

Біденко Андрій Володимирович

Магістерська робота

**Аналіз можливих шляхів підвищення ефективності роботи
шахтної локомотивної відкатки**

Керівник роботи

доц., к.т.н. Хруцький А.О.

ВСТУП

Подальший розвиток вітчизняної гірничорудної промисловості, у тому числі її підземного дивізіону, залежить головним чином від розробки та практичного впровадження нових розробок технологічного та технічного характеру у галузі. Мова йде про створення систем високопродуктивного механічного обладнання для використання його у сучасних потокових технологіях виробництва. Саме такий шлях дасть можливість суттєвим чином підняти ефективність підземної розробки залізних руд [1-7].

Усе це у повній мірі відноситься до шахтного транспорту. Його стан в умовах вітчизняних залізрудних шахт як сьогодні, так і в найближчій перспективі характеризується наявністю єдиного засобу магістральної відкатки руди – рейкового електровозного транспорту. А це, на жаль, циклічний вид транспорту, який демонструє невисокий рівень продуктивності (250-400 т за зміну і лише на кращих підприємствах ця цифра може досягати 500 т) навіть в умовах потужних рудних родовищ.. Очікувати від нього суттєвого зростання продуктивності, як цього вимагають сучасні темпи підвищення продуктивності праці, не приходитьсь. Тому одним з головних напрямків розвитку внутрішньошахтного транспорту (ВШТ) стає перехід від окремих засобів завантаження, відкатки та розвантаження руди до транспортних комплексів, ланки яких узгоджені між собою за сукупністю основних експлуатаційних параметрів [1,5,6,8,9].

До складу такого транспортного комплексу мають входити спеціалізований рухомий склад, рейковий шлях, завантажувально-розвантажувальні засоби та система керування. Усе це повинно забезпечити підвищення продуктивності процесу відкатки руди принаймні в 1,5-2 рази.

Таким чином, тему представленої магістерської роботи, присвяченої аналізу можливих шляхів підвищення ефективності роботи шахтної локомотивної відкатки, можна беззаперечно визнати важливою та актуальною.

Мета роботи – обґрунтування та розробка вихідних даних комплексу обладнання локомотивної відкатки руди з безперервними процесами завантаження та

розвантаження потягу гірничою масою.

Об'єкт дослідження – технологічний процес магістрального транспорту гірничої маси у залізорудній шахті.

Предмет дослідження – комплекс механічного обладнання для локомотивної відкатки руди у підземних умовах.

Наукове положення – розроблені у роботі рекомендації дають можливість запропонувати раціональні параметри локомотивного комплексу транспортного обладнання з безупинним завантаженням і розвантаженням потягів, який здатен забезпечити суттєве (в 1,5-2 рази) зростання експлуатаційної продуктивності внутрішньошахтного транспорту вітчизняних підземних залізорудних підприємств та отримання значного економічного ефекту від його практичного впровадження.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Існуючі технологічні схеми внутрішньошахтного транспорту вітчизняних залізорудних підприємств підземного типу

Розробка потужних залізорудних покладів підземним способом в умовах вітчизняної гірничорудної галузі ведеться в основному з використанням систем розробки з масовим обваленням руди. Це системи з поверховим, поверхово-камерним та підповерховим обваленням гірничої маси, частка яких становить приблизно половину усього підземного видобутку міцних руд. Подібним способом розробляються й корисні копалини у гірничо-хімічній промисловості.

Основні технологічні схеми транспорту руди, які використовуються при цьому, показані на рис. 1.1 [2-6].

Схема *I* передбачає процес гравітаційного (під дією власної ваги матеріалу) випуску руди з блоку, скреперної доставки її у межах цього блоку та завантаження з помосту 2 безпосередньо у вагонетку. Розвантаження потягу 3, що складається з вагонеток з глухим днищем, здійснюється у приствольному круговому перекидачеві 4 у бункер 5. Недоліки цієї схеми очевидні: значний обсяг гірничопрохідницьких робіт, некерований процес випуску руди з великою кількістю зависань гірничої маси у випускних виробках, циклічна схема роботи скреперної лебідки 1, можливість її використання лише при наявності потягу під завантаження, високий рівень травматизму гірників, особливо під час ліквідації зависань руди. Усе це обумовлює у край незначний рівень продуктивності праці по блоку.

Схема *II* відрізняється від попередньої наявністю акумуляційної висхідної виробки (рудоспуску) 7 з люковим пристроєм 6 у її нижній частині, куди тимчасово завантажується руда скреперною лебідкою. Вона застосовується переважно у системах розробки з підповерховим обваленням гірничої маси, менше – з поверховим. Перевагою схеми є її гнучкість завдяки часовому резервуванню, яке забезпечує рудоспуск. Проте, для цього він повинен мати ємність принаймні не меншу за ємність потягу. У протилежному випадку будуть зростати непродуктивні вит-

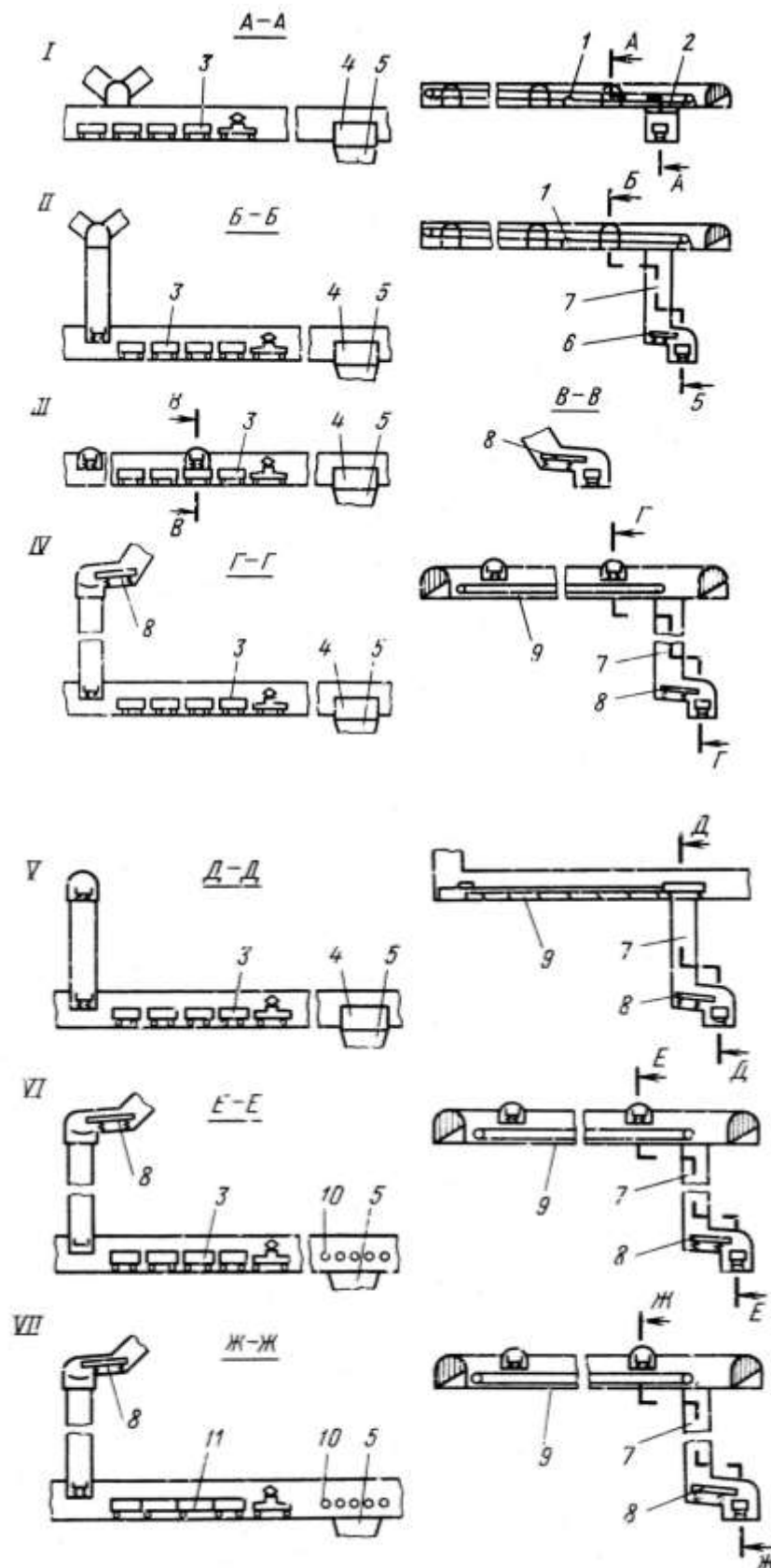


Рисунок 1.1 – Технологічні схеми внутрішньошахтного транспорту гірничої маси при підземній розробці потужних родовищ міцних руд:
 1 – скреперна лебідка; 2 – поміст; 3 – потяг; 4 – перекидач; 5 – бункер;
 6 – люковий пристрій; 7 – рудоспуск; 8 – віброживильник; 9 – доставковий конвеєр; 10 – розвантажувальний пристрій; 11 – бункер-потяг

рати часу на переміщення потягу до іншого пункту завантаження.

Схема *III* характеризується використанням вібраційних засобів інтенсифікації випуску руди з ємностей (у даному випадку з очисного блоку). Конструкція днища блоку при цьому не має виробок горизонту скреперування (останній суміщений з горизонтом відкатки). Випущена з блоку за допомогою віброживильників 8 руда завантажується безпосередньо у вагони електровозного потягу. Розвантаження останнього як у схемах *I* і *II*. Перевагою схеми є висока ефективність та безпека вібраційного випуску, але подальше зростання обсягів видобутку стримується низьким коефіцієнтом використання віброживильників внаслідок частих простоїв, пов'язаних з циклічним характером роботи електровозної відкатки та зависаннями руди під час випуску. Вібраційний випуск суттєво скорочує їх число, але повністю усунути не може [2-7,10-16].

Схема *IV* переконливо демонструє значні переваги циклічно-потокової технології роботи ВШТ. Вона призначена для використання в умовах систем розробки з поверховим площинним випуском руди. Руда завантажується віброживильниками на конвеєр 9 вібраційного або спеціального стрічкового типу, призначений для її доставки у межах очисного блоку до рудозвальної виробки. Віброживильник, встановлений в її усті (вібролюк), завантажує гірничу масу у вагонетки електровозного потягу. Як і в схемі *II*, наявність рудоспуску дозволяє у значній мірі компенсувати нестабільність процесу видачі з блоку крупношматкової недробленої гірничої маси та неритмічність роботи відкотних засобів. Але безпосередньо до них забезпечується практична безупинність рудопотоку. За рахунок цього з'являється можливість суттєво (у декілька разів) підвищити продуктивність процесу видачі руди з блоку. Утім, здебільшого вона стримується низькою пропускною здатністю локомотивного транспорту.

Схема *V* ілюструє варіант циклічно-потокової технології для систем розробки з торцевим випуском руди. Завдяки потоковій організації транспорту руди хоча б у межах очисного блоку вона дає можливість майже утричі підвищити продуктивність видачі руди з блоку у порівнянні зі схемою *III*, але продуктивність відкатки при цьому залишається незмінною.

Схема VI відрізняється від схеми IV можливістю безупинного розвантаження потягу у спеціальному розвантажувальному пристрої 10.

Схема VII замість звичайного потягу має бункер-потяг 11, який забезпечує безупинність процесів як завантаження, так і розвантаження гірничої маси.

Представлені транспортні схеми дають можливість виділити у загальній транспортній системі шахти взаємопов'язані підсистеми дільничного та магістрального транспорту.

У першу входять транспортні засоби, розташовані у дучках і доставкових виробках очисного блоку, які дозволяють виконувати операції випуску руди з блоку (гравітаційного – схеми I і II, вібраційного – схеми IV-VII); доставки її у межах блоку (циклічної – схеми I і II, безупинної – схеми IV-VII); завантаження у відкотні засоби (циклічне – схеми I і II, безупинне – схеми IV- VII).

Друга представляє собою сукупність транспортних засобів, розташованих на основних відкотних горизонтах шахти, по яких здійснюється переміщення руди від видобувних дільниць до ствола. Вони забезпечують виконання операцій випуску, доставки та завантаження руди з блоку (схема III), з рудозвальної висхідної виробки (схеми II, IV-VII). Використання віброживильників дає можливість виконання усіх трьох операцій одним пристроєм. Завантаження руди може бути як циклічним (схеми I- IV), так і безупинним (схема VII). Усі схеми передбачають використання локомотивної відкатки руди, розвантаження потягів у приствольний бункер так само може бути циклічним (схеми I- V) та безупинним (схеми VI і VII).

Головним висновком аналізу перерахованих транспортних схем може бути лише один: безсумнівні переваги і висока ефективність потокової технології транспорту руди, які забезпечує дільнична транспортна підсистема у схемах IV-VII, стримуються низькою продуктивністю магістральної підсистеми.

Логічним виходом з такого положення є намагання забезпечити безупинність процесів завантаження, відкатки та розвантаження локомотивних потягів протягом усього робочого часу зміни. Розглянемо наступну залежність для розрахунку продуктивності транспортної системи «завантаження – локомотивна відкатка – розвантаження» Q_{mc} ($m^3/зміну$):

$$Q_{mc} = (T_{зм} - T_{nz} - T_{pn}) V_{\epsilon} n_{\epsilon} k_z k_{np} \cdot \left[\left(\frac{V_{\epsilon} k_z}{Q_n} n_{\epsilon} + \frac{l_{\epsilon n}}{v_z} n_n + V_{\epsilon} n_{\epsilon} k_z k_{np} t'_{лз} n_{зав} \rho \cdot 10^3 + \frac{L_0}{v_{\epsilon}} + \frac{L_0}{v_{nop}} + \frac{V_{\epsilon} k_z}{Q_p} n + \frac{l_{\epsilon p}}{v_p} \right) k_{\epsilon} \right]^{-1}, \quad (1.1)$$

де $T_{зм}$, T_{nz} , T_{pn} – тривалість відповідно робочої зміни, підготовчо-заключних робіт та регламентованих перерв протягом зміни, хв.; V_{ϵ} – ємність вагонетки, м³; n_{ϵ} – кількість вагонеток у потягу, шт.; k_z – коефіцієнт заповнення вагонетки гірничою масою; k_{np} – коефіцієнт, що враховує неритмічність роботи транспорту; Q_n – теоретична продуктивність завантажувального пристрою, м³/хв.; $l_{\epsilon n}$ – довжина вагонів, що переставляються за один раз у процесі завантаження, м; v_z – середня швидкість руху потягу під час завантаження, м/хв.; n_n – число перестановок вагонеток під час завантаження одного потягу; $t'_{лз}$ – час, що витрачається на ліквідацію одного зависання руди під час –завантаження, хв.; $n_{зав}$ – питома кількість зависань, що припадає на 1000 т завантаженої руди; ρ – насипна густина руди, т/м³; L_0 – середня довжина відкатки в один кінець, м; v_{ϵ} , v_{nop} – середні швидкості руху відповідно завантаженого та порожнього потягів, м/хв.; Q_p – теоретична продуктивність розвантажувального пристрою, м³/хв.; $l_{\epsilon p}$ – довжина вагонетки, що переставляється за один раз під час розвантаження, м; v_p – середня швидкість руху потягу під час розвантаження, м/хв.; n_p – число перестановок вагонеток під час розвантаження одного потягу; k_{ϵ} – коефіцієнт відпочинку.

За допомогою формули (1.1) можна оцінити реальний вплив на величину продуктивності локомотивного транспорту засобів завантаження та розвантаження руди, що входять до складу ВШТ, а також ємність та швидкість руху потягу. За результатами аналізу цих факторів побудований графік на рис. 1.2. Він показує, що окреме підвищення продуктивності праці будь-якої операції цього процесу не має суттєвого значення. Наприклад, підвищення продуктивності завантаження руди з 8 до 16 м³/хв. (тобто удвічі) збільшує продуктивність усієї транспортної системи лише на 10%.

Для серйозного підвищення продуктивності загальної транспортної системи шахти потрібно комплексне зростання цього показника по усім її окремим лан-

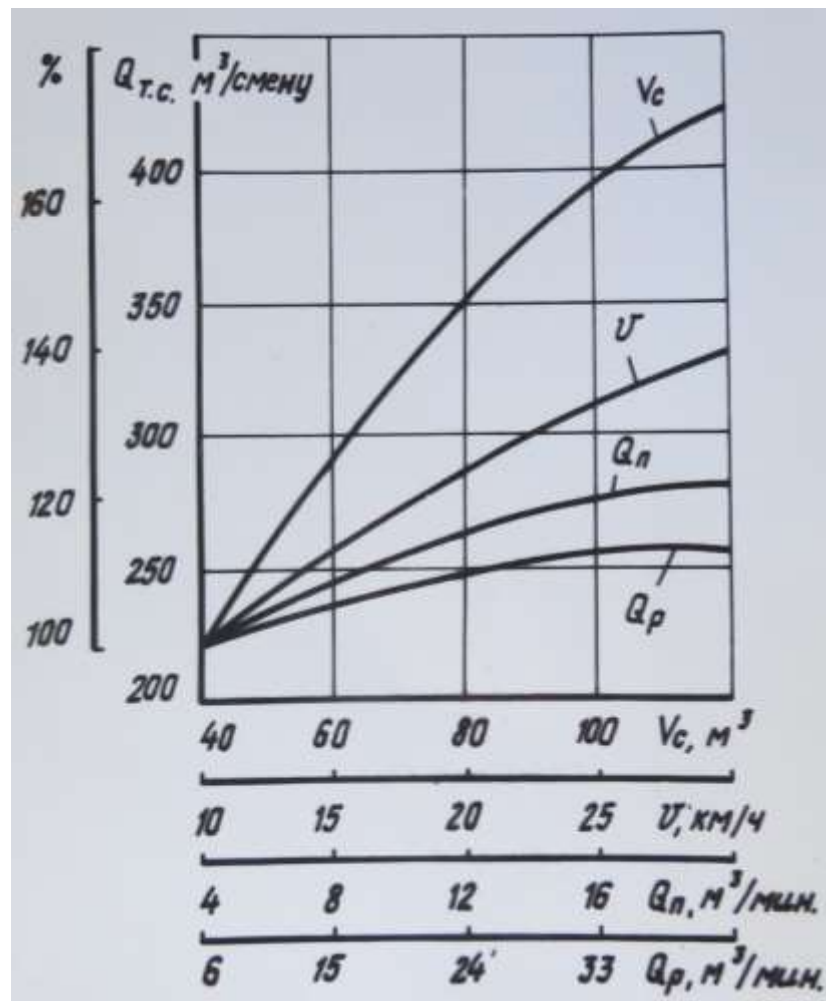


Рисунок 1.2 – Залежність змінної продуктивності транспортної системи $Q_{тс}$ від загальної ємності рухомого складу V_c , швидкості його руху v та продуктивності засобів завантаження Q_n і розвантаження Q_p

кам. Крім того, як вимагає організація потокової технології виробництва, бажано мати приблизно однакові трудомісткості усіх операцій технологічного процесу транспорту. З цієї точки зору очевидно, що перехід на безупинні процеси завантаження і розвантаження потягів скорочує різницю у витратах часу на завантаження потягу і рух його в один кінець, а продуктивність праці гірників по транспортній системі при цьому підвищується у 2,5 рази (рис. 1.3).

На рис. 1.4 показані результати економічного розрахунку, що підтверджує доцільність переходу від окремих засобів завантаження, відкатки та розвантаження руди (схеми I-V) до збалансованих за продуктивністю транспортних комплексів (схеми VI і VII).

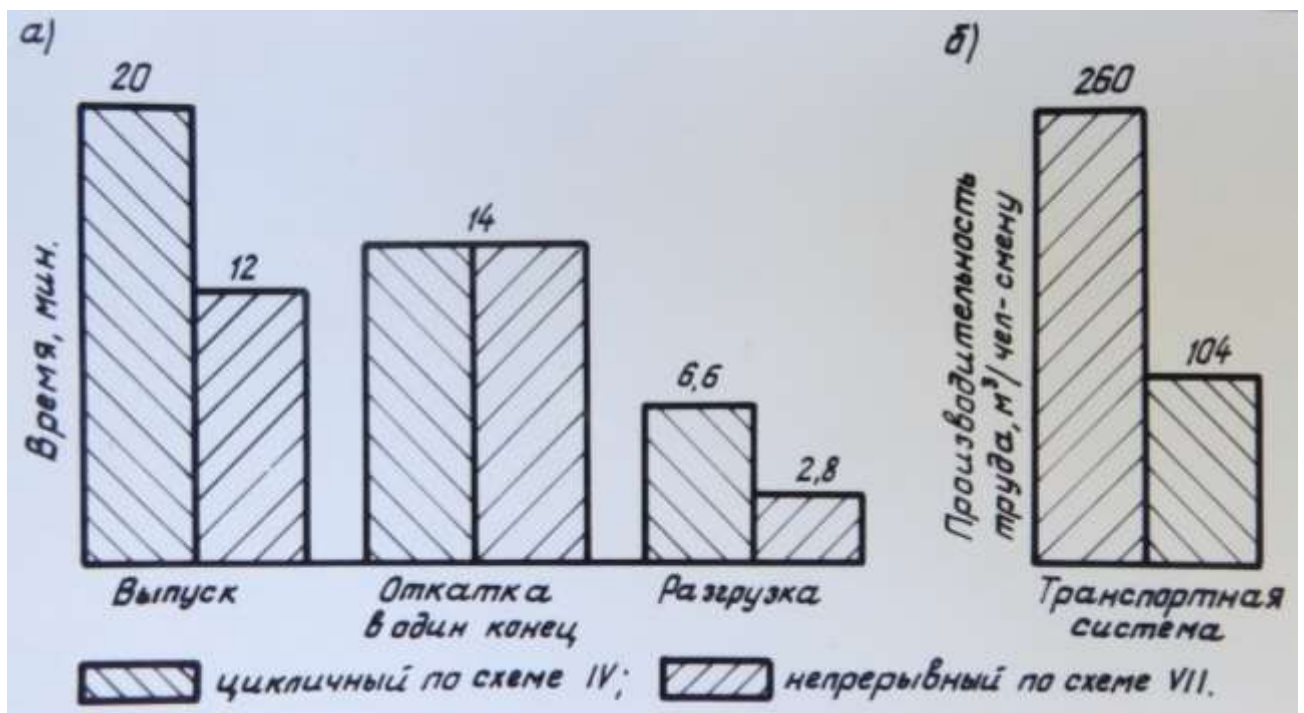


Рисунок 1.3 – Порівняльний аналіз способів завантаження і розвантаження потягу у різних схемах ВШТ:
 а – за витратами часу; б – за продуктивністю праці

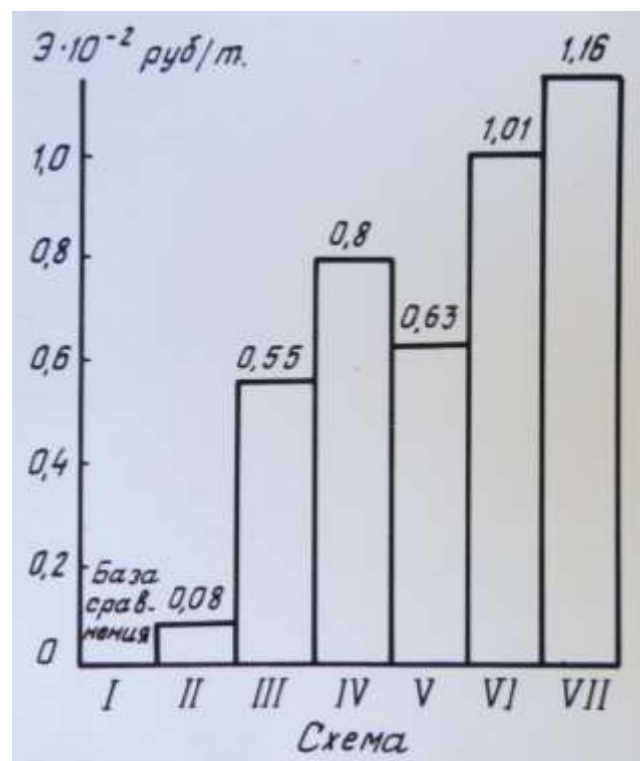


Рисунок 1.4 – Порівняння економічної ефективності використання різних схем ВШТ

Слід зауважити також, що в умовах зростання концентрації гірничого виробництва і тенденцій до розкриття шахтних полів горизонтами з підвищеним кроком (через два поверхи) важливість використання схем VI і VII з безперервними процесами завантаження, транспортування та розвантаження рухомого складу буде тільки зростати.

1.2 Огляд конструкцій механічного обладнання електровозної відкатки руди

Для створення ефективних видів локомотивного транспорту, які б могли забезпечити безупинність операцій завантаження, транспортування та розвантаження потягу існує, на наш погляд, два основних перспективних шляхи, а саме:

- розробка бункерних та секційних потягів;
- проектування потягів, що складаються з окремих вагонеток з відкидними днищами та міжкузовними перекриттями.

Перший шлях має багато недоліків, основними з яких є значні просипи гірничої маси на стиках секцій, схильність цих конструкцій до сходу з рейок та недостатня жорсткість кузовів секцій.

Що стосується другого, то в умовах вугільних шахт експлуатуються вагонетки з відкидними днищами типу ВД ємністю 3,5 і 5,6 м³. Але вони не пристосовані для прийому та розвантаження крупношматкової абразивної руди, коли розмір кондиційного шматка руди може досягати 1000 мм. Для такого матеріалу потрібні вагонетки з днищами, що відкриваються на весь перетин кузова. Прикладом може бути конструкція вагонетки розробки шведської фірми ASEA, яка має два варіанти виконання: відкидне днище шарнірно закріплено на бічній або на торцевій стінці кузова (рис. 1.5).

У складі потягу торцеві стінки суміжних вагонеток перекривають одна іншу й утворюють суцільну безперервну ємність довжиною на весь потяг, що забезпечує можливість його безупинного завантаження на ходу. У транспортному положенні днище 1 притискається до кузова вагою останнього. Бічні стінки кузова мають лижі 3 для переміщення по неприводним стаціонарним роликам 4, встановле-

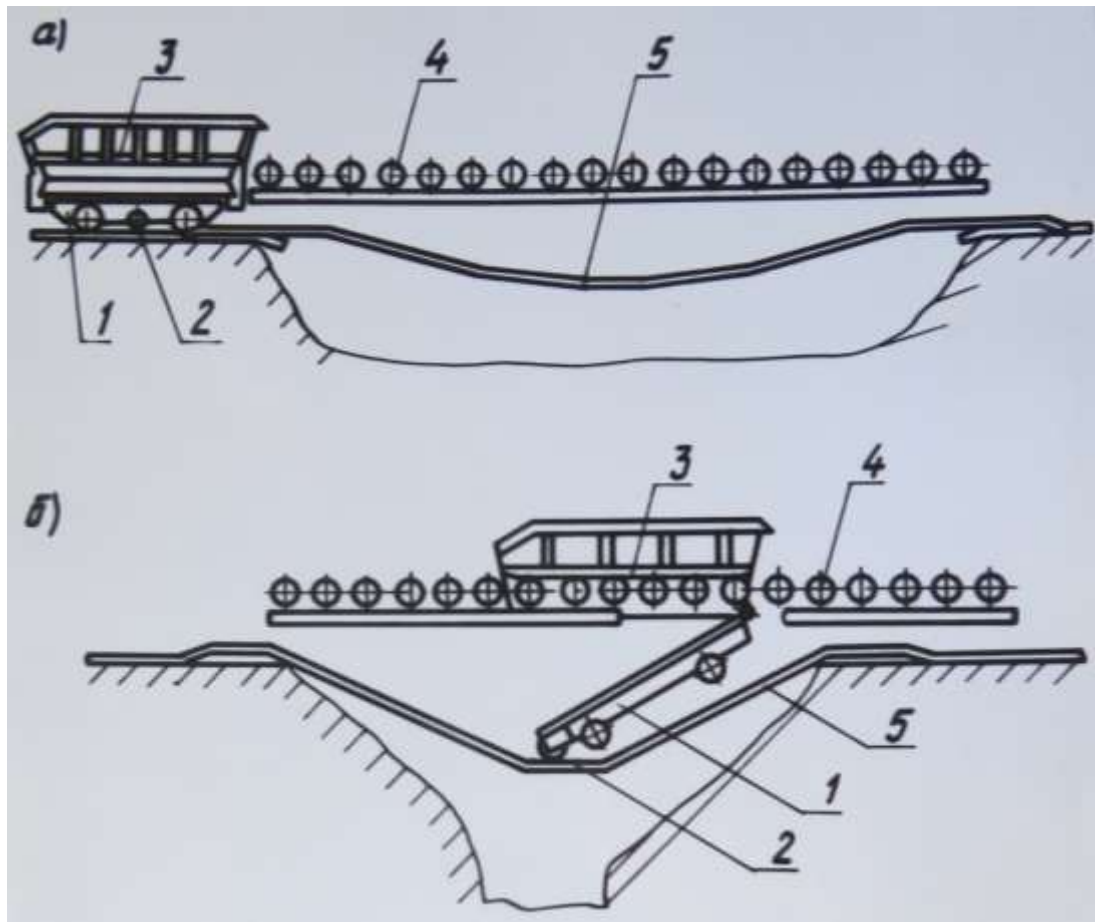


Рисунок 1.5 – Вагонетка фірми ASEA на розвантажувальному пристрої:
а – варіант з відкидним днищем, прикріпленим до бічної стінки кузова;
б – варіант з відкидним днищем, прикріпленим до торцевої стінки кузова;
 1 – відкидне днище; 2 – додатковий коток; 3 – бічні лижи;
 4 – опорні ролики; 5 – напрямний елемент

ним на розвантажувальному пристрої. Днище постачено додатковим котком 2. Під час проходження вагонетки через розвантажувальний пристрій днище у процесі переміщення цим котком по криволінійному напрямному елементу 5 відкривається під сумарною дією власної ваги і ваги вантажу у кузові. При подальшому русі уздовж напрямного елемента днище закривається.

Аналогічну конструкцію мають вагонетки та розвантажувальний пристрій німецької фірми GHH.

Розглянуті транспортні комплекси надійні та зручні в експлуатації і забезпечують переваги безупинного завантаження і розвантаження рухомого складу. До їх недоліків можна віднести значну довжину розвантажувального шляху та не-

повне відкриття днища, що стає причиною налипання матеріалу, знижує місткість вагонетки і не дозволяє транспортування крупношматкової руди.

Висновки:

- розробка потужних залізорудних покладів підземним способом в умовах вітчизняної гірничорудної галузі ведеться в основному з використанням систем розробки з масовим обваленням руди. Це системи з поверховим, поверхово-камерним та підповерховим обваленням гірничої маси, частка яких становить приблизно половину усього підземного видобутку міцних руд. Порівняльний аналіз основних технологічних схем транспорту руди, які використовуються при цьому, показує, що майбутнє гірничорудної галузі, безперечно, у широкому впровадженні циклічно-потоківих і потоківих технологій виробництва, у тому числі процесу підземного транспортування руди;

- на жаль, цим вимогам поки що відповідає лише дільнична підсистема внутрішньошахтного транспорту, зосереджена у межах очисних блоків, де використання засобів вібраційного випуску руди та її конвеєрної доставки дають можливість забезпечити безупинність процесу транспорту корисної копалини з високими показниками продуктивності та ефективності. Магістральна ж транспортна підсистема, представлена у вітчизняних залізорудних шахтах виключно електровозною відкаткою, в силу свого циклічного характеру роботи і недостатнього рівня продуктивності залишається вузьким місцем загального транспортного ланцюга шахти і стримує подальший розвиток ВШТ;

- у таких обставинах логічним представляється напрямок максимального удосконалення роботи локомотивної відкатки, наприклад, за рахунок забезпечення безупинності процесів завантаження, відкатки та розвантаження локомотивних потягів протягом усього робочого часу зміни. Проведений техніко-економічний аналіз показує доцільність переходу від окремих засобів завантаження, відкатки та розвантаження руди до збалансованих за продуктивністю транспортних комплексів. Такий шлях скорочує різницю у витратах часу на завантаження потягу і рух його в один кінець, а продуктивність праці гірників по транспортній системі

при цьому підвищується у 2,5 рази;

- для створення ефективних видів локомотивного транспорту, які б могли забезпечити виконання перерахованих вимог, існує, на наш погляд, два основних перспективних шляхи, а саме: розробка бункерних та секційних потягів; проектування потягів, що складаються з окремих вагонеток з відкидними днищами і міжкузовними перекриттями. Другий напрямок представляється найбільш перспективним з огляду на існуючий і перевірений закордонною практикою досвід використання подібної техніки на підземних рудовидобувних підприємствах. Транспортні комплекси, до складу яких входять такого роду вагонетки, що забезпечують безупинність процесу завантаження потягу, та спеціальні розвантажувальні пристрої для реалізації безперервного його розвантаження у приствольний бункер, показали себе надійними та зручними в експлуатації, такими, що гарантують переваги циклічно-потокової технології підземного транспорту руди.

1.3 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – обґрунтування та розробка вихідних даних комплексу обладнання локомотивної відкатки руди з безперервними процесами завантаження та розвантаження потягу гірничою масою.

Проведений аналіз сучасного стану внутрішньошахтного транспорту на підземних вітчизняних підприємствах з видобутку міцних руд, порівняння існуючих технологічних схем випуску, доставки завантаження, відкатки та розвантаження гірничої маси дозволило визначити основні пріоритети подальшого розвитку підземних транспортних технологій і техніки на шляху створення комплексів транспортного обладнання, узгоджених між собою за основними експлуатаційними параметрами, і, у кінцевому рахунку, дало можливість сформулювати основні задачі подальших досліджень, а саме:

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- здійснити порівняльний аналіз можливих варіантів взаємного розташування завантажувального пристрою та рухомого складу електровозного потягу;

- обґрунтувати раціональні параметри розвантажувального пристрою;
- запропонувати основні положення методики розрахунку саморозвантажної вагонетки та розвантажувального пристрою;
- обґрунтувати конструктивні рішення механічного обладнання комплексу локомотивної відкатки з безупинними процесами завантаження і розвантаження рухомого складу;
- проаналізувати результати стендових досліджень та польових випробувань експериментального зразка комплексу;
- здійснити приблизну техніко-економічну оцінку результатів дослідження;
- запропонувати практичні рекомендації щодо їх використання у промисловості.

Об'єкт дослідження – технологічний процес магістрального транспорту гірничої маси у залізорудній шахті.

Предмет дослідження – комплекс механічного обладнання для локомотивної відкатки руди у підземних умовах.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Сталий розвиток науки і техніки немислимий без виконання різного роду наукових досліджень, за допомогою яких вивчається навколишній світ, відкриваються нові закони його існування та удосконалення, розробляються шляхи використання цих законів для інтенсифікації процесів промислового виробництва та інших галузей діяльності людства.

Усі наукові дослідження можна розділити на дві великі групи: фундаментальні та прикладні. Перші мають на меті відшукування нових явищ та законів матеріального світу, а другі призначені для застосування цих нових знань для удосконалення технологічних процесів та техніки для їх механізації.

Реалізація процесу наукового пошуку будь-якого виду здійснюється за допомогою загальних і спеціальних методів досліджень. До перших можна віднести аналіз і синтез, індукцію і дедукцію, абстрагування і конкретизацію, моделювання та інші. До других належать теоретичні, експериментальні методи та їх поєднання, а також методи, що виникають на стиках різних наук.

Не є виключенням із загального правила і представлена магістерська робота, під час виконання якої використовувалися різні методи наукових досліджень.

Так, наприклад, аналітичний метод дослідження був застосований під час порівняльного огляду існуючих технологічних схем транспорту гірничої маси при підземній розробці залізних руд в умовах вітчизняної гірничорудної промисловості, а також механічного обладнання для їх забезпечення.

Теоретичні дослідження виконувалися для аналізу варіантів взаємного розташування завантажувального пристрою та рухомого складу потягу під час очисного виймання руди у підземних умовах, для обґрунтування раціональних параметрів розвантажувального пристрою розглянутого комплексу локомотивної відкатки з безупинним завантаженням і розвантаженням потягу, для розробки методики розрахунку саморозвантажної вагонетки та розвантажувального пристрою, які входять до складу цього комплексу.

Перевірка результатів теоретичних досліджень відбувалася шляхом прове-

дення експериментальних випробувань розробленого обладнання: спочатку стендових, а потім промислових.

Зокрема, під час виконання промислових випробувань експериментального зразка локомотивного комплексу з безупинним завантаженням та розвантаженням потягу проводилися безпосередні вимірювання навантажень, напружень, тягових зусиль та опорів руху у різних режимах роботи обладнання за спеціально розробленою для цього випадку спеціалістами ІГТМ АН УРСР методикою.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКСУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БЕЗУПИННОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ І РОЗВАНТАЖЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОВОЗНОЇ ВІДКАТКИ

3.1 Порівняльний аналіз варіантів взаємного розташування завантажувального пристрою та рухомого складу потягу

Процес завантаження електровозного потягу видобутою рудою в умовах залізорудних шахт може здійснюватися за двома можливими схемами у залежності від взаємного розташування завантажувального пристрою (наприклад, віброживильника) та вагонів потягу, а саме:

- живильник розташований уперек (перпендикулярно) напрямку руху потягу;
- живильник розташований уздовж цього напрямку.

Для вибору найраціональнішого варіанту потрібно оцінити геометричні розміри вагонетки з точки зору формування призми відсипаної руди в її кузові та з урахуванням фізико-механічних властивостей транспортованого матеріалу. Критерієм процесу завантаження слід прийняти максимальне використання об'єму вагонетки та вільного простору над нею (висоту шапки) з огляду на діючі обмеження, що диктуються «Єдиними правилами безпеки при розробці рудних, нерудних та розсипних родовищ підземним способом» [17]. До них відносяться, насамперед, висота підвіски контактного проводу h_1 , його відстань від рудної шапки h_2 та ширина вагонетки для вписування її у типові перетини шахтних виробок (рис. 3.1).

Формування призми відсипаної руди відбувається таким чином, що завантаження вагонетки не можна здійснювати до положення, коли підстава цієї призми досягне рівня верхньої кромки кузову. Це пояснюється неминучим зсипанням вантажу з кузову під час руху потягу. Для попередження цього потрібно вести завантаження таким чином, щоб рівень підстави призми була нижче верхньої кромки кузову, а верхня частина вантажу, що знаходиться вище цього рівня, мала б

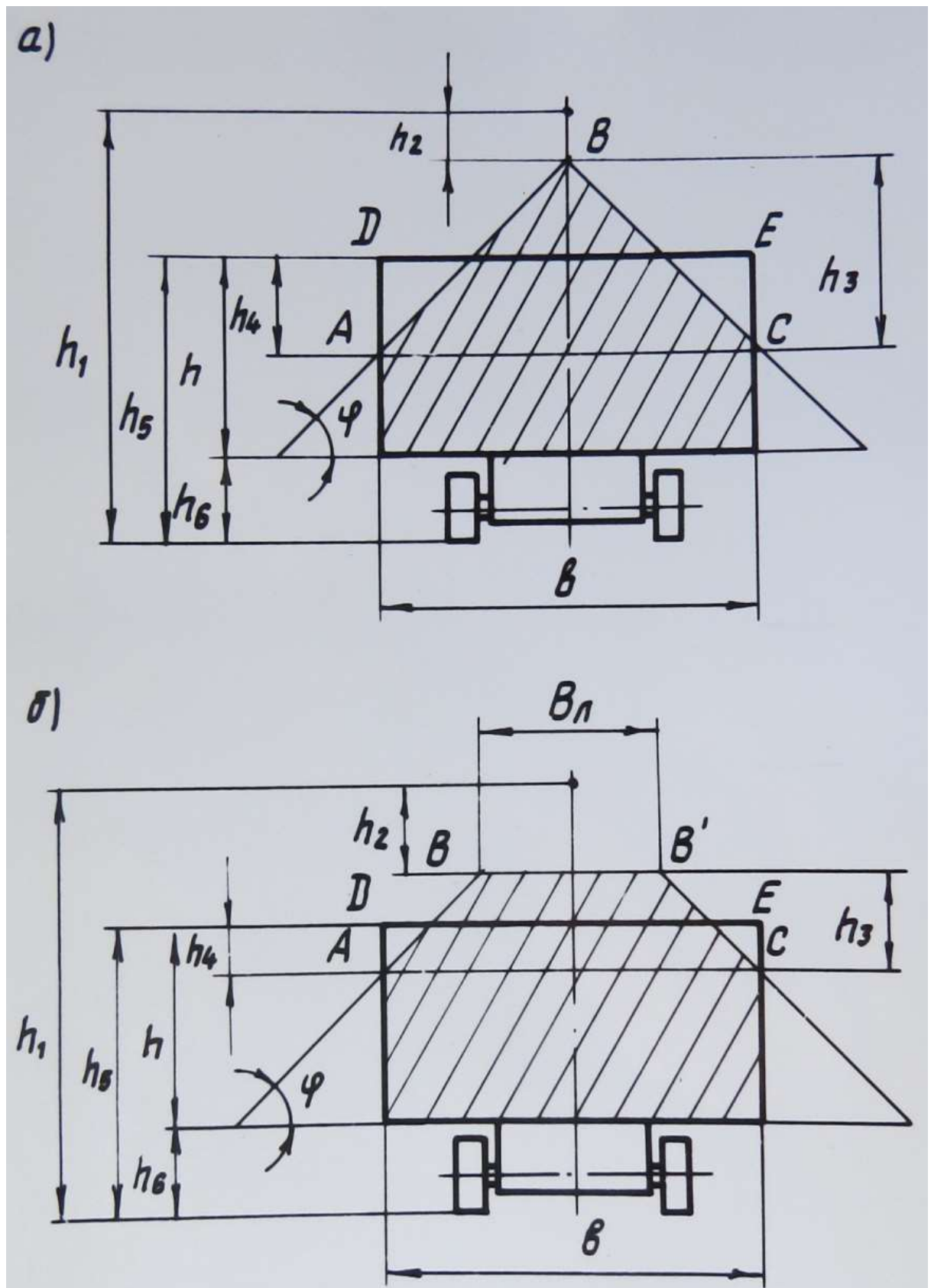


Рисунок 3.1 – Схеми завантаження вагонетки у залежності від взаємного розташування завантажувального пристрою та рухомого складу:
 а – живильник розташований перпендикулярно напрямку руху потягу;
 б – живильник розташований поздовжньо відносно напрямку руху потягу

можливість розміститися у вільному просторі кузову.

У разі поперечного розташування живильника відносно напрямку руху потягу вказане положення можна для одиниці довжини вагонетки записати у наступному вигляді:

$$S_{ABC} = S_{ADEC}. \quad (3.1)$$

Площа трикутника ABC дорівнює:

$$S_{ABC} = \frac{bh_3}{2}, \quad (3.2)$$

де b – ширина вагонетки; h_3 – висота підстави призми відсипки завантаження:

$$h_3 = \frac{btg\varphi}{2}, \quad (3.3)$$

де φ – кут природного укосу матеріалу вантажу.

Тоді матимемо:

$$S_{ABC} = \frac{b^2tg\varphi}{4}. \quad (3.4)$$

Площа трикутника $ADEC$:

$$S_{ADEC} = bh_4. \quad (3.5)$$

З формул (3.4) і (3.5) отримуємо:

$$h_4 = \frac{btg\varphi}{4}. \quad (3.6)$$

Тоді висоту вагонетки можна визначити з наступної формули:

$$h_5 = h_1 - h_2 - h_3 + h_4. \quad (3.7)$$

Для даної схеми:

$$h_5 = h_1 - h_2 - \frac{btg\varphi}{4}, \quad (3.8)$$

а висота кузова:

$$h = h_5 - h_6, \quad (3.9)$$

де h_6 – відстань від днища кузова до рівня головки рейок.

Місткість вагонетки складає:

$$V_6 = bhl, \quad (3.10)$$

де l – довжина кузова.

При поздовжньому розташуванні живильника маємо:

$$S_{ABB'C} = S_{ADEC}. \quad (3.11)$$

Площа трапеції $ABB'C$ дорівнює:

$$S_{ABB'C} = \frac{b-B}{2} h_3, \quad (3.12)$$

де $h_3 = \frac{b-B}{2} \operatorname{tg} \varphi$, а B – ширина робочого органу живильника.

З формул (3.5) і (3.12) маємо:

$$h_4 = \frac{b^2 - B^2}{4b} \operatorname{tg} \varphi. \quad (3.13)$$

Тоді висота вагонетки згідно з формулою (3.7) дорівнюватиме:

$$h_5 = h_1 - h_2 - \frac{b-B}{2} \operatorname{tg} \varphi \left(1 - \frac{b+B}{2b} \right). \quad (3.14)$$

Далі розрахунок здійснюється за формулами (3.9) та (3.10).

За результатами отриманих співвідношень побудовані залежності місткості вагонетки від її ширини та кута природного укусу сипкого матеріалу для поздовжнього і поперечного варіантів розташування живильника (рис. 3.2).

Аналіз графіків показує, що:

- у випадку поперечного розташування живильника спостерігається підвищення корисної використовуваної висоти вагонетки при менших значеннях кута природного укусу матеріалу. Збільшення ж ширини вагонетки вимагає зменшення її висоти. В обох ситуаціях місткість вагонетки зростає;

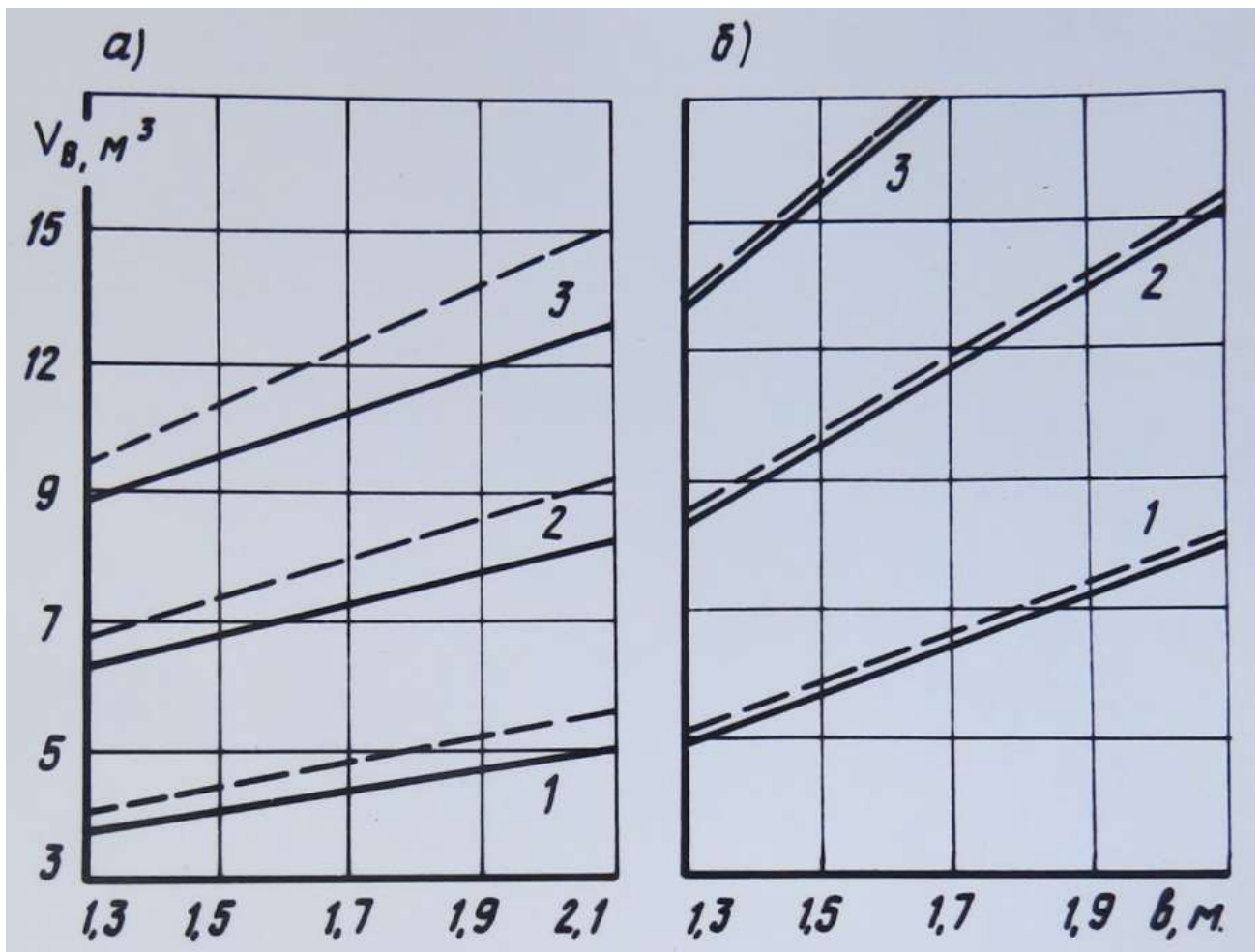


Рисунок 3.2 – Залежність місткості вагонетки $V_{\text{в}}$ від її ширини b :

a – поперечне розташуванні живильника відносно вагонетки;

$б$ – поздовжнє розташуванні живильника відносно вагонетки;

1, 2, 3 – довжина кузова відповідно 3, 5 і 7 м

(суцільні лінії – кут природного укосу сипкого вантажу $\varphi = 45^\circ$;

пунктирні лінії – кут природного укосу сипкого вантажу $\varphi = 35^\circ$)

- у випадку поздовжнього розташування живильника кут природного укосу матеріалу та ширина вагонетки практично не впливають на коефіцієнт заповнення її кузова.

Збільшення ширини вагонетки з 1,3 до 1,9 м при постійній її довжині дає можливість підвищити використовуваний об'єм у наступних межах: при поперечному розташуванні живильника – на 28%; при поздовжньому (для ширини живильника, що складає 75% від ширини вагонетки) – на 60%.

Для оцінки впливу взаємного розташування живильника та рухомого складу

електровозної відкатки при однакових величинах довжини і ширини кузова визначимо відношення висот вагонетки у порівнюваних варіантах:

$$K = \frac{h_{\text{позд}}}{h_{\text{попер}}} = \frac{h_1 - h_2 - h_6 - \frac{b - B}{2} \left(1 - \frac{b + B}{2b} \right) \operatorname{tg} \varphi}{h_1 - h_2 - h_6 - \frac{b \operatorname{tg} \varphi}{4}}. \quad (3.15)$$

Розрахунки показують, поздовжнє розташування живильника доцільніше за поперечне, тому що дозволяє підвищити коефіцієнт заповнення вагонетки на 30-40%.

В реальних умовах очисних блоків вітчизняних залізрудних шахт не представляється можливим розташування віброживильника уздовж відкотної виробки, що пояснюється недостатнім рівнем опору покрівлі виробки дії гірничого тиску. Проте, така схема буде доцільна під час створення завантажувальних пунктів на концентраційних горизонтах шахт.

3.2 Обґрунтування раціональних параметрів розвантажувального пристрою комплексу

Для забезпечення безупинного процесу розвантаження електровозного потягу у приствольний бункер відкотного горизонту залізрудної шахти пропонується використання розвантажувального пристрою, схема якого показана на рис. 3.3. Він має роликовий шлях 1 та криволінійний напрямний елемент 2. Роликовий шлях складається з опорних балок 3 і змонтованих на них роликів 4. До конструкції криволінійного напрямного елемента входять копір 5, виготовлений з круглого прокату, та двотаврова несуча балка з ребром 6 та полицями 7 і 8.

Пристрій призначений для саморозвантаження вагонетки, яка складається з кузова 9 з опорними лижами 10 для взаємодії з роликовим шляхом 1 та днища 11, прикріпленого до кузова за допомогою шарнірів 12. Днище постачено ходовими колесами 13 і котком 14 для взаємодії з копіром 5.

Копір 5 змонтований на поличці 7 несучої балки, причому остання вигнута у просторі таким чином, що у будь-якому місці взаємного контакту котка 14 з копіром 5 поверхня полички 7 залишається паралельною осі обертання котка. Для цього ребро 6 виконано зі смуг 15, вирізаних по лініях розмітки B з вигнутого по циліндру радіусом R плоского прямокутного металевго листа 16. Лінії розмітки проведені під кутом φ до того боку листа, по якому здійснюється вигин. Кут φ і довжину L криволінійної ділянки напрямного елемента визначають за допомогою наступних співвідношень:

$$\varphi = \arctg \frac{L \cdot 180^\circ}{\pi R \alpha}, \text{ град.}; \quad (3.16)$$

$$L \geq \frac{l \alpha}{\beta}, \text{ м}, \quad (3.17)$$

де R – радіус вигину листа, що дорівнює відстані від осі обертання днища вагонетки до поверхні кочення котка, закріпленого на цьому днищі для взаємодії з копіром напрямного елемента, м; α – кут відкриття днища вагонетки; град.; l – горизонтальна складова відстані від торця відкидного днища вагонетки до котка; м; β – кут між площиною, що проходить через вісь обертання днища вагонетки та нижню кромку торця днища, яка знаходиться на відстані R від осі обертання днища, та площиною, що проходить через вісь обертання днища і точку контакту котка з копіром, град.

Формули (3.16) і (3,17) отримані, виходячи з наступних міркувань. Під час руху вагонетки через розвантажувальний пристрій точка контакту котка з копіром описує гвинтову лінію, накреслену на бічній поверхні умовного циліндру з радіусом R . При заздалегідь заданому куті відкриття днища α частина довжини окружності радіусу R може бути обчислена за допомогою наступної відомої формули:

$$l_1 = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}, \text{ м}. \quad (3.18)$$

Враховуючи, що кут підйому гвинтової лінії дорівнює:

$$\varphi = \arctg \frac{L}{l_1}, \quad (3.19)$$

можна підставити вираз (3.18) у формулу (3.19) і отримати співвідношення (3.16).

Під час проходження вагонетки через розвантажувальний пристрій відкидне днище своїм торцем B не повинно зачіпати копір 5. Для цього при заданих параметрах вагонетки l і β та бажаному куті відкриття днища α потрібно розрахувати необхідну довжину напрямного елемента.

Умову торкання днища вагонетки своєю точкою B копіра 5 можна записати у вигляді наступної пропорції:

$$\frac{l}{L_{\text{гран}}} = \frac{\beta}{\alpha}, \quad (3.20)$$

звідки:
$$L_{\text{гран}} = \frac{l\alpha}{\beta}. \quad (3.21)$$

Очевидно, що при $L \leq L_{\text{гран}}$ буде збільшуватися крутизна напрямного елемента, що призведе до заклинення днища. З іншого боку, щоби мати гарантований зазор між днищем вагонетки і напрямним елементом, необхідно дотриматися умови, при якій L більше $L_{\text{гран}}$, що й відображає нерівність (3.17).

Приведені формули, у тому числі (3.16) і (3.17), будуть справедливими й для випадку, коли коток 14 у вагонетки відсутній, а відкриття днища відбувається шляхом безпосередньої взаємодії ходового колеса 13 з напрямним елементом 2.

Поличка 7 напрямного елемента (див. рис. 3.3) може бути виконана у вигляді поверхні, накресленої на бічній поверхні умовного циліндру, встановленого на горизонтальній площині під кутом до напрямку руху потягу (рис. 3.4).

Для визначення параметрів умовного циліндру радіусом R_1 та довжиною L_1 , а також кута його установки γ в якості вихідних даних приймемо: l_2 і h - відповідно горизонтальна та вертикальна складові найкоротшої відстані R_2 від осі шарнірів до реборди колеса, що взаємодіє з напрямним елементом, виміряні у поперечному перетині вагонетки. Якщо вагонетка взаємодіє з напрямним елементом за допомогою додаткового котка, то відстань R_2 вимірюється до цього котка; L_3 -

довжина ділянки, що закривається.

З рис. 3.4 добре видно, що раціональний радіус циліндру дорівнює:

$$R_1 = R_2 - h, \quad (3.22)$$

де

$$R_2 = \sqrt{l_2^2 + h^2}. \quad (3.23)$$

Звідси маємо:

$$R_1 = \sqrt{l_2^2 + h^2} - h. \quad (3.24)$$

Зменшення величини R_1 у порівнянні з розрахованою за формулою (3.24), призведе до непрацездатності комплексу через те, що ефект кочення колеса по напрямному елементу заміниться ефектом його ковзання до тих пір, поки ордината OY сліду колеса не прийме нульового чи позитивного значення.

Для обчислення співвідношення між довжиною ділянки L_3 , що закривається, та відстані L_4 попередньо визначимо довжину дуги CB :

$$CB = CD - BD; \quad (3.25)$$

$$CB = \frac{\pi R_2}{2}. \quad (3.26)$$

З огляду на те, що $CD = AB$, матимемо:

$$BD = CD \frac{\theta}{90^\circ}. \quad (3.27)$$

З іншого боку:

$$\theta = \arctg \frac{h}{l_2}. \quad (3.28)$$

Тоді, з урахуванням виразів (3.26) і (3.28) отримаємо:

$$BD = \frac{\pi R_2 \arctg \frac{h}{l_2}}{2 \cdot 90^\circ}. \quad (3.29)$$

Відзначаємо, що $AC = BD$, і підставляємо (3.28) і (3.29) у (3.25), в результаті чого отримуємо:

$$CB = \frac{\pi R_2}{2} \left(1 - \frac{\arctg \frac{h}{l_2}}{90^\circ} \right). \quad (3.30)$$

З розрахункової схеми видно, що:

$$\frac{L_4}{L_3} = \frac{CB}{AB}, \quad (3.31)$$

а звідси після відповідних перетворень можна отримати:

$$L_4 = L_3 \left(1 - \frac{\arcsin \frac{h}{l_2}}{90^\circ} \right). \quad (3.32)$$

Для визначення L_1 і γ проведемо через циліндр перпендикулярно до площини XOZ допоміжну січну площину, слід якої $C''B''$ довжиною l_3 показаний на схемі рис. 3.4б. Знаходимо кут δ , утворений слідом $C''B''$ та напрямком руху вагонетки:

$$\delta = \arctg \frac{l_2}{L_4}, \quad (3.33)$$

а також довжину сліду $C''B''$:

$$l_3 = \sqrt{L_4^2 + l_2^2}. \quad (3.34)$$

Кут ε , утворений слідом $C''B''$ та поздовжньою віссю циліндру, дорівнює:

$$\varepsilon = \arcsin \frac{R_1}{l_3} = \arcsin \frac{R_1}{\sqrt{L_4^2 + l_2^2}}. \quad (3.35)$$

Користуючись формулами (3.33) і (3.35) можна знайти кут установки циліндру та напрямок руху вагонетки:

$$\gamma = \delta + \varepsilon = \arctg \frac{l_2}{L_4} + \arcsin \frac{R_1}{l_3} = \arcsin \frac{R_1}{\sqrt{L_4^2 + l_2^2}}. \quad (3.36)$$

Для обчислення довжини циліндру L_1 спочатку знайдемо розміри L_5 і L_6 :

$$L_5 = R_1 \sin \gamma; \quad (3.37)$$

$$L_6 = L_3 - L_5 = L_2 - R_1 \sin \gamma. \quad (3.38)$$

Тоді матимемо:

$$L_1 = \frac{L_6}{\cos \gamma} = \frac{L_3 - R_1 \sin \gamma}{\cos \gamma}. \quad (3.39)$$

Отже, за допомогою основних формул (3.23), (3.36), (3.39) та допоміжного виразу (3.34) можна визначити шукані величини R_1 , L_1 та γ .

Повну довжину напрямного елемента можна знайти за наступною формулою:

$$L_{ne} = L + L' + L_{гор}, \quad (3.40)$$

де L' – довжина напрямного елемента, дзеркальним відображенням якого є елемент 2 (див. рис. 3.3) довжиною L :

$$L' = L; \quad (3.41)$$

$L_{гор}$ – довжина горизонтальної ділянки напрямного елемента:

$$L_{гор.min} = v_p t, \quad (3.42)$$

де v_p – швидкість руху рухомого складу через розвантажувальний пристрій; t – час перекидання кузова вагонетки:

$$t = \sqrt{\frac{2b}{g(\sin \alpha - f \cos \alpha)}}; \quad (3.43)$$

b – ширина вагонетки; f – коефіцієнт тертя вантажу відносно днища вагонетки.

Слід мати на увазі, що під час проектування розвантажувального пристрою для вагонетки, днище якої відкривається шляхом взаємодії напрямного елемента безпосередньо з ходовим колесом, потрібно обов'язково дотримуватися наступної умови:

$$L_{\text{гор}} \geq l_6, \quad (3.44)$$

де l_6 – жорстка база вагонетки.

3.3 Основні принципи розробки методики розрахунку саморозвантажної вагонетки та розвантажувального пристрою

Вибір раціональних параметрів механічного обладнання комплексу локомотивної відкатки здійснюється за умови, що попередньо визначені технологічна схема транспорту, змінна продуктивність завантажувальних пристроїв, швидкості руху завантажених та порожніх потягів, а також обгрунтована доцільність упровадження безупинних процесів завантаження і розвантаження гірничої маси.

На рис. 3.5 приведена блок-схема розрахунку геометричних параметрів головного обладнання комплексу (у дужках – посилання на відповідні формули п. 3.2).

Розрахунок ведеться у наступній послідовності:

1. Згідно з вихідними даними на розробку потрібно вибрати схему завантаження потягу (поздовжнє чи поперечне розташування завантажувального пристрою відносно напрямку руху потягу), висоту підвіски контактного проводу h_1 та відстань від нього до рудної шапки завантаженої вагонетки h_2 .

2. Виходячи з конструктивного опрацювання вагонетки визначити її основні параметри, а саме: ширину b , довжину l , величину жорсткої бази l_6 тощо.

3. З урахуванням схеми завантаження розрахувати висоту вагонетки:

- при поперечному завантаженні – за формулою (3.8);
- при поздовжньому завантаженні – за формулою (3.14).

4. Визначити висоту кузова h за формулою (3.2) та його місткість V за фор-

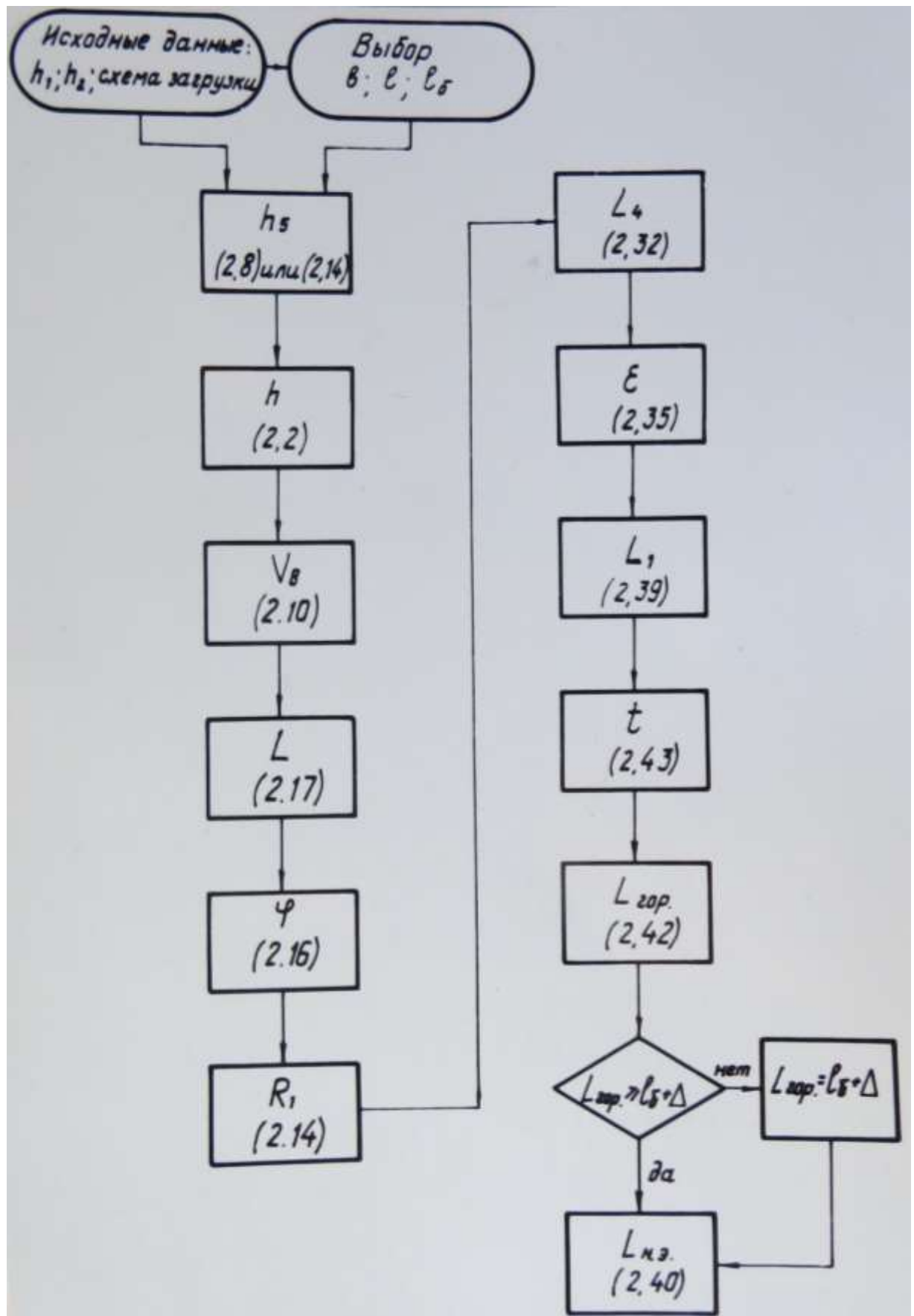


Рисунок 3.5 – Блок-схема розрахунку геометричних параметрів вагонетки та розвантажувального пристрою локомотивного комплексу

мулою (3.10).

5. Розрахувати розміри напрямного елементу розвантажувального пристрою:

- ребра – за формулами (3.16) і (3.17);
- полицки – за формулами (3.14), (3.32), (3.35) та (3.39).

6. Обчислити повну довжину розвантажувального пристрою за формулами (3.40), (3.42) та (3.43).

7. Продуктивність комплексу можна оцінити за допомогою формули (1.1).

Для прикладу розрахуємо за даною методикою основні геометричні параметри саморозвантажної вагонетки та розвантажувального пристрою для варіанта поперечної схеми завантаження потягу електровозної відкатки.

Згідно с вимогами техніки безпеки [17] приймаємо мінімальну висоту підвіски контактного проводу $h_1 = 1,8$ м та відстань від рудної шапки до контактного проводу $h_2 = 0,2$ м.

За результатами конструктивного опрацювання вагонетки приймаємо ширину кузова $b = 1,3$ м, відстань від рівня головки рейок до кузова $h_6 = 0,65$ м, довжину кузова $l_k = 4$ м (див. рис. 3.1). За формулами (3.8)-(3.18) знаходимо висоту вагонетки $h_5 = 1,6$ м, висоту кузова $h = 0,95$ м та місткість вагонетки $V_e = 5,6$ м³.

Далі розраховуємо параметри розвантажувального пристрою. Спочатку приймаємо конструктивні параметри $R = 1,3$ м, $l = 0,94$ м, $\alpha = 90^\circ$ (випадок повного відкриття днища вагонетки), $\beta = 20^\circ$ (див. рис. 3.2), а потім за формулами (3.16) і (3.17) знаходимо кут підйому гвинтової лінії напрямного елементу $\varphi = 22^\circ 27'$ та його довжину $L = 5,6$ м.

Потім задаємося параметрами вагонетки $l_2 = 1,1$ м, $h = 0,58$ м, $L_3 = 4$ м (див. рис. 3.3) і за формулами (3.24), (3.32), (3.35) і (3.39) знаходимо параметри умовного циліндру для виготовлення полицки напрямного елементу.

Попередньо розраховуємо за формулою (3.43) час спорожнення кузова $t = 28$ с і з використанням цього результату за формулами (3.40) і (3.42) знаходимо повну довжину напрямного елементу розвантажувального пристрою $L_{ne} = 13,2$ м.

Отримані результати можуть бути застосовані для проектування та виготов-

лення дослідних зразків саморозвантажувальної вагонетки та розвантажувального пристрою.

Висновки:

- проведені теоретичні дослідження мали за мету визначення основних геометричних параметрів складових частин локомотивного комплексу безупинного завантаження і розвантаження електровозного потягу – саморозвантажної вагонетки та розвантажувального пристрою приствольного бункера шахти. Порівняльний аналіз можливих варіантів взаємного розташування завантажувальних пристроїв та рухомого складу потягу виявив переваги поздовжньої схеми, але в умовах вітчизняних залізничних шахт вона, на жаль, має лише обмежене використання;

- за результатами досліджень обґрунтовано раціональні параметри складових елементів комплексу та запропонована методика їх розрахунку.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ТА ПРАКТИЧНЕ УПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Обґрунтування та розробка експериментального зразка комплексу локомотивної відкатки з безупинним завантаженням та розвантаженням рухомого складу

Викладений вище матеріал переконливо показав, що для забезпечення різкого (у 1,5-2 рази) підвищення продуктивності відкатки гірничої маси у вітчизняних залізничних шахтах без відмови від основного відкотного засобу – електровозної відкатки – найбільш перспективним технічним рішенням є удосконалення його шляхом створення та використання комплексу транспортних засобів локомотивної відкатки у складі шахтних вагонеток з міжкузовними перекриттями і донним розвантаженням їх у спеціальному безприводному розвантажувальному пристрої, електровозу, автоматизованих систем керування та шляхового господарства.

Свого часу зусиллями дослідників та проєктантів Всесоюзного науково-дослідницького та проєктно-конструкторського інституту гірничорудного машинобудування ВНДІПрудмаш (м. Кривий Ріг) такий комплекс був розроблений та запропонований для практичного використання [18,19].

Розроблені конструктивні рішення саморозвантажної вагонетки та розвантажувального пристрою дозволяють забезпечити процеси безупинного завантаження потягу в очисних блоках та безупинного розвантаження його у приствольний бункер відкотного горизонту (рис. 4.1).

Саморозвантажна вагонетка з відкидним днищем складається з кузова 1, поставленого бічними лижами 2, та днища 3 з ходовими колесами 4, прикріпленого до однієї з бічних стінок кузова за допомогою шарнірів 5. Днище з протилежного від шарнірів боку має напрямну доріжку 6 з відкритими назовні вирізами 7.

Розвантажувальний пристрій представляє собою встановлений над прийомним бункером двосторонній роликовий шлях, що складається з балок 8 і 9 з опор-

ними роликами 10. На ділянці відкриття днища під балкою 8 закріплена пара підтримувальних роликів 11 на відстані, що виключає можливість контакту днища з рейкою 12 у процесі його відкриття. У цьому місці на стінці бункера встановлені амортизатори 13. На ділянці закриття днища, яка розташовується безпосередньо за попередньою, встановлений криволінійний напрямний елемент 14, який примикає до однієї з рейок на виході з розвантажувального пристрою.

Відстань між вирізами 7 дорівнює відстані між роликами 11, а довжина вирізу більше діаметра ролика.

Принцип дії комплексу наступний.

Завантажена вагонетка у складі електровозного потягу безупинно проходить через розвантажувальний пристрій. Над прийомним бункером кузов 1 рухається, спираючись своїми лижами 2 на ролики 10. В момент, коли перше колесо 4 вагонетки має зійти з рейки 12, днище своєю доріжкою 6 заходить на перший з роликів 11. Перед суміщенням першого ролика з першим по ходу вагонетки вирізом 7 доріжка 6 заходить на другий ролик. Потім вагонетка обома парами коліс 4 сходить з рейок 12, але днище поки що залишається закритим (воно підтримується обома роликами 11). І лише коли обидва вирізи 7 суміщаються з цими роликами, днище під дією власної ваги та ваги вантажу у кузові відкривається. Ймовірний удар днища і ходових коліс у стінку бункера пом'якшується амортизаторами 13. Розвантаження матеріалу продовжується аж до моменту повного закриття днища, яке відбувається поступово в результаті надходження колеса 4 на криволінійний напрямний елемент 14.

Для попередження просипу гірничої маси під час руху потягу вагонетка може бути постачена щитами, прикріпленими по периметру шарнірів до внутрішніх поверхонь стінок кузова, та ущільненнями, виконаними у вигляді петель з еластичного матеріалу (наприклад, відпрацьованої конвеєрної стрічки).

Особливістю описаної вагонетки з відкидним днищем є крайня обмеженість вільного простору для розміщення серійних зчіпних пристроїв. Тому у процесі її проектування виникла необхідність розробки нового зчіпного пристрою з набагато меншими у порівнянні, наприклад, з автозчіпкою В10 розмірами центрувально-

го та поглинального механізмів (принаймні, у 4-5 разів). Нова конструкція компактного автоматичного зчіпного пристрою показана на рис. 4.2.

Пристрій має траверсу 1, виконану у вигляді відливки коробчастої форми, з центральним 2 та двома бічними 3 карманами. У центральному кармані за допомогою осі 5 встановлений корпус 4 зчіпки та центрувальний прилад, що складається з опорної плити 6, пружини 7 і стакану 8. Останній змонтований у спеціально виконаному отворі у центральному кармані і утримується від випадання буртиком 9. У кожному бічному кармані встановлена п'ята 10, яка за допомогою пари гумових амортизаторів 11 і 12 попередньо затиснута між стінками траверси 1. У траверсі й у п'яті виконані співвісні отвори, причому різниця діаметрів отвору 13 і шкворню 14 перевищує подвійний хід будь-якого з амортизаторів 11 або 12, але не більше його подвоєної допустимої деформації.

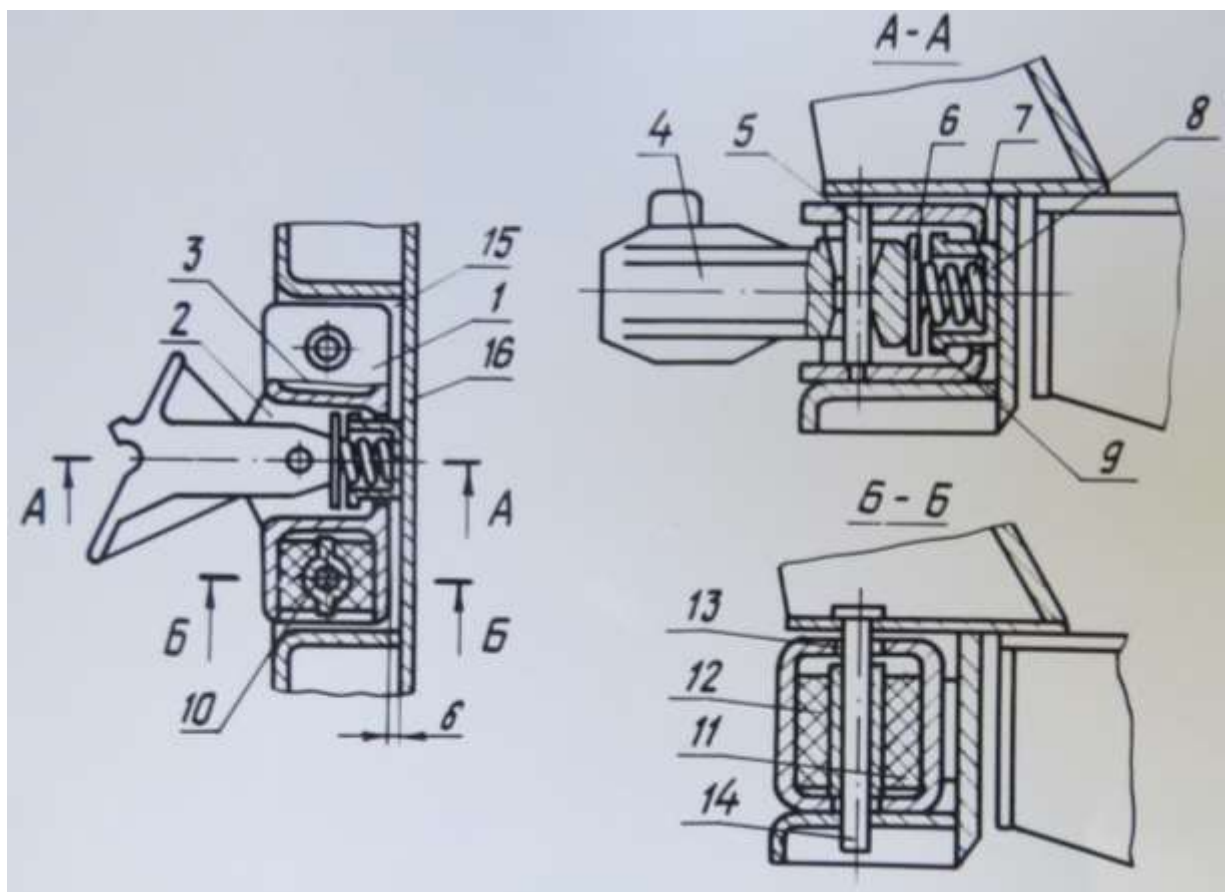


Рисунок 4.2 – Схема зчіпного пристрою саморозвантажної вагонетки:
1 – траверса; 2 – центральний карман; 3 – бічні кармани; 4 – корпус; 5 – вісь;
6 – опорна плита; 7 – пружина; 8 – стакан; 9 – буртик; 10 – п'ята; 11, 12 –
гумові амортизатори; 13 – отвір; 14 – шкворень; 15 – гніздо; 16 – рама

Зчіпний пристрій працює наступним чином.

Попередньо зібрану конструкцію встановлюють у гніздо 15 кузова вагонетки із зазором δ відносно рами 16 і шкворнями 14 закріплюють траверсу 1. Це спричиняє стискання пружини 7 і забезпечує утримання та повертання у центральне положення корпусу 4 зчіпки. Крім того, це гарантує усунення вільних зазорів в отворах деталей, суміжних з віссю 5 та шкворнями 14. При штовханні вагонетки демпфірування здійснюється за рахунок амортизатора 12, а під с тяги – амортизатора 11.

Завдяки описаному вище порядку виконання розмірів отворів і шкворней, пристрій забезпечує повне використання амортизаційної здатності гуми, але, у той же час, обмежується її повне стискання у випадку виникнення навантажень, що перевищують допустимі.

Отвір у задній стінці траверси виконаний таким чином, що підпружинений стакан взаємодіє з рамою вагонетки і дозволяє усунути усі вільні зазори у пристрої. Це дає можливість суттєво знизити динамічні навантаження. Крім того, сам зчіпний пристрій встановлений відносно упору з певним зазором, що гарантує відсутність жорстких співударянь під час роботи.

Напрямний елемент розвантажувального пристрою рекомендовано виконувати згідно з технічним рішенням, описаним у [20].

Можна згадати ще одне вузьке місце в критикованій нами електровозній відкатці, яке серйозно заважає її нормальному функціонуванню. Мова йде про численні розриви у контактній мережі, які змушено приходить влаштовувати у зоні роботи завантажувальних пристроїв. Для забезпечення безперешкодного пропуску рухомого складу існують певні технічні рішення, згідно з якими у зоні розриву контактного проводу розміщують рухому секцію, виконану у вигляді шарнірно підвішеного під завантажувальним пристроєм щитка зі струмопровідним елементом. Під час завантаження потягу щиток під напором рухомого потоку руди відхиляється і виводить струмопровідний елемент із зони завантаження. Після закінчення процесу завантаження щиток під дією власної ваги повертається у вихідне положення.

В основу розробленого інститутом ВНДПрудмаш експериментального зразка комплексу локомотивної відкатки руди з безупинними процесами завантаження і розвантаження рухомого складу покладені технічні рішення [20,21].

Комплекс складається з безприводного розвантажувального пристрою та потягу з двох спеціально доопрацьованих серійних електровозів К14 і вагонеток з відкидними днищами (рис. 4.3 та 4.4).



Рисунок 4.3 – Комплекс локомотивної відкатки
з безупинним завантаженням і розвантаженням рухомого складу:
а – потяг у складі саморозвантажних вагонеток; *б* – розвантажувальний пристрій



Рисунок 4.4 – Стадії руху вагонетки через розвантажувальний пристрій

Основні параметри і показники експериментального зразка комплексу приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні параметри і показники локомотивного комплексу з безупинним завантаженням і розвантаженням рухомого складу

Показник	Значення
Вагонетка саморозвантажна	
Місткість кузова, м ³	5,6
Вантажопідйомність, кН	150
Колія, мм	750
Жорстка база, мм	1800
Діаметр колеса (по колу кочення), мм	540
Тип зчіпки	автоматична
Довжина по осях зачеплення, мм	4840
Висота осі зчіпки від рівня головки рейок, мм	520
Радіус вписування вагонетки на заокругленнях рейкового шляху, м, не більше	20
Вибіг кузова (на заокругленнях шляху радіусом 20 м), мм, не більше:	
зовнішній	150
внутрішній	20
Габаритні розміри, мм:	
довжина	5085
ширина	1700
висота	1600
Маса, кг	6800
Розвантажувальний пристрій	
Несуча здатність, кН	800
Швидкість руху потягу через розвантажувальний пристрій, м/с, не більше	0,8
Діаметр підтримувальних роликів, мм	320
Габаритні розміри, мм	
довжина	23000
ширина	7335
висота від рівня фундаменту	2890
Маса, кг	47000

Доопрацювання електровозів К14 полягала в установці на них бічних лиж для забезпечення проходу через розвантажувальний пристрій.

Розвантажувальний пристрій виконаний з трьох варіантами виготовлення напрямного елемента (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 – Варіанти виконання розвантажувального пристрою:
а – взаємодія напрямного елемента з ходовим колесом вагонетки; *б* - взаємодія напрямного елемента з додатковим котком, закріпленим на днищі вагонетки

За першим варіантом днище вагонетки відкривається практично миттєво при його взаємодії з підтримувальними роликами. Закриття днища відбувається шляхом взаємодії ходового колеса вагонетки з напрямним елементом.

Другий варіант передбачає плавне відкриття днища на повний перетин кузова та його закриття в результаті взаємодії відповідно заднього та переднього ходових коліс з напрямним елементом.

З третім варіантом днище плавно відкривається на кут 60° і закривається шляхом взаємодії напрямного елемента з додатковим котком, змонтованим на днищі.

Експериментальний зразок комплексу був виготовлений на Дослідному заводі інституту ВНДПрудмаш.

4.2 Експериментальні дослідження саморозвантажної вагонетки та розвантажувального пристрою

Стендові випробування механічного обладнання локомотивного комплексу безупинного завантаження і розвантаження потягу проводилися на спеціальному полігоні інституту ВНДПрудмаш. Задачами випробувань були:

- встановлення залежності змінення тягового зусилля під час проходження вагонетки через розвантажувальний пристрій;
- визначення характеру розвитку напружень у шарнірах у процесі відкриття днища;
- перевірка відповідності фактичної кривизни напрямних елементів розрахунковій траєкторії руху ходового колеса та додаткового котка у рівних варіантах виконання розвантажувального пристрою.

Для проведення випробувань використовувався повнорозмірний стенд, до складу якого входили змонтований на спеціальному фундаменті розвантажувальний пристрій 1 з напрямним елементом 2, вагонетка 3 з відкидним днищем, система блоків 4, тяговий механізм 5 у вигляді скреперної лебідки типу 17ЛС, гнучкий тяговий елемент (канат) 6 та тензометрична тягова ланка 7 (рис. 4.6).

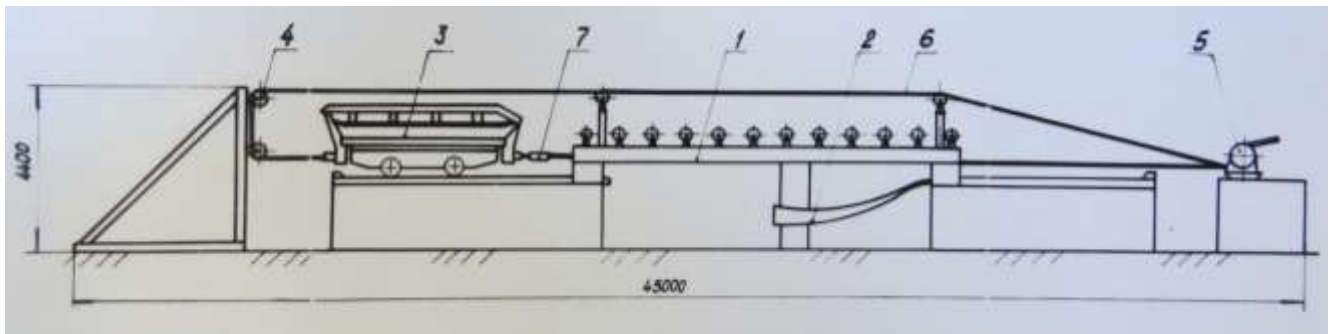


Рисунок 4.6 – Повнорозмірний стенд
для дослідження комплексу локомотивної відкатки:
а – загальна схема; *б* – вимірювальне обладнання;

1 – розвантажувальний пристрій; 2 – напрямний елемент; 3 – вагонетка з відкидним днищем; 4 – система блоків; 5 – тяговий механізм (скреперна лебідка типу 17ЛС); 6 – гнучкий тяговий елемент (канат); 7 – тензометрична тягова ланка

Для вимірювання зусиль, що виникають у шарнірних сполученнях днища, в останніх були встановлені тензометричні осі (рис. 4.7). В якості вимірювальної апаратури використовувалися:

- осцилограф Н115;

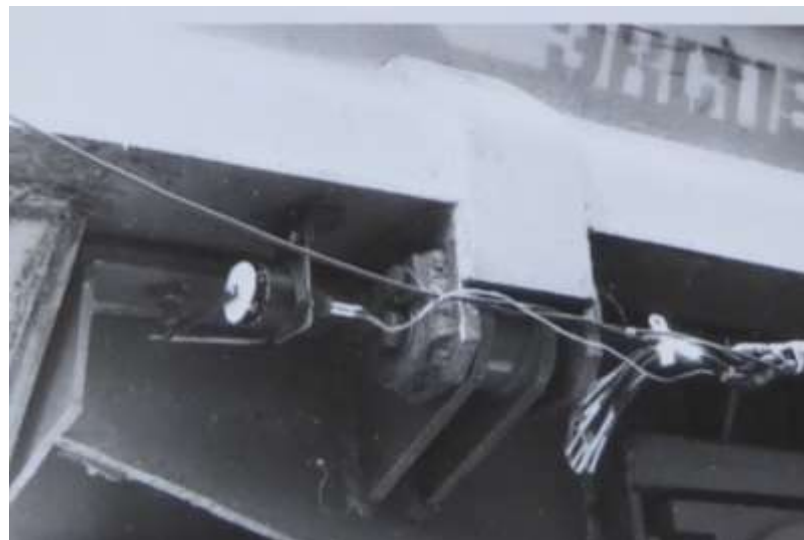
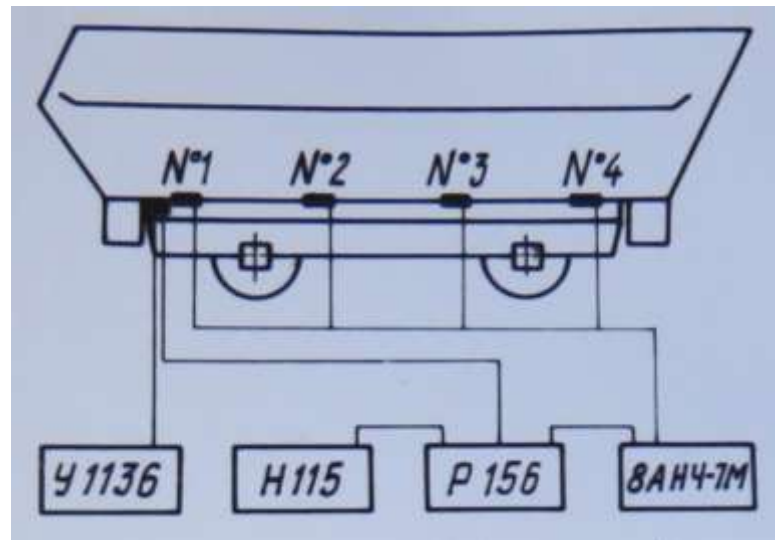


Рисунок 4.7 – Вимірювання зусиль у шарнірах та кута відкриття днища вагонетки:
а – блок-схема вимірювань; *б* – тензометричні осі;
в – шарнірний вузол, підготовлений до вимірювань

- підсилювач 8АНЧ-7М;
- підсилювач ТА-5;
- стабілізатор напруги постійного струму У1136;
- перетворювач кута повороту УЗП;
- магазин шунтів та опорів Р156;
- тензометричні датчики 2ПКВ-20-200 ГБ ТУ 25.01.100 (201,50-261,99 Ом).

За результатами проведених вимірювань та обробки отриманих осцилограм (приклад запису показаний на рис. 4.8) можна зробити наступні висновки.

1. Тягове зусилля під час руху порожньої вагонетки зі швидкістю 0,8 м/с складає:

- на горизонтальній прямолінійній ділянці рейкового шляху – 0,3-0,5 кН;
- по роликах розвантажувального пристрою з відкритим днищем – до 2 кН;
- під час відкривання днища – зменшується з 0,5 до мінус 3,5 кН (тобто потрібно гальмувати вагонетку із зусиллям до 3 кН);
- під час закривання днища – плавно зростає з 2 до 16 кН (варіант взаємодії напрямного елемента з ходовим колесом) або з 2 до 11 кН (варіант взаємодії напрямного елемента з додатковим котком).

Оскільки під час проходження розвантажувального пристрою усього потягу сумарні тягове та гальмівне зусилля приблизно рівні за абсолютною величиною,

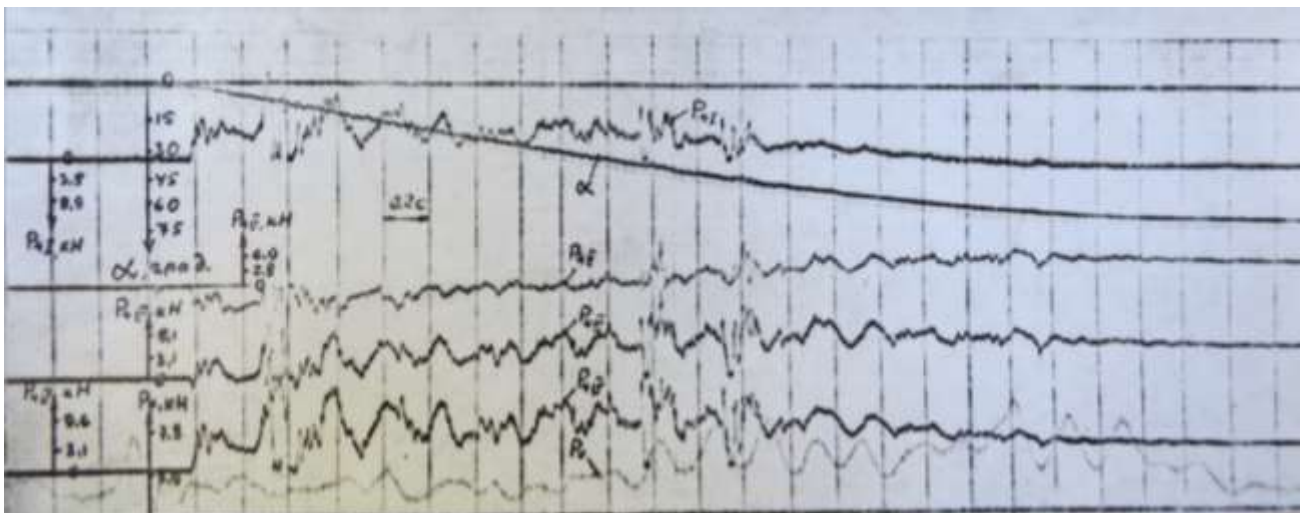


Рисунок 4.8 – Приклад осцилограми із записом тягового зусилля та кута відкриття днища вагонетки

але діють у протилежних напрямках і взаємно урівноважують одне інше, можна вважати, що вагонетки не потребують обладнання спеціальними гальмовими пристроями.

2. Аналіз характеру змінення напружень у шарнірах показує, що в усіх досліджених варіантах конструктивного виконання розвантажувального пристрою діючі напруження не перевищують величини у 90 МПа, що удвічі менше допустимих значень.

3. Фактична кривизна напрямних елементів в усіх досліджених варіантах повністю відповідає траєкторії руху ходового колеса та додаткового котка.

З огляду на вищесказане, можна визнати, що результати стендових випробувань підтверджують обґрунтованість пропонованих аналітичних залежностей для розрахунку параметрів розвантажувального пристрою, а також відповідність фактичних показників проектним.

4.3 Дослідження експериментального зразка локомотивного комплексу у промислових умовах

Промислові випробування експериментального зразка локомотивного комплексу з безупинним завантаженням та розвантаженням потягу були проведені в умовах діючого горизонту шахти «Шерегешська» Шерегешського РУ НПО «Сібруда». До складу комплексу входили:

- вагонетка саморозвантажна з відкидним днищем – 14 шт.;
- пристрій розвантажувальний - 1 шт.;
- доопрацьований електровоз К14 – 2 шт.

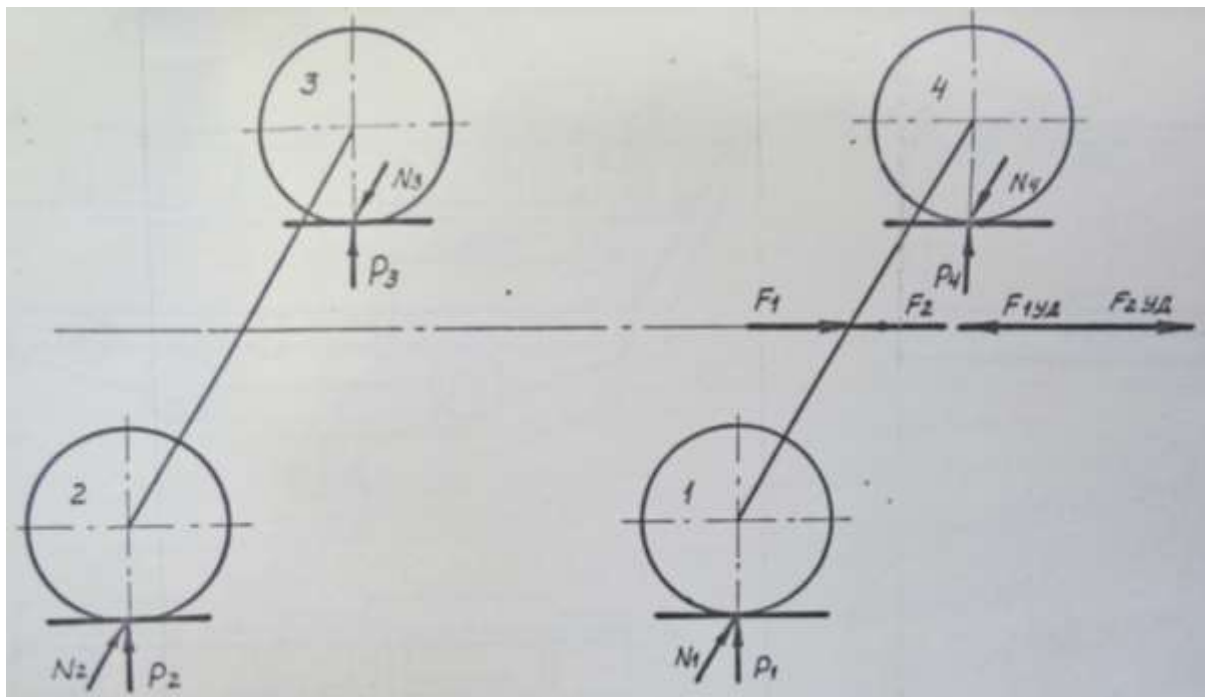
Задачами промислових випробувань були перевірки:

- відповідності основних параметрів комплексу розрахунковим показникам та вимогам конструкторської документації;
- відповідності обладнання умовам і вимогам експлуатації, зручності, простоти і безпеки керування та обслуговування комплексу;
- відповідності конструкції комплексу вимогам техніки безпеки та промис-

лової санітарії;

- навантажень та напружень в елементах конструкції вагонетки під час її завантаження, руху та розвантаження;
- тягових зусиль та опорів руху;
- конструктивних переваг та недоліків;
- техніко-економічних показників комплексу.

Вказані задачі випробувань вирішувалися шляхом контролю за роботою комплексу, хронометражних спостережень та безпосередніх вимірювань навантажень, напружень, тягових зусиль та опорів руху у різних режимах роботи обладнання. Вимірювання параметрів здійснювалося спеціалістами ІГТМ АН УРСР за спеціально розробленою з цього випадку методиці. Основні результати вимірювань приведені у табл. 4.1 (значення навантажень на вагонетку у процесі її руху. Схема сил, що діють при цьому на вагонетку, показана на рис. 4.9), табл. 4.2 (значення напружень у бічній та торцевій стінках кузова вагонетки) та табл. 4.3 (значення напружень у днищі вагонетки). Схема установки тензометричних резисторів на кузові і днищі вагонетки показана на рис. 4.10.



Таблиця 4.2 – Значення напружень у бічній та торцевій стінках кузова вагонетки

№№ тензорези- сторів на рис. 4.10	Напруження (МПа) при:					
	статичному навантаженні	розванта- женні	заванта женні	русі		
				$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\text{сер}}$	s
1	– 15,7	188,9	– 13,1	– 51,1	29,6	11,3
2	– 15,1	67,2	30,1	23,5	– 17,2	
3	– 1,6	– 32,8		18,9	– 7,3	
4	2,3	– 8,6		10,1	– 4,3	
5	– 2,4	23,2		7,2	– 2,2	
6	9,0	– 5,2		6,0		
7	15,0	– 32,3		– 16,9	– 16,9	
8	14,0	– 2,9		12,9	4,6	
9	10,8	– 27,7		16,9	12,0	
10	6,3	– 11,3		12,6	8,7	
11	– 10,1	45,4		34,0	14,0	– 8,2
12	– 10,2	19,8	11,6	– 10,1	– 9,3	3,3
13	– 4,4	-		– 10,1	– 6,7	3,7
14	– 8,0	16,4		– 20,5	– 8,4	3,7
15	– 7,3	– 16,2		19,4	– 9,4	4,8

Комплексом здійснювалося транспортування крупношматкової абразивної залізної руди з насипною густиною до 3 т/м³ та міцністю $f = 12-18$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова. Розмір окремих шматків руди досягав 1,5 м, а їх ма-са – 5 т.

Середня довжина відкатки складала 640 м. Рейковий шлях був побудований з рейок Р43 з колією 750 мм, а мінімальний радіус його заокруглення дорівнював 17 м. Перепади на стиках рейок не перевищували 20 мм, а ухил рейкового шляху становив 3-5%. Розвантажувальний пристрій встановлювався у приствольному дворі горизонтально.

Завантаження рухомого складу здійснювалося віброживильниками ВВДР-5 та ВДПУ-4ТМ «Сибірячка». Потяг зазвичай складався з 8-12 вагонеток та спаре-них електровозів К14 у його голові. Для розвантаження потягу використовувався

Таблиця 4.3 – Значення напружень у днищі вагонетки

№№ тензорези- сторів на рис. 4.10	Напруження (МПа) при:					
	статич- ному наванта- женні	розванта- женні	ударі шматком	русі		
				$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\text{сер}}$	s
16	2,9	18,3	– 10,3	13,2	– 5,7(7,0)	19,7
17	8,6	2,9	– 11,4	15,7	11,2	19,6
18	– 4,2	18,5	8,4	6,7	3,4	
19	20,5	9,8	– 3,3	19,7	17,2	
20	10,5	– 37,3	– 14,6	18,6	10,4(– 7,0)	
21	41,4	62,5	21,1	29,0	20,0	
22	– 6,3	– 54,2	17,6	23,9	9,8	
23	12,9	18,6	40,0	28,6	22,8	
24	6,2	15,4	3,1	15,4	7,3	
25	12,0	21,5	13,8	23,2	18,7	
26	– 8,0	– 40,0	20,8	– 16,8	– 9,5(8,5)	
27	17,2	21,5	17,2	$\pm 20,0$	10,2(–13,4)	
28	7,7	13,9		12,3	9,9	6.8
29	13,9	– 24,6(38,5)		24,6(–23,1)	12,3	
30	21,4	154,0	12,3	46,2	24,8	

допоміжний маневровий електровоз 14КР.

Експлуатація та технічне обслуговування обладнання комплексу забезпечувалися силами бригади з двох робітників у складі оператора віброживильників та машиніста електровозу.

На першому етапі випробувань тривалістю 15 робочих днів здійснювалися пуско-налагоджувальні роботи, формування складу і систем сигналізації та керування, перевірка процесу взаємодії потягу з розвантажувальним пристроєм, засобами завантаження, відкотними виробками та системою шляхового господарства, а також перевірка виконання усіх вимог техніки безпеки. Результати першого етапу повністю підтвердили відповідність усіх систем, параметрів та показників комплексу поставленим вимогам та готовність його до випробувань в умовах промислової експлуатації.

Протягом першого етапу випробувань був змонтований та перевірений на практиці варіант розвантаження потягу шляхом взаємодії напрямного елемента зі спеціальним котком, встановленим на центральній частині днища вагонетки. Під час проходження потягу через розвантажувальний пристрій днище кожної вагонетки плавно відкривалося до максимального кута 60° і так само плавно поверталось у вихідне положення. Але при такому неповному відкритті днища в умовах наявності у рудопотоці шматків гірничої маси крупністю 1000-1500 мм спостерігалися випадки неповного розвантаження кузовів і зависання шматків руди у них. Це перешкоджало процесу закриття днища. Частота зависань складала у середньому 1,3 на 1000 т перевезеної руди. Нормальний режим розвантаження забезпечувався лише при крупності шматків не більше 400 мм. Крім того, конструктивним недоліком цього варіанту виявилася наявність у центрі диску консольно розташованого ролика з малим кліренсом.

Пізніше цей варіант напрямного елемента був замінений на інший, при якому відкриття і закриття днища вагонетки здійснювалося шляхом почергової взаємодії заднього (при відкритті) та переднього (при закритті) коліс вагонеток з напрямним елементом. При цьому варіанті відбувалося повне плавне відкриття днища і таке ж плавне його закриття.

За весь час випробувань було перевезено понад 300 тис. т залізної руди, що більше, ніж у 5 разів перевищило обсяг гірничої маси, запланований програмою випробувань.

В результаті цих випробувань було встановлено, що основні параметри і показники локомотивного комплексу відповідають вимогам конструкторської документації і повністю задовольняють умовам і вимогам експлуатації. Фактичні значення вказаних показників приведені у табл. 4.4.

Конструкція комплексу є прогресивною і такою, що відповідає сучасним тенденціям розвитку технології і техніки внутрішньошахтного транспорту.

Наявність міжкузовних перекриттів вагонеток дозволяє здійснювати безперервне завантаження потягу під час його безупинного руху. За рахунок цього досягаються наступні переваги експлуатаційного характеру:

Таблиця 4.4 – Основні результати промислових випробувань
комплексу локомотивної відкатки

Найменування показника	Значення показника	
	середнє	максимально досягнуте
Обсяг робіт, виконаний протягом випробувань, тис. т	300	
Кількість робочих змін, протягом яких виконувалися хронометражні спостереження	30	
Обсяг робіт, виконаний за період хронометражних спостережень, тис. т	33	
Технічна продуктивність, т/г	363	402
Змінна експлуатаційна продуктивність, т/зміну	972	1680
Коефіцієнт можливого підвищення експлуатаційної продуктивності	1,5	
Можлива змінна продуктивність, т/зміну	1452	
Коефіцієнт внутрішньозмінного використання	0,36	0,68
Напрацювання на відмову, тис. т	90	
Коефіцієнт готовності	0,95	

- підвищується продуктивність процесу завантаження внаслідок зниження непродуктивних витрат часу на перестановки вагонеток;

- завдяки безупинності випуску гірничої маси з дучок суттєво (у 3-4 рази) знижується число зависань руди у випускних отворах і в середньому складає 1,2 на 1000 т видобутку;

- за рахунок різкого зниження числа включень суттєво покращується експлуатаційний режим роботи віброживильників. Це пояснюється практичним усуненням резонансних явищ, що неминуче супроводжують роботу машин з глибоко зарезонансним режимом коливань;

- завдяки міжкузовним перекриттям просип гірничої маси як під час завантаження, так і у процесі відкатки практично відсутній, а коефіцієнт заповнення вагонеток складає 1,0-1,1;

- вагонетки добре взаємодіють між собою у складі потягу, з елементами ре-

йкового шляху та упевнено вписуються у його заокруглення радіусом 20 м;

- інтенсивне спорожнення вагонеток у розвантажувальному пристрої під час відкриття днищ сприяє самоочищенню їх кузовів навіть при значній вологості гірничої маси;

- використання збільшеного діаметру ходових коліс (з 400 мм, як на вагонетках з глухим кузовом, до 540 мм) та розташування підшипників кочення у буксах значно підвищило надійність колісних пар. Зношення поверхонь кочення і реборд незначні і становлять 3-4 мм на діаметрі;

- використання в конструкції вагонеток автоматичних зчіпок за технічним рішенням [21] виключає можливість травматизму під час виконання операцій зчеплення-розчеплення потягу (зчеплення здійснюється автоматично, а для розчеплення достатньо легкого натискання на педаль). Робота зчіпки була надійною, без ушкоджень та помітного зношення тертьових частин.

У цілому слід відзначити ефективність процесу розвантаження потягів на усіх режимах його руху. Під час випробувань швидкість руху вагонеток у розвантажувальному пристрої складала 0,8-1,2 м/с.

Оцінка загальної безпеки комплексу, здійснена інститутом ВДПБПГ, підтвердила його повну відповідність вимогам безпеки та промсанітарії.

Разом із тим, під час проведення промислових випробувань відмічені випадки:

- деформації кузовів та їх поперечних пов'язів, а також відриву їх від бічних стінок кузовів по зварювальним швам;

- руйнування частини зварювальних швів хребтових балок днищ вагонеток;

- виходу з ладу підшипників кочення на 15-ти підтримувальних роликах розвантажувального пристрою через виникнення значних осьових навантажень, що перевищували розрахункові.

Причинами цих негараздів стали вельми важкі умови експлуатації, а саме:

- наявність у рудопотоці великої кількості (20-30%) негабаритних шматків руди;

- використання вибухових речовин для руйнування негабаритів безпосеред-

ньо у кузовах вагонеток.

Випробування показали, що під час розробки робочої конструкторської документації на оцінюваний виріб необхідно врахувати наступні рекомендації:

- встановити контррейки, решітки та стопори на вході і виході розвантажувального пристрою. Керування цими пристроями повинно здійснюватися в автоматичному та напіваавтоматичному режимах;
- в опорних та напрямних роликах розвантажувального пристрою застосувати замість підшипників кочення бронзові підшипники ковзання;
- покращити умови для огляду, технічного обслуговування та ремонту роликкоопор розвантажувального пристрою;
- збільшити висоту поперечної пов'язі у середній частині вагонетки та посилити її кріплення до бічних стінок кузова;
- підвищити міцність зварювальних швів ребер жорсткості днища вагонетки, а також верхньої частини торцевої стінки кузова.

4.4 Обґрунтування технічних вимог на розробку обладнання локомотивного комплексу

На підставі оцінки та узагальнення результатів виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, конструкторського опрацювання виробів та з урахуванням недоліків, виявлених під час випробувань експериментального зразка комплексу локомотивної відкатки з безупинним завантаженням і розвантаженням потягу, для розробки технічного завдання на вироби, що входять до його складу, рекомендується прийняття наступних параметрів (табл. 4.5).

Комплекс локомотивної відкатки з безупинним завантаженням і розвантаженням потягу для досягнення найвищих техніко-економічних показників під час його промислового використання крім саморозвантажувальних вагонеток та розвантажувального пристрою повинен мати:

- спеціальний електровоз зі зчіпною масою порядку 25 т, обладнаний бічними лижами для проїзду через розвантажувальний пристрій;

Таблиця 4.5 – Рекомендовані параметри для технічних завдань
на розробку складових елементів локомотивного комплексу

Показник	Значення
Вагонетка саморозвантажна	
Місткість кузова, м ³ , не менше	5
Вантажопідйомність, кН	150
Колія, мм	750
Жорстка база, мм	1800±100
Діаметр колеса (по колу кочення), мм	500±40
Тип зчіпки	автоматична
Довжина по осях зачеплення, мм	5000
Висота осі зчіпки від рівня головки рейок, мм	500±50
Радіус вписування вагонетки на заокругленнях рейкового шляху, м, не більше	25
Габаритні розміри, мм: довжина, не більше ширина висота, не більше	5200 1700±7,5 1600
Маса, кг, не більше	7000
Розвантажувальний пристрій	
Несуча здатність, кН, не менше	800
Швидкість руху потягу через розвантажувальний пристрій, м/с, не більше	1,0
Основні розміри несучих опорних балок, мм: довжина відстань між балками, не більше	18000±60 1950
Маса, кг	55000

- завантажувальні засоби безупинної дії – сучасні конструкції віброживильників важкого типу;

- автоматизовану систему керування рудниковими контактними електровазами, яка здатна забезпечити сумісну роботу локомотивів, розташованих у голові та хвості потягу;

- верхню будову рейкового шляху та елементи шляхового господарства, які б забезпечували прискорений рух важко завантажених потягів.

Висновки:

- на основі отриманих результатів проведених теоретичних досліджень обґрунтовано раціональні параметри та створено експериментальний зразок локомотивного комплексу з безупинним завантаженням і розвантаженням потягу;
- результати стендових експериментальних випробувань експериментального зразка комплексу, проведених на полігоні інституту ВНДПрудмаш, підтвердили обґрунтованість пропонованих аналітичних залежностей для розрахунку параметрів саморозвантажувальної вагонетки та розвантажувального пристрою, а також відповідність фактичних показників вказаного обладнання проектним;
- промислові випробування локомотивного комплексу, які здійснювалися в умовах шахти «Шерегешська» Шерегешського РУ НПО «Сібруда», дали можливість високо оцінити технічний рівень розглянутого обладнання, зазначити, що його основні параметри і показники відповідають вимогам конструкторської документації і повністю задовольняють умовам і вимогам експлуатації. У цілому конструкцію комплексу можна вважати прогресивною і такою, що відповідає сучасним тенденціям розвитку технології і техніки внутрішньошахтного транспорту;
- сформульовані технічні вимоги для розробки технічного завдання на створення вагонетки саморозвантажувальної та пристрою розвантажувального, надані пропозиції щодо розробки нових видів машин і обладнання, які повинні увійти до складу комплексу;
- використання розглянутого локомотивного комплексу для безупинного завантаження і розвантаження потягів забезпечить суттєве (в 1,5-2 рази) зростання експлуатаційної продуктивності внутрішньошахтного транспорту вітчизняних підземних залізрудних підприємств та отримання значного економічного ефекту від його практичного упровадження.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Проведені під час виконання магістерської роботи дослідження дали можливість зробити наступні висновки та сформулювати відповідні практичні рекомендації:

- розробка потужних залізорудних покладів підземним способом в умовах вітчизняної гірничорудної галузі ведеться в основному з використанням систем розробки з масовим обваленням руди. Це системи з поверховим, поверхово-камерним та підповерховим обваленням гірничої маси, частка яких становить приблизно половину усього підземного видобутку міцних руд. Порівняльний аналіз основних технологічних схем транспорту руди, які використовуються при цьому, показує, що майбутнє гірничорудної галузі, безперечно, у широкому впровадженні циклічно-потоківих і потоківих технологій виробництва, у тому числі процесу підземного транспортування руди;

- на жаль, цим вимогам поки що відповідає лише дільнична підсистема внутрішньошахтного транспорту, зосереджена у межах очисних блоків, де використання засобів вібраційного випуску руди та її конвеєрної доставки дають можливість забезпечити безупинність процесу транспорту корисної копалини з високими показниками продуктивності та ефективності. Магістральна ж транспортна підсистема, представлена у вітчизняних залізорудних шахтах виключно електровозною відкаткою, в силу свого циклічного характеру роботи залишається вузьким місцем загального транспортного ланцюга шахти і стримує подальший розвиток ВШТ;

- у таких обставинах логічним представляється напрямок максимального удосконалення роботи локомотивної відкатки, наприклад, за рахунок забезпечення безупинності процесів завантаження, відкатки та розвантаження локомотивних потягів протягом усього робочого часу зміни. Проведений техніко-економічний аналіз показує доцільність переходу від окремих засобів завантаження, відкатки та розвантаження руди до збалансованих за продуктивністю транспортних комплексів. Такий шлях скорочує різницю у витратах часу на завантаження потягу і

рух його в один кінець, а продуктивність праці гірників по транспортній системі при цьому підвищується у 2,5 рази;

- для створення ефективних видів локомотивного транспорту, які б могли забезпечити виконання перерахованих вимог, існує, на наш погляд, два основних перспективних шляхи, а саме: розробка бункерних та секційних потягів; проектування потягів, що складаються з окремих вагонеток з відкидними днищами і міжкузовними перекриттями. Другий напрямок представляється найбільш перспективним з огляду на існуючий і перевірений закордонною практикою досвід використання подібної техніки на підземних рудовидобувних підприємствах. Транспортні комплекси, до складу яких входять такого роду вагонетки, що забезпечують безупинність процесу завантаження потягу, та спеціальні розвантажувальні пристрої для реалізації безперервного його розвантаження у приствольний бункер, показали себе надійними та зручними в експлуатації, такими, що гарантують переваги циклічно-потокової технології підземного транспорту руди;

- вибрано методи теоретичних та експериментальних досліджень для вирішення задач, поставлених метою роботи;

- проведені теоретичні дослідження мали за мету визначення основних геометричних параметрів складових частин локомотивного комплексу безупинного завантаження і розвантаження електровозного потягу – саморозвантажної вагонетки та розвантажувального пристрою приствольного бункера шахти. Порівняльний аналіз можливих варіантів взаємного розташування завантажувальних пристроїв та рухомого складу потягу виявив переваги поздовжньої схеми, але в умовах вітчизняних залізничних шахт вона, на жаль, має лише обмежене використання;

- за результатами досліджень обґрунтовано раціональні параметри складових елементів комплексу та запропонована методика їх розрахунку;

- на основі отриманих результатів проведених теоретичних досліджень обґрунтовано раціональні параметри та створено експериментальний зразок локомотивного комплексу з безупинним завантаженням і розвантаженням потягу;

- результати стендових експериментальних випробувань експериментально-

го зразка комплексу, проведених на полігоні інституту ВНДПрудмаш, підтвердили обґрунтованість пропонованих аналітичних залежностей для розрахунку параметрів саморозвантажувальної вагонетки та розвантажувального пристрою, а також відповідність фактичних показників вказаного обладнання проектним;

- промислові випробування локомотивного комплексу, які здійснювалися в умовах шахти «Шерегешська» Шерегешського РУ НПО «Сібруда», дали можливість високо оцінити технічний рівень розглянутого обладнання, зазначити, що його основні параметри і показники відповідають вимогам конструкторської документації і повністю задовольняють умовам і вимогам експлуатації. У цілому конструкцію комплексу можна вважати прогресивною і такою, що відповідає сучасним тенденціям розвитку технології і техніки внутрішньошахтного транспорту;

- сформульовані технічні вимоги для розробки технічного завдання на створення вагонетки саморозвантажувальної та пристрою розвантажувального, надані пропозиції щодо розробки нових видів машин і обладнання, які повинні увійти до складу комплексу;

- використання розглянутого локомотивного комплексу для безупинного завантаження і розвантаження потягів забезпечить суттєве (в 1,5-2 рази) зростання експлуатаційної продуктивності внутрішньошахтного транспорту вітчизняних підземних залізничних підприємств та отримання значного економічного ефекту від його практичного упровадження.

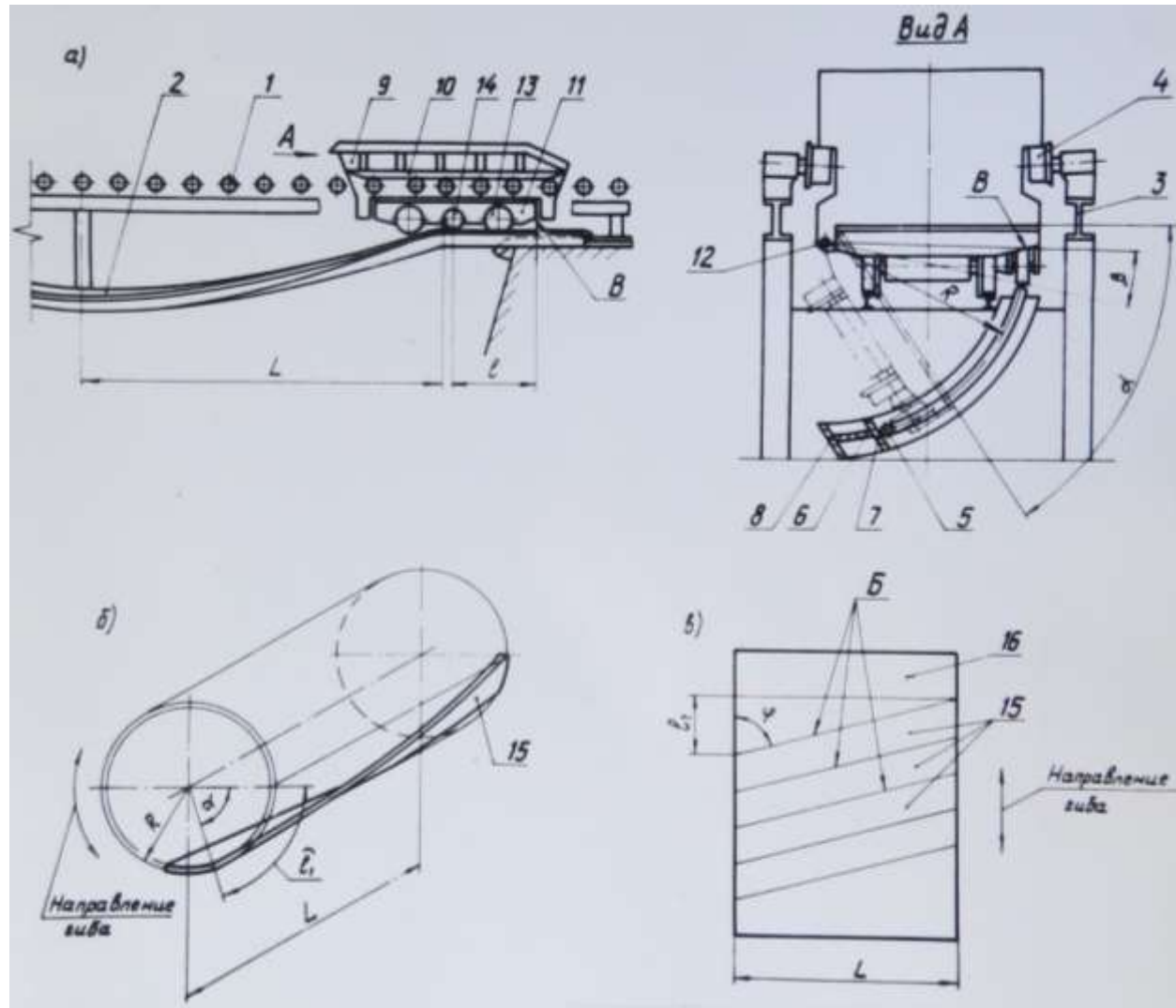


Рисунок 3.3 – Схема розвантажувального пристрою комплексу локомотивної відкатки руди:

а – загальний вигляд; б – схема для визначення розрахункових співвідношень; в – розмітка заготовки;

1 – роликівий шлях; 2 – напрямний елемент; 3 – опорні балки; 4 – ролики; 5 – копір; 6 – ребро; 7, 8 – полички; 9 – кузов; 10 – опорні лижі; 11 – днище; 12 – шарніри; 13 – ходові колеса; 14 – коток; 15 – смуги; 16 – металевий лист

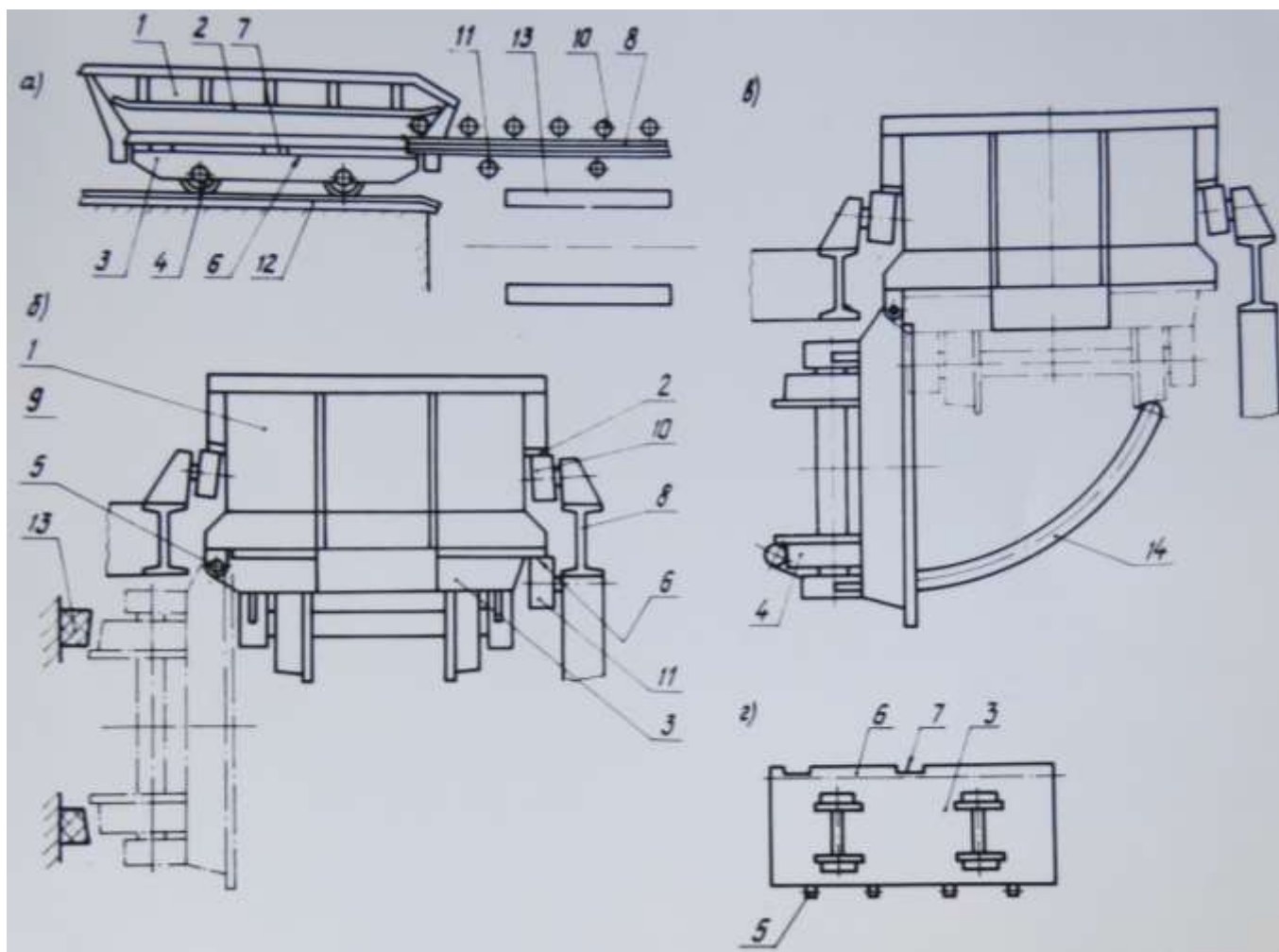


Рисунок 4.1 – Саморозвантажна вагонетка з відкидним днищем:

а – загальний вигляд; *б* – вагонетка на ділянці відкриття днища, вид зліва;

в – те саме, на ділянці закриття днища; *г* – днище вагонетки, вид знизу

1 – кузов; 2 – бічні лижі; 3 – днище; 4 – ходові колеса; 5 – шарніри; 6 – напрямна доріжка;
7 – вирізи; 8, 9 – балки роликового шляху; 10 – опорні ролики; 11 – підтримувальні ролики;
12 – рейка; 13 – амортизатори; 14 – криволінійний напрямний елемент

Таблиця 4.1 – Значення навантажень, що діють на вагонетку у процесі її руху

(схема сил, що діють на вагонетку, приведена на рис. 4.9)

Характер навантажень і місце вимірювань		Розмірність, кН	Вагонетка завантажена						Вагонетка порожня					
			пряма дільниця, $v = 2,25$ м/с			заокруглена ($R = 20$ м), $v = 2,1$ м/с			пряма дільниця, $v = 2,0$ м/с			заокруглена ($R = 20$ м), $v = 2,4$ м/с		
			Макс.	Серед.	S	Макс.	Серед.	S	Макс.	Серед.	S	Макс.	Серед.	S
Вертикальні навантаження	колесо № 1	P_1	31,4	11,1	16,0	29,4	14,5	17,2	18,6	6,7	5,8	14,7	7,4	4,1
	колесо № 2	P_2	93,1	67,5	16,1	137,2	70,9	16,8	47,0	26,3	13,7	40,1	22,4	9,8
	колесо № 3	P_3	66,6	41,2	16,7	78,4	49,5	17,0	34,3	16,4	10,0	39,2	17,0	8,4
	колесо № 4	P_4	80,4	54,8	19,6	86,2	51,7	18,4	47,0	26,7	14,0	46,1	24,4	8,3
Осьові навантаження	колесо № 1	N_1	13,7	2,3	3,2	21,6	4,5	4,8	15,7	1,9	2,7	16,7	3,7	1,4
	колесо № 2	N_2	7,8	2,2	3,3	17,6	2,5	4,1	12,8	2,0	1,0	13,7	2,2	1,3
	колесо № 3	N_3	9,8	3,4	3,0	31,4	4,7	4,3	6,9	1,8	1,0	9,8	1,9	0,4
	колесо № 4	N_4	7,8	3,4	2,3	11,8	3,0	2,9	11,8	3,0	2,9	7,8	2,3	0,3
Поздовж. навант.	тяга	F_1	21,6	6,6	5,2	52,9	32,5	16,9	15,2	7,2	4,3	27,6	17,9	9,1
	гальмув.	F_2							1,96					
Опори руху	тяга	$F_{1уд}$		4,4	1,1		25,5	5,2		5,2	1,6		13,0	3,0
	штовх.	$F_{2уд}$		5,8	1,7		41,5	8,7		6,6	2,1		19,5	3,9

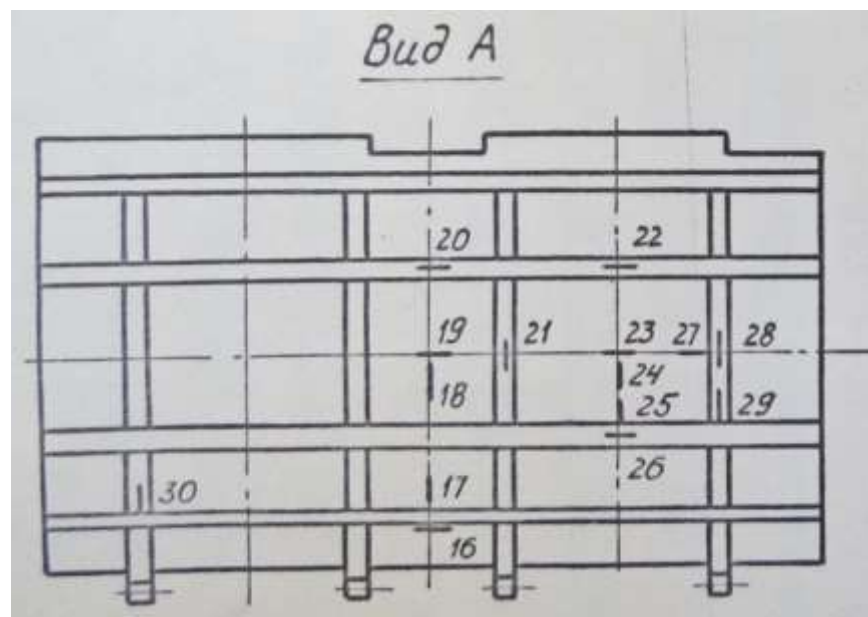
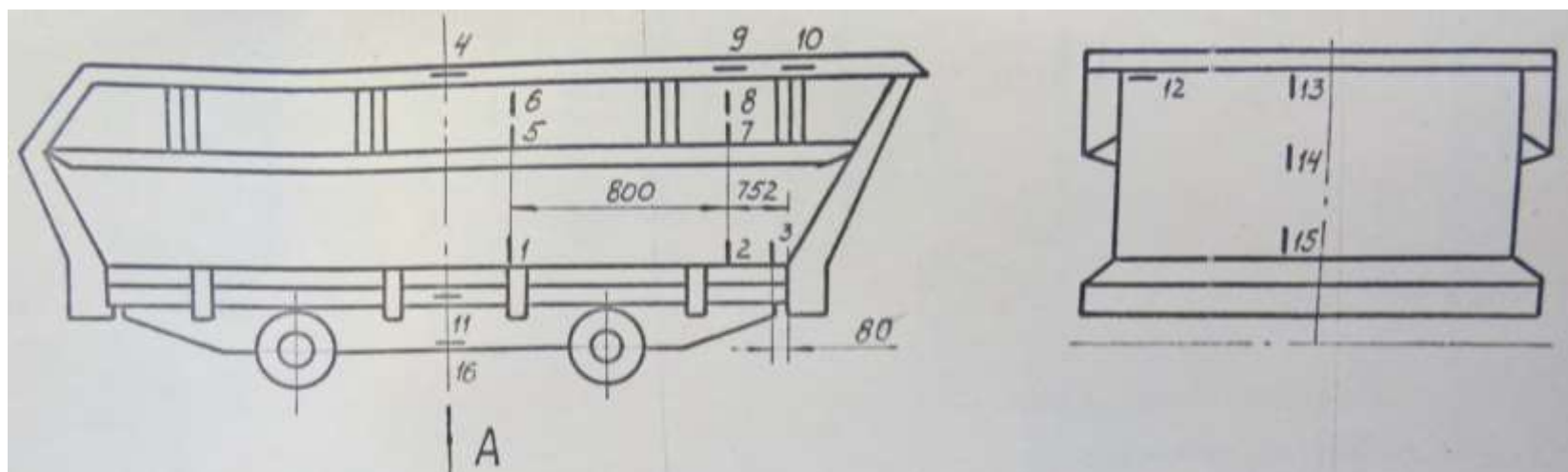


Рисунок 4.10 – Схема установки тензометричних резисторів на кузові і днищі вагонетки