 1.5 – Принципова схема самохідного крану К-1-1000:
1 – захватна головка; 2 – стріла; 3 – пульт керування; 4 – кабіна;
5 – маслостанція; 6 – поворотна платформа; 7 – ходовий візок

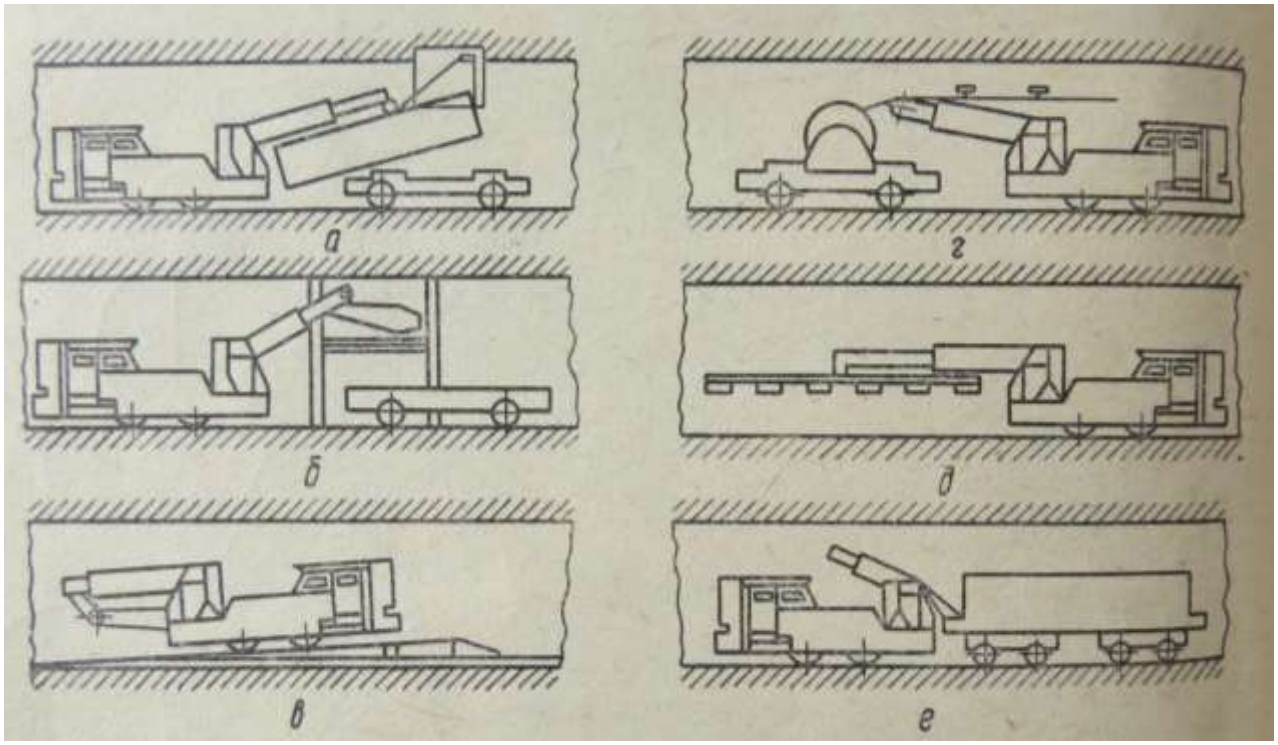


Рисунок 1.6 – Технологічні схеми використання агрегату АМШ

кріплення з тюбінгів і блоків, а також для ремонту горизонтальних гірничих виробок.

Кран складається з поворотної платформи 6, ходового візка 7, кабіни 4, маслостанції 5, стріли 2, знімної захватної головки 1 та пульта керування 3 (рис. 1.5). Кран повноповоротний, з гідравлічним керуванням та телескопною стрілою. До комплекту крана входять також головка для захвату тюбінгів і блоків, ківш для піддирання грунту, грейфер для прибирання породи та інших сипких матеріалів, а також захват для труб.

Агрегат монтажний шахтний АМШ призначений для механізації підйомно-транспортних та монтажних робіт під час будівництва та експлуатації шахт. З його допомогою можна механізувати операції монтажу віброустановок (рис. 1.6*а*), люків (рис. 1.6*б*), демонтажу шахтного обладнання (рис. 1.6*в*), прокладки кабелів (рис. 1.6*г*), рейкових шляхів (рис. 1.6*д*) та трубопроводів, підйому транспортних засобів, що зійшли з рейок (рис. 1.6*е*).

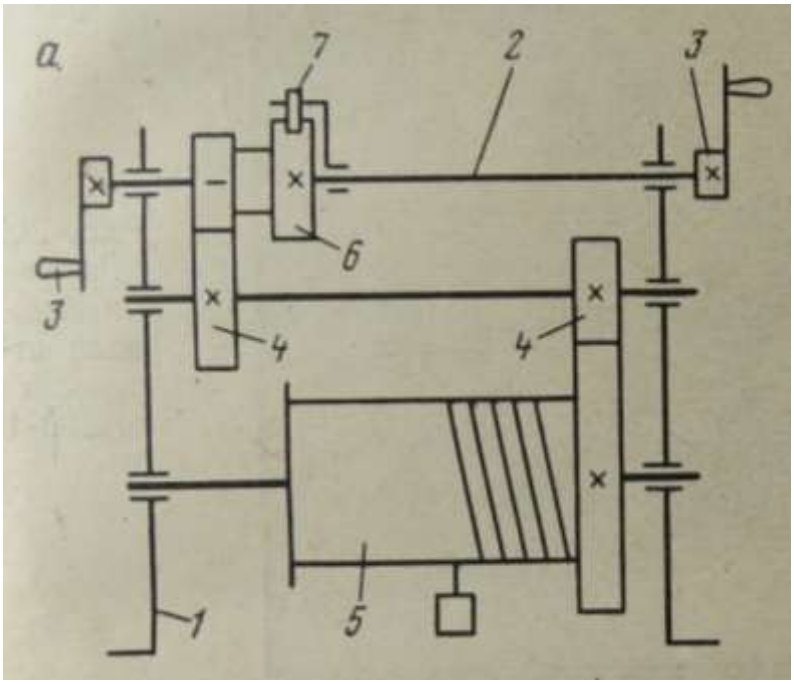
Установка змонтована на базі електровозу К10. Вона має електрогідравлічний привод та обладнана крановою стрілою, монтажною лебідкою і рейкодемонтажним пристроєм. На ходовій частині встановлена поворотна платформа, на якій закріплені монтажна лебідка та телескопічна кранова стріла. Підйом і висування стріли, поворот платформи, робота монтажної стріли здійснюються за допомогою гідроциліндрів. На ходовій частині розташовані маслостанція та рейкодемонтажний пристрій. Агрегат укомплектований відкидними та висувними опорами.

1.3 Підйомні та вантажні лебідки

Лебідки використовують в якості самостійних механізмів для підйому вантажів через нерухомий блок або поліспаст і для переміщення вантажів по гірничих виробках під час виконання ремонтних і монтажних робіт. Привод лебідок може бути ручним або здійснюватися від електро- чи пневмодвигуна.

Лебідки з ручним приводом виготовляють вантажопідйомністю 1,25; 3,2; 5 і 8 т та канатоємністю барабану від 20 до 300 м. Вони застосовуються при малих обсягах монтажних робіт, коли необхідні переміщення вантажів з малою швид-

кістю. На рис. 1.7*а* показана кінематична схема ручної лебідки. Вона складається зі станини 1, приводного валу 2 з двома знімними рукоятками 3, зубчастих передач 4 та барабану 5. Вантажоупорне гальмо 6 забезпечує примусове опускання



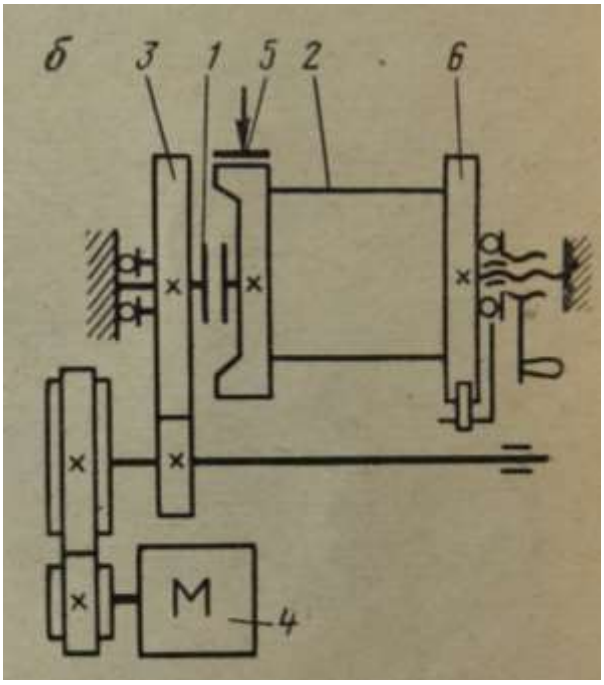


Рисунок 1.7 – Кінематичні схеми однобарабанних лебідок:
а – з ручним приводом (1 – станина; 2 – приводний вал; 3 – знімні рукоятки; 4 – зубчасті передачі; 5 – барабан);
б – з електричним приводом (1 – фрикційна муфта; 2 – барабан; 3 – зубчаста передача; 4 – електродвигун; 5 – гальмо; 6 – храповий пристрій; 7 – собачка)

вантажу при зворотному обертанні рукоятки 3 та його автоматичну зупинку за допомогою стопорної собачки 7. Приводний механізм із зубчастими передачами зазвичай виготовляється у двохшвидкісному варіанті.

Механізовані лебідки для підземних гірничих робіт (монтажу технологічних споруд та обладнання) мають електрореверсивні, зубчасто-фрикційні та вантажні конструкції і мають вантажопідйомність від 0,125 до 20 т. На рис. 1.7*б* показана кінематична схема зубчасто-фрикційної лебідки з фрикційною муфтою 1 для вмикання барабану 2. Крутний момент на барабан передається через муфту і зубчасту передачу 3 від електродвигуна 4. Підйом вантажу відбувається при увімкненій муфті. Швидкість опускання вантажу регулюється гальмом 5, а піднятий вантаж утримується храповим пристроєм 6. Керування муфтою і гальмом здійснюється важільним, гідравлічним або пневматичним способами. Завдяки вільному обертанню барабану можна отримати більшу швидкість опускання вантажу, тому фрикційні лебідки широко використовуються в конструкціях одноківшевих екскаваторів, підйомників та інших машин.

Електрореверсивнні монтажні лебідки також мають раму, електродвигун, редуктор, еластичну муфту, електромагнітне двохколодкове гальмо і барабан для навивки канату. Особливістю конструктивного виконання цих лебідок є жорсткий (постійний) кінематичний зв'язок барабану з двигуном. Змінення напрямку обертання барабану здійснюється шляхом реверсування електродвигуна.

Вантажні лебідки призначені для транспортування вантажів гірничими виробками. Ще вони можуть називатися маневровими, адже застосовуються для відкатки порожніх та навантажених вагонеток, спуску і підйому лісоматеріалів та обладнання, працюють в шахтних завантажувальних та обмінних пунктах, в навколостовбурних виробках і на інших горизонтальних і слабо похилих (до 18^{o}) дільницях в шахті та на поверхні.

В якості прикладу можна навести однобарабанні шахтні лебідки типів ЛВД та ЛВП, до складу конструкцій яких входять привод, барабан, редуктор та аварійно-маневрове гальмо. Останнє зазвичай може бути стрічкового типу, розташовуватися безпосередньо на барабані і регулюватися автоматично за допомогою

електрогідравлічного або ручного приводу. На рис. 1.8 показана принципова схема шахтної однобарабанної лебідки типу ЛВД, а в табл. 1.5 приведені основні розміри восьми моделей цієї конструкції.

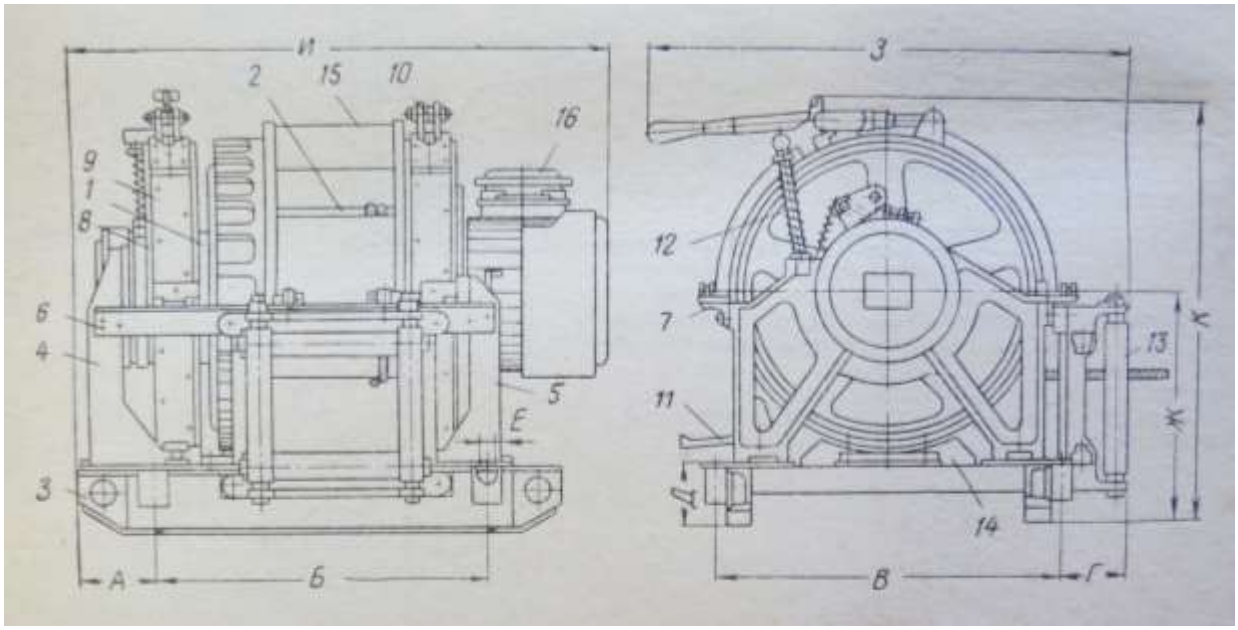


Рисунок 1.8 – Принципова схема шахтної однобарабанної лебідки типу ЛВД: 1 – редуктор; 2 – барабан; 3 – рама; 4, 5 – кронштейни; 6, 7 – кутники; 8 – шків фрикціона; 9, 10 – стрічкові гальма; 11 – запобіжний стопор; 12 – механізм дистанційного керування лебідкою; 13 – напрямний ролик; 14, 15 – огородження; 16 – електродвигун

Таблиця 1.5 – Основні розміри однобарабанних шахтних лебідок ЛВД

Модель лебідки	Розміри, мм (див. рис. 1.8)									
	А	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*	*З*	*И*	*К*
ЛВД11, ЛВД12, ЛВД13, ЛВД14	160	560	560	125	107	22	382	770	940-1050	700-760
ЛВД21, ЛВД22, ЛВД23, ЛВД24	135	670	670	125	127	22	447	920	1040-1100	820-860

Лебідка серії ЛВД складається з планетарного редуктора 1, розташованого в середині барабану 2 установки. Барабан змонтований на рамі 3 за допомогою кронштейнів 4 і 5, з'єднаних між собою кутниками 6 і 7. В одному кронштейні

барабан спирається на спеціальний роликопідшипник, а в другому через виступаючий хвостовик редуктора – на радіальний шарикопідшипник. На цьому хвостовику нерухомо закріплений шпонкою шків фрикціона 8.

Гальмівна система лебідки включає встановлені на рамі два однакові стрічкові гальма 9 і 10 та запобіжний стопор 11. Стопор і одне гальмо діють безпосередньо на барабан, інше гальмо – на шків фрикціона.

Механізм 12 для дистанційного керування лебідкою змонтований на кронштейні 4. Напрямні ролики 13, нижнє 14 і верхнє 15 огородження барабану закріплені на рамі і кутниках. Електродвигун 16 має спеціальне конструктивне виконання і вбудований в барабан лебідки. Лебідка може керуватися як в дистанційному, так і в ручному режимах.

В наступних розділах роботи буде розглянуто і докладно проаналізовано конструкцію серійної шахтної лебідки допоміжного типу ШВА-18000х0,25П розробки інституту ВНДПІрудмаш (м. Кривий Ріг).

2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОЇ МАШИНИ

2.1 Призначення виробу

Лебідка шахтна допоміжна ШВА-18000х0,25П призначена для переміщення вантажів та обладнання під час навантажувально-розвантажувальних та монтажно-демонтажних та інших робіт в шахтних умовах, безпечних у відношенні газу і пилу (у рудничних дворах, на підповерхах, на прохідницьких помостах, підвісках вантажників грейферного типу КС-3 тощо). Цифри та літери у позначенні пристрою свідчать про:

- 18000 – номінальне тягове зусилля, що забезпечує установка, Н;
- 0,25 – швидкість руху канату на середньому радіусі навивки барабану, м/с;
- П – пневматичний привод.

Зовнішній вигляд лебідки показаний на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

2.2 Показники призначення установки

Показники призначення лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П, яка свого часу була розроблена інститутом ВНДПрудмаш (м. Кривий Ріг) для заміни в серійному виробництві застарілої моделі лебідки ШВ-18000х0,25П (ЛПТ-3) приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники призначення
лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

Показники	Значення
Тягове зусилля, Н:	
максимальне	
на останньому ряду навивки канату на барабані	23544
на середньому ряду навивки	31500
на першому ряду навивки	39000
номінальне	18000
Швидкість канату на середньому радіусі навивки барабану, м/с	0,25
Канатоємність, м	153
Діаметр канату, мм	15
Намотувальний об'єм барабану, $дм^3$	35
Габаритний об'єм лебідки, $дм^3$	480
Кількість гальм, шт.	2
Пневматичний двигун:	
тип	П9-12 ДСТУ 10736
номінальна потужність при тиску повітря 0,4-0,5 МПа	9-11
питома витрата повітря, $м^3 \cdot год./кВт$	68-69
частота обертання вихідного валу, $с^{-1}$	12,5
маса, кг	95
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1075
ширина	660
висота	668
Маса лебідки без канату та робочих рідин, кг	575

2.3 Показники ергономічності

В табл. 2.2 і 2.3 відповідно приведені дані щодо рівнів вібрації та шуму під час роботи лебідки.

2.4 Загальна будова та принцип дії лебідки

Принципова схема установки показана на рис. 2.2 [10].

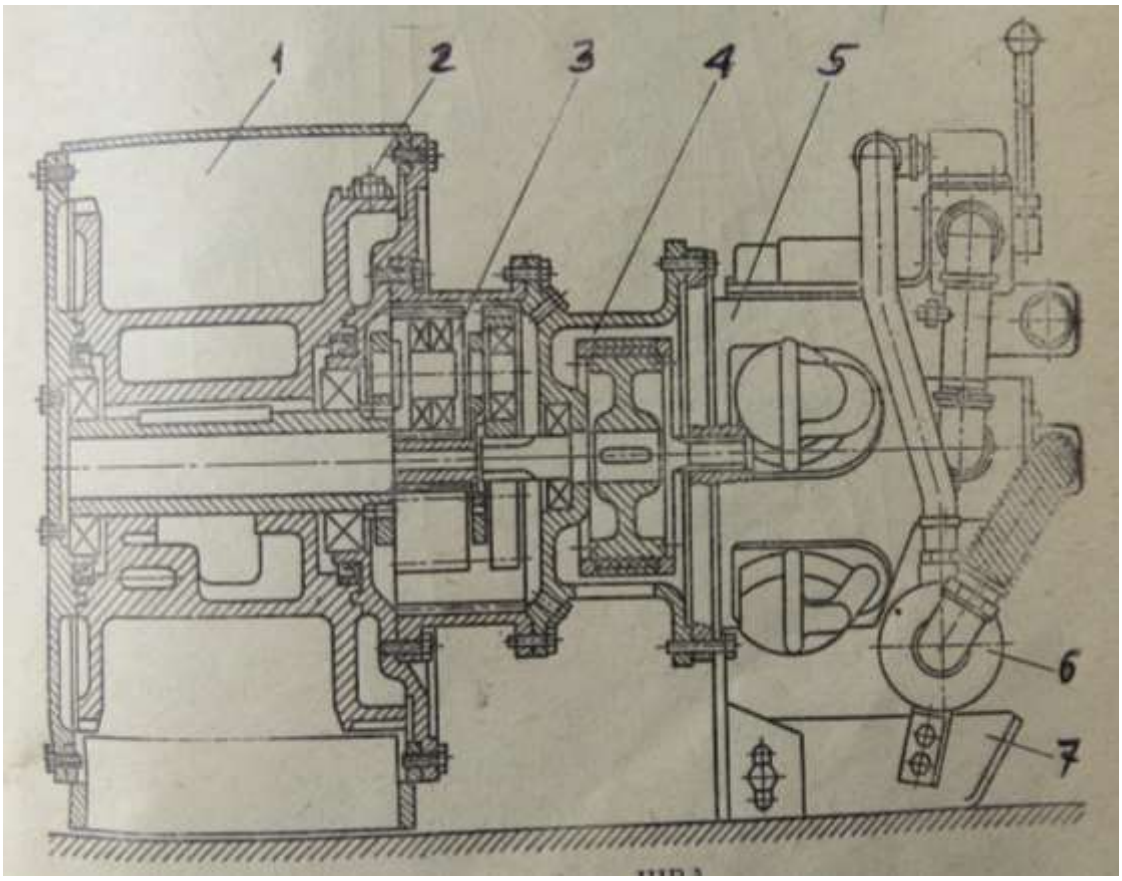


Рисунок 2.2 – Принципова схема лебідки ШВА-18000х0,25П:
1 – блок барабану; 2 – ручне гальмо; 3 – редуктор; 4 – запобіжне гальмо;
5 – пневмопривод; 6 – глушник; 7 – рама

Лебідка складається з наступних основних вузлів:

- пневмоприводу 5 для приведення лебідки до руху. Працює на стисненому повітрі тиском 0,5-0,6 МПа;

- основного робочого запобіжного гальма 4 з пневмоприводом;

- редуктора 3;

- ручного стрічкового гальма 2 на реборді барабану, що використовується в якості стоянкового або дублюючого;

- блоку барабану 1;

- рами 7;

- глушника 6.

В якості пневматичного приводу в конструкції лебідки використовується поршневий пневмодвигун типу П9-12 за ДСТУ 10736 (рис. 2.3). Пристрій виготовлений у шахтному виконанні в герметичному корпусі, що забезпечує вибухо- та іскробезпечність його конструкції. Принцип дії двигуна – перетворення енергії стисненого повітря в механічне обертання вихідного валу за допомогою поршнів та кривошипно-шатунного механізму. Зворотно-поступальні рухи поршнів під дією тиску повітря передаються на шатуни, а з них – на колінчастий вал, який і забезпечує обертальний рух на виході з двигуна.

Для зниження рівня шуму вихлопного повітря пневмодвигун П9-12 постачений глушником 6 (див. рис. 2.2), схема якого показана на рис. 2.4.

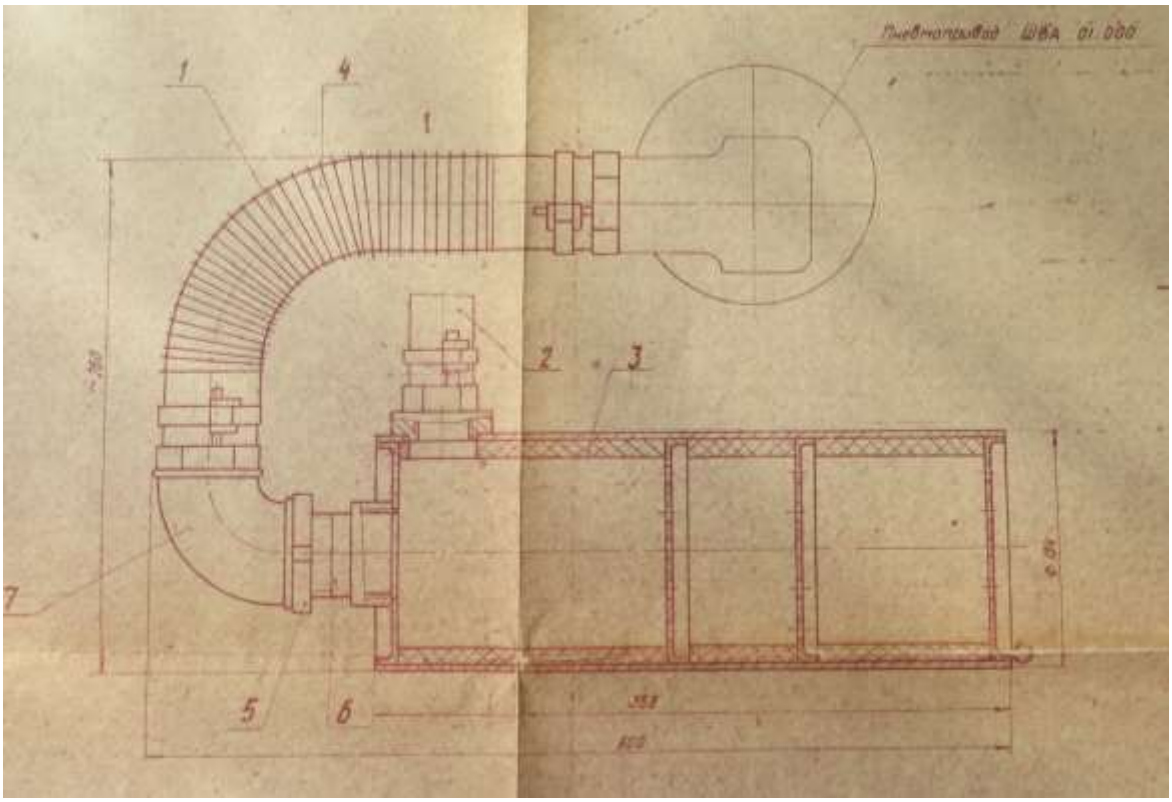


Рисунок 2.4 – Схема глушника пневмодвигуна П9-12

Крутний момент з вихідного валу пневмодвигуна передається на шліцьовий кінець проміжного валу-шестірні лебідки з основним робочим запобіжним гальмом 4 (див. рис. 2.2), яке має шків, встановлений на цьому валу. На зовнішній поверхні шківа наклеєні фрикційні елементи – колодки з пресувального матеріалу Ф-6-337 за ОСТ 6-05-429. Шків охоплюється металевою стрічкою, яка за допомогою важільного пристрою в разі необхідності гальмує вал при подачі стисненого повітря в пневмоциліндр. Схема запобіжного гальма показана на рис. 2.5, а пневмоциліндра – на рис. 2.6.

Далі розташовується редуктор 3 планетарного типу (див. рис. 2.2), призначений для зменшення числа обертів вихідного валу пневмоприводу та збільшення крутного моменту, необхідного для створення тягового зусилля лебідки. Сателіти планетарного редуктора сприймають крутний момент від зубчастого кінця валу-шестірні. Кінематична схема та розрахунки елементів редуктора приводяться нижче, у розділі 3 даної роботи.

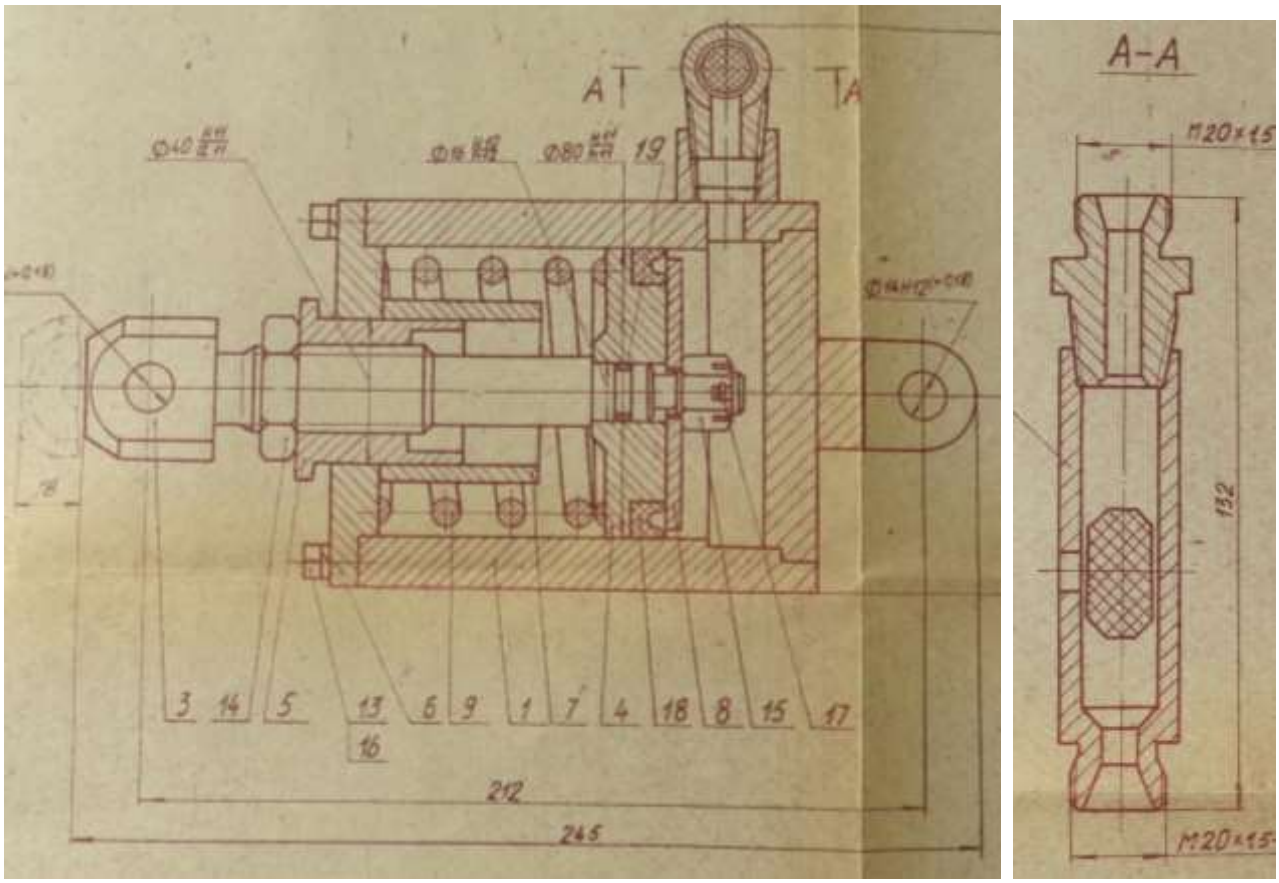


Рисунок 2.6 – Схема пневмоциліндра запобіжного гальма

Нарешті, вихідне водило редуктора обертає вал, на якому насаджений барабан (рис. 2.7). Вал, барабан, корпус та бічні деталі (ліворуч кришка і праворуч діафрагма) входять до складу блока барабану 1 (див. рис. 2.2). На циліндричну частину барабану намотується сталевий тягальний канат лебідки діаметром 15 мм. Для запобігання сходу канату барабан постачений ребордами (бічними стінками) та спеціальним пристроєм для кріплення кінця канату. Канатоємність барабану – 153 м.

Усі перераховані вузли монтуються на рамі 7 лебідки (див. рис. 2.2). Креслення рами приведено на рис. 2.8.

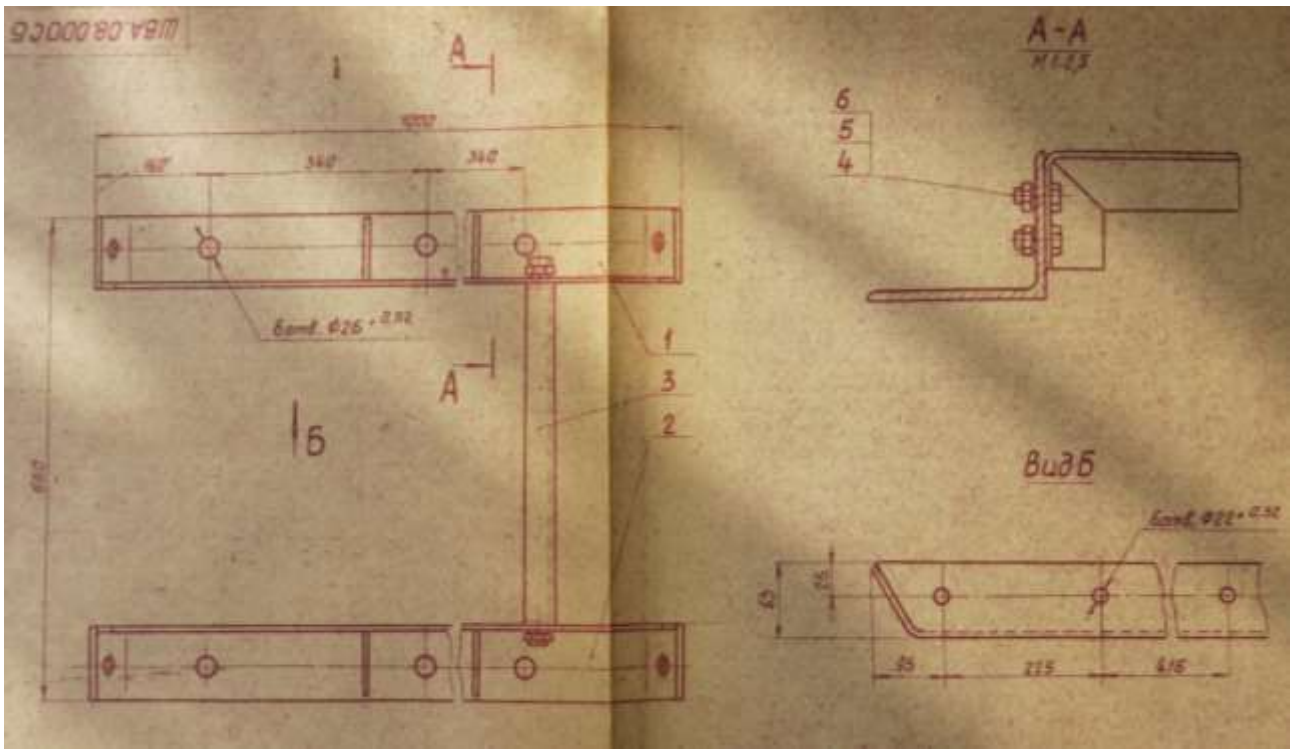


Рисунок 2.8 – Рама лебідки

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛЕБІДКИ

3.1 Розрахунки приводу установки

3.1.1 Кінематичний розрахунок приводу

Кінематична схема редуктора 3 (див. рис. 2.2) показана на рис. 3.1.

Частота обертання валу пневмодвигуна 1:

$$n_{\text{М}} = 750 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання сонячного колеса 4 першого планетарного ступеню:

$$n_{a_1} = n_{\text{М}} = 750 \text{ об/хв.}$$

Передатне відношення першого планетарного ступеню:

$$u_{a_1 H_1}^{b_1} = 1 - u_{a_1 b_1}^{H_1} = 1 - (-8) = 9,$$

$$\text{де } u_{a_1 b_1}^{H_1} = -\frac{z_{b_1}}{z_{a_1}} = -\frac{96}{12} = -8.$$

Частота обертання водила першого планетарного ступеню:

$$n_{H_1} = \frac{n_{a_1}}{u_{a_1 H_1}^{b_1}} = \frac{750}{9} = 83{,}333 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання сонячного колеса відносно зупиненого водила:

$$n_{a_1} - n_{H_1} = 750 - 83{,}333 = 666{,}667 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання сателіта відносно зупиненого водила:

$$n_{g_1} - n_{H_1} = -\frac{z_{a_1}}{z_{g_1}}\left(n_{a_1} - n_{H_1}\right) = -\frac{12}{41}(750 - 83{,}333) = -195{,}122 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання вінця z_{b_1}:

$$n_{b_1} = -\,83{,}333 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання сонячного колеса $z_{a_2} = z_{H_1}$ другого планетарного ступеню:

$$n_{a_2} = n_{H_1} = 83{,}333 \text{ об/хв.}$$

Передатне відношення другого планетарного ступеню:

$$u_{a_2H_2}^{b_2} = 1 - u_{a_2b_2}^{H_2} = 1 - (-6{,}4) = 7{,}4,$$

$$\text{де } u_{a_2b_2}^{H_2} = -\frac{z_{b_2}}{z_{a_2}} = -\frac{96}{15} = -6{,}4.$$

Частота обертання водила другого планетарного ступеню:

$$n_{H_2} = \frac{n_{a_2}}{u_{a_2H_2}^{b_2}} = \frac{83{,}333}{7{,}4} = 11{,}26 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання сонячного колеса z_{a_2} відносно зупиненого водила:

$$n_{a_2} - n_{H_2} = 83{,}333 - 11{,}26 = 72{,}073 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання сателіта відносно зупиненого водила:

$$n_{g_2} - n_{H_2} = -\frac{z_{a_2}}{z_{g_2}}\left(n_{a_2} - n_{H_2}\right) = -\frac{15}{39}(83{,}333 - 14{,}26) = -27{,}72 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання вінця:

$$n_{b_2} = -\,11{,}26 \text{ об/хв.}$$

3.1.2 Визначення величин крутних моментів на валах редуктора лебідки

Як видно зі схеми на рис. 3.1, привод редуктора здійснюється за допомогою пневмомотору П9-12 з наступними основними параметрами:

$$N = 9 \text{ кВт}; \quad n = 750 \text{ об/хв.}$$

Решта параметрів приводу лебідки приведені в табл. 3.1.

Крутний момент на валу пневмомотора:

$$M_{\text{м}} = \frac{N \cdot 10^3}{\omega} = \frac{9 \cdot 10^3}{78{,}495} = 115 \text{ Н·м},$$

де ω = 750·0,10466 = 78,495 рад/с – кутова швидкість пневмомотора.

Крутний момент на валу сонячного колеса:

$$M_{a_1} = M_{\text{м}} = 115 \text{ Н·м}.$$

Крутний момент на водилі першого планетарного ступеню:

$$M_{H_1} = M_{a_1} u_{a_1 H_1}^{b_1} \eta^{b_1} = 115 \cdot 9 \cdot 0{,}975 = 1099 \text{ Н·м},$$

де η^{b_1} – к.к.д. першого планетарного ступеню [14]:

$$\eta^{b_1} = 1 - \frac{\psi^{H_1}}{1 + \left| u_{b_1 a_1}^{H_1} \right|} = 1 - \frac{0{,}028}{1 + 0{,}125} = 0{,}975;$$

$$u_{b_1 a_1}^{H_1} = -\frac{z_{a_1}}{z_{b_1}} = -\frac{12}{96} = -0{,}125.$$

Якщо прийняти величину коефіцієнту тертя у зачепленні f = 0,1, то можна знайти величини коефіцієнтів втрат $\psi_{\text{з}a_1}^{H_1}$ і $\psi_{\text{з}b_1}^{H_1}$ відповідно в зачепленнях a_1-g_1 і b_1-g_1 [14]:

$$\psi_{\text{з}a_1}^{H_1} = 2{,}3f\left(\frac{1}{z_{a_1}} + \frac{1}{z_{g_1}}\right) = 2{,}3 \cdot 0{,}1\left(\frac{1}{12} + \frac{1}{41}\right) = 0{,}0248;$$

$$\psi_{\text{з}b_1}^{H_1} = 2{,}3f\left(\frac{1}{z_{g_1}} - \frac{1}{z_{b_1}}\right) = 2{,}3 \cdot 0{,}1\left(\frac{1}{41} - \frac{1}{96}\right) = 0{,}0032.$$

Знехтуємо втратами в опорах і отримаємо [14]:

$$\psi^{H_1} = \psi_{\text{з}a_1}^{H_1} + \psi_{\text{з}b_1}^{H_1} = 0{,}0248 + 0{,}0032 = 0{,}028.$$

Крутний момент на колесі z_{g_1} в зачепленні $z_{a_1} - z_{g_1}$:

- при розрахунку за контактними напруженнями:

$$M_{(a_1 - g_1)_{\text{к}_1}} = \frac{M_{a_1}}{a_{p_1}} \cdot \frac{z_{g_1}}{z_{a_1}} \chi_{\text{к}_1} \eta_{a_1 - g_1} = \frac{115}{3} \cdot \frac{41}{12} \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}975 = 140 \text{ Н·м},$$

де a_{p_1} = 3 – кількість сателітів першого планетарного ступеню; $\chi_{к_1}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілення навантаження між сателітами при розрахунку за контактними напруженнями.

Оскільки сателітів три штуки, а конструкція водила плаваюча, то коефіцієнти $\chi_{к_1}$ і χ_{u_1}можна визначити за наступними рекомендаціями [14]:

$$\chi_{к_1} = 1{,}1; \quad \chi_{u_1} = 1{,}15;$$

- при розрахунку за згинальними напруженнями:

$$M_{(a_1-g_1)u_1} = \frac{M_{a_1}}{a_{p_1}} \cdot \frac{z_{g_1}}{z_{a_1}} \chi_{u_1} \eta_{a_1-g_1} = \frac{115}{3} \cdot \frac{41}{12} \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}975 = 147 \text{ Н·м.}$$

Максимальний крутний момент на вінці:

$$M_{b_1} = M_{H_1} - M_{a_1} = 1009 - 115 = 894 \text{ Н·м.}$$

Крутний момент на вінці z_{b_1} у зачепленні $z_{g_1} - z_{b_1}$:

- при розрахунку за контактними напруженнями:

$$M_{(g_1-b_1)_{к_1}} = \frac{M_{b_1}}{3} \chi_{к_1} = \frac{894}{3} \cdot 1{,}1 = 328 \text{ Н·м;}$$

- при розрахунку за згинальними напруженнями:

$$M_{(g_1-b_1)_{u_1}} = \frac{M_{b_1}}{3} \chi_{u_1} = \frac{894}{3} \cdot 1{,}15 = 343 \text{ Н·м.}$$

Крутний момент на валу сонячного колеса другого планетарного ступеню:

$$M_{a_2} = M_{H_1} = 1009 \text{ Н·м.}$$

Крутний момент на водилі другого планетарного ступеню:

$$M_{H_2} = M_{a_2} u_{a_2 H_2}^{b_2} \eta^{b_1} = 1009 \cdot 7{,}4 \cdot 0{,}978 = 7302 \text{ Н·м,}$$

де η^{b_2} – к.к.д. другого планетарного ступеню [14]:

$$\eta^{b_2} = 1 - \frac{\psi^{H_2}}{1 + \left|u_{b_2 a_2}^{H_2}\right|} = 1 - \frac{0{,}0248}{1 + 0{,}156} = 0{,}978;$$

$$u_{b_2 a_2}^{H_2} = -\frac{z_{a_2}}{z_{b_2}} = -\frac{15}{96} = -0{,}156.$$

Якщо прийняти величину коефіцієнту тертя у зачепленні $f = 0{,}1$, то можна знайти величини коефіцієнтів втрат $\psi_{за_2}^{H_2}$ і $\psi_{зb_2}^{H_2}$ відповідно в зачепленнях a_2-g_2 і b_2-g_2 [14]:

$$\psi_{за_2}^{H_2} = 2{,}3f\left(\frac{1}{z_{a_2}} + \frac{1}{z_{g_2}}\right) = 2{,}3 \cdot 0{,}1\left(\frac{1}{15} + \frac{1}{39}\right) = 0{,}0212;$$

$$\psi_{зb_2}^{H_2} = 2{,}3f\left(\frac{1}{z_{g_2}} - \frac{1}{z_{b_2}}\right) = 2{,}3 \cdot 0{,}1\left(\frac{1}{39} - \frac{1}{96}\right) = 0{,}0035.$$

Знехтуємо втратами в опорах і отримаємо [14]:

$$\psi^{H_2} = \psi_{за_2}^{H_2} + \psi_{зb_2}^{H_2} = 0{,}0212 + 0{,}0035 = 0{,}0248.$$

Крутний момент на колесі z_{g_2} в зачепленні $z_{a_2} - z_{g_2}$:

- при розрахунку за контактними напруженнями:

$$M_{(a_2-g_2)_{к_2}} = \frac{M_{a_2}}{a_{p_2}} \cdot \frac{z_{g_2}}{z_{a_2}} \chi_{к_2} \eta_{a_2-g_2} = \frac{1009}{3} \cdot \frac{39}{15} \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}975 = 938 \text{ Н·м},$$

де $a_{p_2} = 3$ – кількість сателітів другого планетарного ступеню; $\chi_{к_2}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілення навантаження між сателітами при розрахунку за контактними напруженнями.

Оскільки сателітів усього три штуки, а конструкції сонячного колеса і водила є плаваючими, то коефіцієнти $\chi_{к_1}$ і χ_{u_1}можна визначити за наступними рекомендаціями [14]:

$$\chi_{к_2} = 1{,}1; \quad \chi_{u_2} = 1{,}15;$$

- при розрахунку за згинальними напруженнями:

$$M_{(a_2-g_2)_{u_2}} = \frac{M_{a_2}}{a_{p_2}} \cdot \frac{z_{g_2}}{z_{a_2}} \chi_{u_2} \eta_{a_2-g_2} = \frac{1009}{3} \cdot \frac{39}{15} \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}975 = 980 \text{ Н·м}.$$

Максимальний крутний момент на вінці:

$$M_{b_2} = M_{H_2} - M_{a_2} = 7302 - 1009 = 6293 \text{ Н·м.}$$

Крутний момент на вінці z_{b_2} у зачепленні $z_{g_2} - z_{b_2}$:

- при розрахунку за контактними напруженнями:

$$M_{(g_2-b_2)_{к_2}} = \frac{M_{b_2}}{3}\chi_{к_2} = \frac{6293}{3} \cdot 1{,}1 = 2307 \text{ Н·м;}$$

- при розрахунку за згинальними напруженнями:

$$M_{(g_2-b_2)_{u_2}} = \frac{M_{b_2}}{3}\chi_{u_2} = \frac{6293}{3} \cdot 1{,}15 = 2412 \text{ Н·м.}$$

Крутний момент на валу *II*:

$$M_{II} = M_{H_2} = 7302 \text{ Н·м.}$$

Знаючи величини крутних моментів на валах та зубчастих передачах редуктора, иожна розрахувати основні розміри цих деталей, які забезпечують їхню міцність і надійність.

3.1.3 Побудова графіку режиму роботи лебідки

Графік режиму роботи лебідки ШВА приведений на рис. 3.2.

Число годин роботи приводу – T = 5000 год.

3.2 Розрахунки гальм установки

3.2.1 Розрахунок підсумкового гальма

В лебідці ШВА використовується стрічкове підсумкове гальмо. В таких конструкціях кінці стрічки прикріплені до гальмівного важеля з одного боку від осі його обертання. Плечі a_1 і a_2 дії цих сил рівні за величиною, тому величина гальмівного моменту не залежить від напрямку обертання гальмівного шківу.

Розрахунок гальма ведемо згідно з [15]. Схема підсумкового гальма приведена на рис. 3.3.

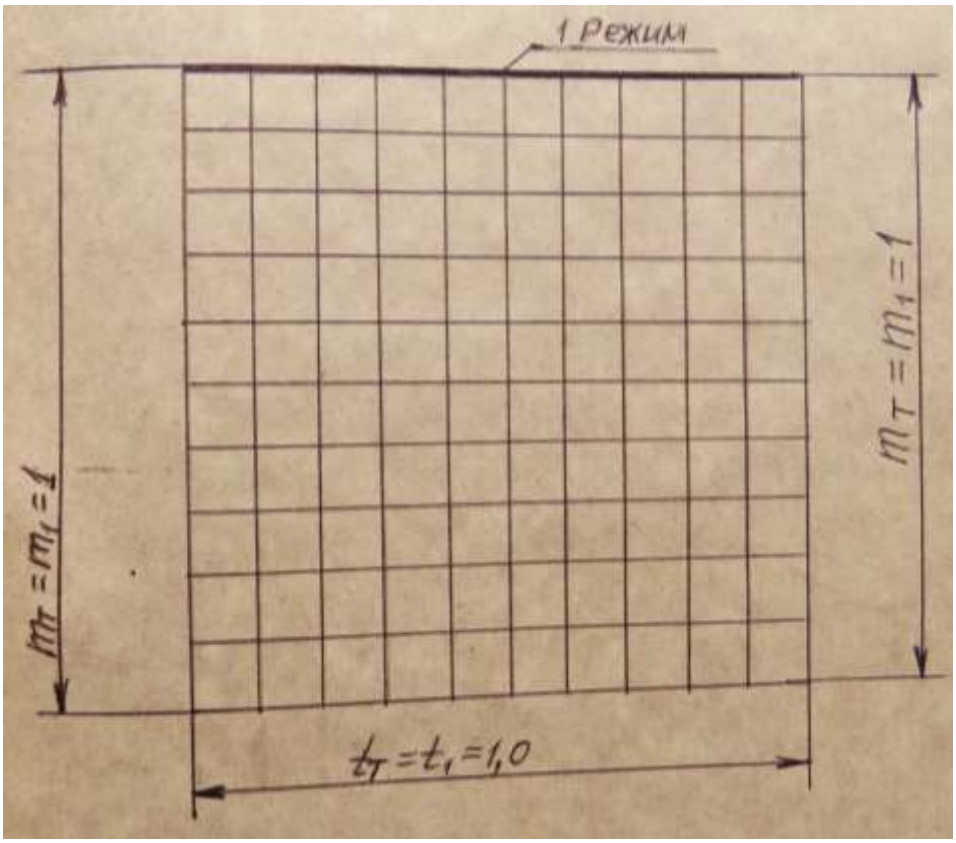


Рисунок 3.2 – Графік режиму роботи лебідки ШВА

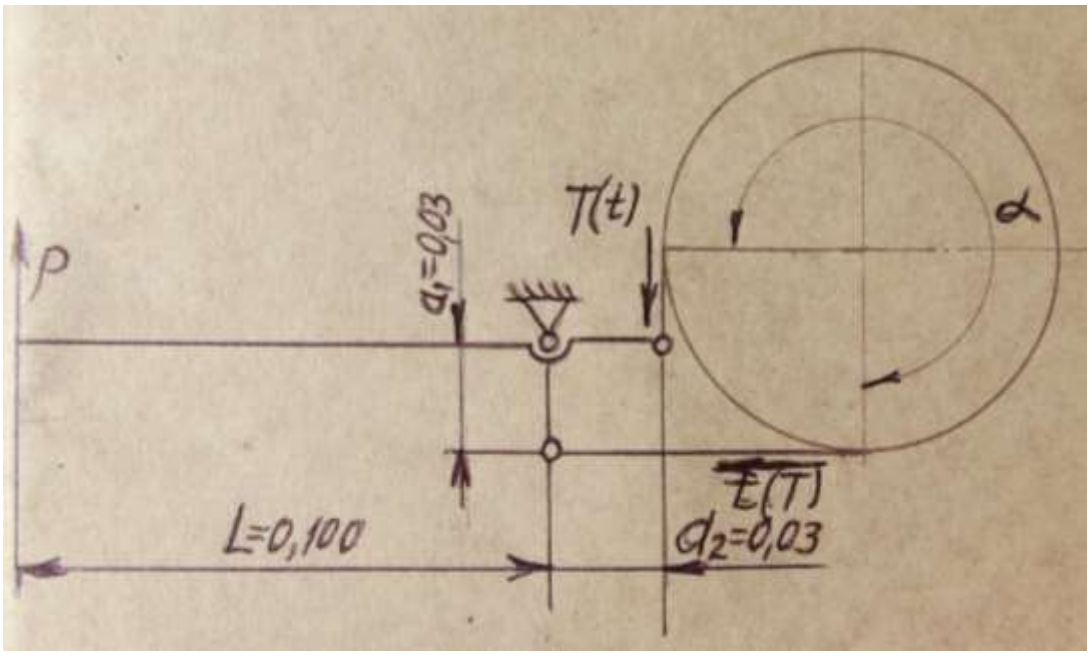


Рисунок 3.3 – Схема підсумкового гальма (розміри в метрах)

Момент, що діє на барабан від підвішеного вантажу, визначаємо виходячи з тягового зусилля F = 23544 Н (з вихідних даних) та максимального радіусу на-

вивки за наступною формулою:

$$M_б = Fr_{max} = 23544 \cdot 0{,}265 = 6239 \text{ Н·м.}$$

Далі визначаємо момент на гальмівному шківу, що знаходиться на валу пневмомотора:

$$M_ш = \frac{M_б}{u_р \eta_1 \eta_2 \eta_б} = \frac{6239}{66{,}6 \cdot 0{,}975 \cdot 0{,}978 \cdot 0{,}95} = 104 \text{ Н·м,}$$

де $u_р$ = 66,6 – передатне відношення редуктора; η_1 = 0,975 – к.к.д. *I* планетарної передачі; η_2 = 0,978 – к.к.д. *II* планетарної передачі; $\eta_б$ = 0,95 – к.к.д. лебідки для сталевого канату.

Гальмівний момент, що розвивається підсумковим стрічковим гальмом, визначається за наступною формулою [15]:

$$M_т = PL\frac{D}{2} \cdot \frac{e^{\mu\alpha}-1}{a_2 e^{\mu\alpha}+a_1}\eta.$$

З неї знаходимо величину зусилля на кінці важеля, яке необхідне для утримання вантажу:

$$P = \frac{2M_т(a_2 e^{\mu\alpha}+a_1)}{LD(e^{\mu\alpha}-1)\eta} = \frac{2 \cdot 104(0{,}03 \cdot 5{,}12+0{,}03)}{0{,}22 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}95(5{,}12-1)} = 443 \text{ Н,}$$

де D = 0,22 м – діаметр гальмівного шківу; e = 2,718 – основа натурального логарифму; μ = 0,35 – коефіцієнт тертя [15]; α = 270° – кут обхвату гальмівного шкуву стрічкою; $a_1 = a_2$ = 0,03 м – плечі дії сил (див. рис. 3.3); L = 0,10 м плече дії сили P; η = 0,95 – к.к.д. важільної системи гальм; $e^{\mu\alpha}$ = 5,12 [15].

Необхідне зусилля пружини пневмоциліндра з урахуванням коефіцієнту запасу гальмування:

$$P_{необх} = Pk = 443 \cdot 2 = 886 \text{ Н,}$$

де k = 2 – коефіцієнт запасу гальмування.

Зусилля у збіжному кінці гальмівної стрічки:

$$t = \frac{2M_ш}{D(e^{\mu\alpha}-1)} = \frac{2 \cdot 104}{0{,}22(5{,}12-1)} = 229 \text{ Н.}$$

Зусилля у набіжному кінці гальмівної стрічки:

$$T = te^{\mu\alpha} = 229 \cdot 5{,}12 = 1172 \text{ Н.}$$

Дійсний тиск між стрічкою та шківом визначимо за допомогою наступної формули:

$$p = \frac{2T}{DB} = \frac{2 \cdot 1172}{0{,}22 \cdot 0{,}06} = 1{,}78 \cdot 10^5 \text{ Па,}$$

де B = 0,06 м – ширина гальмівної стрічки.

Допустимий питомий тиск для стопорних гальм для формованого фрикційного матеріалу становить [15]: $[p] = 8 \cdot 10^5$ Па. Звідси маємо:

$$p = 1{,}78 \cdot 10^5 < [p] = 8 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Таким чином, усі колодки, встановлені на початку набіжного кінця стрічки піддаються питомому тиску, величина якого не перевищує допустимого значення.

3.2.2 Розрахунок стрічкового гальма

3.2.2.1 Розрахунок основних параметрів гальма

На барабані лебідки ШВА встановлено просте стрічкове гальмо, схема якого приведена на рис. 3.4. Розрахунок гальма ведемо згідно з рекомендаціями [15].

Вихідні дані для розрахунку:

- $\alpha = 315^o$ – кут обхвату гальмівного шківу стрічкою;

- μ = 0,32 – коефіцієнт тертя для матеріалу гальмівних колодок – азбесту за ДСТУ 1198;

- D = 0,530 м – діаметр шківу з канатною навивкою;

- a = 30 мм – плече дії сили T (див. рис. 3.4);

- L = 450 мм – плече дії сили $P_р$ (див. рис. 3.4).

Необхідний гальмівний момент, що діє на барабані, визначаємо із серед-

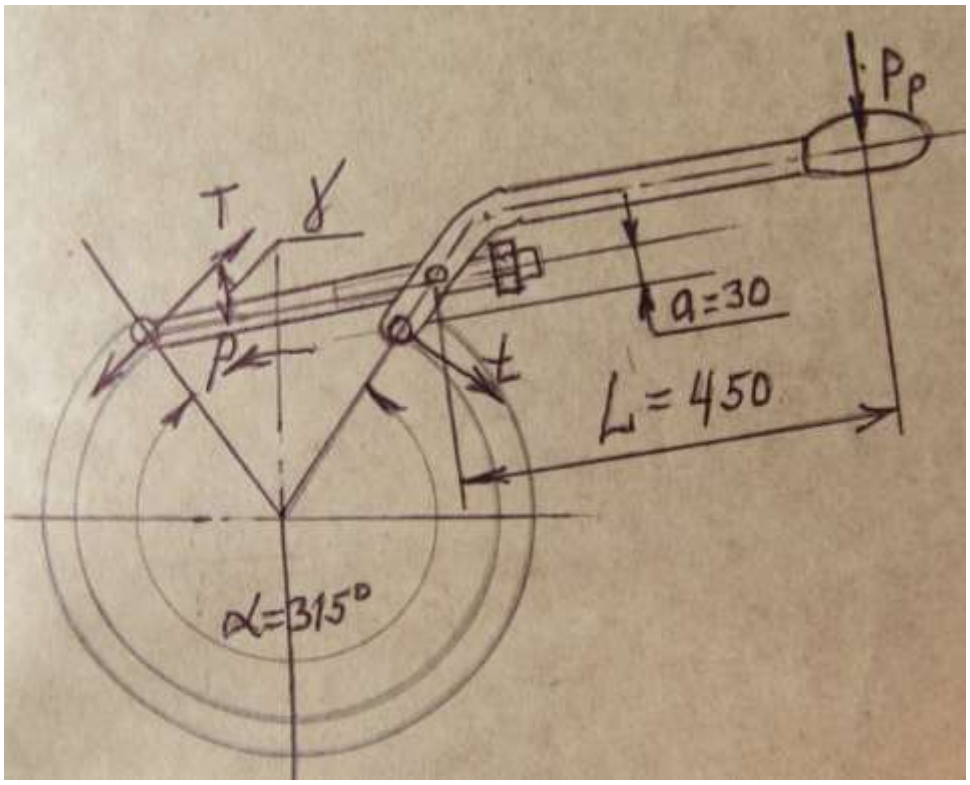


Рисунок 3.4 – Схема барабанного стрічкового гальма

нього тягового зусилля на робочому канаті і сеерднього радіусу навивки:

$$M_т = Fr_{max} = 23544 \cdot 0{,}265 = 6239 \text{ Н·м},$$

де F = 23544 Н – тягове зусилля на робочому канаті;

$$r_{max} = \frac{530}{2} = 265 \text{ мм} = 0{,}265 \text{ м}.$$

Зусилля на збіжному кінці гальмівної стрічки:

$$t = \frac{2M_т}{D(e^{\mu\alpha}-1)} = \frac{2 \cdot 6239}{0{,}53(2{,}718^{0{,}32 \cdot 5{,}84685}-1)} = 229 \text{ Н},$$

де e = 2,718 – основа натурального логарифму; α = 315° = 5,84685 рад – кут обхвату шківу стрічкою; $e^{\mu\alpha} = 2{,}718^{0{,}32 \cdot 5{,}84685} = 6{,}501$.

Максимальне зусилля натягу на набіжному кінці гальмівної стрічки:

$$T = te^{\mu\alpha} = 4280 \cdot 6{,}501 = 27823 \text{ Н}.$$

Величини максимального та мінімального питомого тиску перевіряємо згідно з рекомендаціями [15]:

$$p_{max} = \frac{2T}{DB} = \frac{2 \cdot 27823}{0{,}53 \cdot 0{,}05} = 21 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$p_{min} = \frac{2t}{DB} = \frac{2 \cdot 4280}{0{,}53 \cdot 0{,}05} = 3{,}23 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

де B = 0,05 м – ширина гальмівної стрічки.

Допустимий питомий тиск у стрічкових гальмах для пресованого матеріалу (по сталі) дорівнює [15]: $[p] = 6 \cdot 10^5$ Па. Звідси маємо, що колодки, встановлені на початку набіжного кінця стрічки будуть піддаватися підвищеному питомому тиску та інтенсивно зношуватися з цієї причини.

З формули гальмівного моменту, що розвиває стрічкове гальмо, випливає [15]:

$$M_\text{т} = (e^{\mu\alpha} - 1)\frac{D}{2} \cdot \frac{PL}{a}\eta.$$

Звідси маємо значення зусилля P:

$$P = \frac{2M_\text{т}a}{(e^{\mu\alpha}-1)DL\eta} = \frac{2 \cdot 6239 \cdot 0603}{(6{,}501-1)0{,}53 \cdot 0{,}45 \cdot 0{,}95} = 300 \text{ Н},$$

де η = 0,95 – к.к.д. важільної системи.

3.2.2.2 Розрахунок гальмівної стрічки

Перевірка міцності сталевої гальмівної стрічки здійснюється шляхом розрахунку її на розтягування у небезпечному перетині при максимальному зусиллі натягу T = 27823 Н.

Напруження розтягування в небезпечному перетині (по заклепкам) становитиме:

$$\sigma = \frac{T}{\delta(B-id)} = \frac{27823}{0{,}005(0{,}05-1 \cdot 0{,}003)} = 1184 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

де d = 0,003 м – діаметр заклепок, що з'єднують стрічку з накладкою; δ = 0,005 м – товщина стрічки; B = 0,05 м – ширина стрічки; i = 1 – кількість заклепок в ряду.

Матеріал стрічки – ст. 3 ДСТУ 14637, $\sigma_т = 2500 \cdot 10^5$ Па.

Умова міцності стрічки за межею текучості:

$$n_т = \frac{\sigma_т}{\sigma} = \frac{2500 \cdot 10^5}{1184 \cdot 10^5} = 2{,}11.$$

Отже, $n_т = 2{,}11 > [n] = 2$, тобто міцність стрічки вважатиме достатньою.

Хід стрічки (переміщення точки її кріплення до важеля) дорівнює [15]:

$$\Delta = \varepsilon\alpha = 1 \cdot 5{,}847 = 5{,}847 \text{ мм},$$

де ε = 1 мм – радіальний зазор між стрічкою та поверхнею тертя гальмівного шківу при розікненому гальмі [15].

3.2.2.3 Розрахунок тяги

Розглядаємо тягу як поздовжньо стиснутий стрижень і здійснюємо її розрахунок на стійкість та стискання.

На тягу діє наступна сила стискання:

$$P = T\cos\gamma = 27823 \cdot 0{,}927184 = 25797 \text{ Н},$$

де $\gamma = 22^o$ (див. рис. 3.4).

Гнучкість стрижня дорівнює:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{min}} = \frac{0{,}699 \cdot 0{,}29}{0{,}004} = 50{,}7,$$

де μ = 0,699 – коефіцієнт приведеної довжини, що залежить від способу закріплення стрижня та характеру розподілення навантажень по його довжині [16]; l = 0,29 м – розрахункова довжина тяги;

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{F}} = \sqrt{\frac{0{,}000322 \cdot 10^{-5}}{20{,}1 \cdot 10^{-5}}} = 0{,}004 \text{ м},$$

де I_{min} – момент інерції перетину тяги діаметром d = 0,016 м:

$$I_{min} = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}016^4}{64} = 0{,}000322 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4,$$

де F – площа поперечного перетину тяги:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}016^2}{4} = 20{,}1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Для заданої гнучкості стрижня λ = 32,7 визначаємо коефіцієнт зниження допустимого напруження [16]: φ = 0,83.

Знаходимо напруження стискання:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P}{\varphi F} = \frac{25797}{0{,}83 \cdot 20{,}1 \cdot 10^{-5}} = 1546 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Матеріал тяги: сталь 45 ДСТУ 1050, $\sigma_{\text{т}} = 5800 \cdot 10^5$ Па.

Запас міцності тяги:

$$n_{\text{т}} = \frac{\sigma_{\text{т}}}{\sigma_{\text{ст}}} = \frac{5800 \cdot 10^5}{1546 \cdot 10^5} = 3{,}75.$$

Отже: $n_{\text{т}} = 3{,}75 > [n_{\text{т}}] = 1{,}8$, тому міцність тяги можна вважати достатньою.

3.2.2.4 Розрахунок різьби тяги

Різьбу тяги перевіряємо на зрізання, згинання та зминання від зусилля P = 25797 Н.

Напруження зрізання в основі витка:

$$\tau_{\text{зр}} = \frac{P}{\pi d_1 \beta H} = \frac{25797}{3{,}14 \cdot 0{,}0138 \cdot 0{,}88 \cdot 0{,}16} = 42 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

де d_1 = 0,0138 м – внутрішній діаметр різьби М16; β = 0,88 – коефіцієнт, що залежить від профілю різьби [16]; H = 0,16 м – довжина різьби.

Запас міцності за межею текучості при зрізанні:

$$n_{\text{т зр}} = \frac{0{,}6\sigma_{\text{т}}}{\tau_{\text{зр}}} = \frac{0{,}6 \cdot 5800 \cdot 10^5}{42 \cdot 10^5} = 83.$$

Умова міцності різьби на зрізання – $n_{\text{т зр}} = 83 > [n_{\text{т зр}}] = 2$ – виконана.

Напруження згинання:

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{3P(d-d_1)}{2\pi\beta^2 S^2 d_1 m} = \frac{3\cdot 25797(0{,}016-0{,}0138)}{2\cdot 3{,}14\cdot 0{,}88^2\cdot 0{,}002^2\cdot 0{,}0138\cdot 80} = 79\cdot 10^5 \text{ Па},$$

де S = 0,002 м – крок різьби; $m = \frac{H}{S} = \frac{0{,}16}{0{,}002} = 80$ – число витків в гайці.

Запас міцності при згинанні:

$$n_{\text{т}} = \frac{\sigma_{\text{т}}}{\sigma_{\text{зг}}} = \frac{5800\cdot 10^5}{79\cdot 10^5} = 73.$$

Отже: $n_{\text{зг}} = 73 > [n_{\text{зг}}] = 1{,}8$, тому умова міцніості на згинання виконана.

3.3 Аналіз конструктивної та експлуатаційної досконалості лебідки

3.3.1 Результати попередніх та приймальних випробувань виробу

3.3.1.1 Попередні випробування

Попередні випробування технічних об’єктів гірничого машинобудування проводяться з метою визначення відповідності виробів технічним завданням на них та технічній документації, а також для вирішення можливості передачі конструкцій на приймальні випробування [17].

Попередні випробування проводяться згідно з відповідною розробленою методикою (ШВА.00. 000 ПМ1 для нашої лебідки) на спеціальному випробувальному стенді підприємства-виготовлювача виробу силами комісії, до якої входять представники розробника та виготовлювача конструкції. Виріб перевіряється на комплектність,працездатність, відповідність вимогам технічної документації, безпеки експлуатації, зручності обслуговування.

Під час перевірки лебідки ШВА контролювалися наступні її показники:

- величина тягового зусилля;
- швидкість канату на середньому радіусі навивки барабану;
- намотувальний об’єм барабану;
- габаритний об’єм лебідки;
- величина зусилля на рукоятці ручного гальма;

- надійність спрацьовування запобіжного гальма;

- шумові характеристики пристрою;

- рівні вібрації на рукоятці ручного гальма.

Для проведення випробувань використовувалася вимірювальна апаратура, перелік якої приводиться в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вимірювальна апаратура, що використовувалася під час проведення попередніх випробувань

Найменування	Тип	Клас точності	Верхня межа вимірювання	Стандарт
Лінійка металева вимірювальна	-	-	до 1000 мм	ДСТУ 427
Динамометр	ДПУ-10-2-У2	2	до 100 кН	ДСТУ 13837
Динамометр Стискання	ДПУ-0,05-2-У2	2	до 500 Н	ДСТУ 13837
Термометр	П-5-160-66	-	до 160 °С	ДСТУ 2828
Ваги	-	-	-	ДСТУ 23711

Порядок проведення попередніх випробувань наступний:

- зовнішній огляд конструкції для визначення її комплектності, відповідності документації, наявності масла в редукторі, відсутності витоків масла через ущільнення, якості лакофарбових покрить;

- контроль лінійних розмірів за допомогою лінійки. Зокрема, реборда барабану повинна виступати над верхнім шаром навивки канату не менше, ніж на 2,5 діаметра останнього. Погрішність вимірювань – ±2,5%;

- вимірювання тягового зусилля лебідки динамометром ДПУ-10-2-У2 за ДСТУ 13837. Кількість замірів не менше трьох, погрішність – ±2,5%;

- вимірювання швидкості канату на середньому радіусі барабану за числом його обертів:

$$v = \frac{2\pi n r_{\text{сер}}}{60000t}, \text{ м/с},$$

де $r_{сер}$ – середній радіус барабану, мм; n – число обертів барабану за час t; t – час, хв.;

- температура підшипників, ущільнень та масла в редукторі під час роботи лебідки не повинна перевищувати 80 ^{o}C при погрішності вимірювань ±2,5%;

- контроль роботи робочого та запобіжного гальм. Вони повинні працювати плавно, без заїдань. Перевірка гальмівних моментів здійснюється при навантаженні канату лебідки подвійним номінальним тяговим зусиллям. Кожне гальмо перевіряється не менше 10 разів. Зусилля на важелі керування ручного гальма визначається за допомогою динамометра ДПУ-0,05-2-У2 за ДСТУ 13837. Погрішність вимірювань – ±2,5%;

- шумова характеристика перевіряється за методикою, викладеною в ДСТУ 12.1.028 та ДСТУ 23941. Засоби вимірювання шумової характеристики мають відповідати вимогам ДСТУ 17187;

- рівень вібрації визначається на важелі робочого гальма згідно з методикою за ДСТУ 13731. Засоби вимірювання рівня вібрації мають відповідати вимогам ДСТУ 12.4.012.

Результати технічних вимірювань, а також виявлені несправності та заходи щодо їхнього усунення, реєструються у відповідних відомостях.

Остаточні результати випробувань оформлюються у вигляді акту.

Результати попередніх випробувань лебідки ШВА цілком підтвердили її працездатність та придатність до приймальних випробувань.

3.3.1.2 Приймальні випробування

Приймальні випробування лебідки ШВА проводилися в умовах шахти «Північна» ім. Валявко РУ ім. Ілліча у Кривому Розі згідно з програмою і методикою ШВА.00.000 ПМ2. На рис. 3.5 показаний зовнішній вигляд лебідки, готової до випробувань.

Протягом цих випробувань лебідкою було відпрацьовано 45 машиногодин, здійснено більше 500 опускань вантажів масою від 1500 до 3300 кг (загальна маса – 1200000 кг).



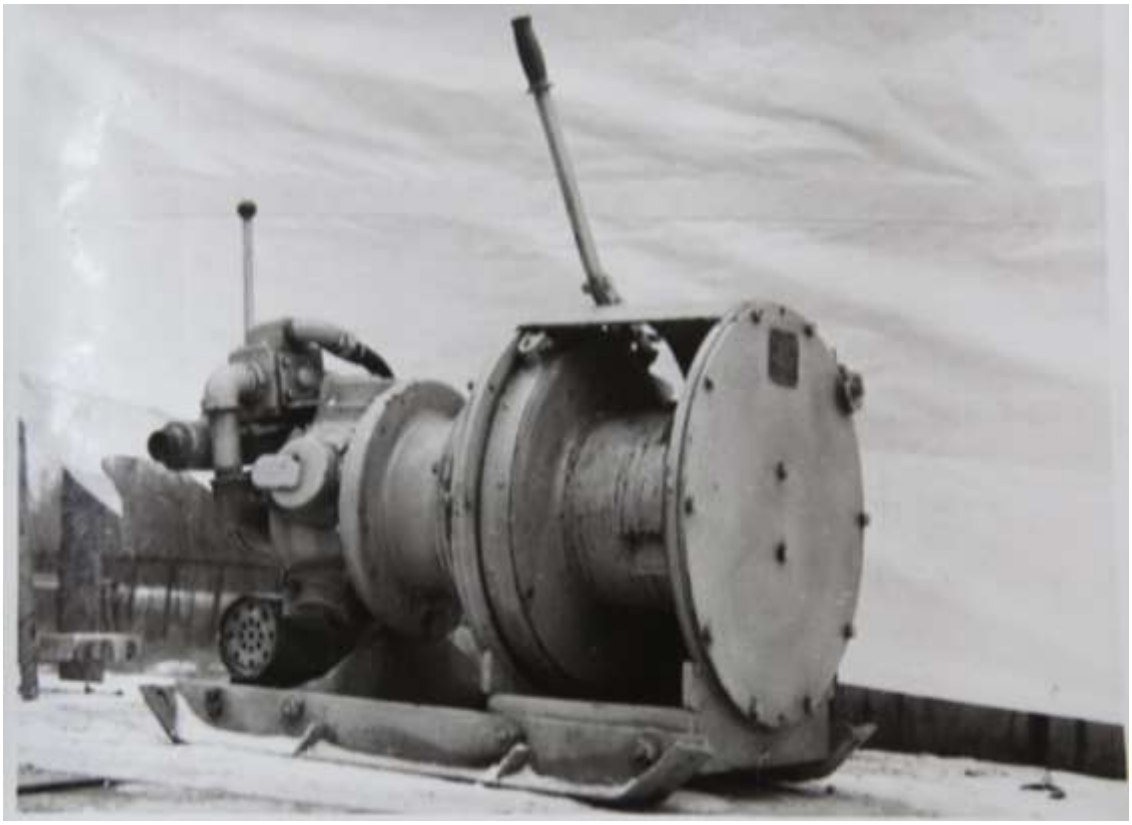


Рисунок 3.5 – Лебідка ШВА-18000х0,25П перед приймальними випробуваннями

За результатами випробувань встановлено:

- конструктивне виконання лебідки та її технічні параметри повністю відповідають вимогам технічної документації на установку;

- конструкція лебідки технологічна, в ній широко використані стандартні та покупні вироби;

- пристрій забезпечує більшу продуктивність у порівнянні зі своїми попередниками (наприклад, лебідкою ШВ-18000х0,25П), більше тягове зусилля. Конструкція має більший намотувальний об'єм барабану і меншу масу. Вона надійна в роботі та зручна в експлуатації;

- значно знижений рівень шуму на робочому місці оператора. Проте, він залишається дещо надмірним, а саме: 89 дБА при нормі 85 дБА за ДСТУ 12.1. 003.

Таким чином, слід передбачити необхідність подальшого зниження рівня шуму на робочому місці лебідки до санітарних норм, а також вжити заходів щодо розробки безпечних способів організації процесів спуску і підйому вантажів висхідними виробками.

3.3.1.3 Основні вимоги безпеки під час випробувань та виробничого використання лебідки

Під час застосування лебідки потрібно ретельно дотримуватися усіх вимог, вказаних у керівництві з її експлуатації ШВА.00.000 КЕ, а також [18].

Велике значення має надійне закріплення пристрою до штучного фундаменту або скельного грунту гірничої виробки за допомогою анкерних болтів. Кількість кріпильних болтів має відповідати кресленням.

Важливо також надійне закріплення канату на лебідці та на вантажу, що піднімається.

В процесі роботи з лебідкою забороняється:

- здійснювати будь-які операції при увімкненому пневмомоторі;

- працювати при несправному стані канату;

- працювати при відкинутих запобіжних щитках.

3.3.2 Досвід промислової експлуатації лебідки ШВА-18000х0,25П та загальна оцінка її технічного рівня

Лебідки ШВА-18000х0,25П знайшли широке використання на підземних підприємствах вітчизняної гірничодобувної промисловості на підготовчих, прохідницьких та очисних роботах, а також в руддворах шахт, безпечних у відношенні газу і пилу.

Матеріали, що містять інформацію про спостереження за роботою цих установок, рекомендації споживачів, результати періодичної атестації виробів свідчать, що вони відповідають основним вимогам замовників та нормативних документів.

За своїми енергетичними параметрами лебідка не поступається кращим закордонним зразкам подібного обладнання, а деякими показниками навіть перевершує їх.

Таким чином, можна констатувати високий технічний рівень розглянутої конструкції. Звісно, з часом вона поступово застріває морально і потребує подальшої модернізації. Про це мова піде і другій частині даної роботи.

ВИСНОВКИ ПО ЧАСТИНІ І

Порівняльний аналіз механізації технологічних процесів підземного видобутку твердих корисних копалин у вітчизняній та закордонній гірничодобувній промисловості показує, що наші підприємства досить суттєво програють у цьому питанні. Особливо це стосується численних допоміжних операцій, які досі залишаються або мало, або практично немеханізованими і виконуються здебільшого вручну, що, по-перше, негативно позначається на загальних техніко-економічних показниках роботи галузі і, по-друге, аж ніяк не може нас влаштовувати з точки зору охорони та безпеки праці гірників.

Таким чином, проблема створення нових та удосконалення існуючих засобів механізації допоміжних операцій підземної розробки дуже важлива і актуальна. Одними з найбільш трудомістких робіт такого роду є ті, що пов'язані з переміщенням, підйомом та спуском різноманітних вантажів та обладнання під час виконання навантажувально-розвантажувальних, монтажно-демонтажних та інших подібних робіт в шахтних умовах.

Розглянута в першій частині представленої комплексної бакалаврської роботи конструкція лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П є прикладом створення та успішного впровадження дуже потрібної гірникам якісної техніки допоміжного призначення, яка дає можливість механізувати важкі та небезпечні операції підземного видобутку корисних копалин.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
«КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
Кафедра гірничих машин і обладнання

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної (бакалаврської) роботи

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Тема роботи:

Аналіз конструкції і можливостей удосконалення та організація процесу експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

Частина ІІ

Аналіз можливостей удосконалення та організація процесу експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П

РЕФЕРАТ

Аналіз конструкції і можливостей удосконалення та організація процесу експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П. Частина ІІ. Аналіз можливостей удосконалення та організація процесу експлуатації лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П. Наконечний Дмитро Володимирович. Криворізький національний університет, факультет механічної інженерії та транспорту, кафедра гірничих машин і обладнання, група ГМБ-22-1.– Кривий Ріг: КНУ, 2026. Загальний обсяг роботи: сторінок – 112, ілюстр. – 29, табл. – 20, література – 25; креслень – 8.

Друга частина роботи присвячена аналізу можливості удосконалення конструкції лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П та організації заходів процесу експлуатації установки.

Ключові слова: лебідки для переміщення вантажів та обладнання під час навантажувально-розвантажувальних та монтажно-демонтажних робіт в шахтних умовах, лебідка удосконалена ШВБ

4 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ЛЕБІДКИ ШВА

4.1 Актуальність питання та задачі модернізації виробу

Як було зауважено у першій частині представленої роботи, конструкція лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П відрізняється достатньо високим технічним рівнем, а результати тривалого використання таких установок в умовах вітчизняних гірничорудних шахт свідчать про її ефективність, надійність та довговічність.

Проте, обмеженість області застосування лебідки шахтами, безпечними у відношенні газу і пилу, не дозволяє розширити її технологічні можливості.

Гірнича промисловість потребує удосконаленого обладнання, придатного для експлуатації в шахтах, де існує небезпека у відношенні газу і пилу. А неминуче моральне старіння конструкції викликає необхідність виконання докорінної модернізації виробу з метою покращення його якості та техніко-економічних показників.

Модернізована конструкція лебідки (назвемо її ШВБ) повинна забезпечувати:

- можливість її експлуатації в шахтах, небезпечних у відношенні газу і пилу;

- наявність запобіжного колодкового гальма на органі навивки канату (барабані) замість стрічкового на шківу проміжного валу (як у лебідки ШВА-18000х0,25П) у відповідності з вимогами правил безпеки та правил технічної експлуатації в гірничій промисловості;

- підвищення техніко-економічних показників (тягового зусилля та швидкості канату);

- підвищення надійності та ресурсу в 1,2-1,5 разів;

- зниження трудомісткості ремонту та технічного обслуговування;

- покращення питомих показників.

4.2 Технічні вимоги до конструкції удосконаленої лебідки

4.2.1 Склад виробу та вимоги до його конструктивної будови

Лебідка ШВБ повинна складатися з наступних частин:

- приводу (пневмодвигуна з редуктором);
- барабану;
- корпусу блоку барабану;
- гальмівних пристроїв;
- глушника;
- пульта керування;
- комплекту ЗІП.

Конструкція модернізованої лебідки має забезпечувати:

- стійкий запуск пристрою;
- плавне регулювання зусилля на барабані;
- надійність процесу гальмування;
- надійний спосіб кріплення канату та рукавів повітряної комунікації;
- надійний захист обслуговуючого персоналу від шуму.

Лебідка повинна поставлятися у зібраному вигляді. На робочому місці лебідку потрібно закріпити, під'єднати рукави повітряної комунікації та відрегулювати гальмівні пристрої.

В конструкції лебідки слід передбачити робоче (маневрове) та запобіжне гальмування на органі навивки з незалежними один від іншого вмиканнями, а також храповий зупинник.

Покриття зовнішніх і внутрішніх необроблених поверхонь лебідки та її складальних частин повинні відповідати VI класу за ДСТУ 9.032, група умов експлуатації В5 за ДСТУ 9.104. Підготовка поверхонь перед фарбуванням – за ДСТУ 9.402.

Конструкція лебідки має передбачати можливість зручної та швидкої заміни та взаємозамінності її складальних одиниць і деталей.

Габаритний об'єм лебідки – не більше 475 дм^3.

Лебідка повинна бути укомплектована запасними частинами та інструментом, достатніми для забезпечення її роботи протягом гарантійного терміну. Номенклатура та кількість запасних частин визначаються на стадії приймальних випробувань виробу.

4.2.2 Основні показники призначення та економного використання сировини, матеріалів, палива, енергії і трудових ресурсів

Основні показники призначення лебідки ШВБ приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні показники призначення лебідки ШВБ

Найменування показників	Позначення показників	Величини показників
Тягове зусилля на останньому шарі навивки, кН, не менше	P	25
Швидкість канату на останньому шарі навивки, м/с, не менше	v	0,34
Канатоємність барабану (діаметр канату $d_к$ = 15 мм), м, не менше	$L_к$	160
Встановлена потужність, кВт	N	10
Габаритні розміри, мм, не більше:		
довжина	L	930
ширина	B	660
висота	H	770

Показники економного використання сировини, матеріалів, палива, енергії і трудових ресурсів при виготовленні та експлуатації виробу повинні відповідати даним, приведеним в табл. 4.2.

4.2.3 Обгрунтування вимог до надійності установки

Показники надійності мають відповідати даним, приведеним в табл. 4.3.

Бал корозійної стійкості виробу – за ДСТУ 9.908. Він повинен бути не нижче 5.

Таблиця 4.2 – Показники економного використання сировини, матеріалів, палива, енергії і трудових ресурсів

Найменування показників	Позначення показників	Величини показників
Питома маса, кг/кН·м^2·год., не більше	$m_{\text{п}}$	0,069
Маса, кг, не більше	m	550
Коефіцієнт корисної дії*, не менше	η	0,85
Питома трудомісткість виготовлення, чол.·год.·с/кН·м^2	$T_{\text{п}}$	0,103

*Остаточне значення коефіцієнту корисної дії уточнюється в процесі розробки продукції та узгоджується до етапу приймальних випробувань

Таблиця 4.3 – Показники надійності лебідки ШВБ

Найменування показників	Позначення показників	Величини показників
Повний встановлений термін служби, років, не менше	$T_{\text{сл.в}}$	4,5
Повний середній термін служби, років, не менше	$T_{\text{сл}}$	6,0
Встановлене безвідмовне напрацювання, год., не менше	$T_{\text{вс}}$	170
Об’єднана питома оперативна трудомісткість технічних обслуговувань і поточних ремонтів, чол.·год./рік	S	45

Приведені в табл. 4.3 показники надійності пропонованої удосконаленої лебідки ШВБ можна обгрунтувати наступним чином:

- *повний середній термін служби*. Для конструкцій шахтних допоміжних лебідок типу ШВ він визначається досягненням граничного стану водила у зборі (палець сателіту). Критерієм граничного стану служить втомлю вальний знос, змяття поверхні осі водила редктора на розмір, що перевищує допустиме граничне відхилення діаметра посадки підшипника сателіта.

За результатами експлуатації лебідки ШВА встановлено, що середній термін служби водила у зборі складає 64 місяці [19]. Це відповідає 5,3-5,5 рокам експлуатації.

Для збільшення терміну служби водила при заданому режимі роботи до 6 років (див. табл. 4.3) пропонується зменшення питомого навантаження на палець та покращення його міцністних характеристик;

- *встановлений термін служби*. Він визначається виходячи з вимог [20]. Згідно з ними, рівень довіри для лебідок шахтних допоміжних можна прийняти 0,90. Враховуючи характер і вид руйнування, приймаємо нормальний закон розподілення терміну служби лебідок з коефіцієнтом варіації $V = 0{,}2$.

Використовуючи залежність середніх та індивідуальних значень [20] можна визначити наступне відношення:

$$\frac{T_{\text{сл.в}}}{T_{\text{сл}}} = 0{,}75.$$

Тоді встановлений термін служби дорівнюватиме:

$$T_{\text{сл.в}} = T_{\text{сл}} \cdot 0{,}75 = 6 \cdot 0{,}75 = 4{,}5 \text{ роки};$$

- *встановлене безвідмовне напрацювання*. Для визначення цього показника спочатку знаходимо середнє значення напрацювання на відмову.

Безвідмовність лебідок типу ШВ визначається напрацюваннями гальмівної стрічки, валу-шестірні, манжети, гвинта. Напрацювання серійних лебідок складає 220 годин.

Модернізацією передбачається збільшення напрацювань стрічки гальмівної, валу-шестірні, манжети, гвинта та барабану, які забезпечать напрацювання на відмову лебідки ШВБ 340 годин. Очікувані напрацювання елементів приведені в табл. 4.4.

Величину очікуваного напрацювання на відмову лебідки ШВБ можна визначити за формулою:

$$\sum_{i=1}^{n} \Phi\left(\frac{T_0 - T_{0i}}{\sigma_i}\right) \approx 0{,}5,$$

Таблиця 4.4 – Очікувані напрацювання елементів лебідки ШВБ

Найменування елементу	Напрацювання, год.	Коефіцієнт варіації	Середнє квадратичне відхилення, год.
Стрічка гальмівна	700	0,4	280
Вал-шестірня	950	0,6	570
Манжета	800	0,5	400
Гвинт	900	0,6	540
Барабан	1200	0,6	720

де $Ф$ – табульована функція Лапласу; $T_о$ – напрацювання на відмову лебідки; $T_{оі}$ – напрацювання елементів; $\sigma_і$ – середньоквадратичне відхилення напрацювань елементів.

Розрахунок виконувався машинним способом. За результатами розрахунку напрацювання на відмову лебідки ШВБ склало 331,5 години.

Встановлене безвідмовне напрацювання визначається через значення середнього напрацювання на відмову з урахуванням рівня довіри та закону розподілення [20].

Згідно джерела, рівень довіри γ для лебідок шахтних допоміжних можна прийняти 0,90.

За характером та видом руйнування приймає закон розподілення Вейбула з коефіцієнтом варіації 0,4. При цьому відношення встановленого безвідмовного напрацювання до середнього напрацювання на відмову дорівнює 0,5 [20].

Тоді становлене безвідмовне напрацювання лебідки $T_{вс}$ буде дорівнювати:

$$T_{вс} = 0{,}5T_о = 0{,}5 \cdot 340 = 170 \text{ год.};$$

- *об'єднана питома оперативна трудомісткість технічних обслуговувань і поточних ремонтів*.

В структурі ремонтного циклу лебідок типу ШВ [19], що склалася, кількість поточних ремонтів за термін служби дорівнює 72, а середніх – 8. Трудоміс-

ткість одного поточного ремонту складає 3 чол.·год., а середнього – 7 чол.·год. Загальна трудомісткість усіх поточних та середніх ремонтів складає:

$$\sum П_{тр} = 73 \cdot 3 + 8 \cdot 7 = 272 \text{ чол.·год.}$$

Трудомісткість технічних обслуговувань входить у трудомісткість поточних ремонтів.

Об'єднана питома оперативна трудомісткість $T_о$ і $T_р$ визначається за наступною формулою:

$$\frac{\sum П_{тр}}{T_{сл}} = \frac{272}{6} = 45 \text{ чол.·год./рік.}$$

4.2.4 Вимоги до технологічності та метрологічного забезпечення розробки, виробництва та експлуатації виробу

Під час розробки модернізованого виробу має бути застосований досвід заводу-виготовлювача лебідки ШВА-18000х0,25П та закордонних фірм, що випускають аналогічну продукцію, щодо використання матеріалів, передових технологічних процесів та метрологічного забезпечення з метою досягнення високої якості виготовлення продукції, зниження витрат металу та праці.

Конструктивні рішення складальних частин лебідки повинні забезпечувати мінімальне використання кількості марок металів, сортаменту та литих деталей.

Монтаж, технічне обслуговування та ремонт покупних виробів, що застосовуються в конструкції установки, потрібно проводити згідно з прикладеною до них нормативно-технічною документацією.

Остаточні вимоги до технологічності та метрологічного забезпечення виробництва і експлуатації лебідки уточнюються під час коректування робочої конструкторської документації за результатами приймальних випробувань виробу.

4.2.5 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації конструкції

Під час розробки конструкції лебідки має бути передбачено:

- використання уніфікованих деталей та вузлів з’єднання пневматичних комунікацій, ущільнень;

- використання стандартних деталей заводу-виготовлювача;

- застосування вузлів та деталей серійної лебідки ШВА-18000х0,25П: глушника, пульта керування, маневрового гальма;

- застосування покупного обладнання: пневмомотора, підшипників.

Коефіцієнт застосування такого обладнання повинен бути не менше 20%.

Остаточне значення показника рівня уніфікації уточнюється під час коректування робочої конструкторської документації за результатами приймальних випробувань дослідного зразка лебідки.

4.2.6 Вимоги безпеки та охорони навколишнього середовища

Конструкція лебідки ШВБ повинна відповідати вимогам «Правил безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом» [18] та «Правил безпеки у вугільних та сланцевих шахтах».

Конструкція лебідки повинна передбачати наявність звукового сигналу.

Рама установки має забезпечувати надійний спосіб кріплення лебідки у гірничій виробці.

Рівні звукової потужності в октавних смугах частот (дБ) не повинні перевищувати значень, вказаних в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Рівні звукової потужності пристрою

Середньогеометричні частоти октавних смуг, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівень звукового тиску, дБ	94	95	97	99	98	102	104	105

Корегований рівень звукової потужності не повинен перевищувати 103 дБА.

Середні квадратичні значення локальної віброшвидкості в октавних смугах

частот мають відповідати вимогам ДСТУ 12.1.012.

Ергономічні вимоги до органів керування лебідкою – за ДСТУ 12.2.106. Допускається величина зусилля на важелях керування не більше 40 Н. Останні в місцях постійного контакту з руками оператора повиння мати покриття з матеріалів, що характеризуються низькою теплопровідністю.

Загальні гігієнічні вимоги повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.2.106.

Вимоги щодо охорони навколишнього середовище до конструкції лебідки ШВБ не ставляться.

4.2.7 Естетичні та ергономічні вимоги до пристрою

Художньо-конструктивне рішення лебідки повинно відповідати вимогам, які ставляться до виробів вищої категорії якості, що працюють в підземних умовах експлуатації та задовольняти діючим «Ергономічним вимогам до робочих місць та засобів керування машинами і механізмами, що використовуються під час розробки рудних, нерудних та розсипних родовищ корисних копалин».

Кольорове рішення установки має відповідати її функціональному призначенню та умовам експлуатації виробу, а також вимогам ДСТУ 12.4.026.

Ергономічні показники – за ДСТУ 12.2.106.

4.2.8 Вимоги до складових частин продукції, сировини, вихідним та експлуатаційним матеріалам

Покупні складальні частини лебідки, вихідні матеріали та сировина, що використовуються для виготовлення машин, фарби та мастила мають забезпечувати можливість надійної експлуатації установки у шахтних умовах. Застосування гостродефіцитних металів повинно бути зведено до мінімуму.

Стиснене повітря, що підводиться до приводу лебідки, має бути підготовленим за допомогою автомасельнички для розпилення масла у повітрі.

4.2.9 Умови експлуатації (використання за призначенням)

За умовами експлуатації лебідка повинна мати кліматичне виконання «У» і

«Т», категорія розміщення 5 за ДСТУ 15150.

Група умов експлуатації виробів – В5 за ДСТУ 9.104. Значення температури навколишнього середовища мають бути в межах від 0 до +30 °С.

Гранично допустима концентрація пилу в рудниковій атмосфері – 4 мг/м^3, відносна вологість повітря – підвищена.

Режим роботи лебідки – постійний, однозмінний, тривалість зміни – 7 годин, кількість робочих днів у році – 305.

Конструкція лебідки має бути пристосована для спуску її в шахту та перевезення по виробкам у зібраному вигляді. Для цього потрібно передбачити спеціальні місця для стропування виробу тросами або вантажними гаками.

Конструктивне виконання лебідки – РН, відповідне умовам експлуатації установки в шахтах, небезпечних у відношеннф газу і пилу.

Лебідка обслуговується одним машиністом, який повинен мати відповідне посвідчення на право керування установкою.

4.2.10 Вимоги до технічного обслуговування та ремонту виробу

Конструкція виробу повинна забезпечувати доступ до його складових частин для огляду, технічного обслуговування та поточного ремонту.

Заходи технічного обслуговування лебідки мають здійснюється за графіком планово-попереджувальних ремонтів, які включають щоденний огляд та перевірку надійності гальмівних пристроїв, поточний та середній ремонти.

4.2.11 Вимоги до маркування та упаковки

Кожна лебідка повинна мати прикріплену на видному місці табличку за ДСТУ 12971, яка містить наступні дані:

- товарний знак або найменування підприємства-виготовлювача;
- найменування та позначення лебідки;
- порядковий номер за заводською нумерацією;
- рік і місяць випуску;
- позначення технічних умов на виріб;

- масу установки.

Маркування має бути нанесено способом, вказаним в конструкторській документації, який забезпечує чіткість та збереженість надписів протягом усього періоду експлуатації лебідки.

Лебідка, запасні частини до неї та приладдя повинні піддаватися консервації згідно з вимогами ДСТУ 9.014. Група виробу – 11-1, запчастин – 1-2, варіант тимчасового протикорозійного захисту – ВЗ-4, варіант внутрішньої упаковки – ВУ-1, термін захисту без повторної консервації для категорії умов зберігання і транспортування ОЖ – 18 місяців, запасних частин – 2 роки.

Запасні частини та інструмент мають бути запаковані згідно з вимогами ОСТ 24.070.39 в пакет, що закріплюється на лебідці. Захист виробів – КУ-0 за ДСТУ 23170.

Технічна документація та пакувальний лист мають бути загорнуті в пакет з пакувального двошарового паперу за ДСТУ 8828 та вкладені в пакет із запчастинами та інструментом.

4.3 Економічні вимоги

Під час експлуатації технічний виріб повинен давати корисну віддачу у вигляді виробництва тієї чи іншої продукції, яку можна оцінити в грошовому еквіваленті. Якщо ця віддача буде більшою за витрати на виготовлення, роботу та обслуговування машини, ми дістанемо певний прибуток, тобто економічний ефект. Чим більшим він буде, тим ефективнішим можна вважати процес експлуатації виробу.

Розрахунки економічного ефекту від заміни базової моделі (лебідки ШВА) на модернізовану (ШВБ) показують, що за рахунок розширення області використання пристрою, покращання його техніко-економічних показників, підвищення надійності та довговічності окремих деталей і вузлів конструкції можна отримати машину більш високого технічного рівня, яка забезпечить більш ефективне виконання операцій, для яких вона призначена, та суттєвий економічний ефект під час її промислового використання.

5 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНОГО ВИКОНАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ЛЕБІДКИ

5.1 Обгрунтування конструкції лебідки ШВБ

Можливий конструктивний варіант удосконаленої лебідки приведений на рис. 5.1.

В якості приводу лебідки використовується аксіально-поршневи й реверсивний пневмодвигун ДАР-14М. До складу мотору входять два напівблока корпусу, ротор з профільним диском, п’ять двосторонніх поршнів, кришки. Стиснене повітря, що подається в робочі камери двигуна, забезпечує зворотно-поступальні рухи поршнів, а від них – обертальний рух ротора. Двигун розрахований на використання у вибухонебезпечних умовах підземної експлуатації. На рис. 5.2 показаний зовнішній вигляд пневмомотору ДАР-14М та його основних саладових частин, а в табл. 5.1 приведені технічні характеристики пристрою.



Рисунок 5.2 – Зовнішній вигляд пневмомотору ДАР-14М
та його основних складових частин

Крутний момент від пневмодвигуна передається на замкнений диференційний редуктор лебідки. За рахунок майже удвічі меншої швидкості обертання вихідного валу пневмодвигуна ДАР-14М у порівнянні з мотором П9-12 лебідки ШВА редуктор установки ШВБ відрізняється суттєво меншим передатним чис-

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики пневмодвигуна ДАР-14М

Показники	Значення
Номінальний тиск повітря на вході в пневмомотор, МПа	0,5
Номінальна потужність, кВт	10,0
Номінальна частота обертання вихідного валу, хв.$^{-1}$ (с$^{-1}$)	400 (6,7)
Номінальна питома витрата повітря, м^3/хв.·кВт	1,24
Тиск рушання, МПа, не більше	0,08
Габаритні розміри (без вихлопного патрубку), мм, не більше	285х268х268
Маса, кг, не більше	50

лом (30,7 проти 59,2), що зменшує навантаження на його конструктивні елементи та сприяє підвищенню надійності пристрою.

В конструкції модернізованої лебідки відсутній проміжний вал, а запобіжне гальмо стрічково-колодкового типу, яке постачено важільною системою з приводом від пневмоциліндра, змонтовано на самому органі навивки – барабані. Це забезпечує виконання вимог діючих правил безпеки в гірничій промисловості та одночасно зменшує габаритні розміри пристрою.

Барабан лебідки ШВБ має більшу ємність для розміщення канату, що підвищує експлуатаційну ефективність установки.

5.2 Розрахунки приводу установки

5.2.1 Кінематичний розрахунок редуктора

На рис. 5.3 приведена кінематична схема редуктора лебідки ШВБ.

Передатне відношення замкненого диференційного редуктора визначаємо за допомогою наступної формули [21]:

$$u_{17} = 1 + \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}\left(\frac{z_7}{z_5} + 1\right) = 1 + \frac{31 \cdot 65}{27 \cdot 14}\left(\frac{64}{14} + 1\right) = 30{,}7.$$

Частота обертання валу *I*:

$$n_1 = 400 \text{ об/хв. } (\omega_1 = 41{,}86 \text{ рад/с}).$$

Частота обертання водила (барабану):

$$n_н = \frac{n_1}{u_{17}} = \frac{400}{30{,}7} = 13{,}03 \text{ об/хв. } (\omega_н = 1{,}36 \text{ рад/с}).$$

Частота обертання колеса $z_4 = 65$ (вал *III*):

$$n_3 = \frac{n_3}{u_{13}} = \frac{400}{5{,}33} = 75 \text{ об/хв. } (\omega_3 = 7{,}85 \text{ рад/с});$$

$$u_{13} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = \frac{31 \cdot 65}{27 \cdot 14} = 5{,}33.$$

Частота обертання колеса $z_5 = 14$:

$$n_3' = n_1 = 75 \text{ об/хв. } (\omega_3' = 7{,}85 \text{ рад/с}).$$

Частота обертання сателіту $z_2 = 31$:

$$n_2 = \frac{z_1}{z_2}(n_1 - n_н) + n_н = \frac{27}{31}(400 - 13{,}03) + 13{,}03 = 324 \text{ об/хв. } (\omega_2 = 33{,}9 \text{ рад/с}).$$

Частота обертання сателіту $z_6 = 25$:

$$n_6 = \frac{z_5}{z_6}(n_3 - n_н) + n_н = \frac{14}{25}(75 - 13{,}03) + 13{,}03 = 21{,}67 \text{ об/хв. } (\omega_6 = 2{,}27 \text{ рад/с}).$$

На рис. 5.4 показаний графік режиму роботи приводу лебідки ШВБ.

Число годин роботи редуктора – $T = 5000$ год. На графіку m_1 відповідає максимальному моменту двигуна $M_{1max} = 325$ Н·м.

$$m_2 = \sqrt[3{,}33]{\sum M_i^{3{,}33} t_i} = \sqrt[3{,}33]{1^{3{,}33} \cdot 0{,}002 + 0{,}67^{3{,}33} \cdot 0{,}998} = 0{,}67.$$

5.2.2 Визначення крутних моментів на валах приводу

Як було зауважено вище, пневмодвигун ДАР-14М розвиває потужність N = = 10 кВт при швидкості обертання вихідного валу n = 400 об/хв.

Величина номінального крутного моменту на валу двигуна (вал *I*) дорівнює:

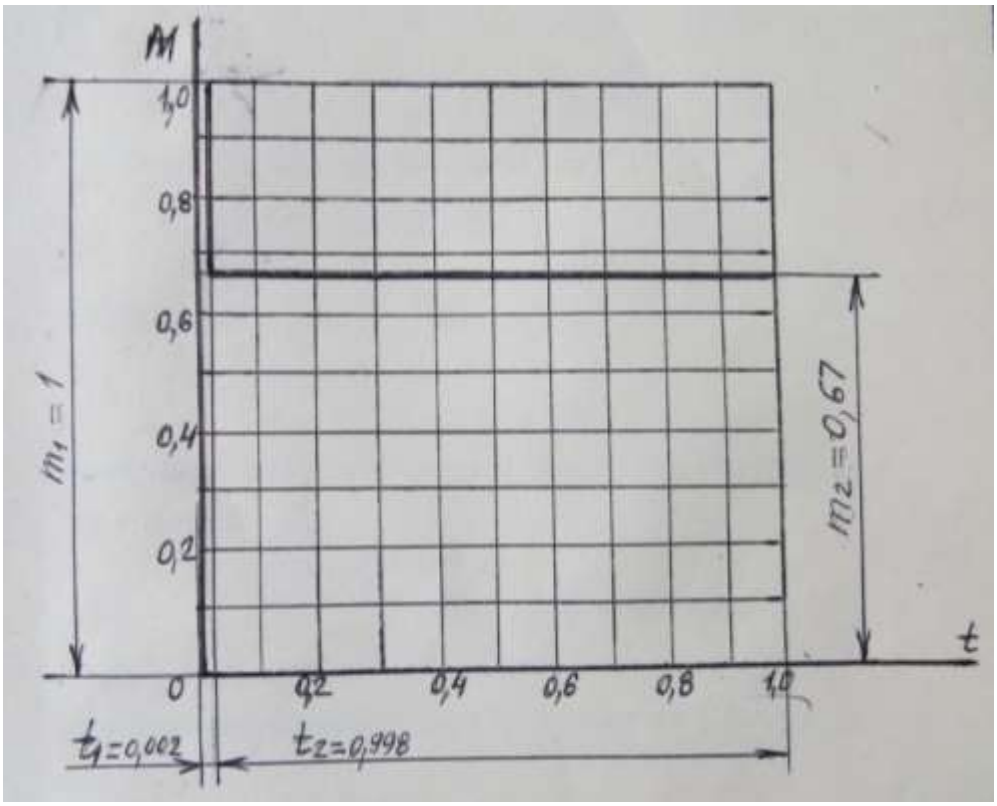


Рисунок 5.4 – Графік режиму роботи приводу лебідки ШВБ

$$M_{1н} = \frac{N \cdot 10^3}{\omega} = \frac{10 \cdot 10^3}{41{,}86} = 239 \text{ Н·м.}$$

Номінальний крутний момент на валу *II*:

$$M_{2н} = M_{1н} u_{12} \eta_{12} = 239 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}975 = 268 \text{ Н·м.}$$

Номінальний крутний момент на валу *III*:

$$M_{3н} = M_{1н} u_{14} \eta_{14} = 239 \cdot 5{,}33 \cdot 0{,}975^2 = 1211 \text{ Н·м.}$$

Номінальний крутний момент на колесі z_7 зачеплення $z_6 = 25$, $z_7 = 64$:

$$M_{7н} = M_{1н} u_{17} \eta_{17} = 239 \cdot 30{,}7 \cdot 0{,}95 = 6970 \text{ Н·м,}$$

де $\eta_{17} = 0{,}95$ – к.к.д. редуктора.

Номінальний крутний момент на колесі z_6 зачеплення $z_6 = 25$, $z_7 = 64$:

$$M_{6н} = \frac{M_{7н}}{u_{67} \eta_{67}} = \frac{6970}{2{,}56 \cdot 0{,}975} = 2792 \text{ Н·м.}$$

Максимальні крутні моменти:

$$M_{i\,max} = M_{i\,\text{н}} K_{\text{д}},$$

де $K_{\text{д}}$ = 1,35 – прийнятий коефіцієнт перевантаження двигуна.

Тоді маємо:

$$M_{1\,max} = 239 \cdot 1{,}35 = 323 \text{ Н·м};$$

$$M_{2\,max} = 268 \cdot 1{,}35 = 362 \text{ Н·м};$$

$$M_{3\,max} = 1211 \cdot 1{,}35 = 1635 \text{ Н·м};$$

$$M_{7\,max} = 6970 \cdot 1{,}35 = 9410 \text{ Н·м};$$

$$M_{6\,max} = 2792 \cdot 1{,}35 = 3770 \text{ Н·м}.$$

5.2.3 Геометричний та міцністний розрахунки зубчастих передач

Розрахунки зубчастих передач виконані за допомогою ЕОМ. Результати розрахунків приведені в табл. 5.2-5.5.

5.2.4 Розрахунок підшипників приводу

5.2.4.1 Визначення рекцій в опорах валів редуктора

Вал I. Розрахункова схема валу приведена на рис. 5.5.

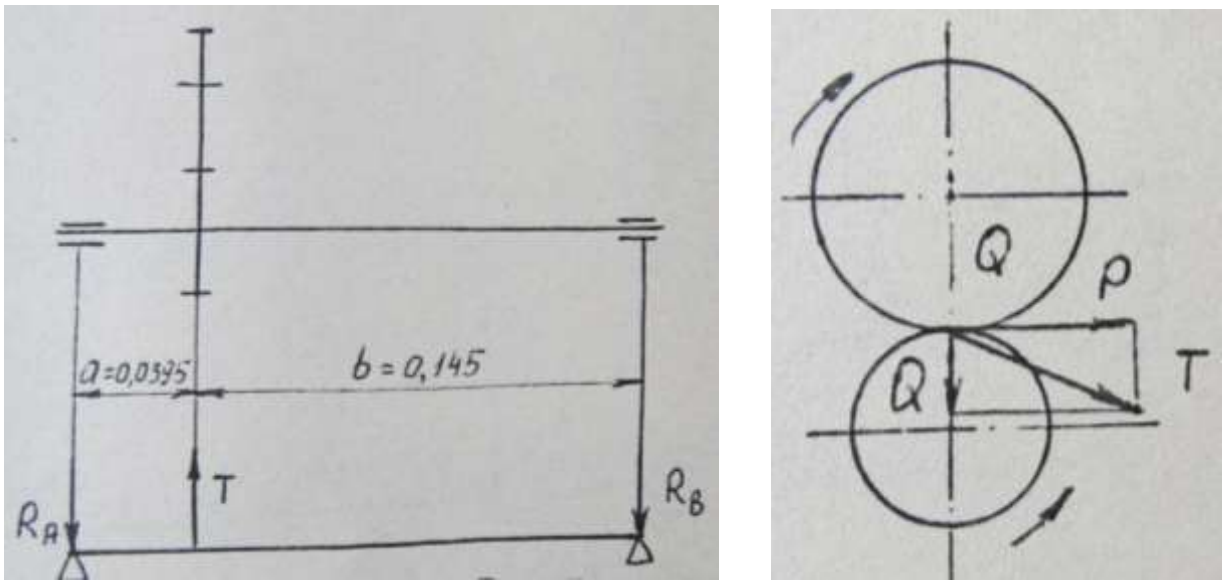


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема валу *I* (d_{W} = 96,828 мм; α_{W} = 23°29’37’’)

Таблиця 5.2 – Результати геометричного та міцністного розрахунків зубчастої передачі z_4-z_5

Найменування параметрів	Позначення	Шестірня	Колесо
1. Позначення на схемі рис. 5.3	-	4	5
2.Номер на кресленні	-	-	-
3. Число зубів	z	27	31
4. Модуль, мм	m	3,5	
5. Нормальний вихідний контур	-	ДСТУ 13755	
6. Ступінь точності	-	9-8-8 В	
7.Довжина загальної нормалі з відхиленнями, мм	W	$38{,}445^{-0{,}128}_{-0{,}228}$	$48{,}915^{-0{,}128}_{-0{,}228}$
8. Коефіцієнт зміщення	X	0,400	0,316
9. Міжосьова відстань, мм	a_{W}	104	
10. Кут нахилу	β	-	-
11. Діаметр вершин, мм	d_a	103,872	117,700
12. Початковий діаметр, мм	d_{W}	96,828	11,172
13. Діаметр западин, мм	d_{f}	88,550	102,379
14. Кут зачеплення	α_{W}	$23^{\mathrm{o}}29'37''$	
15. Коефіцієнт торцевого перекриття	ε_α	1,441	
16. Коефіцієнт осьового перекриття	ε_β	-	
17. Коефіцієнт перекриття	ε_γ	-	
18. Крок зачеплення, мм	p_α	10,332	
19. Висота зубу, мм	h	7,66	
20. Нормальна товщина зубу, мм	S_{n}	6,517	6,455
21.Ширина вінця, мм	b	50	45

Таблиця 5.3 – Результати геометричного та міцністного розрахунків зубчастої передачі z_9-z_{10}

Найменування параметрів	Позначення	Шестірня	Колесо
1. Позначення на схемі рис. 5.3	-	9	10
2.Номер на кресленні	-	-	-
3. Число зубів	z	14	65
4. Модуль, мм	m	4	
5. Нормальний вихідний контур	-	ДСТУ 13755	
6. Ступінь точності	-	9-8-8 В	
7.Довжина загальної нормалі з відхиленнями, мм	W	$31{,}674^{+0{,}128}_{+0{,}228}$	$106{,}8455^{+0{,}202}_{+0{,}322}$
8. Коефіцієнт зміщення	X	0,500	1,035
9. Міжосьова відстань, мм	a_W	104	
10. Кут нахилу	β	-	-
11. Діаметр вершин, мм	d_a	67,592	260,965
12. Початковий діаметр, мм	d_W	57,098	265,098
13. Діаметр западин, мм	d_f	50,000	277,458
14. Кут зачеплення	α_W	$22^o50'08''$	
15. Коефіцієнт торцевого перекриття	ε_α	1,331	
16. Коефіцієнт осьового перекрит-тя	ε_β	-	
17. Коефіцієнт перекриття	ε_γ	-	
18. Крок зачеплення, мм	p_α	11,809	
19. Висота зубу, мм	h	8,80	8,25
20. Нормальна товщина зубу, мм	S_n	7,739	3,270
21.Ширина вінця, мм	b	35	35

Таблиця 5.4 – Результати геометричного та міцністного розрахунків зубчастої передачі z_{12}-z_{13}

Найменування параметрів	Позначення	Шестірня	Колесо
1. Позначення на схемі рис. 5.3	-	12	13
2.Номер на кресленні	-	-	-
3. Число зубів	z	14	25
4. Модуль, мм	m	6	
5. Нормальний вихідний контур	-	ДСТУ 13755	
6. Ступінь точності	-	9-8-8 В	
7.Довжина загальної нормалі з відхиленнями, мм	W	$28{,}566^{-0{,}128}_{-0{,}228}$	$65{,}512^{-0{,}162}_{-0{,}282}$
8. Коефіцієнт зміщення	X	0,200	0,345
9. Міжосьова відстань, мм	a_{W}	120,002	
10. Кут нахилу	β	-	-
11. Діаметр вершин, мм	d_a	97,864	165,604
12. Початковий діаметр, мм	d_{W}	86,155	153,849
13. Діаметр западин, мм	d_{f}	71,400	139,140
14. Кут зачеплення	α_{W}	23°37’31’’	
15. Коефіцієнт торцевого перекриття	ε_α	1,372	
16. Коефіцієнт осьового перекриття	ε_β	-	
17. Коефіцієнт перекриття	ε_γ	-	
18. Крок зачеплення, мм	p_α	17,713	
19. Висота зубу, мм	h	13,23	
20. Нормальна товщина зубу, мм	S_{n}	10,298	10,932
21.Ширина вінця, мм	b	60	55

Таблиця 5.5 – Результати геометричного та міцністного розрахунків зубчастої передачі z_{13}-z_{14}

Найменування параметрів	Позначення	Шестірня	Колесо
1. Позначення на схемі рис. 5.3	-	13	14
2.Номер на кресленні	-	-	-
3. Число зубів	z	25	64
4. Модуль, мм	m	6	
5. Нормальний вихідний контур	-	ДСТУ 13755	
6. Ступінь точності	-	9-8-8 В	
7.Довжина загальної нормалі з відхиленнями, мм	W	$65{,}512^{+0{,}162}_{+0{,}282}$	$159{,}588^{+0{,}222}_{+0{,}342}$
8. Коефіцієнт зміщення	X	0,345	0,890
9. Міжосьова відстань, мм	a_{W}	120	
10. Кут нахилу	β	-	-
11. Діаметр вершин, мм	d_a	165,604	383,805
12. Початковий діаметр, мм	d_{W}	153,846	393,846
13. Діаметр западин, мм	d_{f}	139,140	408,739
14. Кут зачеплення	α_{W}	23°37’23’’	
15. Коефіцієнт торцевого перекриття	ε_{α}	1,477	
16. Коефіцієнт осьового перекриття	ε_{β}	-	
17. Коефіцієнт перекриття	ε_{γ}	-	
18. Крок зачеплення, мм	p_{α}	17,713	
19. Висота зубу, мм	h	13,23	12,47
20. Нормальна товщина зубу, мм	S_{n}	10,932	5,539
21.Ширина вінця, мм	b	50	50

$$T = \frac{2M_{1\,max}}{d_W \cos\alpha} = \frac{2\cdot 323}{0{,}097\cdot 0{,}917} = 7263 \text{ Н.}$$

Визначаємо опорні реакції:

$$R_A = \frac{Tb}{a+b} = \frac{7263\cdot 0{,}145}{0{,}0395+0{,}145} = 5708 \text{ Н;}$$

$$R_B = \frac{Ta}{a+b} = \frac{7263\cdot 0{,}0395}{0{,}0395+0{,}145} = 1555 \text{ Н.}$$

Вал II. Розрахункова схема валу приведена на рис. 5.6.

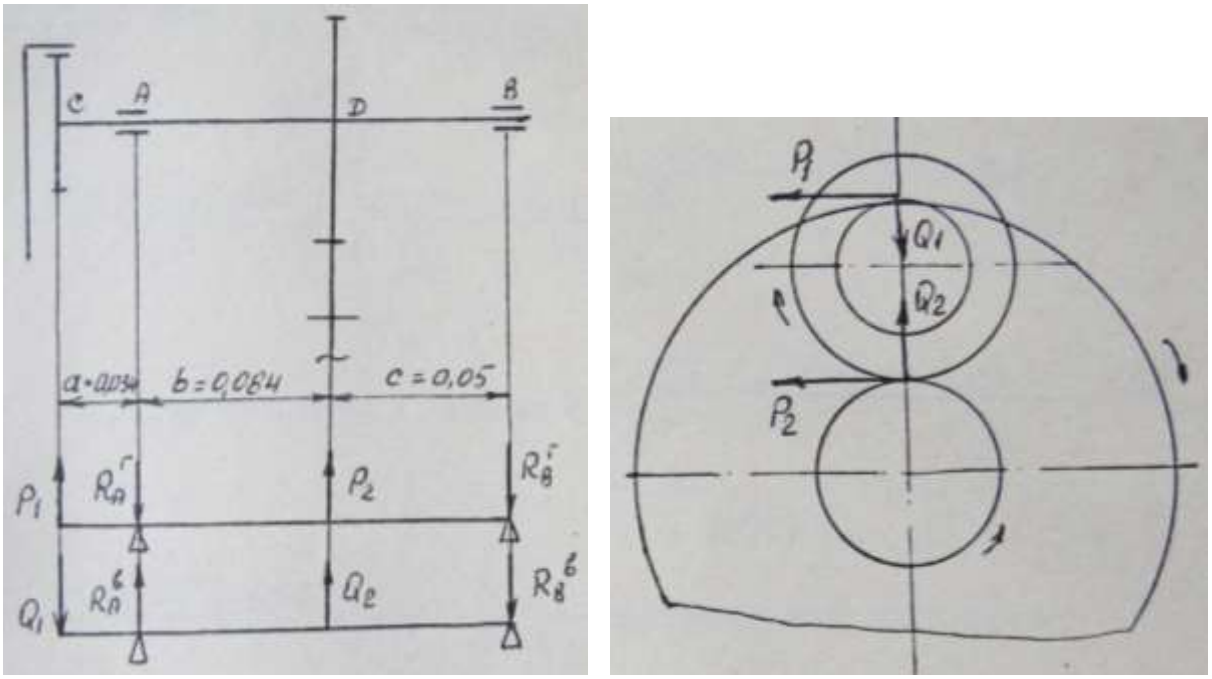


Рисунок 5.6 – Розрахункова схема валу *II*
(d_{W1} = 0,057 м; d_{W2} = 0,111 м; α_1 = 23°29’37’’; α_2 = 22°50’08’’)

$$P_1 = \frac{2M_{2\,max}}{d_{W1}} = \frac{2\cdot 362}{0{,}057} = 12702 \text{ Н;}$$

$$Q_1 = P_1 \tan\alpha_1 = 12702 \cdot 0{,}421 = 5348 \text{ Н.}$$

$$P_2 = \frac{2M_{2\,max}}{d_{W2}} = \frac{2\cdot 362}{0{,}111} = 6523 \text{ Н;}$$

$$Q_2 = P_2 \tan\alpha_2 = 6523 \cdot 0{,}435 = 2838 \text{ Н.}$$

Визначаємо опорні реакції в горизонтальній площині:

$$\sum M_A = P_1 a - P_2 b + R_B^{\Gamma}(b+c) = 0;$$

$$R_B^{\text{г}} = \frac{-P_1 a + P_2 b}{b+c} = \frac{-12702 \cdot 0{,}034 + 6523 \cdot 0{,}084}{0{,}084+0{,}05} = 866 \text{ Н}.$$

$$\sum M_B = P_2 c - R_A^{\text{г}}(b+c) + P_1(a+b+c) = 0;$$

$$R_A^{\text{г}} = \frac{P_2 c + P_1(a+b+c)}{b+c} = \frac{6523 \cdot 0{,}05 + 12702(0{,}034+0{,}084+0{,}05)}{0{,}084+0{,}05} = 18359 \text{ Н}.$$

Визначаємо опорні реакції у вертикальній площині:

$$\sum M_A = -Q_1 a - Q_2 b + R_B^{\text{в}}(b+c) = 0;$$

$$R_B^{\text{в}} = \frac{Q_1 a + Q_2 b}{b+c} = \frac{5348 \cdot 0{,}034 + 2838 \cdot 0{,}084}{0{,}084+0{,}05} = 3136 \text{ Н}.$$

$$\sum M_B = Q_2 c + R_A^{\text{в}}(b+c) - Q_1(a+b+c) = 0;$$

$$R_A^{\text{в}} = \frac{-Q_2 c + Q_1(a+b+c)}{b+c} = \frac{-2838 \cdot 0{,}05 + 5348(0{,}034+0{,}084+0{,}05)}{0{,}084+0{,}05} = 5646 \text{ Н}.$$

Сумарні опорні реакції:

$$R_A = \sqrt{(R_A^{\text{г}})^2 + (R_A^{\text{в}})^2} = \sqrt{18359^2 + 5646^2} = 19208 \text{ Н};$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^{\text{г}})^2 + (R_B^{\text{в}})^2} = \sqrt{866^2 + 3136^2} = 3253 \text{ Н}.$$

Вал III. Розрахункова схема валу приведена на рис. 5.7.

$$P_1 = \frac{2M_{3\,max}}{d_{W1}} = \frac{2 \cdot 1635}{0{,}265} = 12340 \text{ Н};$$

$$Q_1 = P_1 \, tan\, \alpha_{W1} = 12340 \cdot 0{,}437 = 5393 \text{ Н}.$$

$$P_2 = \frac{2M_{3\,max}}{d_{W2}} = \frac{2 \cdot 1635}{0{,}0862} = 37935 \text{ Н};$$

$$Q_2 = P_2 \, tan\, \alpha_2 = 37935 \cdot 0{,}437 = 16502 \text{ Н}.$$

Визначення реакцій на валу здійснювалося за допомогою ЕОМ. Розрахункова схема для цього приведена на рис. 5.8.

Вихідні дані для розрахунку:

$$P_1' = P_2 = 37935 \text{ Н};$$

$$P_2' = P_1 = 8520 \text{ Н};$$

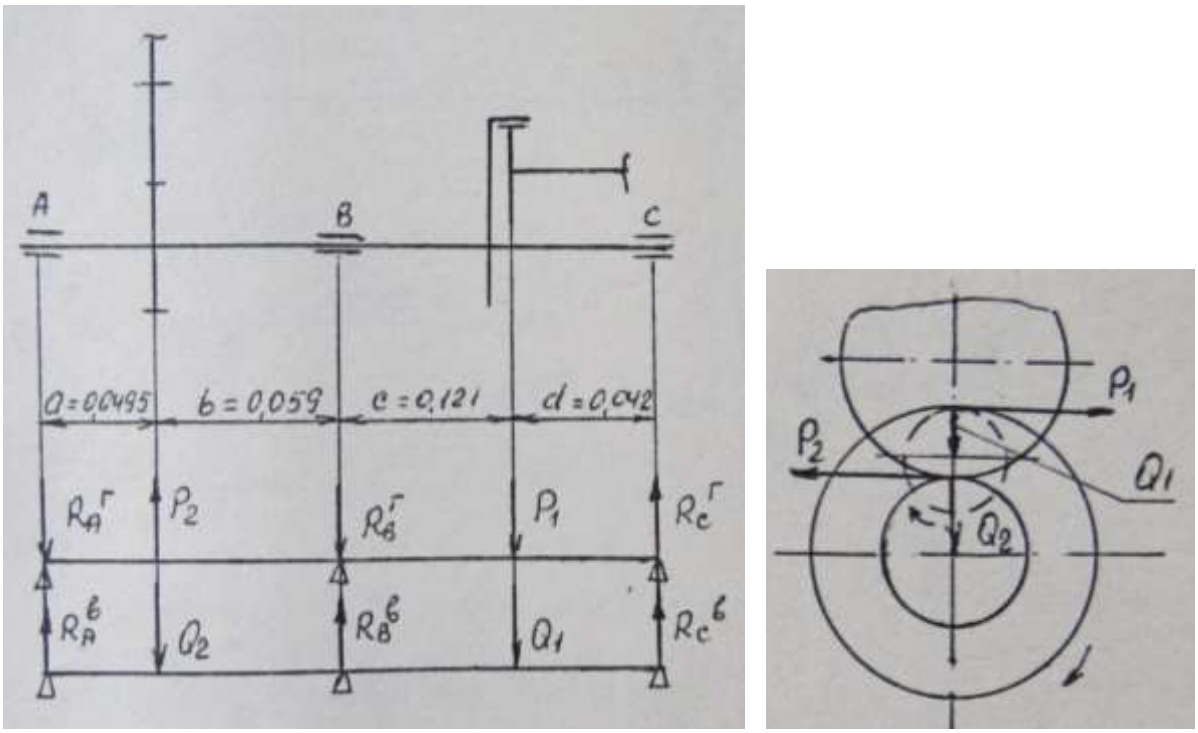


Рисунок 5.7 – Розрахункова схема валу *III*
(d_{W1} = 0,265 м; d_{W2} = 0,0862 м; α_{W1} = 23°37’23’’; α_{W2} = 23°37’31’’)

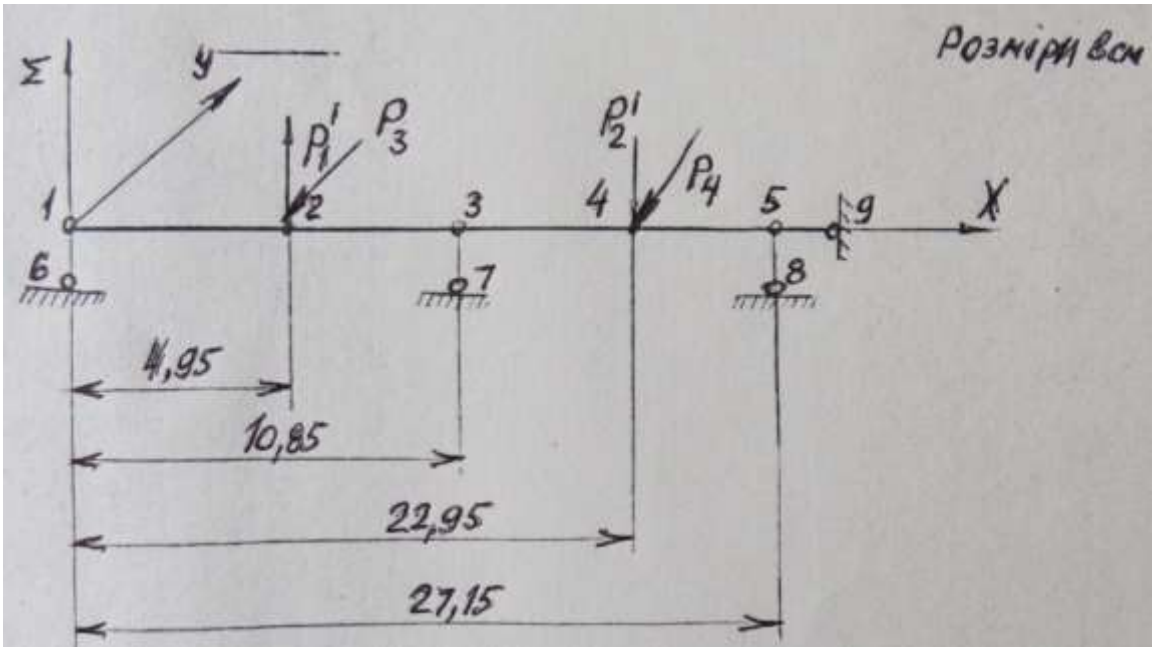


Рисунок 5.8 – Розрахункова схема для визначення реакцій за допомогою ЕОМ

$$P_3 = Q_2 = 16502 \text{ Н};$$

$$P_4 = Q_1 = 3723 \text{ Н}.$$

Еквівалентний діаметр валу дорівнює 75 мм.

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 7{,}5^2}{4} = 44{,}2 \text{ см}^2;$$

$$I_x = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3{,}14 \cdot 7{,}5^4}{32} = 310{,}4 \text{ см}^4;$$

$$I_y = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3{,}14 \cdot 7{,}5^4}{64} = 155{,}2 \text{ см}^4.$$

В результаті обчислень отримані наступні величини опорних реакцій:

$$R_A^{\text{г}} = 16900 \text{ Н}; \quad R_A^{\text{в}} = 8500 \text{ Н};$$

$$R_B^{\text{г}} = 26700 \text{ Н}; \quad R_B^{\text{в}} = 7000 \text{ Н};$$

$$R_C^{\text{г}} = 6700 \text{ Н}; \quad R_C^{\text{в}} = 4300 \text{ Н}.$$

А сумарні опорні реакції дорівнюють:

$$R_A = \sqrt{(R_A^{\text{г}})^2 + (R_A^{\text{в}})^2} = \sqrt{16900^2 + 8500^2} = 18917 \text{ Н};$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^{\text{г}})^2 + (R_B^{\text{в}})^2} = \sqrt{26700^2 + 7000^2} = 27600 \text{ Н};$$

$$R_C = \sqrt{(R_C^{\text{г}})^2 + (R_C^{\text{в}})^2} = \sqrt{6700^2 + 4300^2} = 7960 \text{ Н}.$$

5.2.4.2 Розрахунок навантажень та довговічності підшипників

Підшипники валу I.

На валу *I* встановлені наступні підшипники:

- в опорі *A* – кульковий радіальний однорядний № 306 (C = 28100 Н, C_0 = 14600 Н [22]);

- в опорі *B* – роликовий радіальний сферичний дворядний № 3616 (C_2 = 325000 Н, C_0 = 227000 Н [22]).

На підшипник в опорі *A* діє радіальне навантаження:

$$F_{r1} = R_A m_e = 5708 \cdot 0{,}67 = 3824 \text{ Н},$$

де $m_e = 0{,}67$ – коефіцієнт еквівалентного навантаження (див. вище); R_A = 5708Н (див. вище).

На підшипник в опорі *B* діє радіальне навантаження:

$$F_{r2} = R_B m_e = 1555 \cdot 0{,}67 = 1042 \text{ Н}.$$

Еквівалентне навантаження для підшипників визначаємо за допомогою наступної формули:

$$P_i = F_{ri} V k_\delta k_т;$$

$$P_1 = 3824 \cdot 1 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 5736 \text{ Н};$$

$$P_2 = 1042 \cdot 1 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 1563 \text{ Н},$$

де V = 1 – коефіцієнт обертання; k_δ = 1,5 – коефіцієнт безпеки; $k_т$ = 1 – температурний коефіцієнт [21].

Довговічність підшипників:

$$L_1 = \alpha_{23} \left(\frac{C}{P_1}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60n} = 1{,}0 \left(\frac{281000}{5736}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 400} = 4900 \text{ год.};$$

$$L_2 = \alpha_{23} \left(\frac{C_2}{P_2}\right)^{3{,}33} \cdot \frac{10^6}{60n} = 0{,}8 \left(\frac{325000}{1563}\right)^{3{,}33} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 400} = 17440 \text{ год.},$$

де α_{23} – коефіцієнт, що враховує якість металу та умови експлуатації [Под].

Підшипники валу II.

На валу *II* встановлені наступні підшипники:

- в опорі *A* – роликовий радіальний сферичний дворядний № 3608 (C = 95000 Н, C_0 = 64900 Н [22]);

- в опорі *B* – кульковий радіальний однорядний № 306 (C = 28100 Н, C_0 = 14600 Н [22]).

На підшипник в опорі *A* діє радіальне навантаження:

$$F_{r1} = R_A m = 19208 \cdot 0{,}67 = 12670 \text{ Н}.$$

На підшипник в опорі *B* діє радіальне навантаження:

$$F_{r2} = R_B m = 3253 \cdot 0{,}67 = 2180 \text{ Н}.$$

Еквівалентне навантаження для підшипників:

$$P_1 = 12670 \cdot 1 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 19005 \text{ Н};$$

$$P_2 = 2180 \cdot 1 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 3270 \text{ Н}.$$

Довговічність підшипників визначаємо аналогічно попередньому випадку:

$$L_1 = 0{,}8\left(\frac{95000}{19005}\right)^{3{,}33} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 283} = 10008 \text{ год.},$$

$$L_2 = 0{,}8\left(\frac{28100}{3270}\right)^{3} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 283} = 29897 \text{ год.}$$

Підшипники валу III.

На валу *III* встановлені наступні підшипники:

- в опорі *A* – роликовий радіальний сферичний дворядний № 3608 (*C* = 95000 Н, C_0 = 64900 Н [22]);

- в опорі *B* – роликовий радіальний сферичний дворядний № 3616 (*C* = 325000 Н, C_0 = 227000 Н [22]);

- в опорі *C* – роликовий радіальний сферичний дворядний № 3608 (*C* = 95000 Н, C_0 = 64900 Н [22]).

На підшипник в опорі *A* діє радіальне навантаження:

$$F_{r1} = R_A m_e = 18917 \cdot 0{,}67 = 12674 \text{ Н},$$

де R_A = 18917 Н (див. вище).

На підшипник в опорі *B* діє радіальне навантаження:

$$F_{r2} = R_B m_e = 27600 \cdot 0{,}67 = 18492 \text{ Н},$$

де R_A = 27600 Н (див. вище).

На підшипник в опорі *C* діє радіальне навантаження:

$$F_{r3} = R_C m_e = 7961 \cdot 0{,}67 = 5334 \text{ Н},$$

де R_A = 7961 Н (див. вище).

Еквівалентне навантаження для підшипників:

$$P_1 = 12674 \cdot 1 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 19011 \text{ Н};$$

$$P_2 = 18492 \cdot 1 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 27738 \text{ Н};$$

$$P_3 = 5334 \cdot 1 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 8000 \text{ Н}.$$

Довговічність підшипників:

$$L_1 = 0{,}8\left(\frac{95000}{19011}\right)^{3{,}33} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 75} = 37723 \text{ год.},$$

$$L_2 = 0{,}8\left(\frac{325000}{27738}\right)^{3{,}33} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 75} = 644182 \text{ год.},$$

$$L_1 = 0{,}8\left(\frac{95000}{8000}\right)^{3{,}33} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 75} = 673608 \text{ год.}$$

Проведені розрахунки дозволяють зробити висновок про достатню міцність основних елементів удосконаленої лебідки ШВБ.

5.3 Оцінка очікуваного технічного рівня удосконаленої лебідки

Для оцінки технічного рівня конструкції можна використати метод порівняльного аналізу показників її призначення та надійності з іншою конструкцією аналогічного призначення (базовою).

Метод порівняльного аналізу технічного рівня та якості техніки може застосовуватися у двох можливих варіантах – диференційному та комплексному [6]. Перший полягає у простому порівнянні однойменних показників двох конструкцій (нової і базової). Якщо усі показники нової конструкції виявляються кращими за показники базової, можна гарантувати, що технічний рівень нової машини вище, ніж базової.

Але така ситуація трапляється досить рідко. Зазвичай деякі показники кращі у нової машини, а деякі – у базової. Навіть якщо лише один з них буде кращим у базової установки, ми вже не зможемо одностайно віддати перевагу новій, адже цей показник може бути настільки важливим для ефективності роботи пристрою, що переважить усі інші.

В таких випадках застосовують комплексний метод, який враховує вагомість (важливість) показників, що розглядаються. Рішення щодо вагомості того

чи іншого показника приймається самими експертами, що здійснюють цей порівняльний аналіз.

Комплексний порівняльний аналіз виконується наступним чином.

Спочатку збираються усі доступні дані щодо показників призначення, надійності, економного використання ресурсів та інші тих машин, які ми хочемо порівняти. Чим більше буде цих показників, тобто, чим більш ґрунтовну інформацію про машини ми зможемо отримати, тим достовірнішим буде результат порівняльного аналізу.

Потім, як й у випадку диференційного варіанту методу, здійснюється порівняння однойменних показників машин з розрахунком коефіцієнтів q_i, які визначаються діленням одного показника на інший. Якщо даний показник однаковий у нової та базової конструкції (тобто, не змінився), то коефіцієнт дорівнюватиме одиниці. Якщо ж вони різні, ділити потрібно наступним чином. У випадку, коли показник нової машини покращився у порівнянні з базовою, потрібно ділити більшу величину на меншу, щоб в результаті отримати коефіцієнт більше одиниці. Якщо ж погіршився, їслід ділити меншу величину на більшу, щоб отримати коефіцієнт менше одиниці. Таким чином можна визначити коефіцієнти q_i для усіх пар однойменних показників.

Далі для кожного показника виходячи з аналізу його важливості для результатів експлуатації машини призначається коефіцієнт вагомості m_i. Головна вимога: сума усіх коефіцієнтів m_i повинна дорівнювати одиниці.

Нарешті, підраховується значення підсумкового параметру Q за допомогою наступної формули:

$$Q = \sum q_i m_i = q_1 m_1 + q_2 m_2 + q_3 m_3 + \cdots q_i m_i.$$

Якщо значення параметру Q буде більше 1,03, ми можемо стверджувати, що технічний рівень нової конструкції вище, ніж у базової.

Скористаймося комплексним методом порівняльного аналізу технічного рівня та якості машин для оцінки удосконаленої конструкції лебідки ШВБ. В якості базової конструкції візьмемо лебідку ШВА (ШВА-18000х0,25П).

В табл. 5.6 приведені зібрані дані обох конструкцій лебідок, визначені коефіцієнти q_i, вибрані коефіцієнти m_i та розрахований параметр Q для обгрунтування технічного рівня модернізованої конструкції ШВБ.

Таблиця 5.6 – Порівняльний аналіз технічного рівня та якості конструкцій лебідок ШВБ і ШВА

Показники	ШВБ	ШВА	q_i	m_i
1 Показники призначення				
1.1 Тягове зусилля на останньому шарі навивки канату на барабані, кН	25	23,5	1,064	0,1
1.2 Швидкість канату на останньому шарі навивки канату на барабані, м/с	0,34	0,328	1,037	0,1
1.3 Середня швидкість канату, м/с	0,27	0,25	1,080	0,05
1.4 Канатоємність барабану (при діаметрі канату 15 мм), м	160	153	1,046	0,1
1.5 Встановлена потужність, кВт	10	9	1,111	0,05
2 Показники надійності				
2.1 Повний встановлений термін служби, років	4,5	4,2	1,071	0,05
2.2 Повний середній термін служби, років	6,0	5,5	1,091	0,05
2.3 Повний річний ресурс, год.	1920	1837	1,045	0,05
2.4 Встановлене безвідмовне напрацювання, год.	170	110	1,545	0,05
3 Показники економного використання матеріалів та енергії				
3.1 Питома маса, кг·с/кН·м^3·год.	0,069	0,114	1,652	0,05
3.2 Питома витрата повітря, м^3·год./кВт	74	68	0,919	0,05
3.3 Коефіцієнт корисної дії	0,85	0,85	1,0	0,05
4 Ергономічні показники				
4.1 Корегований рівень звукової потужності, дБА	103	103	1,0	0,03
5 Показники транспортабельності				
5.1 Ширина, мм	660	660	1,0	0,03
5.2 Висота, мм	770	668	0,868	0,03
5.3 Довжина, мм	930	1040	1,118	0,03
5.4 Маса, кг	550	575	1,045	0,03

Продовження таблиці 5.6

6 Патентно-правові показники				
6.1 Показник патентної чистоти	1,0	1,0	1,0	0,05
6.2 Показник патентного захисту	0,2	0,2	1,0	0,05

$$Q = q_{1.1}m_{1.1} + q_{1.2}m_{1.2} + q_{1.3}m_{1.3} + q_{1.4}m_{1.4} + q_{1.5}m_{1.5} + q_{2.1}m_{2.1} + q_{2.2}m_{2.2} + q_{2.3}m_{2.3} +$$
$$+ q_{2.4}m_{2.4} + q_{3.1}m_{3.1} + q_{3.2}m_{3.2} + q_{3.3}m_{3.3} + q_{4.1}m_{4.1} + q_{5.1}m_{5.1} + q_{5.2}m_{5.2} + q_{5.3}m_{5.3} +$$
$$+ q_{5.4}m_{5.4} + q_{6.1}m_{6.1} + q_{6.2}m_{6.2} =$$
$$= 1{,}064 \cdot 0{,}1 + 1{,}037 \cdot 0{,}1 + 1{,}080 \cdot 0{,}05 + 1{,}046 \cdot 0{,}1 + 1{,}111 \cdot 0{,}05 + 1{,}071 \cdot 0{,}05 +$$
$$+ 1{,}091 \cdot 0{,}05 + 1{,}045 \cdot 0{,}05 + 1{,}545 \cdot 0{,}05 + 1{,}652 \cdot 0{,}05 + 0{,}919 \cdot 0{,}05 + 1{,}0 \cdot 0{,}05 +$$
$$+ 1{,}0 \cdot 0{,}03 + 1{,}0 \cdot 0{,}03 + 0{,}868 \cdot 0{,}03 + 1{,}118 \cdot 0{,}03 + 1{,}045 \cdot 0{,}03 + 1{,}0 \cdot 0{,}05 + 1{,}0 \cdot 0{,}05 =$$
$$= 1{,}095 > 1{,}03$$

Отриманий результат свідчить про суттєво вищій технічний рівень модернізованої лебідки ШВБ у порівнянні з базовою конструкцією ШВА-18000х0,25П.

Головними перевагами лебідки ШВБ у порівнянні з попередньою конструкцією ШВА можна визнати наступні:

- використання пневмодвигуна ДАР-14М замість моделі П9-12 дало можливість дещо підвищити потужність приводу з одночасним зменшенням його габаритів, що позитивно позначилося на питомих показниках як самого приводу, так і установки в цілому;

- запобіжне гальмо лебідки перенесено зі шківа проміжного валу установки безпосередньо на канатний барабан, як того вимагають діючі правила безпеки;

- удосконалена конструкція лебідки придатна для промислового використання в умовах підземних рудників, небезпечних у відношенні газу і пилу;

- конструкція має підвищені значення тягового зусилля (на 6%), швидкості руху канату (на 3,6%) та канатоємності барабану (на 4,5%);

- лебідка забезпечує підвищені на 20-50% показники надійності та довговічності;

- раціональна конструкція пристрою відрізняється зниженими величинами трудомісткості процесів технічного обслуговування та ремонту.

6 ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХОДІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБУ

6.1 Загальні зауваження

Від моменту прийняття рішення про створення нового технічного об’єкту і аж до списання та утилізації виробу його життєвий цикл складається з низки етапів, під час яких формується, забезпечується та підтримується рівень якості машини. Протягом цього циклу технічний об’єкт може транспортуватися із заводу-виготовлювача до підприємства-споживача, тимчасово зберігатися на складі в очікуванні експлуатації, монтуватися і налаштовуватися на місці майбутньої роботи, використовуватися за призначенням і випускати ту чи іншу продукцію, піддаватися заходам підтримки працездатного стану шляхом технічного обслуговування і ремонту.

На жаль, експлуатація будь-якого механізму завжди представляє собою процес поступового зносу його деталей і вузлів під впливом робочих навантажень та навколишнього середовища. Дії цих чинників неухильно погіршують технічний стан конструкції і рано чи пізно стають причинами її відмов і виходу з ладу.

Гірниче обладнання знаходиться з цієї точки зору в найважчих серед практично усього розмаїття машинобудівної продукції умовах. Машини для видобутку і переробки мінеральної сировини працюють в безпосередньому контакті з міцними високоабразивними гірськими породами, сприймають значні і часто аварійні навантаження, потерпають від негативного впливу хімічної та електрохімічної корозії, агресивних речовин, надмірно високих і низьких температур. Усі ці шкідливі фактори досить швидко призводять до порушення нормальних режимів роботи устаткування і, як наслідок, до втрати його працездатності.

Відмови обладнання самі по собі вимагають суттєвих витрат робочого часу, матеріалів, енергії і в підсумку коштів на їхнє усунення, але, крім того, супроводжуються значними збитками для виробництва, адже машини під час ремонту знаходяться у простої і не випускають продукцію.

Найважливішою задачею будь-якого механізованого підприємства, в тому числі гірничого, є постійна підтримка свого обладнання у працездатному стані. Більш надійна техніка створює з цієї точки зору менше проблем, але не існує абсолютно надійних машин. Подібні проблеми виникають завжди, хоч і з різною інтенсивністю.

Для забезпечення і підтримки постійної готовності техніки потрібно розробляти та впроваджувати раціональні, науково-обгрунтовані та високоефективні режими її експлуатації, рекомендовані технічною документацією на неї, відповідною науково-технічною літературою [23-25] та правилами безпеки [18].

Про деякі аспекти організації процесу експлуатації лебідок типу ШВ і піде мова в цьому розділі роботи.

6.2 Основні правила транспортування та зберігання лебідки

Умови зберігання та транспортування виробу – за категорією 7 (ОЖ1) ДСТУ 15150.

Транспортування лебідок типу ШВ допускається будь-яким видом транспорту за умови захисту виробів від впливу атмосферних опадів.

Зберігання лебідок повинно здійснюватися під навісом. Гарантійний термін зберігання – 1 рік. У разі зберігання лебідки довше терміну гарантії, а також при порушеннях режиму зберігання, потрапляння вологи та ушкодження захисних покрить необхідно провести повторну консервацію установки та відновлення захисних покрить.

Після закінчення операцій транспортування і зберігання лебідку потрібно розконсервувати за ДСТУ 9.014 та випробувати.

6.3 Монтаж, налаштування та випробування машини

Спуск лебідки в шахту та доставка до робочого місця здійснюється у вагонетці або на рейковому візку, які заштовхуються у кліть, а потім транспортують-

ся за допомогою електровозу.

Під час підготовки місця установки лебідки потрібно передбачити та забезпечити можливість вільного підходу до неї для зручного керування та обслуговування. Необхідно також прослідкувати, щоб майбутня траса руху тягового канату не перетинала існуючи шляхи пересування людей та транспорту.

Місце монтажу має добре освітлюватися та провітрюватися.

Лебідку необхідно встановлювати на міцній горизонтальній підставі. Це може бути бетонний чи залізобетонний фундамент, металева рама, скельний грунт, кріплення виробки. У будь-якому випадку лебідка кріпиться до цієї підстави за допомогою анкерних болтів, кількість та діаметри яких розраховуються для забезпечення надійності закріплення пристрою, здатного витримати статичні та динамічні навантаження, що виникають під час його роботи, з достатнім запасом міцності (не менше 6).

Важливо точно зорієнтувати лебідку відносно напрямку руху канату для за безпечення правильного його намотування на барабан. Для цього можна використовувати спеціальні напрямні блоки. Перекосів канату не повинно бути, адже вони можуть порушити коректну роботу автоматичного гальма. Сам канат потрібно надійно закріпити на барабані лебідки у спеціально передбаченому для цього місці за допомогою клинового механізму. При цьому слід пам’ятати, що довжина канату має бути достатньою для того, щоб при повністю розмотаному робочому кінці на барабані залишалося не менше п’яти витків канату.

Для живлення лебідки стисненим повітрям потрібно підвести до неї від шахтної магістралі з тиском 0,5-0,6 МПа комунікацію з необхідною запірною арматурою, фільтром для відділення вологи та лубрикатором (розпилювачем масла) для безупинного змащення пневмодвигуна.

Після закінчення монтажних операцій потрібно провести пусконалагоджувальні роботи та випробування установки. Для цього спочатку перевіряють герметичність усіх з’єднань пневматичної системи, надійність болтових кріплень та правильність роботи усіх механізмів на холостому ходу. Потім проводять випробування лебідки під навантаженням для підтвердження працездатності гальмів-

ної системи установки та відповідності її тягових характеристик заявленим паспортним даним.

6.4 Порядок роботи лебідки

До роботи з лебідкою допускаються виключно особи, що пройшли курс необхідного навчання та отримали відповідне посвідчення на право керування установкою. Порядок роботи на ній має бути узгоджений з діючою інструкцією з експлуатації та правилами безпеки під час виконання підземних технологічних операцій [18].

Перед початком роботи машиніст лебідки зобов'язаний провести огляд установки (щозмінне обслуговування) під час якого потрібно:

- перевірити надійність кріплення лебідки до підстави;

- перевірити стан канату по усій довжині та правильність його намотування на барабан. Не допускається експлуатація канату, що має ознаки критичного зносу, наприклад, заломлення чи обриви дроту;

- перевірити роботу гальм. Усі вони повинні надійно утримувати вантаж розрахункової величини;

- оглянути та перевірити стан пневмосистеми. Не повинно бути витоків повітря, а лубрикатор має бути заповнений маслом та справно працювати.

Керування лебідкою здійснюється за допомогою рукояток подачі стисненого повітря у пневмодвигун для контролю напрямку та швидкості руху вантажу.

Перед тим, як почати підйом або підтягування того чи іншого вантажу, потрібно переконатися у його надійному зачалюванні та у відсутності перешкод на шляху його переміщення. Потім необхідно відкрити подачу повітря і почати рух у потрібному напрямку. Дуже важливо при цьому постійно контролювати процес намотування канату на барабан, не допускаючи його перекосів та неправильного накладання верхнього шару на нижній. Переміщення вантажу повинно відбуватися плавно, без ривків.

Для зупинки вантажу рукоятку керування потрібно перевести у нейтральне положення. При цьому автоматичне гальмо повинне спрацювати та надійно зафіксувати вантаж. В разі тривалої зупинки або організаційних перерв у роботі необхідно увімкнути ручне (стоянкове) гальмо.

Після досягнення кінцевої точки переміщення вантажу його потрібно опустити на потрібне місце, перекрити подачу повітря за допомогою запірної арматури та звільнити вантаж від тягового канату.

В процесі усіх операцій з вантажем украй необхідно суворо дотримуватисі правил техніки безпеки, зокрема:

- не знаходитися у небезпечній зоні (під піднятим вантажем, у площині руху канату);

- працювати з ушкодженим канатом або несправними гальмами;

- залишати без нагляду увімкнений механізм.

Після закінчення роботи слід очистити лебідку від бруду.

6.5 Технічне обслуговування лебідок

6.5.1 Періодичність технічного обслуговування

Окрім згаданого вище обов'язкового щозмінного огляду лебідки для забезпечення її надійної та безперебійної роботи потрібно регулярно проводити наступні заходи технічного обслуговування та ремонту, необхідність, перелік та періодичність яких обґрунтовується та встановлюється на кожному конкретному виробництві:

- технічні обслуговування ТО-1 (виконуються кожні 1-2 тижні), ТО-2 (виконуються кожні 1-3 місяці), які включають операції детального огляду вузлів лебідки з розбиранням та очищенням усіх основних механізмів, перевірки ступенів зносу відповідальних деталей (шестірень, підшипників, фрикційних накладок гальм тощо), повної або часткової заміни мастильних матеріалів в редукторі та інших закритих вузлах згідно з рекомендаціями виробників, регулюванням натягу гальмівних стрічок, налаштування величини тиску повітря в пневматичній си-

стемі, проведення контрольних випробувань під навантаженням після виконання усіх цих операцій;

- технічне обслуговування ТО-3 (середній ремонт), яке в залежності від режиму роботи лебідки та місцевих правил експлуатації техніки може проводитися один чи два рази на рік. Воно передбачає повне розбирання установки, дефектацію усіх її вузлів і деталей (наприклад, контроль рами з метою виявлення можливих тріщин, деформацій та корозії), заміну мастила в редукторі та зношених деталей (підшипників, ущільнень, фрикційних накладок гальм). Результати діагностування обладнання оформлюються інженерно-технічними працівниками, які беруть участь в цьому експертному обслідування, у вигляді відповідних актів та протоколів;

- капітальний ремонт (за необхідності) з повним відновленням усіх робочих характеристик установки згідно із заводськими параметрами.

Усі без виключення роботи з технічного обслуговування і ремонту лебідки повинні виконуватися за умови повного відключення подачі стисненого повітря та суворого дотримання необхідних правил безпеки праці.

6.5.2 Діагностика несправностей та дефектація деталей

В табл. 6.1 приведені типові можливі несправності конструкції лебідки, що викликають її відмови та потребують негайного усунення.

Для з’ясування причин виходу виробу з ладу його відключають від магістралі стисненого повітря, потрібний вузол демонтують, вилучають з нього усі деталі і промивають їх у миючому розчині або у гасі.

Після виявлення місця та причин відмови проводять дефектацію зношених або ушкоджених деталей та приймають рішення щодо їхнього подальшого використання (відновлювального ремонту або утилізації із заміною новими). На цьому етапі потрібно звертати особливу увагу на:

- можливу наявність тріщин, сколів, викришування металу зубів шестірень або елементів підшипників. Значний знос деталей вимагає їхньої заміни;

- характер обертання підшипників. В разі заїдань, люфтів або шуму підши-

Таблиця 6.1 – Типові несправності лебідки та їхні можливі причини

Найменування несправності	Можливі причини несправності
Лебідка не запускається або працює з ривками	Недостатній тиск повітря Засмічення пневматичної системи Знос конструктивних елементів пневматичного двигуна
Пневмодвигун не розвиває повної потужності або повільно обертається	Знос конструктивних елементів пневматичного двигуна Недостатній тиск повітря
Заїдання або заклинення двигуна	Робота без змащення за допомогою лубрикатора Потрапляння води в механізм двигуна
Зниження тягового зусилля або швидкості руху канату	Знос шестірень редуктора Витоки повітря в пневмосистемі Неправильне намотування канату на барабан
Гальмівна система не утримує вантаж	Критичний знос фрикційних гальмівних накладок Неправильне регулювання зазору Несправність пружин або механізмів регулювання гальм
Гальмо не вимикається	Заїдання механізмів приводу гальма (пневмоциліндру) Засмічення пневматичної магістралі Поламка зворотних пружин
Ривки під час гальмування	Нерівномірний знос фрикційних накладок Потрапляння масла або води на робочі поверхні барабану чи стрічки Несправність пневморозподільника
Сильний шум, стук, вібрація	Руйнування підшипників Поламка зубів шестірень редуктора Послаблення елементів кріплення

Продовження таблиці 6.1	
Перегрів корпусу редуктора	Недостатня кількість або низька якість масла Робота механізму в умовах надмірного навантаження
Витоки масла або повітря з вузлів лебідки	Знос ущільнювальних манжет або прокладок вузлів лебідки Тріщини в корпусі редуктора або пневмодвигуна

пники потрібно обов'язково замінити;

- стан ущільнень, сальників та манжет і заміна їх в разі необхідності. Під час капітального ремонту ці деталі замінюють в обов'язковому порядку.;

- стан валів пристрою. Вали перевіряють на згинання та знос посадкових місць під підшипники;

- стан робочих поверхонь барабану (ручаїв для канатів, гладких частин, місць контакту з гальмівною стрічкою). Наявність глибоких рівчаків та задирок може призвести до швидкого зносу канату або неефективної роботи гальма, тому такі зноси вимагають відновлювальних операцій;

- стан укладальника канату (якщо лебідка постачена цим пристроєм). Потрібно перевірити його працездатність та синхронізацію з обертанням барабану.Несправність укладальника призводить до неправильного (хаотичного) укладання канату та його ушкодженню;

- стан і надійність елементів кріплення канату на барабані;

- можливі вібрацію та биття барабану, які потрібно усунути шляхом виправлення форми та балансування;

- стан елементів болтових кріплень та ступенів їхнього затягування.

Особливу увагу слід приділяти виявленню несправностей гальмівної системи лебідок типу ШВ, адже саме вона відповідає за безпеку виконання підйомних робіт та утримання вантажу в шахтних умовах. Це стосується усіх її складових, а саме:

- ручного (пневматичного) гальма, що керується оператором в процесі роботи;

- автоматичного (аварійного) гальма стрічкового або колодкового типів, яке спрацьовує в разі припинення подачі стисненого повітря чи за командою аварійної зупинки;

- ручного (стоянкового) храпового гальма, що виконує роль надійного фіксатора для тривалого утримання вантажу на місці.

6.5.3 Порядок ремонтних робіт

Усі ремонтні роботи проводять згідно з розробленими технологічними картами ремонту та вимогами безпеки.

Дрібні зношені деталі (підшипники, сальники, ущільнення, кріпильні елементи, гальмівні накладки) підлягають заміні, а крупні типу корпусів, кришок і валів – відновленню (в разі його можливості та доцільності) шляхом наплавки посадкових місць, виправлення деформацій тощо за допомогою зварювальних робіт та механічної обробки.

Після відновлення та заміни зношених деталей їх збирають та встановлюють на вузли лебідки у зворотному порядку. При цьому важливо забезпечити правильність монтажу (наприклад, центрування валів редуктора) та потрібні моменти затягування болтових сполучень.

Далі в потрібні місця заливають свіже мастило, рекомендоване виробником (див. нижче в п. 6.5.5) до вказаного рівня.

Нарешті, слід переконатися у відсутності заклинення сполучних деталей або, навпаки, їхнього надмірного люфту.

6.5.4 Випробування відремонтованого виробу та уведення його в експлуатацію

Після ремонту обладнання підлягає обов’язковим випробуванням як на холостому режимі роботи для перевірки усіх систем на герметичність, так і під робочим навантаженням з метою підтвердження відповідності параметрів паспорт-

ним характеристикам.

В процесі випробувань потрібно відрегулювати зазори між гальмівною стрічкою (або колодкою) та барабаном. Точне значення зазору вказується в паспорті відповідної конструкції лебідки. Крім того, потрібно протестувати надійність автоматичного спрацьовування аварійного гальма при імітації відключення подачі стисненого повітря.

Що стосується барабану, то необхідно правильно його відцентрувати та забезпечити належне намотування першого шару канату під невеликим навантаженням для подальшого рівномірного укладання наступних шарів.

Крім того, важливо постійно слідкувати за якістю навивки канату на барабан під час експлуатації лебідки і не допускати його порушення, які можуть викликати зниження терміну служби канату і гальмівної системи та погіршити безпеку проведення робіт.

6.5.5 Правила змащення лебідки

Оскільки лебідки типу ШВ обладнуються пневматичними двигунами, що працюють на енергії стисненого повітря у вологому та запиленому середовищі підземних гірничодобувних підприємств, задача його раціонального змащення та вибору типу мастил набуває критичної важливості для забезпечення високого рівня надійності обладнання. Вузли тертя сполучних деталей зубчастих передач, підшипників та інших конструктивних елементів виробу також потребують ретельного змащення для зменшення втрат енергії та запобігання надмірного зносу деталей. В табл. 6.2 приведені рекомендовані для змащення вузлів лебідки марки мастильних матеріалів та способи їхнього застосування.

Таблиця 6.2 – Рекомендовані марки мастильних матеріалів для змащення лебідки

Вузол лебідки	Марка мастила	Спосіб нанесення
Пневмодвигун	Пневматичне масло І-12А (або його аналоги)	Подача через лубрикатор
Редуктор	Редукторне масло І-100А (або його аналоги, наприклад, І-50А) з відповідною вязкістю в залежності від кліматичного виконання виробу (У, Т)	Заливка в картер
Відкриті вузли (вали, осі, підшипники)	Консистентне масло Літол-24 (або аналогічні універсальні мастила)	Шприцом

ВИСНОВКИ ПО ЧАСТИНІ ІІ

В другій частині комплексної бакалаврської роботи розглянуто два основних питання: шляхи подальшої модернізації лебідки ШВА-18000х0,25П з метою розширення її технологічних можливосте й та розробка раціональних заходів експлуатації лебідок типу ШВ.

В процесі вирішення першого з них поставлені задачі удосконалення конструкції і запропоновано замінити пневмомотор П9-12 на модель ДАР-14М, перенести місце установки запобіжного гальма зі шківа проміжного валу на канатний барабан та забезпечити можливість експлуатації пристрою в шахтах, небезпечних у відношенні газу і пилу. Ці зміни дозволили підвищити потужність приводу з одночасним зменшенням його габаритів; підвищити надійність і рівень безпеки експлуатації лебідки; підвищити значення тягового зусилля, швидкості руху канату та канатоємності барабану; знизити величини трудомісткості процесів технічного обслуговування і ремонту установки; суттєво розширити область її можливого використання. Порівнільний аналіз удосконаленої конструкції лебідки ШВБ та базової моделі ШВА-18000х0,25П переконливо довів більш високий технічний рівень нової машини.

В роботі також рекомендовані заходи раціональної експлуатації лебідок ШВ, а саме: транспортування і зберігання, монтажу, налаштування та випробування, використання за призначенням, технічного обслуговування та ремонту, а також змащення основних вузлів пристрою. Дотримання цих рекомендації забезпечить підвищення ефективності експлуатації лебідок типу ШВ.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Проблема створення нових та удосконалення існуючих засобів механізації допоміжних операцій підземної розробки дуже важлива і актуальна. Одними з найбільш трудомістких робіт такого роду є ті, що пов'язані з переміщенням, підйомом та спуском різноманітних вантажів та обладнання під час виконання навантажувально-розвантажувальних, монтажно-демонтажних та інших подібних робіт в шахтних умовах.

Розглянута в першій частині представленої комплексної бакалаврської роботи конструкція лебідки шахтної допоміжної ШВА-18000х0,25П є прикладом створення та успішного впровадження дуже потрібної гірникам якісної техніки допоміжного призначення, яка дає можливість механізувати важкі та небезпечні операції підземного видобутку корисних копалин.

Лебідки ШВА-18000х0,25П знайшли широке використання на підземних підприємствах вітчизняної гірничодобувної промисловості на підготовчих, прохідницьких та очисних роботах, а також в руддворах шахт, безпечних у відношенні газу і пилу.

За своїми енергетичними параметрами лебідка не поступається кращим закордонним зразкам подібного обладнання, а деякими показниками навіть перевершує їх. Але, незважаючи на досить високий технічний рівень розглянутої конструкції, з часом вона поступово застріває морально і потребує подальшої модернізації.

В другій частині роботи запропонована удосконалена конструкція лебідки ШВБ з пневмомотором ДАР-14М замість П9-12, запобіжнм гальмом, встановленим на канатному барабані, виготовлена у виконанні РВ. Це дало можливість підвищити потужність приводу з одночасним зменшенням його габаритів; підняти рівні надійності та безпеки експлуатації лебідки; підвищити значення тягового зусилля, швидкості руху канату та канатоємності барабану; знизити величини трудомісткості процесів технічного обслуговування і ремонту установки; суттєво розширити область її використання за рахунок можливості експлуатації при-

строю в шахтах, небезпечних у відношенні газу і пилу. Порівнільний аналіз удосконаленої конструкції лебідки ШВБ та базової моделі ШВА-18000х0,25П переконливо довів більш високий технічний рівень нової машини.

В роботі також рекомендовані заходи раціональної експлуатації лебідок ШВ, які мають забезпечити підвищення ефективності експлуатації лебідок типу ШВ.

Подп. и дата

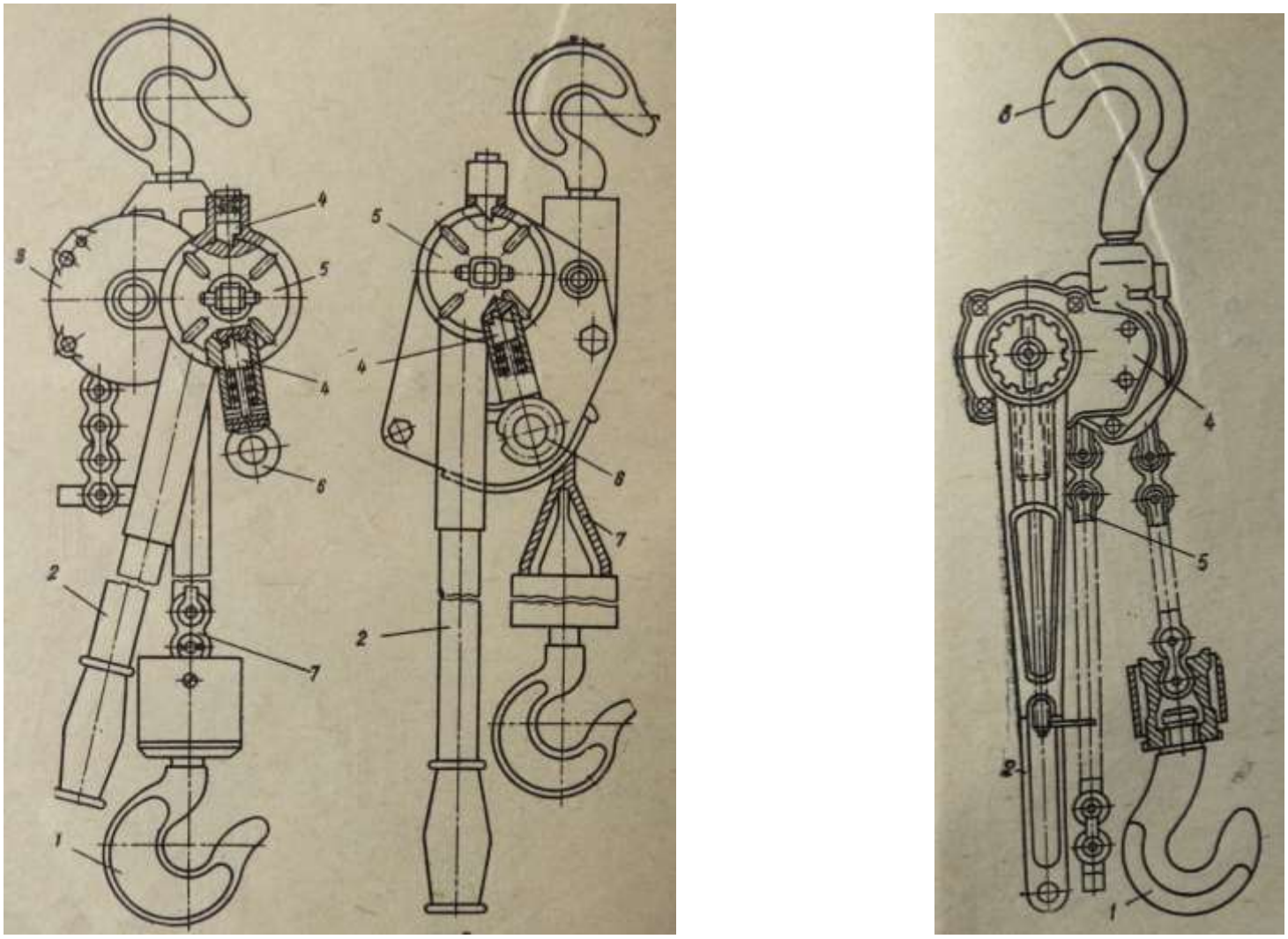
Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

					КНУ.РБ.133.26.123с.10,11	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-		

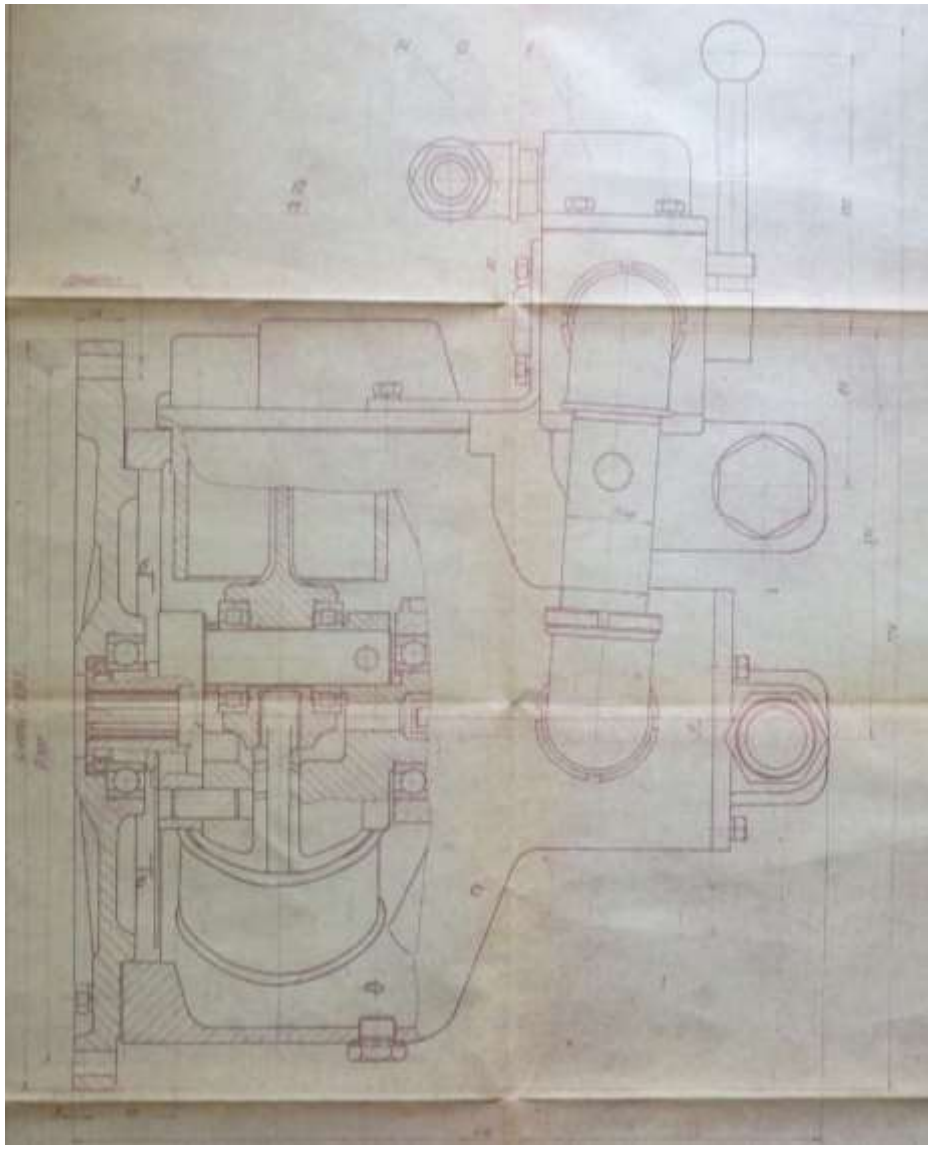


а *б* *в*

Рисунок 1.3 – Ручні лебідки ЛРЦ (*а*) і ЛРК (*б*) (1 – гак; 2 – рукоятка; 3 – корпус; 4 – упор; 5 – кришка; 6 – фіксатор; 7 – канатоукладальник) та тягальне пристосування ТП-1 (*в*) (1, 3 – гаки; 2 – рукоятка; 4 – корпус; 5 – втулково-роликовий ланцюг)



а



б

Рисунок 2.3 – Пневматичний двигун П9-12 за ДСТУ 10736:
а – загальний вигляд; *б* – складальне креслення

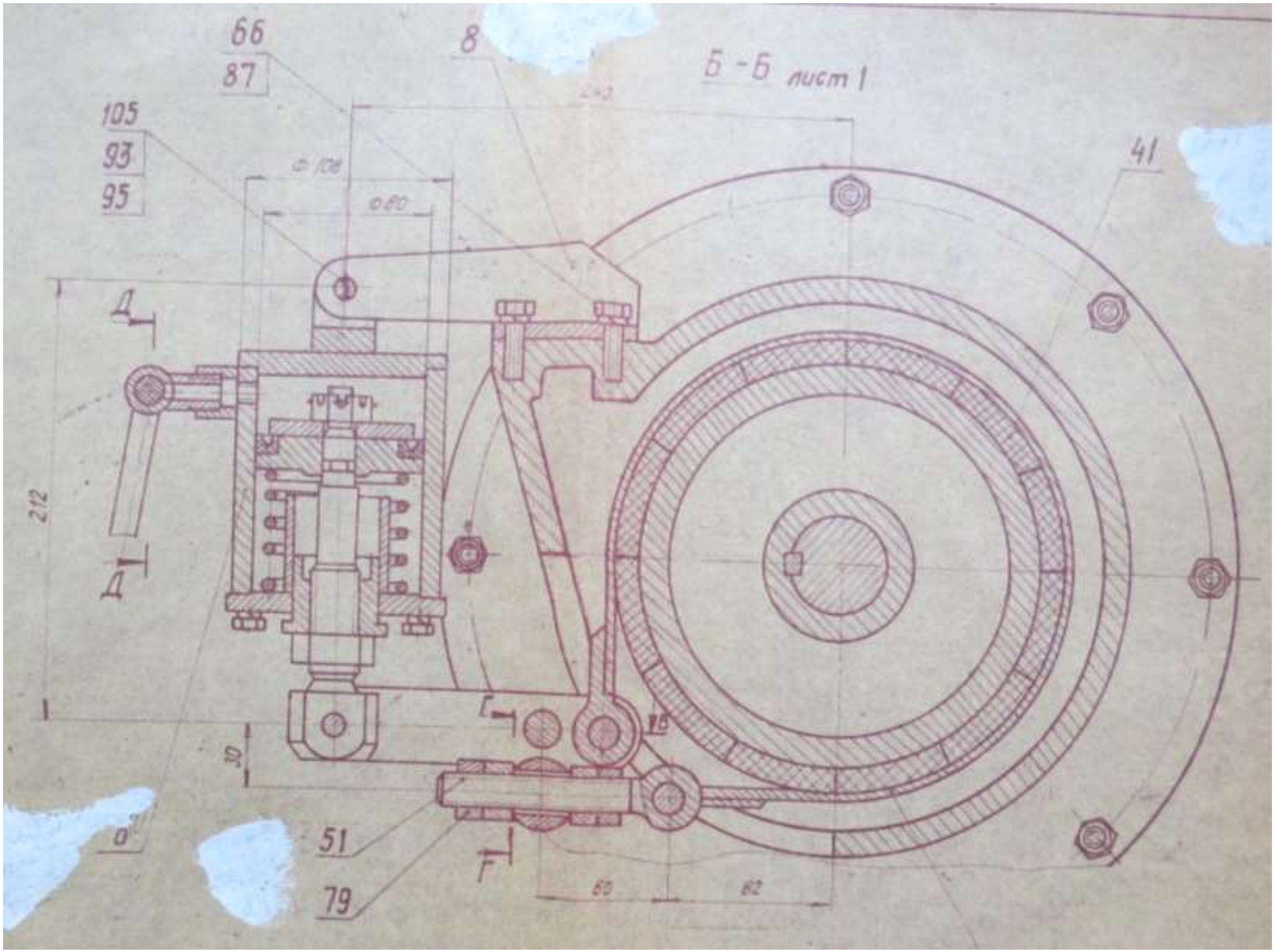


Рисунок 2.5 – Схема запобіжного гальма лебідки

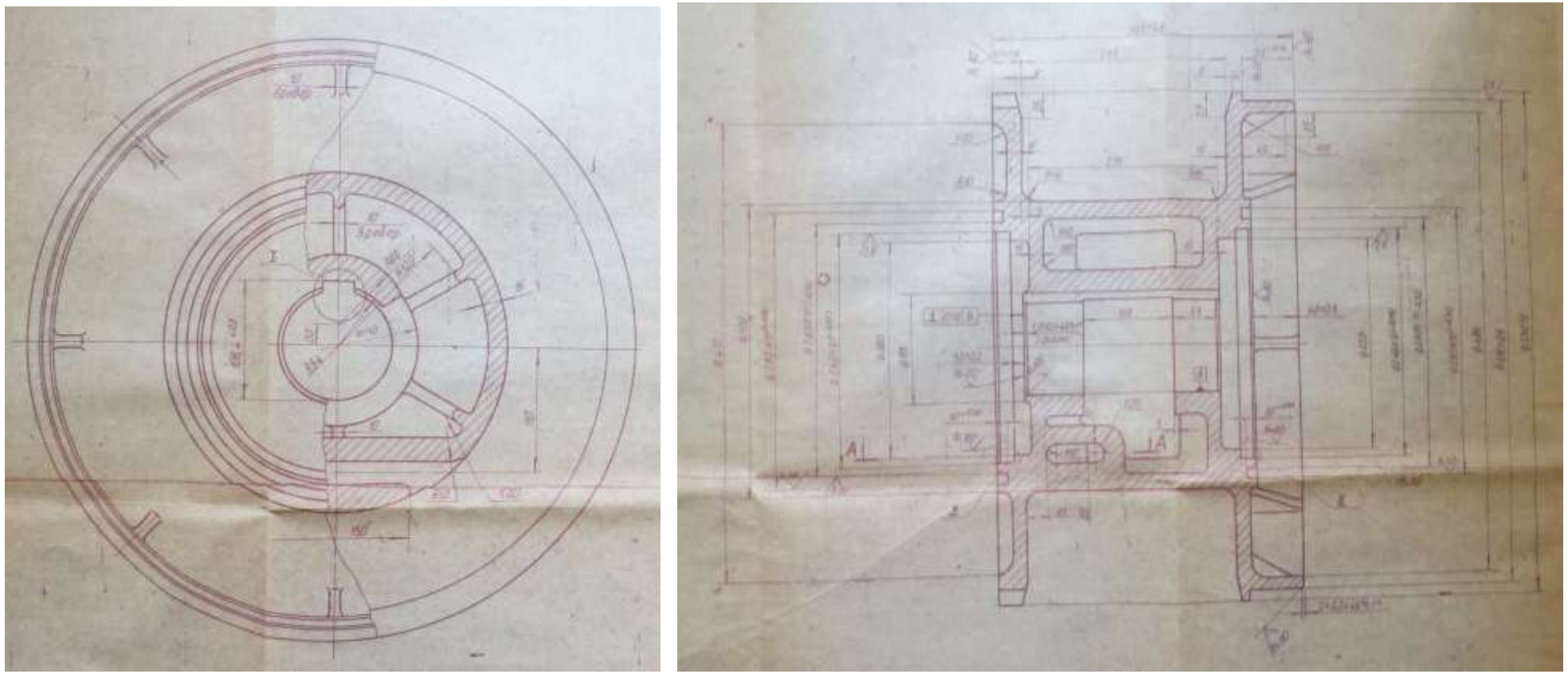


Рисунок 2.7 – Барабан лебідки

Таблиця 2.2 – Рівні локальної вібрації на рукоятках керування допоміжної лебідки ШВА-18000х0,25П

	Логарифмічні рівні віброшвидкості (дБ) в октавних смугах із середньогеометричними частотами, Гц						
	31,5	63	125	250	500	1000	2000
Лебідка ШВА-18000х0,25П	88-89	107-108	93-94	90	98-99	91-93	80-81
Гранично допустимі рівні за ДСТУ 12.1.012	117	114	111	108	105	102	99

Таблиця 2.3 – Рівні звукової потужності допоміжної лебідки ШВА-18000х0,25П

	Рівні звукової потужності (дБ) при середньо геометричних частотах октавних смуг, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Лебідка ШВА-18000х0,25П	73-75	78,5-82	82-84	83	79-80	76-77	74-75	72
Гранично допустимі рівні за ДСТУ 12.1.003	99	93	86	83	80	78	76	74

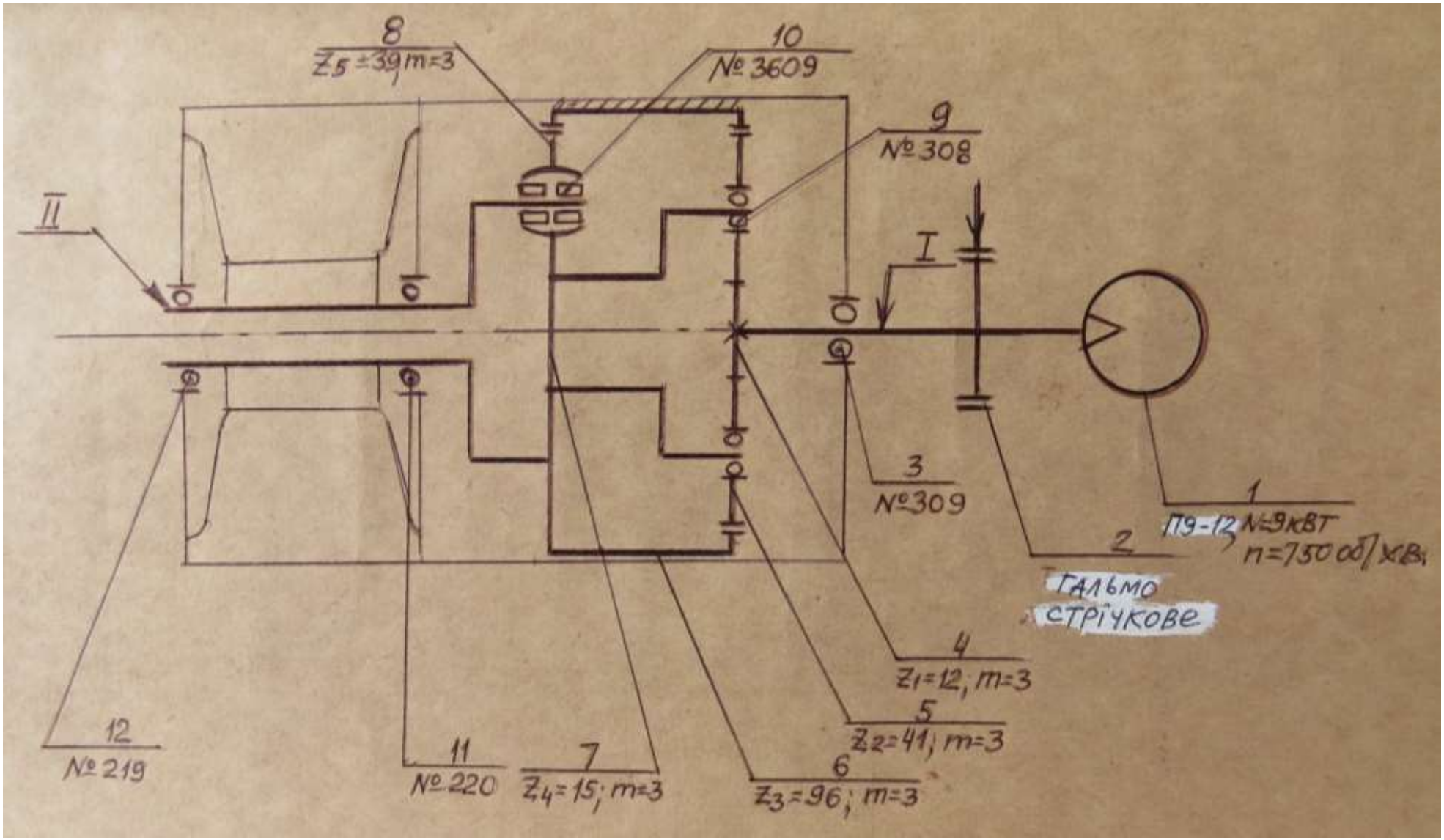


Рисунок 3.1 – Кінематична схема редуктора приводу лебідки ШВА:
I – проміжний вал-шестірня; *II* – вал барабану; 1 – пневмодвигун; 2 – основне робоче гальмо стрічкового типу;
3, 9-12 – підшипники; 4 – сонячне колесо першого планетарного ступеню; 5-8 – шестірні

Таблиця 3.1 – Параметри приводу лебідки ШВА

Найменування параметру	Познач.	Значення							
1. Вид передачі	-	циліндрична прямозуба				циліндрична прямозуба			
2. Позначення на кінематичній схемі	-	4	5	5	6	7	8	8	6
3. Число зубів	z	12	41	41	96	15	39	39	96
4. Модуль, мм	m	3		3		3		3	
5. Передатне відношення	u	3,417		2,341		2,6		2,462	
6. Кутова швидкість (відносна), рад/с	ω	69,773	20,421	20,421	8,712	7,543	2,901	2,901	1,178
7. Міжосьова відстань (зовнішня початкова конусна відстань), мм	a_W	83		83		85		85	
	R_{WE}	-		-		-		-	
8. К.к.д. передачі	η	0,975				0,978			

Сумарне передатне відношення: $U_\Sigma = \prod_{i=1}^{k} u_1 = 9 \cdot 7{,}4 = 66{,}6.$

Сумарний к.к.д. редуктора: $\eta_\Sigma = \prod_{i=1}^{k} \eta_1 = 0{,}975 \cdot 0{,}978 = 0{,}954.$

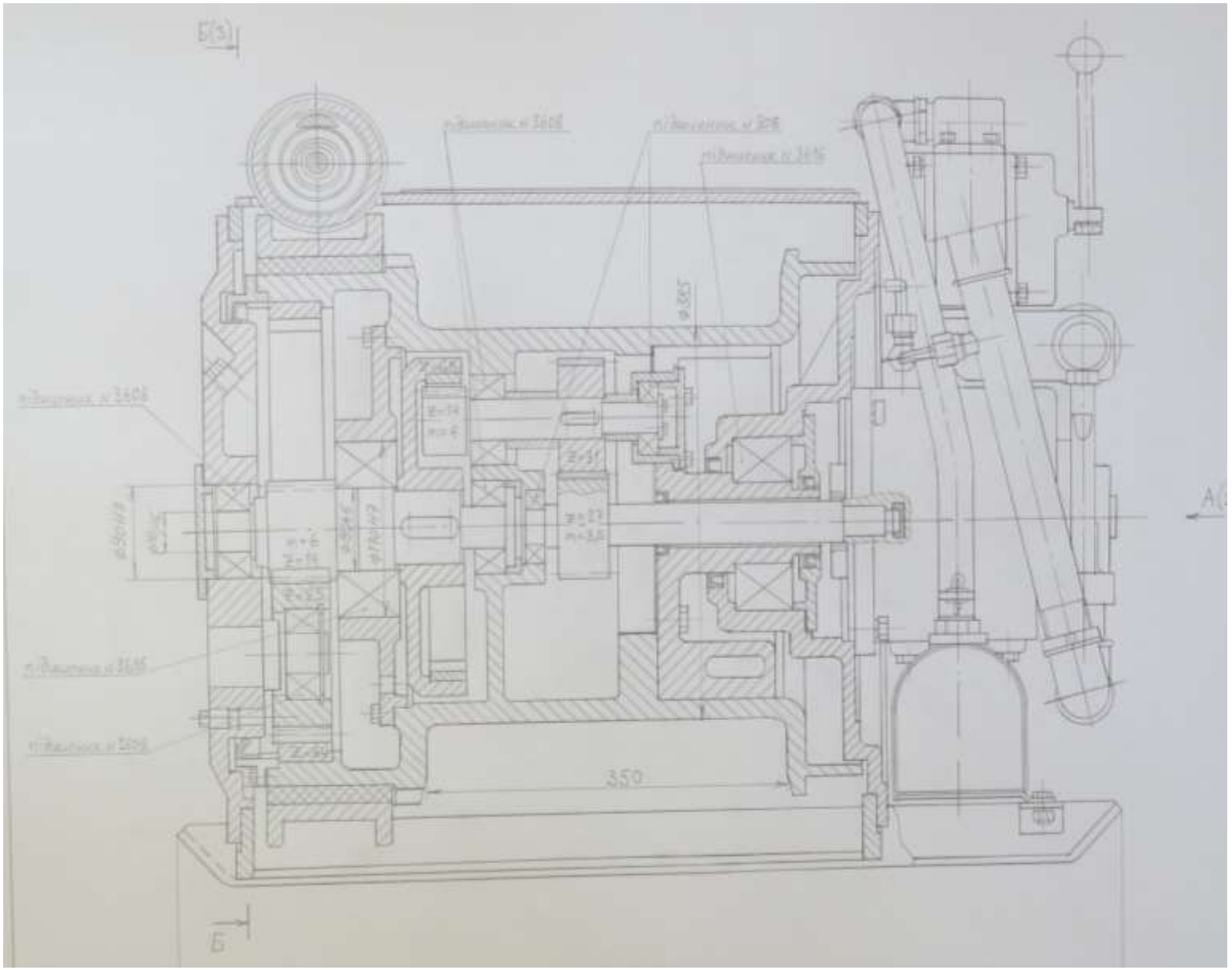
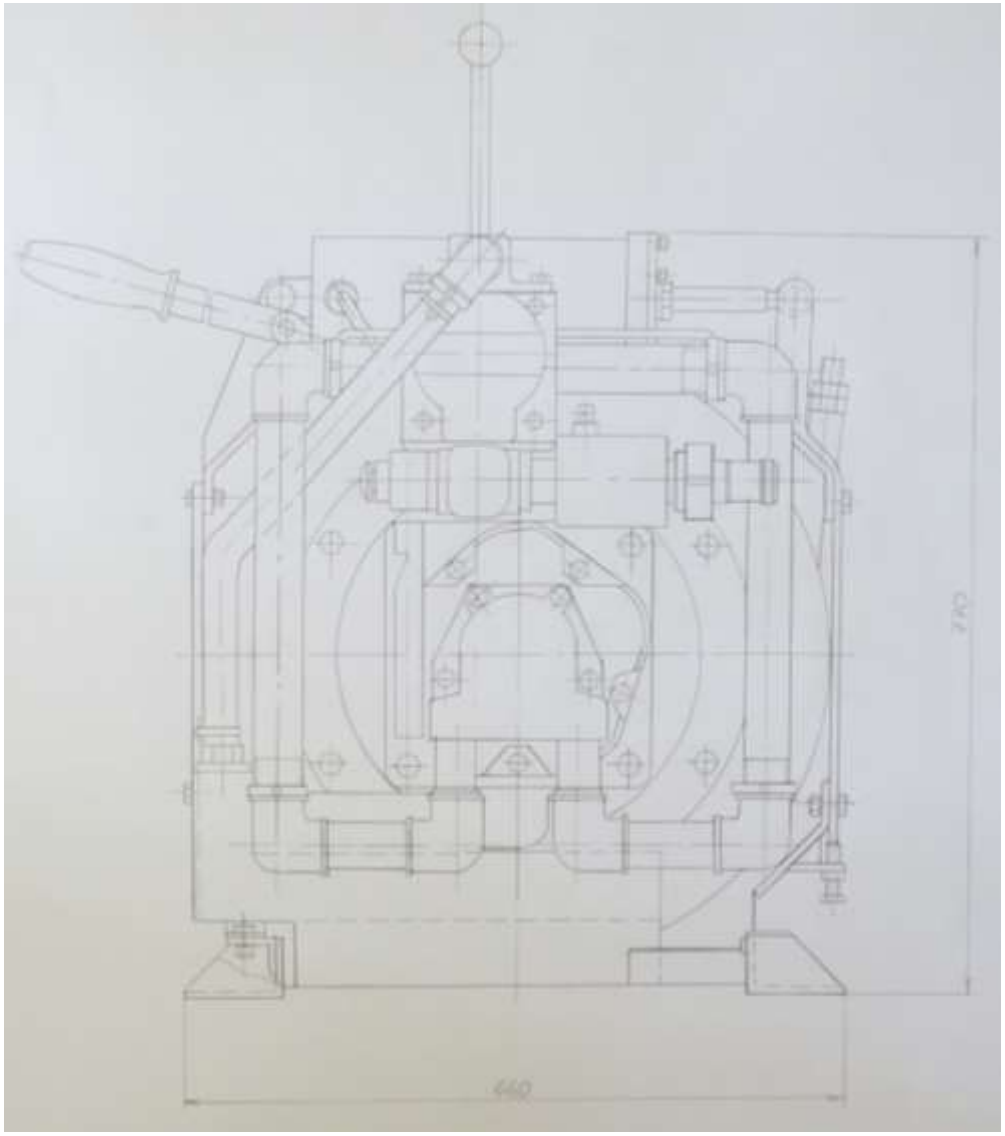


Рисунок 5.1 – Загальний вид модернізованої лебідки ШВБ

А



Б-Б

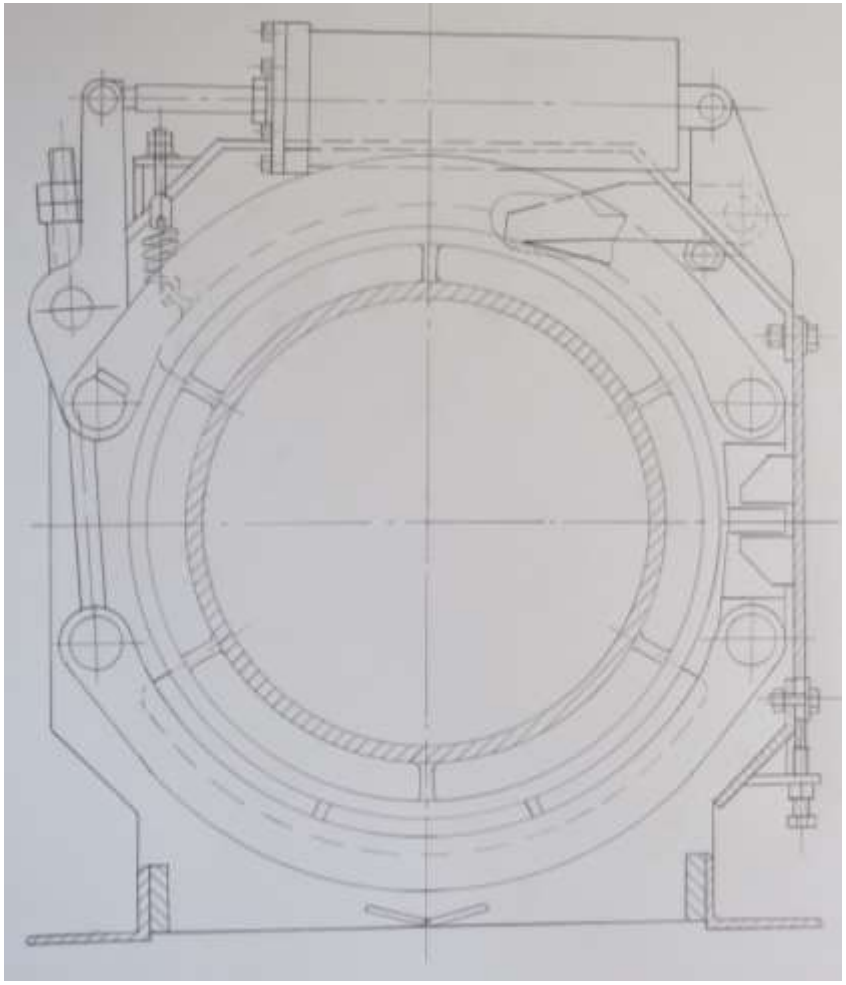


Рисунок 5.1 – Загальний вид модернізованої лебідки ШВБ. Продовження

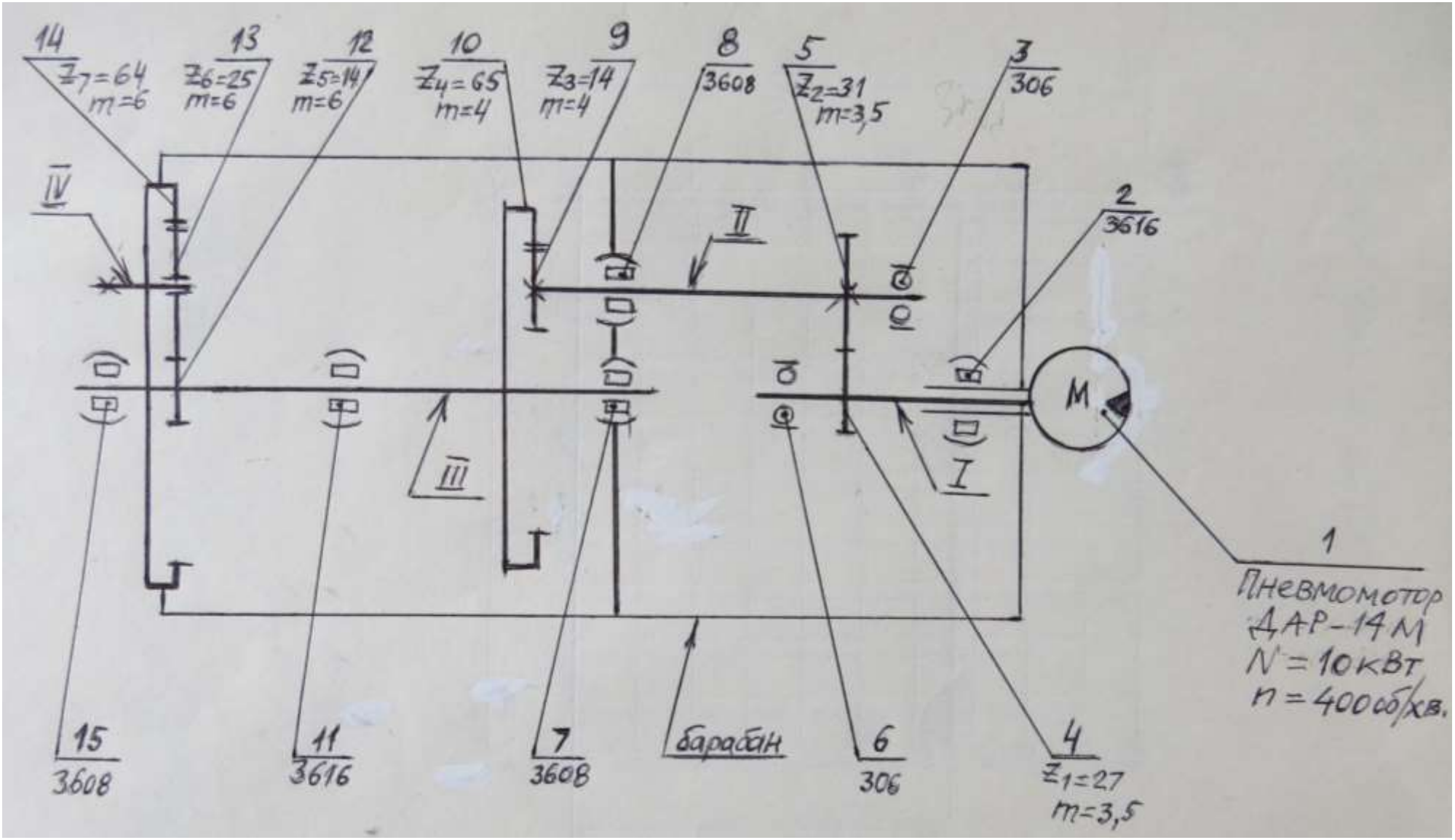


Рисунок 5.3 – Кінематична схема редуктора лебідки ШВБ

Инв № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

КНУ.РБ.133.26.123с.10,11

Лист

Лист регистрации изменений

Изм	новых				Всего листов (страниц) в	№ документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	изъятых					