

Кушнір Ігор Павлович

Магістерська робота

**Аналіз параметрів шахтних вагонів та розробка заходів
підвищення експлуатаційної ефективності електровозної відкатки**

Керівник

проф., д.т.н. Громадський А.С.

ВСТУП

Вітчизняні підземні рудники, наприклад, шахти Криворізького залізорудного басейну, характеризуються майже виключним застосуванням в якості магістрального транспорту для перевезення руди до стволів шахт та доставки матеріалів, обладнання і людей до робочих ділянок електровозний транспорт. Від його безперебійного функціонування без перебільшення залежить ефективність роботи усього рудника. Тому удосконаленню та подальшому розвитку транспортного комплексу підземних гірничодобувних підприємств має приділятися особлива увага [1-5].

Основною умовою забезпечення подальшого зростання продуктивності електровозного транспорту є збільшення технічних параметрів транспортної системи, а саме: ємності потягу, середньої швидкості руху, продуктивності засобів завантаження та розвантаження вагонів.

Проте, основні типи шахтних вагонів, що використовуються на вітчизняних шахтах (наприклад, ВГ або ВБ) не мають перекриттів міжвагонних проміжків у складі потягу і внаслідок того не дозволяють застосовувати високопродуктивні засоби завантаження гірничої маси. Для запобігання просипу руди на рейкові шляхи вони часто завантажуються за допомогою люків продуктивністю до 3-4 м³/хв. Використання ж більш продуктивних вібролюків, які можуть підвищити цей показник принаймні удвічі, обмежується у тому числі необхідністю здійснювати цей процес у переривчастому режимі (знову ж таки через наявність міжвагонних проміжків) з частими вмиканнями-вимиканнями приводу, а така схема роботи дуже несприятлива для підшипникових вузлів їх зарезонансних віброприводів інерційного типу, які змушені постійно долати резонансну зону під час пусків і вибігів [6-8].

При використанні вагонів типу ВГ обмежена й можливість підвищення продуктивності процесу розвантаження, адже вона визначається, головним чином, ємністю вагонів та їх габаритними розмірами, а вони не можуть бути збільшені без відповідного змінення поперечного перетину гірничих виробок.

З іншого боку, підвищення ємності потягу шахтних вагонів та середньої швидкості руху під час завантаження і розвантаження, а також використання високоефективних засобів механізації цих процесів може дати можливість зростання продуктивності транспортування гірничої маси більше, ніж удвічі. Такий результат може бути досягнутий за умови повного використання ємності потягу, а для цього потрібно мати засоби боротьби з налипанням гірничої маси на днища і борти вагонів.

Таким чином, проблема підвищення ефективності використання рухомого складу локомотивної відкатки вітчизняних підземних рудників є дуже важливою, а тема представленої магістерської роботи безсумнівно актуальною.

Об'єкт дослідження – технологічний процес електровозної відкатки руди у вітчизняних рудних шахтах.

Предмет дослідження – транспортний комплекс для електровозної відкатки руди до ствола шахти.

1 ОГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Загальні зауваження

Подальше технічне переозброєння гірничої промисловості, у тому числі гірничорудної, нерозривно пов'язано із впровадженням сучасних засобів механізації усіх виробничих процесів, удосконаленням технології та організації робіт. У складному багаточисельному комплексі питань, що постають перед галуззю, велике значення мають розвиток та удосконалення транспортних систем для забезпечення безперебійної роботи очисних і підготовчих забоїв.

Внутрішньошахтний транспорт є однією з основних ланок технологічного комплексу виробничих процесів підземного рудника. Він відрізняється різноманітними умовами експлуатації транспортного обладнання як з точки зору обсягів і фізико-механічних властивостей вантажів, що перевозяться шахтними виробками, так і характеристик останніх з погляду на їх придатність і зручність для здійснення транспортних операцій. Усе це позначається на особливостях внутрішньошахтного транспорту та на його взаємозв'язках з іншими ланками загальношахтної транспортної системи.

До засобів шахтного транспорту ставляться високі виробничі та економічні вимоги, а також вимоги безпеки. Специфічні умови підземної експлуатації накладають на них свої певні обмеження.

1.2 Технологічні особливості експлуатації підземної електровозної відкатки

Найбільш розповсюдженим видом транспортування корисних копалин у підземних умовах гірничодобувних підприємств є відкатка рейковими шляхами за допомогою електровозів та рухомого складу у вигляді вагонів різних конструктивних виконань. Електровозний (локомотивний) транспорт служить для перевезення основних і допоміжних вантажів (видобутої гірничої маси, обладнання, матеріалів) та людей по магістральних і дільничних виробках, а також для виконання рі-

зноманітних маневрових робіт у підготовчих забоях, навколоствольних дворах та на приймально-відправних майданчиках.

Локомотивна відкатка використовується у виробках з ухилом до 0,005, а за умови виконання спеціальних заходів її дозволяється застосовувати у виробках з ухилом до 0,050.

На шахтах гірничої промисловості знаходять використання наступні види локомотивів:

- акумуляторні та контактні електровози постійного струму;
- електровози змінного струму підвищеної частоти з безконтактним зніманням енергії з живильної лінії;
- інерційні локомотиви (гіровози);
- дизелевози.

Перші з них є основними типами електровозів, що застосовуються на рудних та вугільних шахтах. На рис. 1.1 показані принципові схеми відкатки контактними (а) та акумуляторними (б) електровозами.

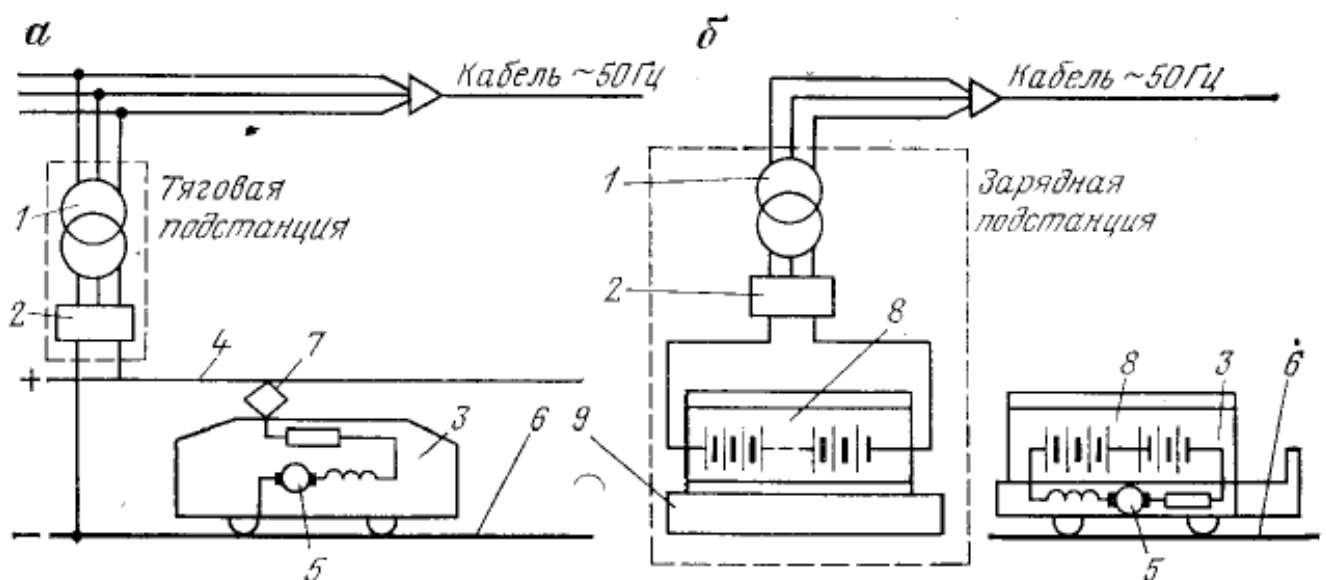


Рисунок 1.1 – Принципові схеми електровозної відкатки:

а – контактними електровозами (1 – трансформатор; 2 – перетворюючий агрегат; 3 – електровоз; 4 – повітряний контактний провід; 5 – тяговий двигун; 6 – рейковий шлях; 7 – струмоприймач); б – акумуляторними електровозами (2 - зарядний агрегат; 8 – акумуляторна батарея; 9 – зарядний стіл; решта – як на рис. 1.1а)

До комплексу відкатки контактними електровозами входять тягова підстанція з трансформатором 1 та перетворюючим агрегатом 2, повітряний контактний провід 4, електровоз 3 з тяговим двигуном 5 та струмоприймачем 7, рейковий шлях 6. Електровози отримують живлення постійним струмом напругою 250 або 550 В від контактного проводу через струмоприймачі (струмознімачі). У контактну мережу електроенергія поступає по живильних кабелях від тягової підстанції, яка перетворює трьохфазний змінний струм рудникової мережі у постійний. Зворотним проводом служать рейковий шлях та відсмоктувальні кабелі.

Комплекс відкатки акумуляторними електровозами складається із зарядної підстанції з трансформатором 1, зарядним агрегатом 2 і зарядним столом 9 з акумуляторною батареєю 8. Друга батарея знаходиться на електровозі 3. Решта позначень аналогічні схемі *a*. Електровоз рухається постійним струмом від встановленої на ньому батареї. Зарядка і заміна батарей здійснюється у камерах зарядних підстанцій.

Контактні конструкції простіші, більш зручні та економічні у порівнянні з акумуляторними, мають більшу силу тягу і швидкість руху. Проте іскроутворення між контактним проводом і струмознімачами, а також між рейками і колесами унеможливають їх використання у вугільних шахтах, небезпечних відносно газу і пилу. Зате вони у виконанні РН є основним типом локомотивів у рудних шахтах, безпечних відносно газу і пилу.

Шахтні електровози разом зі своїм рухомим складом (вагонами різних типів і конструкцій) пересуваються рейковими шляхами, розташування яких визначається трасою (віссю шляху, розбитої у гірничій виробці), планом шляху (проекцією траси на горизонтальну площину) та профілем шляху (проекцією розвернутої траси на вертикальну площину).

До технічного стану рейкового шляху ставляться високі вимоги щодо його міцності, пружності, зносостійкості, здатності забезпечувати плавне і безпечно переміщення рухомого складу з найбільшими швидкостями, дозволеними на даній ділянці шляху.

Рейковий шлях складається з нижньої будови (підстави шляху, якою слу-

жить грунт виробки) та верхньої будови, схема якої показана на рис. 1.2. До складу останньої входять баластний шар 7, шпали 6, рейки 4, рейкові кріплення 1, 2, 3 і 8, протиугони 5 та стрілочні переводи. Головні відкотні виробки мають ухил у напрямку ствола, який забезпечує рівні величини сили тяги під час руху завантаженого потягу під ухил та порожнього потягу на підйом. Для цього достатньо ухилу приблизно 0,002, але для забезпечення природного стоку шахтних вод до ствола його збільшують до 0,003-0,005. Для стоку води до водовідливної канавки виробки ґрунту виробки надають поперечний ухил 0,01-0,02.

Для баластного шару використовують щебінь твердих гірничих порід крупністю 20-40 мм та гравій крупністю 30-40 мм. Його призначення – збільшення площі передачі тиску від шпал на підставу шляху, рівномірне розподілення цього тиску та відведення води від шпал і рейок. Товщина баластного шару може коливатися від 50 до 150 мм у залежності від потужності вантажопотоків, що проходять рейковим шляхом.

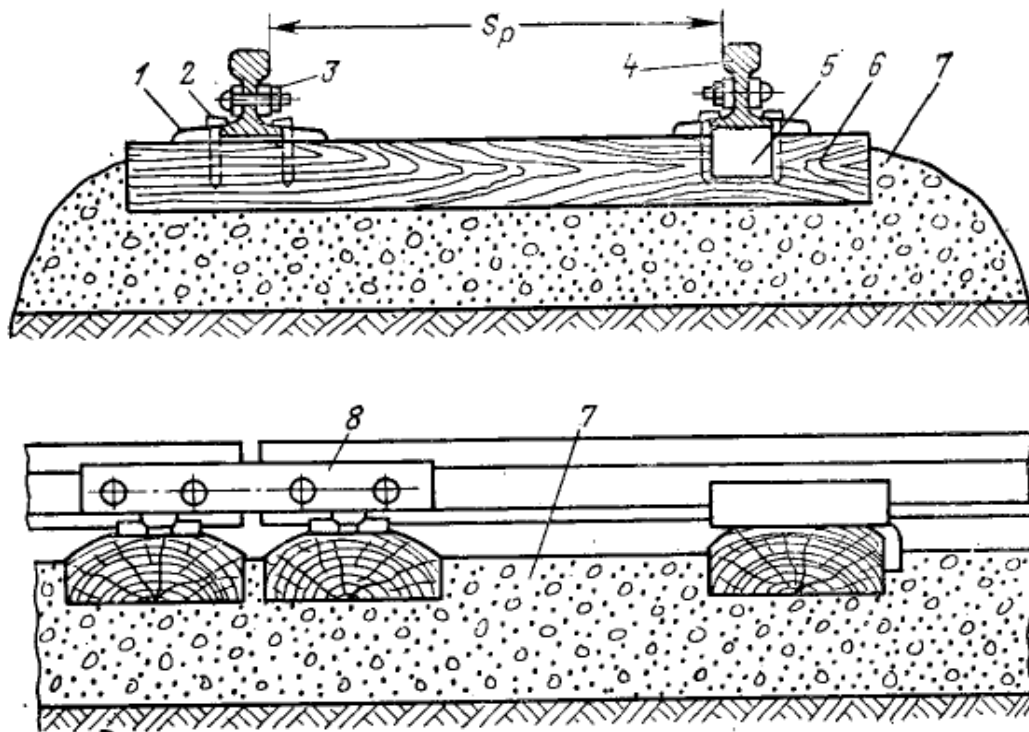


Рисунок 1.2 – Схема верхньої будови шахтного рейкового шляху:
 1, 2, 3, 8 – рейкові кріплення; 4 – рейки; 5 – протиугони;
 6 – шпали; 7 – баластний шар

Шпали у вигляді дерев'яних або залізобетонних брусів зв'язують обидві рейкові нитки у загальну колію.

Сталеві рейки мають стандартний прокатний профіль і характеризуються двома основними параметрами: вагою відрізка довжиною 1 м та висотою. Для магістральних виробок у залежності від рудопотоків застосовують рейки з погонною вагою 33, 38 та 43 кг/м, а в решті відкотних виробок – 24 кг/м. Відстань між внутрішніми бічними поверхнями головок рейок називається шириною колії (див. розмір S_p на рис. 1.2). У вітчизняних шахтах використовуються колії завширшки 600, 750 та 900 мм.

Типи і параметри рейкових кріплень застосовуються у залежності від розмірів рейок та конструкції шпал. До них відносяться з'єднувальні накладки, шляхові болти, шайби. До дерев'яних шпал рейки кріпляться костиллями з квадратними та овальними головками, а до залізобетонних – шурупами та закладними болтами різних типів.

Стрілкові переводи та з'їзди служать для перевodu потягів або окремих вагонів з одного шляху на інший. Вони складаються з рамних і перевідних рейок, гостряків, контррейок та хрестовини.

На заокруглення рейкового шляху можуть використовуватися різні додаткові пристрої для посилення стійкості зовнішньої рейкової нитки та забезпечення незмінної ширини колії.

Перевагами використання локомотивного транспорту є багатофункціональність, практично не обмежена продуктивність, яка залежить лише від числа локомотивів, висока економічність, маневреність, можливість роздільного та безпервантажувального транспортування по розгалуженій трасі практично на необмежені відстані.

До недоліків локомотивного транспорту слід віднести його циклічність, залежність продуктивності від якості організації руху, обмеженість використання кутами нахилу траси у 3-4%, відносну небезпеку роботи при підвищених профілях шляху, потребу у складному акумуляторному господарстві у разі використання акумуляторних електровозів.

1.3 Типи та конструкції відкотних судин

В якості відкотних судин рухомого складу шахтної електровозної відкатки використовуються вантажні вагони (вагонетки). Основними елементами вантажного шахтного вагону є кузов, рама, колісні пари (вісь з двома вільно обертовими на ній на підшипниках кочення колесами), буфер, зчіпні пристрої [9-13].

Рама відіграє роль несучої частини вагону, на ній кріпляться півскати, кузов, буфери та зчіпні пристрої. У більшості конструкцій вагонів рама має клепано-зварну конструкцію з двох поздовжніх швелерів, з'єднаних по кінцях буферами. До рами жорстко або через амортизатори кріпляться колісні пари. Колеса шахтних вагонеток мають діаметр 300-350 мм, а в конструкціях великої місткості – 400-450 мм.

Кузов виготовляють зі сталевих листів зварюванням, його форма повинна забезпечувати найбільш повне використання габаритів вагонетки. Для підвищення жорсткості кузов постачається спеціальними гофрами або обв'язкою верхнього поясу.

Буфери вагонів виступають за торцеві стінки кузовів не менше, ніж на 150 мм і служать для амортизації взаємних ударів вагонів та полегшення операцій їх зчеплення та розчеплення. Вони можуть бути жорсткими або еластичними з пружинами чи гумовими прокладками.

Зчіпні пристрої розділяються за способом дії на прості та автоматичні, а за конструкцією – на необертові та обертові. Остання дозволяють здійснювати розвантаження вагонеток у кругових перекидачах без розчеплення потягу.

Що стосується існуючих типів вантажних вагонеток, то з наявної великої розмаїтості конструктивних схем, що знайшли застосування у світовому гірництві, у вітчизняних умовах рудних шахт здебільшого використовуються наступні:

- з глухим неперекидним кузовом типу ВГ та перекидним типу ВО;
- з відкидним бортом типу ВБ;
- з відкидним днищем типів ВД і ВДК.

У зв'язку з простотою конструкції найбільш численні серед них вагонетки

ВГ. Такі судини місткістю до $4,5 \text{ м}^3$ мають рами 2 зварної конструкції, а місткістю $9-10 \text{ м}^3$ виконуються безрамними (рис. 1.3) [11]. Кузова 1 вагонеток зварні, складаються з днища, бічних і торцевих стінок та закріплені на півскатах 3. На рис. 1.4 показаний загальний вигляд вагонетки ВГ-9,0А, а у табл. 1.1 приведені основні технічні характеристики вагонеток цього типу для рудних шахт [10-12].

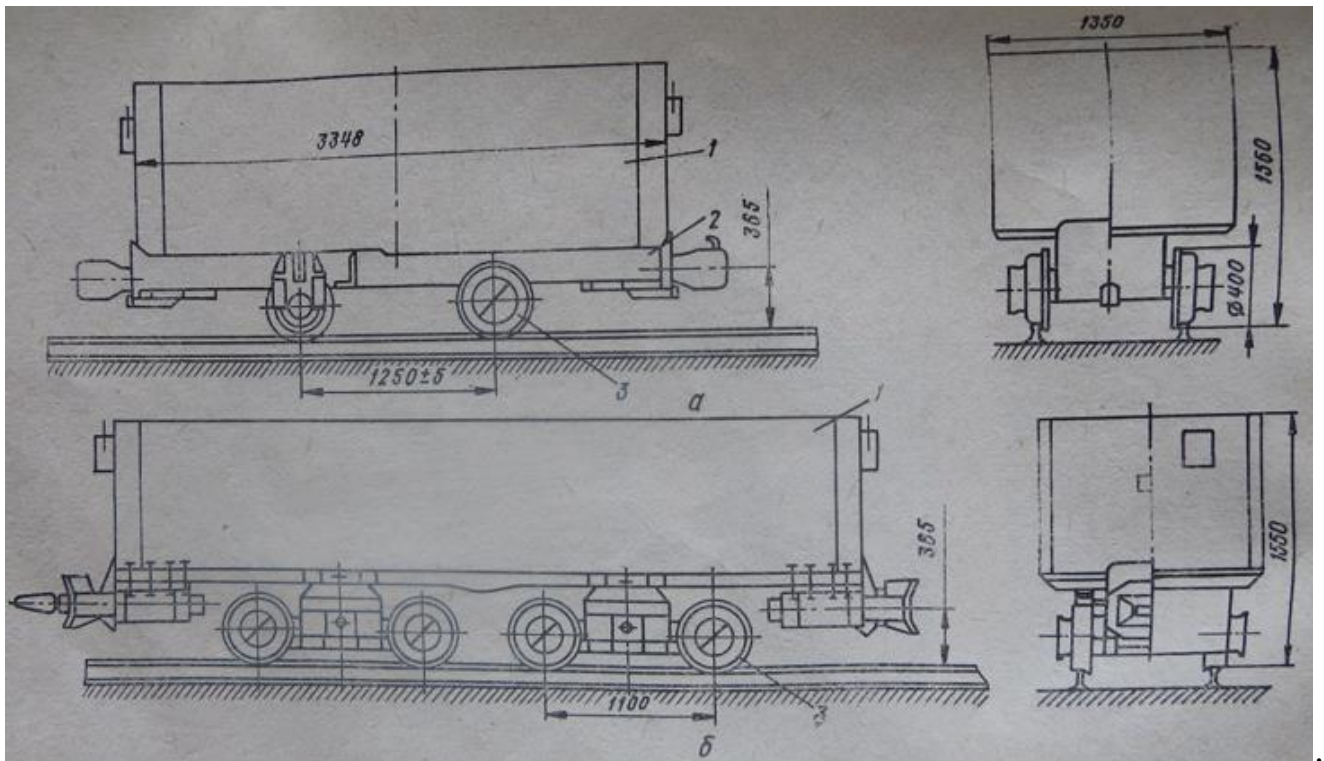


Рисунок 1.3 – Схеми вагонеток з глухим неперекидним кузовом типу ВГ (а – ВГ-4,5А; б – ВГ-9,0А): 1 – кузов; 2 – рама; 3 – півскати



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд вагонетки ВГ-9,0А

Розвантаження вагонеток ВГ здійснюється у кругових перекидачах.

Вагонетки типу ВБ мають одну відкидну бічну стінку. Схема такої вагонетки показана на рис. 1,5, а загальний вигляд конструкції ВБ-4,0А – на рис. 1.6. Основні технічні характеристики вагонів з відкидним бортом приведені у табл. 1.2 [10-12]. Розвантаження типорозмірів ВБ-1,6 і ВБ-2,5 відбувається шляхом наїзду розвантажувального ролика на розвантажувальну криву, а ВБ-4,0А – за допомогою штокового перекидача.

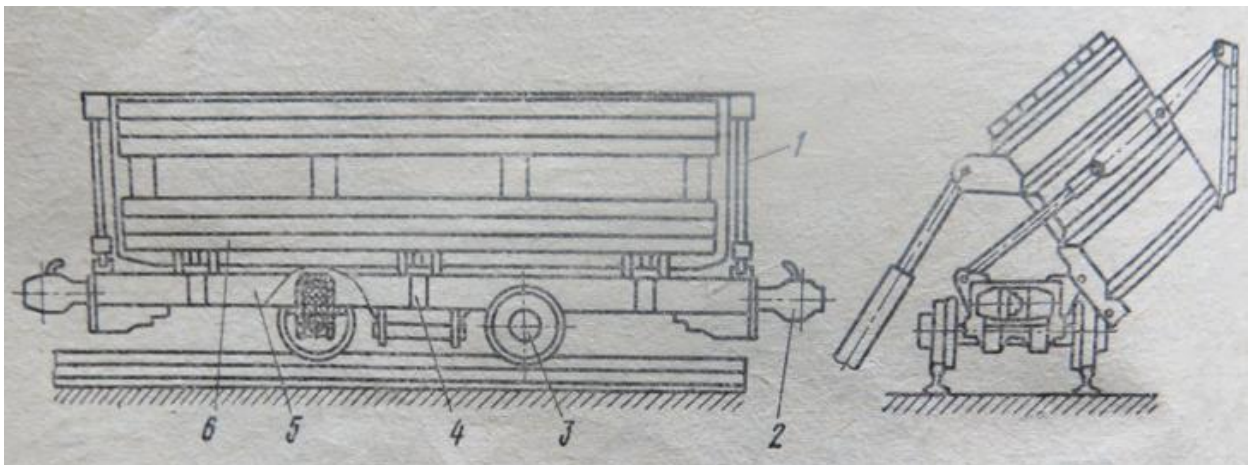


Рисунок 1.5 – Схема вагонетки типу ВБ:
1 – важільна система; 2 – автотчіпка; 3 – колісна пара; 4 – вузол впливу штокового перекидача; 5 – рама; 6 – кузов

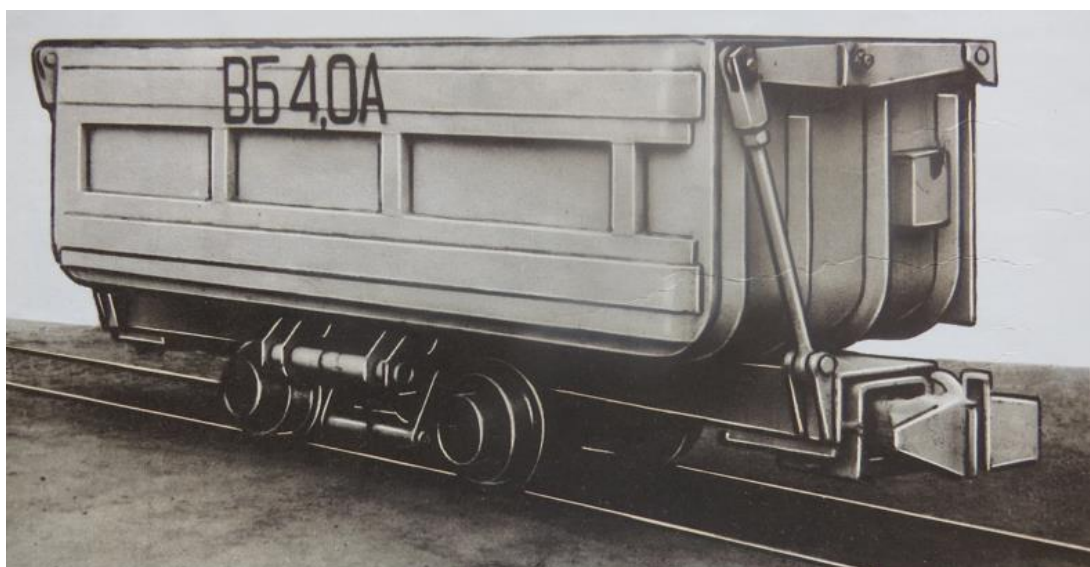


Рисунок 1.6 - Загальний вигляд вагонетки ВБ-4,0А

Таблиця 1.2 – Основні технічні характеристики шахтних вагонеток з відкидним бортом типу ВБ

Показники	ВБ-1,6	ВБ-2,5	ВБ-4,0А
Місткість кузова, м ³	1,6	2,5	4,0
Вантажопідйомність, т	4,0	6,25	12,0
Колія, мм	600; 750	600; 750	750
Жорстка база, мм	1000	1000	1250
Діаметр колеса (по кругу кочення), мм	400	400	400
Тип зчіпки	автоматична	автоматична	автоматична ланкова
Висота зчіпки (від головки рейки), мм	365	365	365
Кут перекидання кузова, град.	45	45	50
Габаритні розміри, мм:			
довжина	2950	3600	4740
ширина	1300	1350	1350
висота	1300	1550	1550

У табл. 1.3 приведені рекомендовані області застосування деяких конструкцій рухомого складу електровозної відкатки [11].

Таблиця 1.3 – Рекомендовані області застосування рухомого складу електровозної відкатки

Виробнича потужність руднику, млн.т/рік	Маса електровозу, т	Місткість кузова вагонетки, м ³	
		типу ВГ	типів ВГ і ВО
до 0,2	5-7	0,7; 1,2	0,5; 0,8
0,2-0,5	7-10	1,2; 2,2	1,6
0,5-1,0	10	2,2	1,6; 2,5
1,0-3,0	14	4,5	-
3,0 і вище	28	4,5; 9,0; 11,0	-

Що стосується вагонеток типів ВД і ВДК, то за рахунок донного розвантаження вони можуть забезпечити потокову схему руху потягу на розвантажувальному пункті. Процес розвантаження вагонів здійснюється незалежно від їх орієнтації по відношенню до розвантажувального пункту при відкритті днищ під час пересування нерозчепленого потягу магістральним локомотивом через механізм відкриття днищ. На рис. 1.7 показані принципові схеми таких конструкцій. Зокрема, вагонетка ВДК-2,5 на рис. 1.7б складається зі зварного кузова 1 пірамідальної форми, у нижній частині якого розташовані поздовжні балки 2, які служать рамою вагонетки, буферні балки 3 з автоматичними зчіпками 4 та поперечні колісні балки 5. На останніх знаходяться амортизатори підвіски і кріплення колісних пар 6, 7.

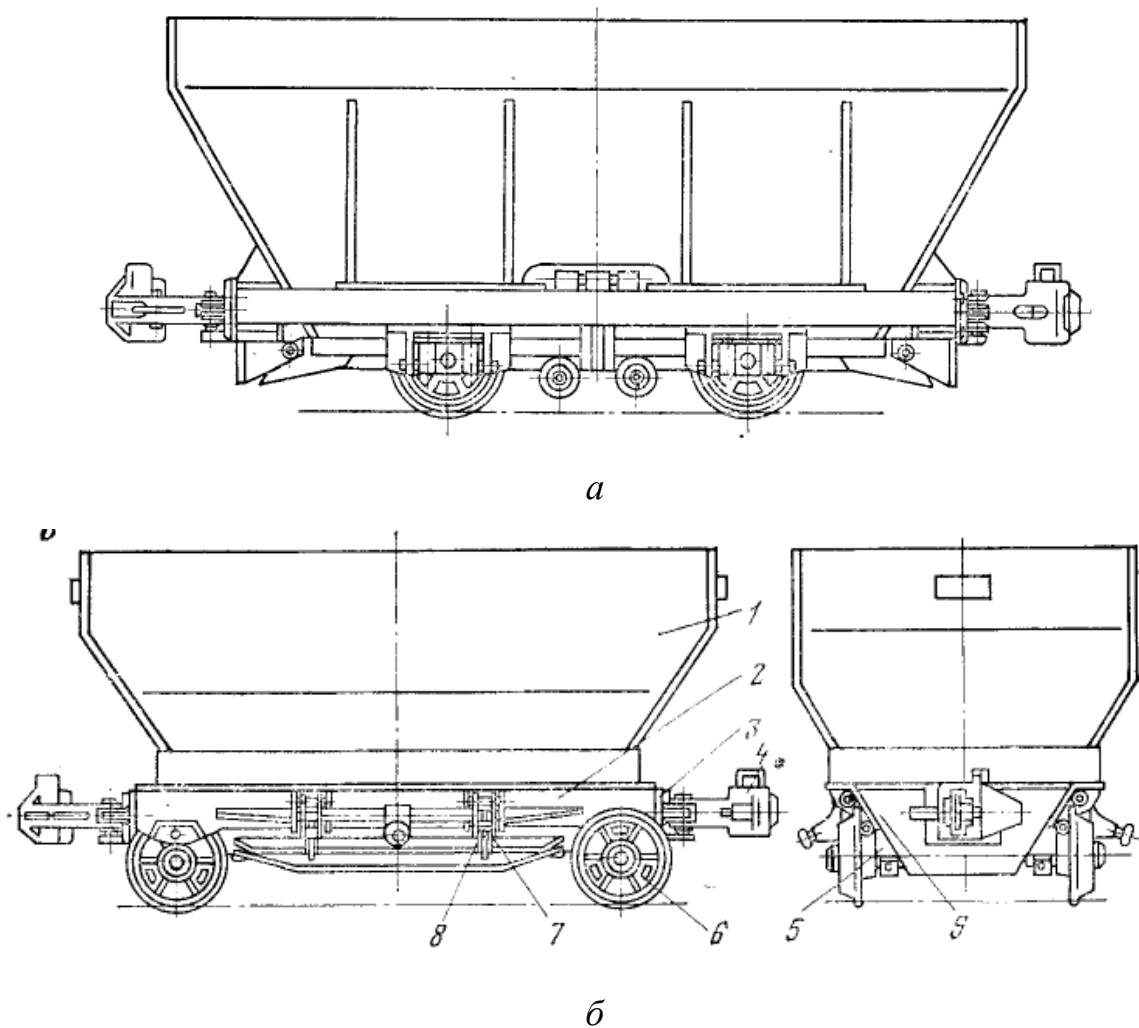


Рисунок 1.7 – Схеми вагонеток з відкидним днищем (а – типу ВД; б – типу ВДК):
 1 – кузов; 2 – рама; 3 – буферна балка; 4 – автозчіпка; 5 – колісна балка;
 6 – колісна пара; 7 – кронштейн; 8 – підвіска днищ і затворів; 9 – упор

кронштейни 7 та підвіски днищ і затворів 8. На торцях вагону передбачені упори 9 для проштовхування судини штовхачем.

Під час протягування потягу через розвантажувальний пристрій, встановлений на розвантажувальному пункті біля ствола шахти, ролики затвору вагонетки накочуються на лижі відкриття пристрою, а важелі затвору звільнюють кронштейни днища, яке під дією власної ваги відкривається. Вагонетка розвантажується у бункер. Далі ролики затвору накочуються на лижі закриття розвантажувального пристрою і днище спорожнілої вагонетки закривається за допомогою важелів затвору.

Аналіз рухомого складу локомотивної відкатки вітчизняних підземних рудників показує, що для підвищення ефективності експлуатації цього найбільш розповсюдженого виду магістрального шахтного транспорту потрібно визначення оптимальних параметрів вантажних вагонів, здатних забезпечити підвищення експлуатаційної продуктивності відкатки, а також розробка та впровадження нових типів відкотних судин для реалізації безупинних процесів завантаження і розвантаження потягів.

Висновки:

- внутрішньошахтний транспорт є однією з основних ланок технологічного комплексу виробничих процесів підземного рудника. Він відрізняється різноманітними умовами експлуатації транспортного обладнання як з точки зору обсягів і фізико-механічних властивостей вантажів, що перевозяться шахтними виробками, так і характеристик останніх з погляду на їх придатність і зручність для здійснення транспортних операцій. Усе це позначається на особливостях внутрішньошахтного транспорту та на його взаємозв'язках з іншими ланками загальношахтної транспортної системи. До засобів шахтного транспорту ставляться високі виробничі та економічні вимоги, а також вимоги безпеки. Специфічні умови підземної експлуатації накладають на них свої певні обмеження;

- найбільш розповсюдженим видом транспортування корисних копалин у підземних умовах гірничодобувних підприємств є відкатка рейковими шляхами за

допомогою електровозів та рухомого складу у вигляді вагонів різних конструктивних виконань. Електровозний (локомотивний) транспорт служить для перевезення основних і допоміжних вантажів (видобутої гірничої маси, обладнання, матеріалів) та людей по магістральних і дільничних виробках, а також для виконання різноманітних маневрових робіт у підготовчих забоях, навколоствольних дворах та на приймально-відправних майданчиках. До комплексу обладнання цього виду транспорту входять елементи системи рейкового шляху, тягові локомотиви та відкотні судини – вантажні вагони (вагонетки) різних конструктивних виконань;

- аналіз рухомого складу локомотивної відкатки вітчизняних підземних рудників показує, що для підвищення ефективності експлуатації цього найбільш розповсюдженого виду магістрального шахтного транспорту потрібно визначення оптимальних параметрів вантажних вагонів, здатних забезпечити підвищення експлуатаційної продуктивності відкатки, а також розробка та впровадження нових типів відкотних судин для реалізації безупинних процесів завантаження і розвантаження потягів.

1.4 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – обґрунтування раціональних параметрів вагонів шахтної електровозної відкатки, що забезпечують підвищення її експлуатаційної ефективності.

Проведений під час виконання роботи аналіз технологічних особливостей використання електровозної відкатки в якості основного засобу магістрального транспорту вітчизняних рудників, а також механічного обладнання, що використовується для цього, дозволив сформулювати задачі, які потрібно вирішити для досягнення поставленої мети:

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- обґрунтувати актуальність пропонованого дослідження;
- проаналізувати вплив основних геометричних розмірів шахтних вагонів на продуктивність процесу локомотивної відкатки руди та обмежень, які наклада-

ються на неї умовами підземної експлуатації;

- запропонувати раціональні параметри шахтних вагонів та схеми їх завантаження для досягнення мети роботи;

- дослідити особливості підземного використання рухомого складу електровозної відкатки та розробити раціональні заходи його експлуатації.

Об'єкт дослідження – технологічний процес транспортування гірничої маси від очисних забоїв до ствола рудної шахти за допомогою електровозної (локомотивної) відкатки.

Предмет дослідження – раціональні параметри шахтних вантажних вагонів для підвищення ефективності роботи електровозного транспорту.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Процес створення нових та удосконалення існуючих засобів механізації технологічних процесів видобутку корисних копалин, випуску виробничої продукції та проведення будь-яких інших робіт передбачає проведення наукових досліджень прикладного характеру для обґрунтування та визначення параметрів розроблюваного механічного обладнання, підвищення його продуктивності та загальної експлуатаційної ефективності, пошуку перспективних шляхів подальшого розвитку.

При цьому використовуються різні методи наукових досліджень: теоретичні та експериментальні, загальні і спеціальні. До загальних методів відносяться аналіз і синтез, індукція і дедукція, абстрагування і конкретизація, аналізі і моделювання.

Під час виконання представленої магістерської роботи аналітичний метод дослідження застосовувався для оцінки ролі транспорту у виробничих процесах видобутку та переробки корисних копалин, зокрема підземної розробки міцних руд. За його допомогою охарактеризована важлива роль електровозної (локомотивної) відкатки в якості основного виду магістрального транспорту гірничої маси у вітчизняних шахтах, наприклад залізорудних.

Цей же метод використовувався для аналізу основних параметрів шахтних вагонів, у тому числі їх геометричних розмірів у залежності від гірничотехнічних умов експлуатації, з метою вибору раціональних характеристик таких конструкцій у складі транспортного комплексу локомотивної відкатки гірничої маси.

В роботі розроблена методика розрахунку геометричних параметрів шахтних вагонів, а за допомогою методу моделювання – математична модель для їх оптимізації з урахуванням способу завантаження вагонів. Це дало можливість встановити залежність параметрів шахтних вагонів від способів їх завантаження та ширини люку.

За допомогою цих методів складені номограми визначення геометричних параметрів вагонів при використанні поздовжнього та поперечного способів їх за-

вантаження.

Крім того, проведено аналіз можливих способів очищення шахтних вагонів від налиплої на них гірничої маси для вибору та обґрунтування найбільш ефективних з них.

3 АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ШАХТНИХ ВАГОНІВ ЕЛЕКТРОВОЗНОЇ ВІДКАТКИ

3.1 Актуальність дослідження

Аналіз сучасного технічного стану внутрішньошахтного транспорту вітчизняних підземних рудників з видобутку залізної руди, проведений у розділі 1 даної роботи, показав, що для перевезення руди від очисних блоків до стовбурів шахт в основному використовується електровозний транспорт. В якості тягових засобів при цьому застосовуються головним чином контактні електровози зі зчіпною вагою 10-14 т, а в якості транспортних судин – глухі шахтні вагонетки типу ВГ та вагонетки з шарнірно-відкидним бортом типу ВБ.

Типи рейок, конструкція верхньої будови шляху та радіуси заокруглень, а також засоби сигналізації і блокування, що знаходять використання на рудниках, забезпечують безпечні умови експлуатації електровозних потягів ємністю до 40 м³ зі швидкістю руху до 8-10 км/год.

Пункти завантаження потягів у залежності від конкретних гірничих умов, обладнуються скреперними лебідками, секторними або вібраційними люками. Продуктивність процесу завантаження вагонів при цьому знаходиться на рівні 1 м³/хв. (для лебідок) та 3-4 м³/хв. (для люків і вібролюків).

Приймально-розвантажувальні пункти біля стовбурів шахт обладнуються:

- для розвантаження вагонеток типу ВГ – круговими перекидачами на одну чи дві вагонетки;
- для розвантаження вагонеток типу ВБ – штоковими перекидачами.

Продуктивність процесу розвантаження знаходиться при цьому на рівні 4-5 м³/хв.

Швидкість руху електровозних потягів з вантажем складає 6-8 км/год, а порожніх – 8-10 км/год. При середній відстані транспортування руди 1,5-3,0 км технічні параметри засобів транспорту, що використовуються на рудниках, забезпечують продуктивність електровозного потягу на рівні 200-600 т/зміну. Зокрема, у

Кривбасі середня продуктивність потягу складає 460 т/зміну.

Подальший розвиток електровозної відкатки гірничої маси у рудних шахтах відбувається дуже повільними темпами (у середньому не більше 2% на рік) і не відповідає темпам зростання продуктивності праці на підземних рудниках. Головною причиною такого гальмування (за винятком циклічного характеру електровозного транспорту) є серйозні недоліки використовуваного рухомого складу, а саме: вантажних вагонеток для перевезення руди. Установки типів ВГ і ВБ, що складають переважну більшість вагонного парку вітчизняних рудників, не поставлені засобами перекриття міжвагонних проміжків у потязі, внаслідок чого його завантаження відбувається у переривчастому режимі та з невисокою продуктивністю до 3-4 м³/хв.

Для вагонів ВГ обмежена також продуктивність процесу розвантаження, яка визначається, головним чином, ємністю вагонів, що залежить від їх габаритних розмірів. Останні ж диктуються перетином гірничих виробок.

На відміну від них, вагони з відкидними днищами і кузовами, профіль яких забезпечує перекриття міжвагонних проміжків, дають можливість реалізувати безупинні процеси завантаження і розвантаження електровозного потягу під час його руху зі швидкістю до 1 м/с. Закордонний досвід використання такого обладнання свідчить, що воно дозволяє залучати до процесу завантаження потягу засоби механізації продуктивністю до 10 м³/хв., а розвантаження здійснювати з продуктивністю до 40 м³/хв.

Завдяки одночасному зростанню місткості потягу та середньої швидкості його руху при завантаженні і розвантаженні руди можна досягти підвищення продуктивності процесу транспортування гірничої маси більше, ніж удвічі. Такий результат буде реальним за умови використання максимально повної ємності потягу шляхом недопущення налипання вологої гірничої маси на днища і борти вагонів.

3.2 Оцінка основних параметрів шахтних вагонів

Основними параметрами шахтних вагонеток, що визначають їх споживчі

якості, є наступні: ємність, габаритні розміри та коефіцієнт тари, що знаходиться як відношення маси судини до її вантажопідйомності.

У табл. 3.1 приведені основні порівняльні геометричні параметри вітчизняних вагонеток типів ВГ і ВД, а також шведських вагонеток типу ОК розробки фірми ASEA. Усі вони призначені для транспортування гірничої маси по підземних виробках. Порівняльний аналіз показників свідчить, що вітчизняні конструкції глухих вагонеток ємністю 4-9 м³ та вагонів з відкидним днищем ємністю 4-5,6 м³ мають однакові розміри по ширині (1350 мм) та висоті (1550 мм). Лише для установок ВД-8 та ВГ-10 передбачені інші розміри: для першої ширина становить 1500 мм, а для другої – ширина 1800 мм і висота 1600 мм.

Характерною рисою шведських вагонів ОК з відкидним днищем є підвищені поперечні розміри, які забезпечують збільшення ємності. Ширина цих конструкцій на 15-38% більше ширини вітчизняних моделей відповідних ємностей, а висота – на 9-28% більше. При цьому вони мають меншу довжину (наприклад, довжина моделей ОК ємність 5 і 9 м³ в 1,5 рази менше вітчизняних аналогів).

Коефіцієнт тари усіх порівнювальних конструкцій знаходиться на приблизно однаковому рівні.

Такі відмінності у розмірах пояснюються різницею у гірничотехнічних умовах експлуатації вітчизняних та закордонних вагонеток. В умовах підземних рудників розміри поперечних перетинів відкотних виробок, радіуси їх заокруглення та діючі норми щодо зазорів і проходів між стінками виробок і транспортними засобами для забезпечення безпеки праці є визначальними для розмірів вагонеток по ширині, висоті та довжині [14,15]. Крім того, поперечні розміри (ширина і висота) з точки зору виконання умови повного використання ємності вагону, залежать від напрямку потоку гірничої маси відносно поздовжньої осі транспортної судини під час її завантаження.

Таким чином, існує необхідність обґрунтування раціональних геометричних параметрів шахтних вагонів з урахуванням особливостей процесу їх завантаження для забезпечення максимальної продуктивності електровозної відкатки під час транспортування руди.

3.3 Визначення геометричних розмірів шахтних вагонів

3.3.1 Ємність вагонів

На величину продуктивності електровозного транспорту впливають такі основні параметри транспортної системи як загальна ємність вантажного потягу, швидкість його руху, продуктивності засобів навантаження та розвантаження вагонів [16]. Продуктивність локомотивного потягу може бути визначена за допомогою наступної формули:

$$P_{зм} = \frac{(T_{зм} - T_{пз} - T_{рп}) E_c K_3 \gamma K_{нр}}{\left[\frac{E_c K_3}{P_n} + \frac{2Z}{V_{сер}} + \frac{E_c K_3}{P_p} + \frac{l_b}{V_m} (N-1) + t_{пзр} N \right] K_b}, \text{ т/зміну}, \quad (3.1)$$

де $T_{зм}$ – тривалість робочої зміни, хв.; $T_{пз}$ – тривалість підготовчо-заключних операцій протягом зміни, хв.; $T_{рп}$ – тривалість регламентованих перерв протягом зміни, хв.; E_c – сумарна ємність вагонів потягу, м; K_3 – коефіцієнт заповнення вагонів потягу; γ – об'ємна вага транспортованої руди у розпушеному стані, т/м³; $K_{нр}$ – коефіцієнт, що враховує неритмічність роботи шахтного транспорту. За даними практичного використання локомотивної відкатки $K_{нр} = 0,8$; P_n – продуктивність засобів навантаження потягу, м³/хв.; Z – відстань від приймально-розвантажувального пункту до пункту навантаження, м; $V_{сер}$ – середня швидкість руху завантаженого та порожнього потягів, м/хв.; P_p – продуктивність засобів розвантаження потягу, м³/хв.; l_b – середня відстань між завантажувальними пунктами, м; V_m – середня маневрова швидкість потягу під час переїздів від одного завантажувального пункту до іншого, м/хв.; $t_{пзр}$ – час на обслуговування навантажувального пункту (підйом люкового на поміст тощо). За даними практики $t_{пзр} = 1,5$ хв.; N – кількість рудоспусків, що обслуговуються потягом протягом одного рейсу, шт.; K_b – коефіцієнт відпочинку. При електровозній відкатці та навантаженні руди $K_b = 1,07$.

Приведена формула з достатньою для практики точністю визначає продуктивність потягу. Проте вона не враховує витрати часу на перестановки вагонів під час завантаження і розвантаження потягу і не дає можливості виявити ступінь впливу ємності вагонів потягу на величину його експлуатаційної продуктивності.

Для з'ясування ступеню цього впливу перетворимо вирази з формули (3.1), що описують тривалість завантаження $\left(\frac{E_c K_3}{P_H}\right)$ та розвантаження $\left(\frac{E_c K_3}{P_p}\right)$ потягу, шляхом додавання членів, які враховують час на перестановку усіх вагонів при виконанні цих операцій.

Час, необхідний на завантаження (t_H) і розвантаження (t_p) потягу з повним урахуванням витрат на перестановку вагонів, визначимо за наступними формулами:

$$t_H = \frac{E_B K_3 n}{P_H} + \frac{l_{BH} n_H}{V_{\Pi}}, \text{ хв.}; \quad (3.2)$$

$$t_p = \frac{E_B K_3 n}{P_p} + \frac{l_{Bp} n_p}{V_{\Pi}}, \text{ хв.}, \quad (3.3)$$

де E_B – ємність кожного з вагонів потягу, м^3 ; n – кількість вагонів у потягу, шт.; l_{BH} , l_{Bp} – довжина вагонів, що переставляються за один раз у процесах відповідно завантаження та розвантаження потягу, м; n_H , n_p – кількість перестановок вагонів під час відповідно навантаження та розвантаження потягу; V_{Π} – швидкість руху потягу при перестановці вагонів у процесах його навантаження і розвантаження, м/хв.

Тоді продуктивність електровозного потягу за формулою (3.1) з урахуванням витрат часу на перестановку вагонів під час операцій навантаження і розвантаження буде виглядати наступним чином:

$$P_{3M} = \frac{(T_{3M} - T_{\Pi3} - T_{p\Pi}) E_c K_3 \gamma K_{HP}}{\left[\frac{E_B K_3 n}{P_H} + \frac{l_{BH} n_H}{V_{\Pi}} + \frac{2Z}{V_{\text{сер}}} + \frac{l_B}{V_M} (N-1) + t_{\Pi3p} N + \frac{E_p K_3}{P_p} n + \frac{l_{Bp} n_p}{V_{\Pi}} \right] K_B}, \text{ т/зміну}. \quad (3.4)$$

Для локомотивного потягу, що складається з вагонів типу ВГ, збільшення ємності останніх скорочує число перестановок під час здійснення операцій навантаження і розвантаження, зменшує тривалість рейсу та обумовлює таким чином зростання величини продуктивності потягу. Крім того, збільшення ємності вагонів з глухим кузовом у потязі забезпечує можливість більш продуктивного його розвантаження.

Проте, розрахунки показують, що для потягу загальної ємності 40 м^3 , скла-

деного з вагонів типу ВГ, збільшення ємності вагонів удвічі (з 2 до 4 м³) при однакових інших параметрах транспортної системи забезпечує зростання продуктивності усього потягу лише на 1,4%. Подальше подвійне зростання ємності вагону (з 4 до 8 м³) взагалі не призводить до скорочення тривалості рейсу та зростання продуктивності потягу.

Із збільшенням ємності потягу вплив ємності вагонів на продуктивність потягу зростає також незначно. Так, для потягу ємністю 80 м³ подвійне збільшення ємності вагонів (з 2 до 4 м³) призводить до зростання продуктивності потягу на 2%, а подальше збільшення (з 4 до 8 м³) так само не позначається на цьому параметрі.

Подібна ситуація пояснюється тим, що для збільшення ємності окремого вагону вдаються насамперед до пропорційного збільшення його довжини. Тому тривалість операції обміну вагонів потягу однакової ємності у процесі навантаження і розвантаження залишається такою, як була.

На рис. 3.1 показаний ступінь впливу на продуктивність потягу ємності окремого вагону та обумовленої нею продуктивності операції розвантаження. Видно, що сумісний вплив цих двох факторів на продуктивність потягу приносить наступні результати:

- для потягів ємністю 40 м³ при збільшенні ємності окремого вагону з 2 до 4 м³ продуктивність потягу підвищується на 9,8%, а при подальшому зростанні ємності вагонів до 8 м³ – на 13,8%;

- для потягів ємністю 80 м³ аналогічні показники дорівнюватимуть відповідно 14,2 і 20%.

Для потягу з вагонів типу ВД, розвантаження яких відбувається у процесі руху потягу через розвантажувальний пристрій над приймальним бункером, тривалість операції розвантаження потягу дорівнює часу проходження потягу над цим бункером і визначається за допомогою наступної формули:

$$t_{\text{роз}} = \frac{l_{\text{в}} n}{V_{\text{п}}}, \text{ хв.}, \quad (3.5)$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина вагону по осях зачеплення, м.

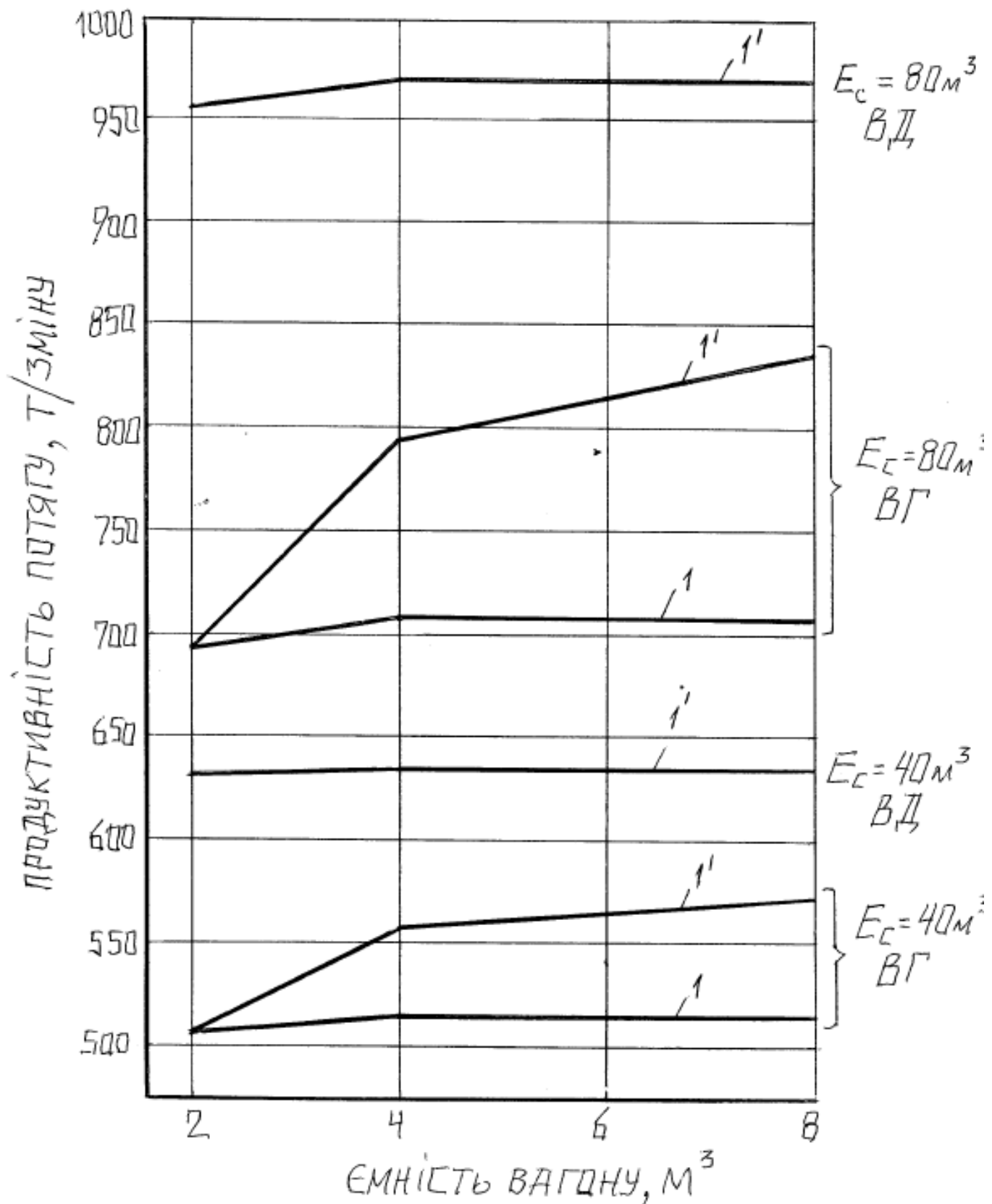


Рисунок 3.1 – Вплив ємності вагону на продуктивність потягу:
 1 – без урахування впливу продуктивності операції розвантаження;
 1' – з урахуванням впливу продуктивності операції розвантаження

Але тривалість розвантаження потягу з вагонеток типу ВД може бути визначена також за допомогою виразу:

$$t_{\text{роз}} = \frac{E_B K_3 n}{P_p}, \text{ хв.} \quad (3.6)$$

Таким чином, має місце наступна рівність:

$$\frac{l_B n}{V_{\text{п}}} = \frac{E_B K_3 n}{P_p}, \quad (3.7)$$

звідки маємо:

$$P_p = \frac{E_B K_3 V_{\text{п}}}{l_B}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (3.8)$$

Аналіз останнього виразу свідчить, що для вагонів типу ВД при постійній швидкості руху потягу над розвантажувальним бункером продуктивність процесу розвантаження зростає із збільшенням ємності вагону у потягу. Якщо ж пропорційно ємності вагону збільшується його довжина, то продуктивність процесу розвантаження залишається постійною.

3.3.2 Ширина вагонів

Поперечні розміри вагонів (ширина і висота) тісно пов'язані з поперечними розмірами горизонтальних відкотних гірничих виробок. Розміри останніх вибираються з урахуванням необхідності розміщення в них усіх потрібних транспортних засобів, трубопроводів і кабелів з дотриманням безпечних зазорів та проходів між транспортними засобами і стінками виробок.

Для вписування транспортних засобів на заокругленнях ширина виробок повинна бути збільшена на величину їхнього вибігу у порівнянні з шириною на прямих ділянках шляху. Ця величина для існуючих транспортних засобів становить у підсумку 400 мм (300 мм із зовнішнього боку кривої і 100 мм з внутрішнього).

Крім того, поперечні перетини виробок мають забезпечувати необхідні умови безперешкодного пропуску повітря, що подається у шахту для вентиляції, зі швидкостями, передбаченими діючими вимогами безпеки.

Для вітчизняних підземних рудників чорної металургії згідно з діючими нормами проектування прийнято використання наступних типорозмірів вагонеток у залежності від річної продуктивності підприємства:

- ємністю 2,2 м³ – для шахт з річною продуктивністю до 1 млн. т;
- ємністю 4,5 м³ – для шахт з річною продуктивністю 1-2 млн. т;
- ємністю 9,5 м³ – для шахт з річною продуктивністю 2-3 млн. т і більше.

Виходячи з цього, передбачається п'ять типорозмірів виробок, які й забезпечують виконання усіх перерахованих вище вимог щодо розміщення в них необхідного обладнання, дотримання потрібних безпечних зазорів та нормальної вентиляції шахти. Кожен з цих типорозмірів у залежності від міцності порід та виду застосовуваного кріплення містить шість різних розмірів перетинів виробок. Таким чином, для умов рудників Мінчормету існує тридцять різних типорозмірів одношляхових відкотних виробок (табл. 3.2).

Мінімальна ширина виробки у світлі кріплення для безпечної експлуатації найбільш розповсюджених на сьогоднішній день транспортних засобів завширшки 1350 мм складає 2300 мм на прямій ділянці та 2700 мм на заокругленні. Проте основна маса відкотних виробок на рудниках продуктивністю 3 млн. т руди на рік і більше має значно більші розміри перетину. Це обумовлено необхідністю пропуску потрібної кількості повітря для вентиляції з допустимими за правилами безпеки швидкостями.

Можлива ширина вагонеток, що вписуються у типажні виробки існуючих рудників з мінімально допустимими за правилами безпеки зазорами, приведена у табл. 3.3. З неї видно, що типові виробки, які мають ширину 3100 і 3350 мм на рудниках чорної металургії, дозволяють використовувати шахтні вагони завширшки відповідно 1750 і 2000 мм.

Таким чином, на діючих рудниках без збільшення перетинів виробок можуть використовуватися вагони шириною 1700-1800 мм.

3.3.3 Довжина вагонів

Довжина шахтної вагонетки так само, як і її ширина і висота, впливає на ос-

Таблиця 3.3 – Можлива ширина вагонеток, що вписуються у типові виробки

Показники	Розміри типових виробок на рудниках Мінчормету, мм			
	на прямій дільниці	на заокруг- леннях	на прямій дільниці	на заокруг- леннях
Ширина типової виробки	3100	3100	3350	3350
Мінімальні розміри за вимогами [15]:				
зазор	250	250	250	250
прохід	700	700	700	700
Вибіг вагону:				
з внутрішнього боку заокруглення	-	100	-	100
із зовнішнього боку заокруглення	-	300	-	300
Ширина вагону, яка може бути вписана у виробку	2150	1750	2400	2000

параметр призначення – ємність судини. Обмежувальним фактором для довжини вагонетки є вписування її у заокруглення виробок з допустимими за вимогами безпеки зазорами.

Зазвичай відкотні виробки основних горизонтів залізрудних шахт мають радіуси закруглення у межах 20-25 м. Використовувані на діючих рудниках шахтні вагонетки типу ВГ з параметрами, передбаченими ГОСТ 15174, вписуються у типові виробки як на прямих дільницях, так і на заокругленнях.

Вагонетки з відкидним днищем типу ВД, з огляду на це, повинні мати довжину, що дорівнює довжині вагонетки типу ВГ відповідної ємності. Проте, процес розвантаження вагонів з відкидним днищем відрізняється від розвантаження вагонів з глухим кузовом і це накладає додаткові обмеження на довжину вагонеток типу ВД. Розвантаження таких вагонів відбувається на розвантажувальній станції, яка монтується над приймальним бункером і складається з двох рядів опорних роликів, встановлених уздовж довгих сторін бункера, а також спеціальної профільованої рейки.

Процес розвантаження потягу з вагонів типу ВД відбувається автоматично і безупинно у міру переміщення потягу над приймальним бункером. При цьому кузов вагонетки підтримується і пересувається на рівні свого транспортного положення за допомогою опорних роликів, а переміщення розвантажувального ролика, що встановлений на днищі кожної вагонетки, по профільованій рейці розвантажувальної станції забезпечує відкривання і закривання днища.

Крива профільованої рейки розвантажувальної станції виконана таким чином, що при рівномірному русі вагонетки над приймальним бункером процес її розвантаження здійснюється у наступному порядку: на першій третині довжини вагонетки відбувається відкривання її днища, протягом другої третини днище залишається повністю відкритим, а на останній третині воно закривається. Безупинність процесу розвантаження забезпечується за рахунок безперервності руху потягу над приймальним бункером. Під час усталеного безупинного процесу розвантаження над бункером знаходяться три вагонетки: одна з них вже спорожніла, її днище закривається; друга розвантажується через повністю відкрите днище; у третьої днище відкривається і процес розвантаження лише починається. Виходячи з цього, максимальна довжина приймального бункера повинна дорівнювати трьом довжинам вагонетки.

Для забезпечення руху руди у приймальному бункері без зависань і склепотворень його стінки повинні мати кут нахилу до горизонту не менше 70° . Графічна побудова бункера показує, що при збільшенні приймальної довжини бункера у три рази при інших однакових його параметрах для забезпечення самопливного руху руди у ньому до живильників дробарки потрібно збільшити висоту бункера, що обумовить зростання його об'єму у 9 разів. Таке суттєве збільшення об'єму приймального бункера неприйнятно через різке збільшення витрат на його проходку.

Отже, під час проектування вагонеток з відкидним днищем типу ВД необхідно намагатися мінімізувати їх довжину. А для збереження ємності вагонеток на рівні конструкцій типу ВГ залишається єдиний шлях – відповідне збільшення ширини і висоти судини.

3.3.4 Висота вагонів

Висота вагонів, які можуть використовуватися для транспортування руди на діючих залізорудних шахтах обмежується висотою виробок i , зокрема, висотою підвіски контактного дроту ($H_{\text{під}}$), що регламентується правилами безпеки [15].

Ці правила, створені для умов розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом, передбачають, що $H_{\text{під}} = 2,0$ м, а відстань від контактної провладу до вершини конусу насипаної у вагоні гірничої породи під час транспортування має бути не менше $h_{\text{кп}} = 0,2$ м.

Виходячи з цього, максимальна висота завантаженого вагону за конусом відсипаної породи в умовах діючих обмежень складе $H = 2,0 - 0,2 = 1,8$ м.

Висота конусу відсипки та об'єм породи, що розміщується в ньому під час завантаження вагону, залежить від кута природного укосу завантажувальної породи α , ширини вагонетки b , способу її завантаження та ширини люка b_1 при поперечній схемі завантаження.

Розрізняють два способи завантаження вагонів у залежності від напрямку руху потоку гірничої маси відносно поздовжньої осі вагонетки:

- поздовжнє завантаження, при якому потік гірничої маси рухається уздовж поздовжньої осі вагонетки;

- поперечне завантаження, коли потік гірничої маси рухається уперек поздовжньої осі вагонетки. Спосіб поперечного завантаження широко використовується, зокрема, на рудниках Швеції.

Для виявлення характеру впливу способу завантаження вагону на його геометричні розміри в інституті ВНДПрудмаш розроблений графоаналітичний метод визначення геометричних розмірів шахтних вагонів. В основу метода покладений принцип формування конусу відсипки руди у вагоні у залежності від способу завантаження та фізико-механічних властивостей гірничої маси. При цьому аналітична залежність параметрів приймається таким чином, щоб забезпечити максимальну ємність вагону та повноту її використання в умовах діючих обмежень.

Наприклад, завантаження породи у вагон не можна вести до рівня, коли підстава конусу відсипаної породи опиниться на рівні верхньої крайки кузова вагону,

адже у цьому випадку порода, що знаходиться в об'ємі конусу відсипки, під час руху потягу буде висипатися з вагону. Тому для запобігання просипу руди завантаження вагону потрібно вести таким чином, щоб підстава конусу відсипки була нижче верхнього рівня кузова вагону, а порода в об'ємі конусу відсипки вище верхньої кромки кузова змогла би розміститися у вільному об'ємі вагону, що залишився.

У випадку поздовжнього завантаження вагону висота насипаного конусу породи у вагоні b завширшки становитиме (рис. 3.2):

$$h_k = \frac{b}{2} \tan \alpha. \quad (3.9)$$

Об'єм породи у конусі відсипки на 1 м довжини вагону дорівнює площі його поперечного перетину у вигляді трикутника, помноженої на цей один метр:

$$V_k = \frac{b}{2} \cdot \frac{b}{2} \tan \alpha = 0,25b^2 \tan \alpha. \quad (3.10)$$

Об'єм призми, в якій може розміститися ця порода:

$$V_{пр} = bh_1, \quad (3.11)$$

де h_1 – висота призми, об'єм якої дорівнює об'єму конусу відсипки.

Тоді маємо:

$$bh_1 = 0,25b^2 \tan \alpha, \quad (3.12)$$

а
$$h_1 = 0,25b \tan \alpha. \quad (3.13)$$

У разі поперечного завантаження вагону (наприклад, з вертикального рудо-спуску) (рис. 3.3) порода в його кузові буде розташовуватися у вигляді усіченого конусу з нижньою підставою, величина якої дорівнюватиме ширині вагону b , та верхньою підставою з розміром, що дорівнює ширині люку b_1 .

За аналогією з формулами (3.10), (3.11) та (3.13) об'єм породи в усіченому конусі відсипки на довжині вагону 1 м, об'єм призми, в якій може розташуватися ця порода, та висота цієї призми будуть відповідно дорівнювати:

$$V_{\text{к}} = \frac{b+b_1}{2} \cdot \frac{b-b_1}{2} \tan \alpha = \frac{b^2-b_1^2}{4} \tan \alpha ; \quad (3.14)$$

$$V_{\text{пр}} = bh_1 = \frac{b^2-b_1^2}{4} \tan \alpha ; \quad (3.15)$$

$$h_1 = \frac{b^2-b_1^2}{4b} \tan \alpha. \quad (3.16)$$

При $b_1 = 0$ формула (3.16) прийме вигляд формули (3.13), тобто як у разі граничного завантаження. Загальна висота насипаної у вагоні породи $H_{\text{п}}$ запишеться наступним чином:

$$H_{\text{п}} = H_{\text{під}} - h_{\text{кп}} - h_{\text{дв}}, \quad (3.17)$$

де $H_{\text{під}}$ – висота підвіски контактного проводу, м; $h_{\text{кп}}$ – відстань від контактного проводу до конусу насипаної у вагоні породи, м; $h_{\text{дв}}$ – відстань від головки рейки до днища вагону, м.

Висота завантаження вагону до підстави конусу відсипки породи у вагоні визначиться так:

$$h_{\text{п}} = \frac{B-b}{2} \tan \alpha, \quad (3.18)$$

де b – ширина вагону, м; B – ширина підстави умовного конусу відсипки породи на рівні днища вагону, м.

Ширина підстави умовного конусу відсипки може бути визначена за допомогою наступного виразу:

$$\tan \alpha = \frac{H_{\text{п}}}{\frac{B-b_1}{2}}, \quad (3.19)$$

де b_1 – ширина породного потоку під час завантаження вагону (можна вважати, що вона дорівнює ширині робочого органу люка).

Тоді з формули (3.19) маємо:

$$B = \frac{2H_{\text{п}}+b_1 \tan \alpha}{\tan \alpha}. \quad (3.20)$$

Якщо підставити значення B у формулу (3.18) і зробити необхідні перетворення, то можна отримати:

$$h_{\text{п}} = \frac{2H_{\text{п}}-(b-b_1) \tan \alpha}{2}. \quad (3.21)$$

Тоді висота кузова вагону становитиме:

$$h_B = h_{\Pi} + h_1, \quad (3.22)$$

а повна висота вагону: $H_B = h_{\Pi} + h_1 + h_{дв}, \text{ м.}$ (3.23)

Ємність вагону: $E_B = b(h_{\Pi} + h_1)Z,$ (3.24)

де Z – довжина кузова вагону, м.

Площа поперечного перетину кузова вагону:

$$S_{\text{поп}} = b(h_{\Pi} + h_1), \text{ м}^2. \quad (3.25)$$

Площа поперечного перетину породи, завантаженої у вагон:

$$S_{\text{вант.поп}} = bh_{\Pi} + \frac{b+b_1}{2}(H_{\Pi} - h_{\Pi}), \text{ м}^2. \quad (3.26)$$

Коефіцієнт використання поперечного перетину вагону:

$$\eta_{\text{поп}} = \frac{S_{\text{вант.поп}}}{S_{\text{поп}}} = \frac{bh_{\Pi} + 0,5(b+b_1)(H_{\Pi} - h_{\Pi})}{b(h_{\Pi} + h_1)}. \quad (3.27)$$

Площа поздовжнього перетину кузова вагону:

$$S_{\text{позд}} = Z(h_{\Pi} + h_1), \text{ м}^2. \quad (3.28)$$

Площа поздовжнього перетину породи, завантаженої у вагон:

$$S_{\text{вант.позд}} = Zh_{\Pi} + \left(Z - \frac{H_{\Pi} - h_{\Pi}}{\tan \alpha} \right) (H_{\Pi} - h_{\Pi}). \quad (3.29)$$

Коефіцієнт використання поздовжнього перетину вагону:

$$\eta_{\text{позд}} = \frac{Zh_{\Pi} + \left(Z - \frac{H_{\Pi} - h_{\Pi}}{\tan \alpha} \right) (H_{\Pi} - h_{\Pi})}{Z(h_{\Pi} + h_1)}. \quad (3.30)$$

Коефіцієнт використання ємності вагону:

$$\eta_{\text{ємн}} = \eta_{\text{поп}} \eta_{\text{позд}}. \quad (3.31)$$

3.4 Обґрунтування раціональних параметрів шахтних вагонів

Задача полягає у виборі таких раціональних параметрів шахтних вагонів, які забезпечують максимально можливу ємність судин з урахуванням існуючих обмежень по ширині і висоті.

Розрахунки, приведені у п. 3.3, виконані для умов експлуатації, вказаних у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для визначення розмірів шахтних вагонів

Найменування параметру	Позначення параметру	Одиниця виміру	Значення параметру
Висота підвіски контактного проводу	$H_{\text{під}}$	м	2,0
Відстань від контактного проводу до вершини конусу насипаної у вагоні породи	$h_{\text{кп}}$	м	0,2
Відстань від головки рейки до днища вагону	$h_{\text{дв}}$	м	0,5; 0,6
Ширина кузова вагону	b	м	1,3; 1,5; 1,7; 1,9; 2,1
Ширина люка	b_1	м	0; 0,5 b ; 0,75 b
Довжина кузова вагону	Z	м	3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0
Кут природного укосу порід, що завантажуються	α	град.	45; 39

Такі умови дозволяють встановити залежність ємності вагону від ширини, висоти і довжини його кузова, від способу завантаження вагону та ширини люка (при поперечному завантаженні), а також від кута природного укосу породи, що завантажуються.

Залежності висоти та ємності вагону від довжини і ширини його кузова та кута природного укосу порід під час поперечного і поздовжнього завантаження

приведені відповідно у табл. 3.5 і 3.6 ($h_{дв} = 0,5$ м).

Таблиця 3.5 – Залежність висоти та ємності вагону від довжини і ширини його кузова та кута природного укосу порід під час поздовжнього завантаження

Довжина кузова вагону, м	Ширина кузова вагону, м	Висота вагону, м, при куті укосу порід, град.		Ємність вагону, м, при куті укосу порід, град.	
		45	39	45	39
3,0	1,30	1,47	1,54	3,80	4,04
	1,50	1,42	1,50	4,16	4,48
	1,70	1,37	1,46	4,46	4,87
	1,90	1,32	1,42	4,70	5,22
4,0	1,30	1,47	1,54	5,07	5,39
	1,50	1,42	1,50	5,55	5,98
	1,70	1,37	1,46	5,95	6,50
	1,90	1,32	1,42	6,27	6,96
5,0	1,30	1,47	1,54	6,34	6,74
	1,50	1,42	1,50	6,94	7,47
	1,70	1,37	1,46	7,44	8,12
	1,90	1,32	1,42	7,84	8,70
6,0	1,30	1,47	1,54	7,60	8,09
	1,50	1,42	1,50	8,32	8,97
	1,70	1,37	1,46	8,92	9,75
	1,90	1,32	1,42	9,40	10,44
7,0	1,30	1,47	1,54	8,87	9,44
	1,50	1,42	1,50	9,71	10,46
	1,70	1,37	1,46	10,41	11,37
	1,90	1,32	1,42	10,97	12,17

Таблиця 3.6 – Залежність висоти та ємності вагону від довжини і ширини його кузова та кута природного укосу порід під час поперечного завантаження (ширина люка дорівнює 0,75 ширини вагону)

Довжина кузова вагону, м	Ширина кузова вагону, м	Висота вагону, м, при куті укосу порід, град.		Ємність вагону, м, при куті укосу порід, град.	
		45	39	45	39
3,0	1,30	1,78	1,78	4,99	5,01
	1,50	1,78	1,78	5,74	5,76
	1,70	1,77	1,78	6,49	6,52
	1,90	1,77	1,78	7,24	7,27
4,0	1,30	1,78	1,78	6,65	6,67
	1,50	1,78	1,78	7,66	7,69
	1,70	1,77	1,78	8,66	8,69
	1,90	1,77	1,78	9,65	9,70
5,0	1,30	1,78	1,78	8,32	8,34
	1,50	1,78	1,78	9,57	9,61
	1,70	1,77	1,78	10,82	10,87
	1,90	1,77	1,78	12,07	12,12
6,0	1,30	1,78	1,78	9,98	10,01
	1,50	1,78	1,78	11,49	11,53
	1,70	1,77	1,78	12,99	13,04
	1,90	1,77	1,78	14,48	14,55
7,0	1,30	1,78	1,78	11,65	11,68
	1,50	1,78	1,78	13,40	13,45
	1,70	1,77	1,78	15,15	15,21
	1,90	1,77	1,78	16,90	16,97

Використовувана висота шахтного вагону залежить від кута природного укосу порід, що завантажуються у нього, його ширини та способу завантаження.

При поздовжньому завантаженні вагонів зменшення кута природного укосу порід обумовлює зростання використовуваної висоти вагону, а збільшення ширини вагону призводить до зменшення цієї висоти. Проте, змінення обох цих чинників (зменшення кута природного укосу та збільшення ширини вагону сприяє зростанню його ємності. Наприклад, для вагону з довжиною кузова 3,0 м зниження кута укосу від 45 до 39° дозволяє збільшити висоту вагону з 1,47 до 1,54 м, що забезпечить зростання його ємності з 3,8 до 4,04 м³ (на 6,5%). Збільшення ж ширини цього вагону до 1,5 м викличе зниження його висоти з 1,47 до 1,42 м та підвищення ємності з 3,8 до 4,16 м³ (на 9,5%).

У досліджених межах (ширина вагону від 1,3 до 1,9 м та кути природного укосу від 45 до 39%) при поздовжньому завантаженні використовувана висота вагону змінюється у межах 1,54-1,32 м, що становить 85-73% відповідно від максимальної висоти, можливої в умовах діючих обмежень.

При поперечному завантаженні змінення кута природного укосу від 45 до 39° та ширини вагону у межах 1,3-1,9 м практично не призводять до змінення використовуваної висоти транспортної судини. Ця величина знаходиться на рівні 1,77-1,78 м, що складає 98-99% максимальної висоти (1,80 м), можливої в умовах діючих обмежень.

Використовувана ємність вагону суттєво залежить від способу його завантаження. При поперечному завантаженні вона більша, ніж при поздовжньому. Крім того, при поперечному завантаженні використовувана ємність зростає із збільшенням ширини вагону і ширини люка, з якого вагон завантажується.

Залежності ємності вагону від його ширини під час поздовжнього та поперечного завантаження приведені на рис. 3.4 і 3.5. Зростання ширини вагону від 1,3 до 2,1 м при постійній його довжині спричиняє наступне збільшення використовуваної ємності судини:

- при поздовжньому завантаженні – на 28%;
- при поперечному завантаженні з люка шириною, що дорівнює 0,5 ширини

вагону – на 55%;

- при поперечному завантаженні з люка шириною, що дорівнює 0,75 шири-
ни вагону – на 60%.

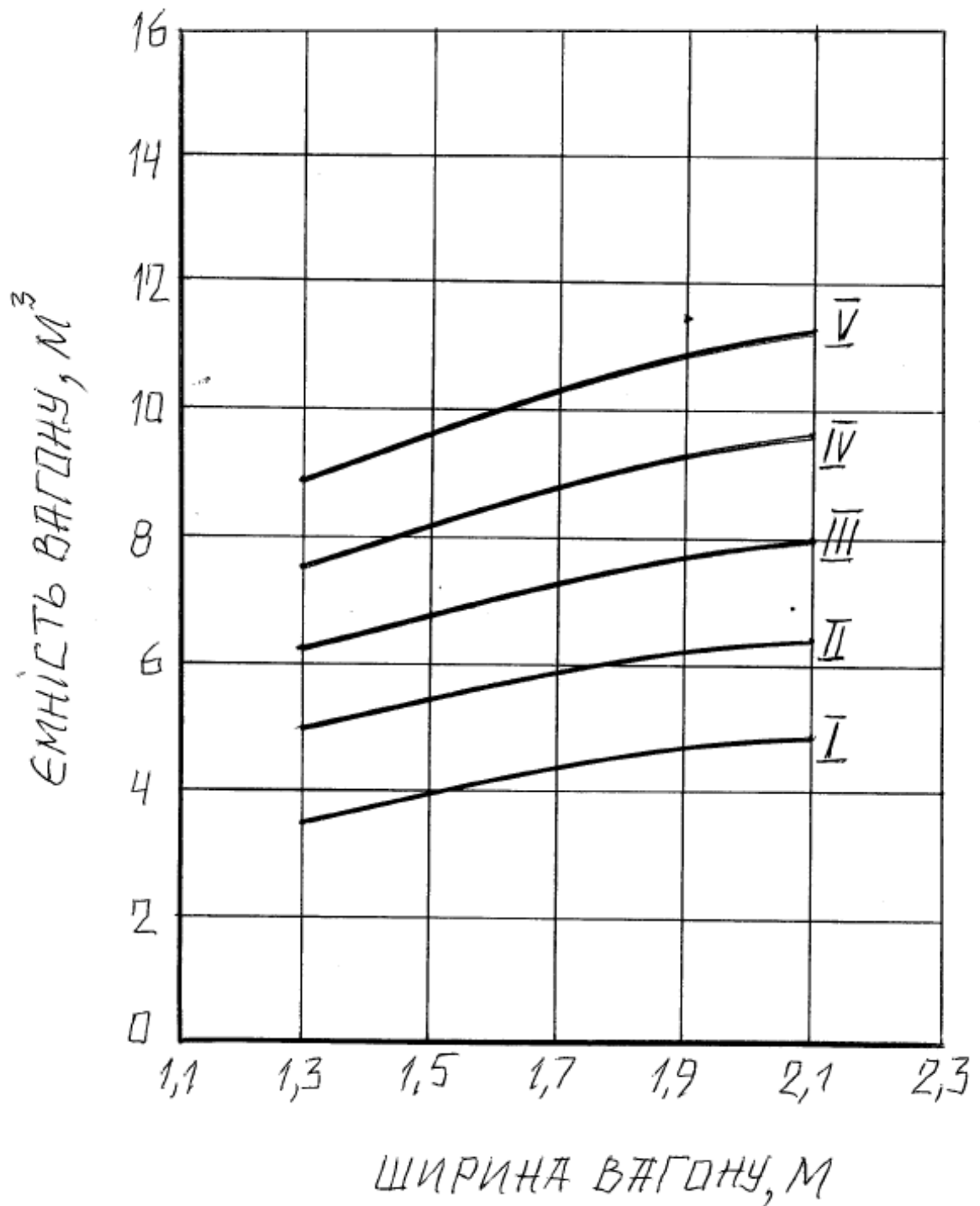


Рисунок 3.4 – Залежність ємності вагону від його ширини для умов поздовжнього завантаження вагонів з кузовом довжиною 3,0; 4,0; 5,0, 6,0 і 7,0 м (відповідно I, II, III, IV і V) при куті природного укосу породи $\alpha = 45^\circ$

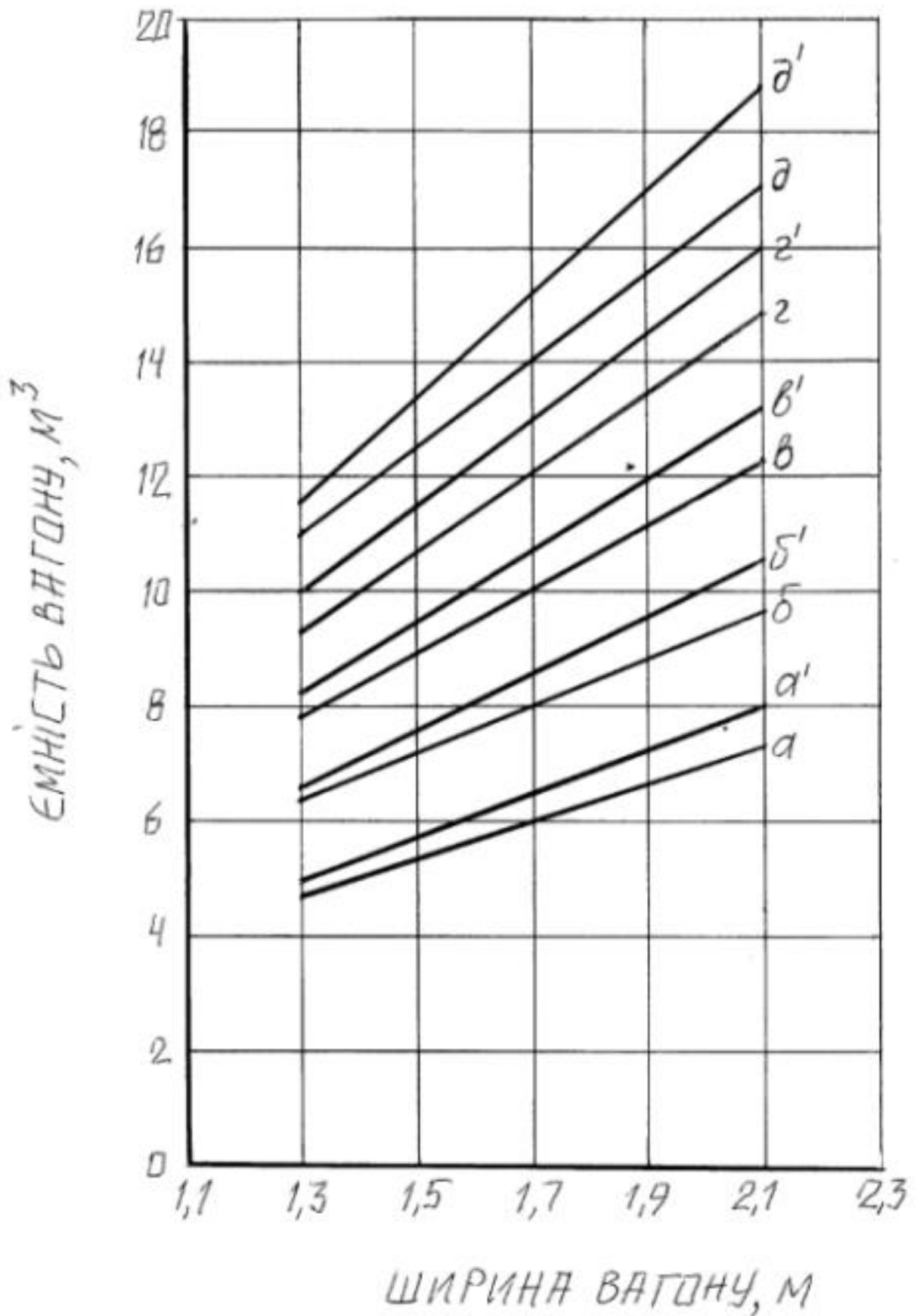


Рисунок 3.5 – Залежність ємності вагону від його ширини для умов поперечного завантаження вагонів з кузовом довжиною 3,0; 4,0; 5,0, 6,0 і 7,0 м: з люка шириною $0,5b - a$, б, в, г, д; з люка шириною $0,75b - a'$, б', в', г', д'

У разі поперечного завантаження вагону завширшки 1,3 м з люка шириною, що дорівнює 0,5 ширини вагону, використовувана ємність на 25% більша у порівнянні з використовуваною ємністю такого ж вагону при поздовжньому завантаженні, а при використанні люка завширшки 0,75 ширини вагону корисна ємність у такому випадку буде на 31% більше. Із збільшенням ширини вагону його використовувана ємність зростає. Наприклад, для вагону шириною 1,7 м при завантаженні з люка завширшки 0,5 від ширини вагону корисна ємність останнього зростає на 36%, а у випадку застосування люка шириною 0,75 ширини вагону – на 45% у порівнянні з поздовжнім завантаженням такого ж вагону.

На рис. 3.6, 3.7, 3.8 і 3.9 приведені номограми, які дозволяють визначити висоту кузова, висоту та ємність вагонів з довжиною кузова відповідно 3,0, 4,0, 5,0 та 6,0 м для умов поздовжнього та поперечного завантаження з люків завширшки 0,5 і 0,75 від ширини вагону при $h_{\text{дв}} = 0,6$ м.

Номограми побудовані за результатами розрахунків, виконаних згідно з викладеною вище методикою для наступних вихідних даних:

- висота підвіски контактного проводу – 2,0 м;
- відстань від контактного проводу до конусу насипаної породи – 0,2 м;
- відстань від головки рейки до днища вагону – 0,6 м;
- кут природного укосу порід – 45° .

Так, для вагону довжиною 3,0 м (рис. 3.6) при ширині кузова $b = 1,7$ м для умов поздовжнього завантаження А маємо: висоту кузова вагону $H_{\text{к}} = 0,77$ м, висоту вагону $H_{\text{в}} = 1,37$ м, ємність вагону $E_{\text{в}} = 3,95$ м³.

При ширині вагону $b = 1,5$ м для умов його поперечного завантаження з люка завширшки 0,5 ширини кузова (варіант Б) маємо: висоту кузова вагону $H_{\text{к}} = 1,11$ м, висоту вагону $H_{\text{в}} = 1,71$ м, ємність вагону $E_{\text{в}} = 4,98$ м³.

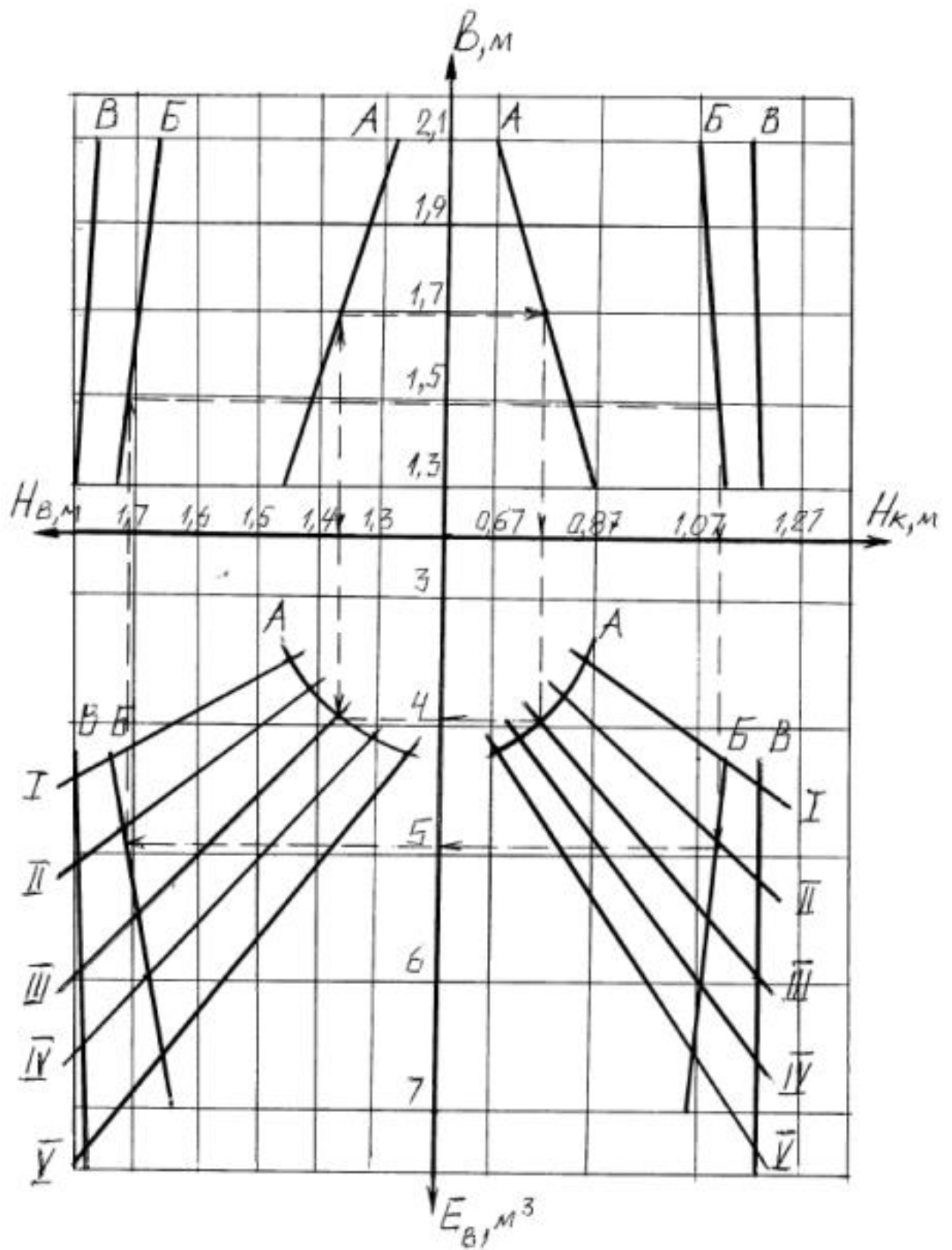


Рисунок 3.6 – Номограма для визначення параметрів вагону з кузовом довжиною 3,0 м для умов:

A – поздовжнього завантаження; B – поперечного завантаження (ширина люка дорівнює $0,5b$); B – поперечного завантаження (ширина люка дорівнює $0,75b$)
 (I, II, III, IV, V – ширина кузова вагону b відповідно 1,3, 1,5, 1,7, 1,9, 2,1 м;
 H_k – висота кузова вагону, м; H_b – висота вагону, м; E_b – ємність вагону, м³)

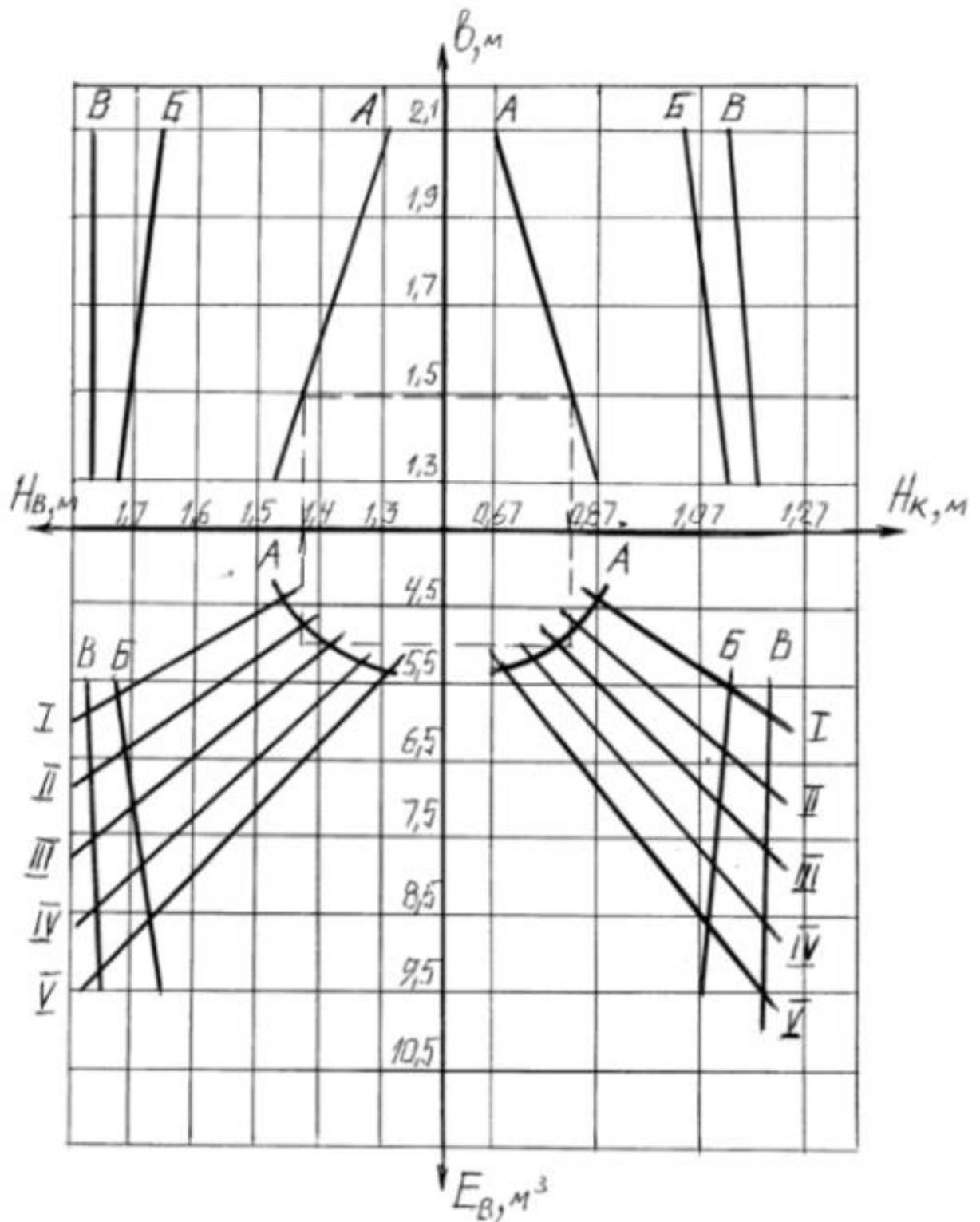


Рисунок 3.7 – Номограма для визначення параметрів вагону з кузовом довжиною 4,0 м для умов:

A – поздовжнього завантаженні; B – поперечного завантаження (ширина люка дорівнює $0,5b$); B – поперечного завантаження (ширина люка дорівнює $0,75b$)
 (I, II, III, IV, V – ширина кузова вагону b відповідно 1,3, 1,5, 1,7, 1,9, 2,1 м;
 H_k – висота кузова вагону, м; H_b – висота вагону, м; E_b – ємність вагону, м³)

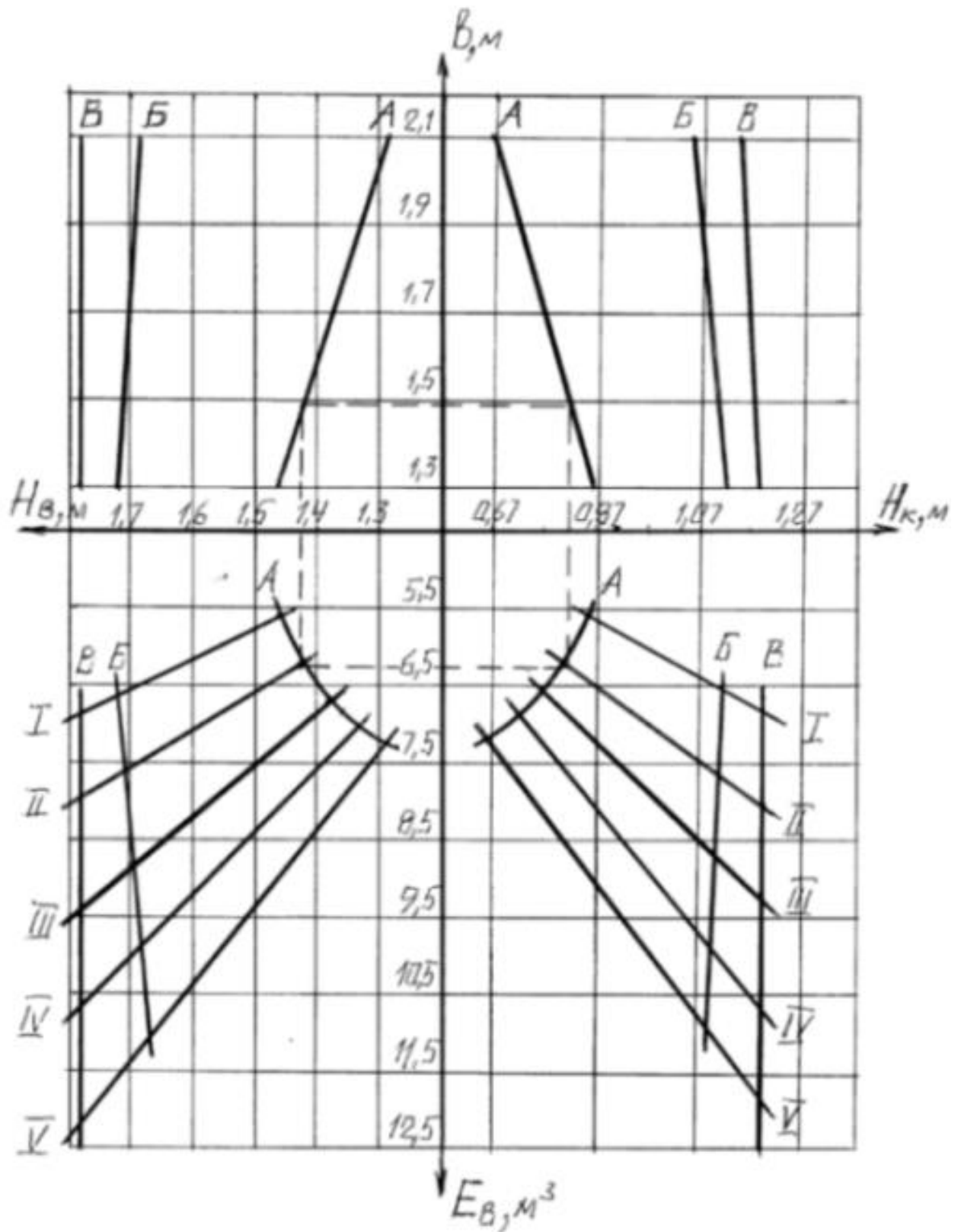


Рисунок 3.8 – Номограма для визначення параметрів вагону з кузовом довжиною 5,0 м для умов:

A – поздовжнього завантаженні; B – поперечного завантаження (ширина люка дорівнює $0,5b$); B – поперечного завантаження (ширина люка дорівнює $0,75b$)
 (I, II, III, IV, V – ширина кузова вагону b відповідно 1,3, 1,5, 1,7, 1,9, 2,1 м;
 $H_{\text{к}}$ – висота кузова вагону, м; $H_{\text{в}}$ – висота вагону, м; $E_{\text{в}}$ – ємність вагону, м^3)

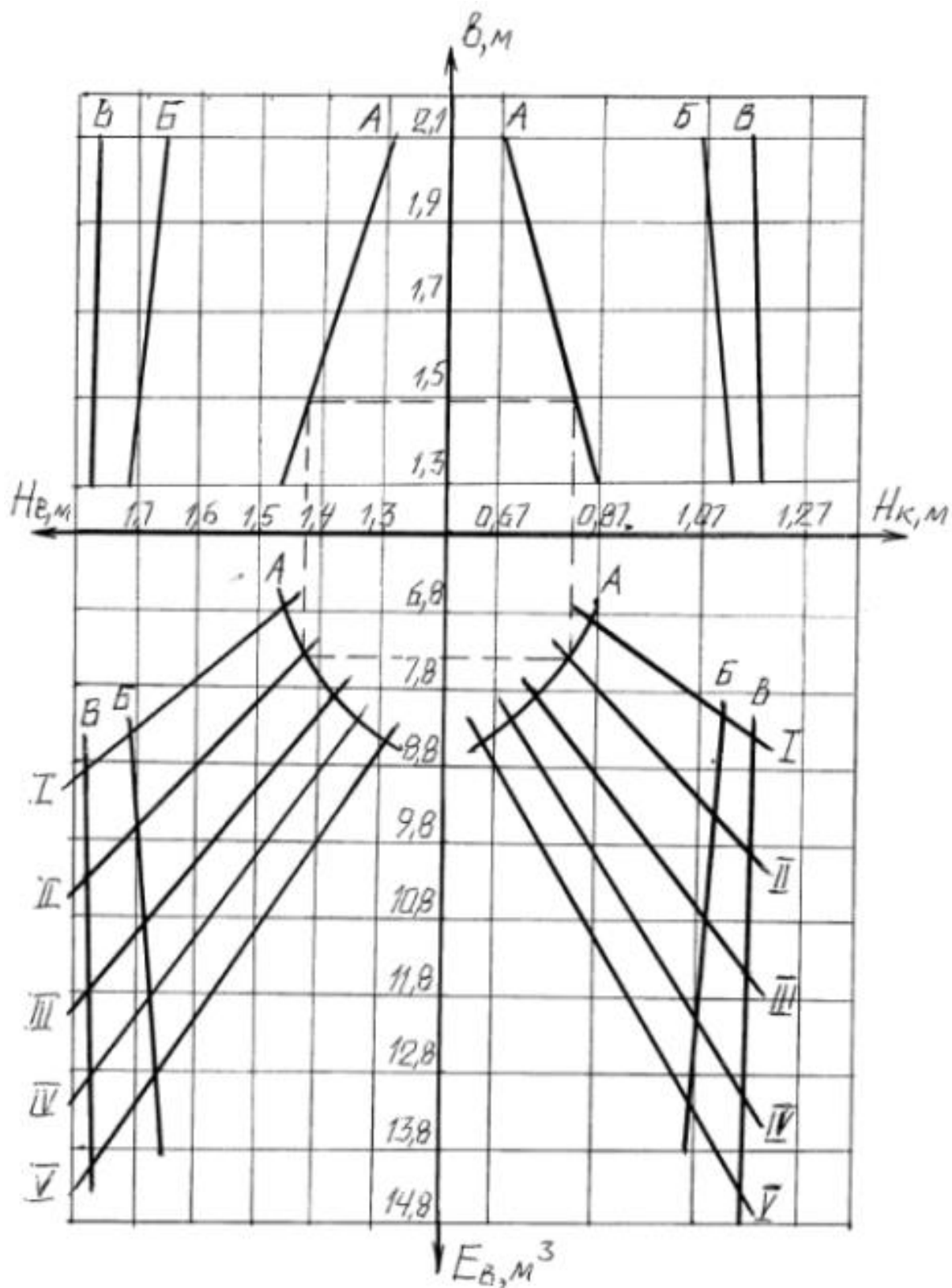


Рисунок 3.9 – Номограма для визначення параметрів вагону з кузовом довжиною 6,0 м для умов:

A – поздовжнього завантаженні; B – поперечного завантаження (ширина люка дорівнює $0,5b$); B – поперечного завантаження (ширина люка дорівнює $0,75b$)
 (I, II, III, IV, V – ширина кузова вагону b відповідно 1,3, 1,5, 1,7, 1,9, 2,1 м;
 $H_{\text{к}}$ – висота кузова вагону, м; $H_{\text{в}}$ – висота вагону, м; $E_{\text{в}}$ – ємність вагону, м^3)

Висновки:

- раціональні геометричні параметри шахтних вагонів можуть бути визначені за критерієм максимальної ємності вагону з урахуванням обмежень, що накладаються вимогами діючих умов експлуатації обладнання;

- для діючих підприємств максимально можлива висота шахтних вагонів складає величину 1,8 м;

- у досліджених межах ширини вагону від 1,3 до 1,9 м на кутах природного укосу завантажених гірничих порід 45-39°, використовувана (корисна) висота вагону змінюється наступним чином:

- при поздовжньому завантаженні – у межах 1,54-1,32 м, що складає 85-73% відповідно від максимально можливої в умовах діючих обмежень;

- при поперечному завантаженні – у межах 1,77-1,78 м, що складає 98-99% відповідно від максимально можливої в умовах діючих обмежень;

- з огляду на це рекомендується здійснювати поперечне завантаження шахтних вагонів, яке дозволяє найбільш повно використовувати можливу висоту вагону;

- збільшення ширини кузова вагону у досліджених межах при постійній його довжини забезпечує наступне зростання використовуваної ємності вагону:

- при поздовжньому завантаженні вагону – на 28%;

- при поперечному завантаженні вагону з люка завширшки 0,5 від ширини вагону – на 55%;

- при поперечному завантаженні вагону з люка завширшки 0,75 від ширини вагону – на 60%;

- на концентраційних горизонтах рудників з виробками шириною 3100 мм і більше за умовами безпечної експлуатації електровозного транспорту можливо використання шахтних вагонів шириною 1700 мм. Для таких підприємств вагони повинні мати наступні параметри:

- внутрішня ширина кузова – 1,3 м;

- висота від головки рейки до днища вагону – 0,6 м;

- висота вагону:

- при поздовжньому завантаженні – 1,54 м;
- при поперечному завантаженні – 1,78 м;
- ємність вагону при довжині кузова 4,0 м:
 - при поздовжньому завантаженні – 4,87 м³;
 - при поперечному завантаженні – 6,15 м³.

4 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАГОНІВ ЕЛЕКТРОВОЗНОГО ТРАНСПОРТУ ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ

4.1 Основні зауваження

Під правильною технічною експлуатацією будь-якого механічного обладнання розуміють обов'язкове ретельне дотримання заводських інструкцій з догляду за ним, метою якого є максимальне забезпечення працездатного стану машин на усіх етапах їхнього життєвого шляху, а саме: під час транспортування і зберігання, монтажу і демонтажу, а також використання за призначенням.

Основним засобами для цього є регулярне технічне обслуговування та ремонт експлуатованого обладнання, у першу чергу найбільш відповідальних його вузлів, від технічного стану яких залежить працездатність конструкцій. Під час технічного обслуговування особлива увага приділяється правильному режиму змащення тертьових поверхонь, дотриманню потрібних зазорів у сполученнях деталей, проведенню заходів щодо зниження зносу конструктивних елементів, що піддаються найбільшим навантаженням з боку оброблюваного матеріалу (наприклад, міцного та абразивного скельного масиву, з яким мають справу гірничі машини) та навколишнього середовища.

Належний догляд за правильно сконструйованою та змонтованою машиною забезпечує режим поступового (природного) зносу деталей протягом тривалих проміжків часу. Відсутність або недостатність технічного обслуговування швидко призводить до аварійного зносу та поломок машин.

Безаварійний режим експлуатації механічного обладнання може бути реалізований шляхом запровадження системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР), використання сучасних методів підвищення зносостійкості деталей машин та їх подальшого удосконалення [4]. Система ППР представляє собою сукупність запланованих у часі заходів з догляду, спостереження та ремонту обладнання, основними з яких є міжремонтне технічне обслуговування, а також ремонтні заходи, що мають різні обсяги робіт та періодичності їх виконання.

До заходів міжремонтного технічного обслуговування, які не входять до структури ремонтного циклу і представляють собою певні комплекси робіт з підтримки працездатності обладнання, відносяться наступні:

- щозмінне технічне обслуговування;
- щодобове технічне обслуговування;
- щотижневе технічне обслуговування;
- двотижневе технічне обслуговування.

Планові ремонти послідовно чергуються та складають ремонтний цикл обладнання від початку його експлуатації до капітального ремонту. Вони включають такі заходи:

- щомісячне ремонтне обслуговування (РО) з діагностуванням та налагодженням обладнання;
- перший, другий (а, якщо потрібно, третій і четвертий) поточні ремонти Т1, Т2, Т3, Т4, що здійснюються, як правило, з періодичністю 3, 6, 9, 12 місяців. Під час цих ремонтів замінюються деталі, які мають відповідні терміни служби.

Структури ремонтних циклів окремих видів обладнання визначають зміст річного графіку ППР енергомеханічної та ремонтної служби підприємства, в якому розраховуються необхідні обсяги робіт, номенклатура інструментів і пристосувань, кількість запасних частин і матеріалів, чисельність потрібного ремонтного персоналу.

Окрім планових ремонтів у разі виникнення раптових серйозних відмов обладнання можуть проводитися позапланові аварійні ремонти.

Усі перераховані ремонти виконуються силами ремонтних служб підприємства, що експлуатує техніку, із залученням за необхідності спеціалістів інших ремонтних, налагоджувальних та монтажних підприємств.

Суттєвий знос машини рано чи пізно ставить питання про її подальшу долю. Вона може бути списана або піддана капітальному ремонту (К), періодичність якого встановлюється діючою нормативно-технічною документацією, а здійснення доручається виключно робітникам спеціалізованих ремонтних підприємств, що передбачені у даній галузі машинобудування.

Остаточному списанню та утилізації підлягає техніка, що повністю вичерпала свій ресурс або незворотно втратила працездатність внаслідок зносу, стихійних лих чи аварій.

4.2 Спуск в шахту і монтаж вагонів електровозної відкатки

Вагони електровозної відкатки доставляються в шахту у зібраному вигляді або у кліті, або підвішеними під нею.

Для зменшення габаритів і маси рухомого складу деякі елементи його обладнання можуть бути зняті перед спуском, тому під монтажем, як правило, розуміють зворотну установку знятих елементів з подальшим обов'язковим випробуванням судин у робочих тягових та гальмових режимах. Лише після цього вони передаються в експлуатацію.

4.3 Використання вагонів за призначенням

4.3.1 Основні несправності шахтних вагонів, можливі причини їх виникнення та рекомендовані способи усунення

Основні несправності шахтних вагонів, можливі причини їх виникнення та рекомендовані способи усунення приведені у табл. 4.1 [17].

4.3.2 Очищення вагонів від налиплої гірничої маси

Важливе місце у технологічному процесі експлуатації внутрішньошахтного електровозного транспорту займає операція очищення рудникових вагонів від налиплої вологої гірничої маси. Згідно з дослідженнями, виконаними в інституті НДГРІ (м. Кривий Ріг), вже через тиждень експлуатації вагонів в умовах Криворізького басейну їх корисний обсяг внаслідок цього знижується на величину від 7 до 33%, а типова цифра зниження об'єму складає 17% [16].

Для очищення вагонів від налиплої рудної корисної копалини у світовій гірничій практиці існує ряд способів, зокрема, ударний вібраційний вплив на робочі

поверхні транспортних судин у момент їх розвантаження у круговому перекидачі за допомогою пневмоударників. Ефективність практичного застосування такого способу невелика, адже він не забезпечує повного очищення вагонів, проте вимагає відносно значних енергетичних витрат і призводить до механічних руйнувань транспортних судин.

Кращі результати дає метод використання спеціальних рідинних прошарків між внутрішньою поверхнею кузова вагону та транспортованим матеріалом. Але при очевидній простоті і низьких енерговитратах способу він має разовий характер і діє протягом лише одного циклу перевезення матеріалу.

Можливий також варіант спеціальної обробки кузова фарбниками із вмістом присадок, що виключають можливість прилипання рудного матеріалу до поверхні судини. Такий спосіб забезпечує принаймні трьохмісячний термін експлуатації нанесеного захисного шару.

В енергетичній промисловості, будівництві, авіації та інших галузях техніки знаходить застосування спосіб електромагнітоімпульсного очищення різних робочих поверхонь технологічного обладнання, наприклад, для запобігання зледеніння фюзеляжів літаків або налипання завислого вологого вугілля у бункерах теплових електростанцій.

Спосіб видалення льоду з поверхні обшивки літального апарату полягає у створенні пружних деформацій цієї обшивки шляхом прикладення до неї імпульсних силових впливів тривалістю не більше чверті періоду власних коливань її конструкції. Прикладом класичного рішення такої проблеми є пристрій за технічним рішенням [18].

Інший спосіб видалення льоду з проводів ліній електропередач механічний вплив на провід створюється шляхом пропускання по ньому струму короткого замкнення, що викликає різкі деформації та очищення проводу [19].

Вказані методи, звісно, малоефективні для очищення рудникових вагонів, адже вони потребують обов'язкового протікання струму безпосередньо по тілу об'єкту, що очищається. Проте вони можуть бути використані для цього за умови суттєвого посилення ефекту імпульсного впливу.

З огляду на це, особливої уваги заслуговує спосіб ущільнення бетонних сумішей [20], суть якого полягає у створенні взаємодіючих короточасних потужних електромагнітних полів, одне з яких генерується індуктором, а інше – імпульсним струмом.

Що стосується задачі очищення шахтних вагонів, то її практична реалізація може бути досягнута за умови виконання наступних технічних вимог:

- очищення робочої поверхні вагонів має здійснюватися у секундному інтервалі часу;

- основу засобів очищення повинна складати сукупність імпульсних регуляторів, які дозволяють впливати на транспорту судину в різних її зонах та часових інтервалах;

- залишкові впливи на оброблювані поверхні виключаються;

- для кожного типорозміру вагонів мають бути визначені оптимальні величини частоти формування імпульсів впливу, енергії разового впливу та кількості імпульсів за один цикл очищення, порядку чергування зон обробки енергетичними імпульсами.

Силова схема такого пристрою для очищення шахтних вагонів може представляти сукупність трьох імпульсних регуляторів з широтною модуляцією, навантажених соленоїдами, що виконують роль виконавчих органів електроімпульсного очищення. Кожен з імпульсних регуляторів має вузол комутації, що складається із силового та комутаційного тиристорів, комутаційного дроселя, конденсатора та перезарядних вентилів.

Імпульси електромагнітної енергії формуються наступним чином. Спочатку сигнал від пристрою керування поступає на керуючий електрод комутаційного тиристора, внаслідок чого відбувається зарядка комутаційного конденсатора. Соленоїд підключається при цьому на напругу джерела живлення (напругу мережі). Після закінчення імпульсного циклу подається черговий імпульс керування.

Робота інших імпульсних регуляторів силової схеми здійснюється аналогічним чином, з тією лише різницею, що кожен з регуляторів вмикається у часі з певним фазовим кутом. Останнє необхідно для створення уздовж оброблюваного

тіла транспортної судини біжучої хвилі зусиль. Керування роботою тиристорів імпульсних регуляторів силової схеми забезпечується згідно з алгоритмом, закладеним в логічну основу пристрою керування.

4.4 Особливості ремонту складових частин шахтних вагонів

4.4.1 Ремонт кузовів

Поточні ремонти кузовів вагонів з невеликими обсягами робіт, пов'язаних з усуненням тих чи інших ушкоджень, здійснюються зазвичай в умовах шахтних майстерень. Капітальний ремонт проводиться на ремонтних заводах.

Для отримання кращого доступу до ушкоджених місць кузова використовують спеціальні пристрої кантування, що представляють собою два вертикальних стояка 1 з коромислами 2, в яких за допомогою упорів 3 фіксується кузов 4 вагону (рис. 4.1). На одному зі стояків змонтований черв'ячний редуктор 5, на вихідний вал якого насаджено коромисло. На входному валу редуктора сидить важіль 6, за допомогою якого кузов можна повернути у будь-яке фіксоване положення у межах 360° .

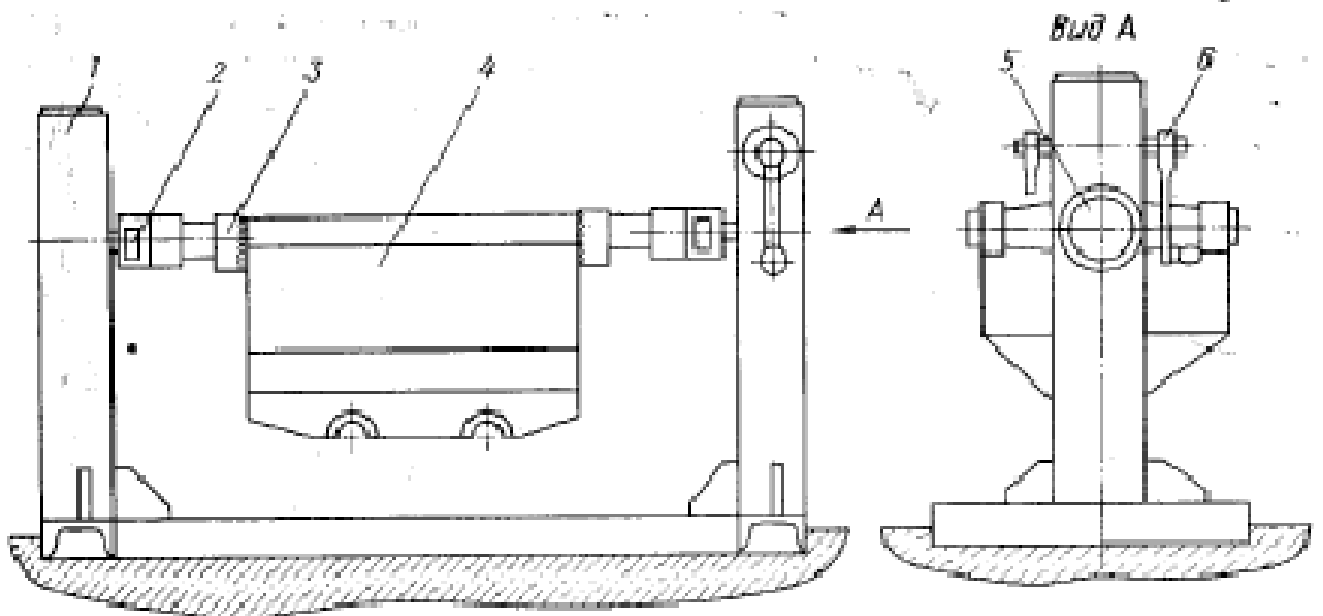


Рисунок 4.1 – Пристрій для кантування кузовів шахтних вагонів:

- 1 – стояк; 2 – коромисло; 3 – упор; 4 – кузов вагону;
5 – черв'ячний редуктор; 6 – важіль

У разі ушкодження зварних швів кузова їх потрібно розчистити від бруду та іржі та видалити залишки старих швів, вирівняти деформовану частину, максимально наблизити зварювальні елементи та заварити їх. Якщо між ними все одно залишаються проміжки, їх потрібно закрити Г-подібними накладками, розміри яких визначатимуться розмірами деформованої ділянки. Величина перекриття між краями накладок має бути не менше 40-50 мм, а їх товщина не менше товщини деталей, що зварюються.

За допомогою накладок усувають також ушкодження листової обшивки та знос останньої до величини 2 мм. Зварювання ведеться електродами Е42А.

При капітальному ремонті кузова замінюють великі ділянки обшивки, а кузов рихтують.

4.4.2 Ремонт буферно-зчіпних пристроїв

Ремонт корпусу автозчіпного пристрою може знадобитися в разі розсунення зіву контуру зачеплення внаслідок тривалої його експлуатації. Для стискання зіву головну частину корпусу нагрівають у печі до температури 800-850°C та встановлюють малим зубом на стіл пресу. До зіву вставляють обмежник стискання. Навантаження пресу прикладають до великого зуба зчипки. Після закінчення процесу правки корпус знову нагрівають до тієї ж температури і переносять у камеру для повільного охолодження у середовищі нерухомого повітря.

Для наплавлення зношених ділянок корпусу використовують електроди Е42. Метал накладають на потрібні поверхні у вигляді зварювальних валиків. Це не завжди вдається зробити рівномірно, що викликає труднощі під час остаточної обробки наплавлених ділянок.

Для спрощення та підвищення якості робіт використовують напівавтоматичне наплавлення. Зношену поверхню посипають флюсом, електродний дріт подають до ремонтного виробу з потрібною швидкістю. Під дією дуги плавляться дріт, флюс та на певну глибину основний метал деталі. При цьому утворюється шлакова ванна, в якій розплавлений електрод ізольований від повітря рідким шаром флюсу. Це виключає процеси окислення та азотування металу. У табл. 4.2 і

4.3 основні параметри процесу напівавтоматичного наплавлення.

Таблиця 4.2 – Залежність параметрів процесу напівавтоматичного наплавлення від товщини шару наплавленого металу

Товщина наплавленого шару, мм	До 1,5	1,5-5,0	Більше 5,0
Діаметр електроду, мм	3,0	4,0-5,0	5,0-6,0
Число шарів наплавлення	1,0	1,0-2,0	2,0 і більше
Сила зварювального струму, А	80-100	130-180	180-240

Таблиця 4.3 – Залежність діаметра електроду від товщини деталі

Товщина деталі, що наплавляється, мм	До 1,0	1,2	2,0-5,0	5,0-10,0	Більше 10,0
Діаметр електроду, мм	1,0-1,5	1,5-2,5	2,5-4,0	4,0-6,0	5,0-8,0

У зоні наплавлення деталей із вмістом вуглецю від 0,26 до 0,5% можуть виникати тріщини. Для запобігання цього небажаного явища деталей перед процесом наплавлення потрібно підігріти до температури 150-250°C (вміст вуглецю 0,26-0,35%) або 240-400°C (0,35-0,5%).

Що стосується амортизаційних пристроїв автозчіпок, то найбільш вразливими деталями є амортизаційні та центрувальні пружини, а також тяги.

Пружини, що вийшли з ладу внаслідок поломки або наявності залишкових напружень чи викривлень, відновленню на підлягають і замінюються новими.

Тяги ремонтують у випадку зносу або зриву більше, ніж двох ниток різьбової ділянки, методом наплавлення з подальшою механічною обробкою. Подібний прийом використовують також при зносі упорного бурту шийки хвостовика тяги більше, ніж на 2-3 мм.

4.4.3 Ремонт колісних пар

В колісних парах шахтних електровозів та вагонів найчастіше ушкоджуються реборди та ободи кочення коліс. Ці конструктивні елементи також ремонтують шляхом наплавлення. Норми експлуатації шахтного рухомого складу встановлю-

ють наступні граничні величини зносу обіду кочення колеса та реборди:

- по колу кочення колеса (у вигляді місцевих осередків зносу металу) електровозу – більше 3,0 мм;
- обіду кочення колеса електровозу або шахтного вагону по діаметру – більше 8,0 мм;
- біля підстави реборди колеса електровозу – більше 3,0 мм;
- товщина реборди колеса шахтного вагону після зносу – не менше 15 мм.

Величини зносу поверхні колеса та реборди рекомендується контролювати за допомогою спеціальних шаблонів, виконаних за формою обіду кочення колеса. Колесо потребує ремонту, коли величина зносу, вимірювана шаблоном, перевищує допустиму.

Колесо перед ремонтом ретельно очищують від бруду. Наплавлення здійснюють як ручним, так і напівавтоматичним способами з використанням електродів УОНІ 13/45. Наплавлений шар металу на поверхні кочення колеса шахтного вагону механічний обробці не піддають.

Процес наплавлення ведеться під шаром флюсу, в якості якого рекомендується використовувати суміш з флюсу АН-348А та керамічного флюсу АНК-18 у пропорції 1:1. Реборду під основним флюсом наплавляють до товщини 10 мм. Твердість наплавленої поверхні – НРС 31. Далі наплавлення ведеться до проектного розміру під шаром флюсу АН-348А з метою зниження вмісту вуглецю у попередньому шарі та наплавлення металу порівняно меншої твердості (НРС 23).

Висновки:

- безаварійний режим експлуатації механічного обладнання може бути реалізований шляхом запровадження системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР), використання сучасних методів підвищення зносостійкості деталей машин та їх подальшого удосконалення. Система ППР представляє собою сукупність запланованих у часі заходів з догляду, спостереження та ремонту обладнання, основними з яких є міжремонтне технічне обслуговування, а також ремонтні заходи, що мають різні обсяги робіт та періодичності їх виконання;

- в роботі запропоновано основні раціональні заходи процесу експлуатації шахтних вагонів, які повинні забезпечити високий рівень працездатності рухомого складу електровозної відкатки;

- до їх числа входять пропозиції щодо очищення вагонів від налиплої гірничої маси способом електромагнітного імпульсного впливу на кузови судин, а також методів ремонту їх складових частин.

ВИСНОВКИ

Дослідження, проведені під час виконання магістерської роботи, дали можливість сформулювати наступні висновки та практичні рекомендації:

- внутрішньошахтний транспорт є однією з основних ланок технологічного комплексу виробничих процесів підземного рудника. Він відрізняється різноманітними умовами експлуатації транспортного обладнання як з точки зору обсягів і фізико-механічних властивостей вантажів, що перевозяться шахтними виробками, так і характеристик останніх з погляду на їх придатність і зручність для здійснення транспортних операцій. Усе це позначається на особливостях внутрішньошахтного транспорту та на його взаємозв'язках з іншими ланками загальношахтної транспортної системи. До засобів шахтного транспорту ставляться високі виробничі та економічні вимоги, а також вимоги безпеки. Специфічні умови підземної експлуатації накладають на них свої певні обмеження;

- найбільш розповсюдженим видом транспортування корисних копалин у підземних умовах гірничодобувних підприємств є відкатка рейковими шляхами за допомогою електровозів та рухомого складу у вигляді вагонів різних конструктивних виконань. Електровозний (локомотивний) транспорт служить для перевезення основних і допоміжних вантажів (видобутої гірничої маси, обладнання, матеріалів) та людей по магістральних і дільничних виробках, а також для виконання різноманітних маневрових робіт у підготовчих забоях, навколоствольних дворах та на приймально-відправних майданчиках. До комплексу обладнання цього виду транспорту входять елементи системи рейкового шляху, тягові локомотиви та відкотні судини – вантажні вагони (вагонетки) різних конструктивних виконань;

- аналіз рухомого складу локомотивної відкатки вітчизняних підземних рудників показує, що для підвищення ефективності експлуатації цього найбільш розповсюдженого виду магістрального шахтного транспорту потрібно визначення оптимальних параметрів вантажних вагонів, здатних забезпечити підвищення експлуатаційної продуктивності відкатки, а також розробка та впровадження нових типів відкотних судин для реалізації безупинних процесів завантаження і розван-

таження потягів;

- основними параметрами шахтних вагонеток, що визначають їх споживчі якості, є наступні: ємність, габаритні розміри та коефіцієнт тари, що знаходиться як відношення маси судини до її вантажопідйомності;

- в умовах підземних рудників розміри поперечних перетинів відкотних виробок, радіуси їх заокруглення та діючі норми щодо зазорів і проходів між стінками виробок і транспортними засобами для забезпечення безпеки праці є визначальними для розмірів вагонеток по ширині, висоті та довжині. Крім того, поперечні розміри (ширина і висота) з точки зору виконання умови повного використання ємності вагону, залежать від напрямку потоку гірничої маси відносно поздовжньої осі транспортної судини під час її завантаження. Таким чином, існує необхідність обґрунтування раціональних геометричних параметрів шахтних вагонів з урахуванням особливостей процесу їх завантаження для забезпечення максимальної продуктивності електровозної відкатки під час транспортування руди;

- на величину продуктивності електровозного транспорту впливають такі основні параметри транспортної системи як загальна ємність вантажного потягу, швидкість його руху, продуктивності засобів навантаження та розвантаження вагонів. Раціональні геометричні параметри шахтних вагонів можуть бути визначені за критерієм максимальної ємності вагону з урахуванням обмежень, що накладаються вимогами діючих умов експлуатації обладнання. Так, наприклад, для діючих підприємств без збільшення перетинів виробок можуть використовуватися вагони шириною до 1700-1800 мм. Обмежувальним фактором для довжини вагонетки є вписування її у заокруглення виробок з допустимими за вимогами безпеки зазорами. А максимально можлива висота шахтних вагонів (разом з конусом відсипаної в них породи) з огляду на необхідність дотримання мінімального зазору між породою і контактним проводом (0,2 м) дорівнює 1,8 м;

- на підставі результатів проведених в інституті ВНДПрудмаш досліджень рекомендується здійснювати поперечне завантаження шахтних вагонів, яке дозволяє найбільш повно використовувати можливу висоту вагону. Аналіз залежності корисної ємності вагону від його ширини також свідчить про переваги попере-

чного способу завантаження;

- приведені в роботі розрахунки дозволили розробити номограми визначити висоту кузова, висоту та ємність вагонів з довжиною кузова відповідно 3,0, 4,0, 5,0 та 6,0 м для умов поздовжнього та поперечного завантаження;

- безаварійний режим експлуатації механічного обладнання може бути реалізований шляхом запровадження системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР), використання сучасних методів підвищення зносостійкості деталей машин та їх подальшого удосконалення. Система ППР представляє собою сукупність запланованих у часі заходів з догляду, спостереження та ремонту обладнання, основними з яких є міжремонтне технічне обслуговування, а також ремонтні заходи, що мають різні обсяги робіт та періодичності їх виконання;

- в роботі запропоновано основні раціональні заходи процесу експлуатації шахтних вагонів, які повинні забезпечити високий рівень працездатності рухомого складу електровозної відкатки;

- до їх числа входять пропозиції щодо очищення вагонів від налиплої гірничої маси способом електромагнітного імпульсного впливу на кузови судин, а також методів ремонту їх складових частин.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики шахтних вагонеток з глухим неперекидним кузовом типу ВГ

Показники	ВГ-0,7	ВГ-1,2	ВГ-2,0 (ВГ-4М)	ВГ-2,2	ВГ-4,0	ВГ-4,5А	ВГ-9,0	ВГ-9,0А	ВГ-10А
Місткість кузова, м ³	0,7	1,2	2,0	2,2	4,0	4,5	9,0± ±0,44	9,0	10,0
Вантажопідйомність, т	1,8	2,5	5,0	5,5	10,0	13,5	22,5± ±1,1	27,0	30,0
Габаритні розміри, мм:									
довжина	1250	1850	3070	2950	3950	4100	7850	8000	7300
ширина	850	1000	1250	1200	1350	1350	1350	1350	1800
висота	1220	1300	1200	1300	1550	1550	1550	1550	1600
Жорстка база, мм	500	600	1000	1000	1250	1250	4000	4000	4000
Діаметр колеса (по кругу кочення), мм	300	350	400	400	400	400	400	400	400
Коля, мм	600	600; 750	750	750	750; 900	750; 900	750; 900	750; 900	750; 900
Висота зчіпки (від головки рейки), мм	290	320	335	365	335	365	365	365	365
Маса, кг	550	807	1525	1525	2600	4500	7710	7900	9500
Тип зчіпки	ланкова	ланкова	штирьова обертова	автомат.	штирьова обертова	автомат. ланкова	автомат. ланкова	автомат. ланкова	ланкова

Таблиця 3.1 – Порівняльний аналіз геометричних параметрів вагонеток вітчизняного виробництва типів ВГ і ВД та шведської фірми ASEA типу ОК

Тип і модель вагонетки	Ємність судини $E, \text{ м}^3$	Вантажо-підйомність $Q, \text{ т}$	Основні розміри, мм			Маса вагонетки $G, \text{ кг}$	Коефіцієнт тари G/Q
			довжина	ширина	висота		
ВГ-4,5	4,5	11000	3950	1350	1550	3270	0,30
ВГ-9	9,0	22500	7850	1350	1550	7580	0,337
ВГ-10	10,0	25000	7300	1800	1600	8950	0,36
ВД-4	4,0	7000	3575	1350	1550	3150	0,45
ВД-5,6	5,6	10000	4900	1350	1550	4500	0,45
ВД-8	8,0	14500	6300	1500	1550	6500	0,45
ОК-4,2	4,2	8400	3530	1425	1780	3700	0,44
ОК-4,6	4,6	9200	3320	1560	1830	3900	0,425
ОК-5,0	5,0	10000	3320	1870	1700	4100	0,41
ОК-9,0	9,0	18000	3975	2010	2050	5400	0,30
ОК-10	10,0	20000	5260	2055	1850	7400	0,37

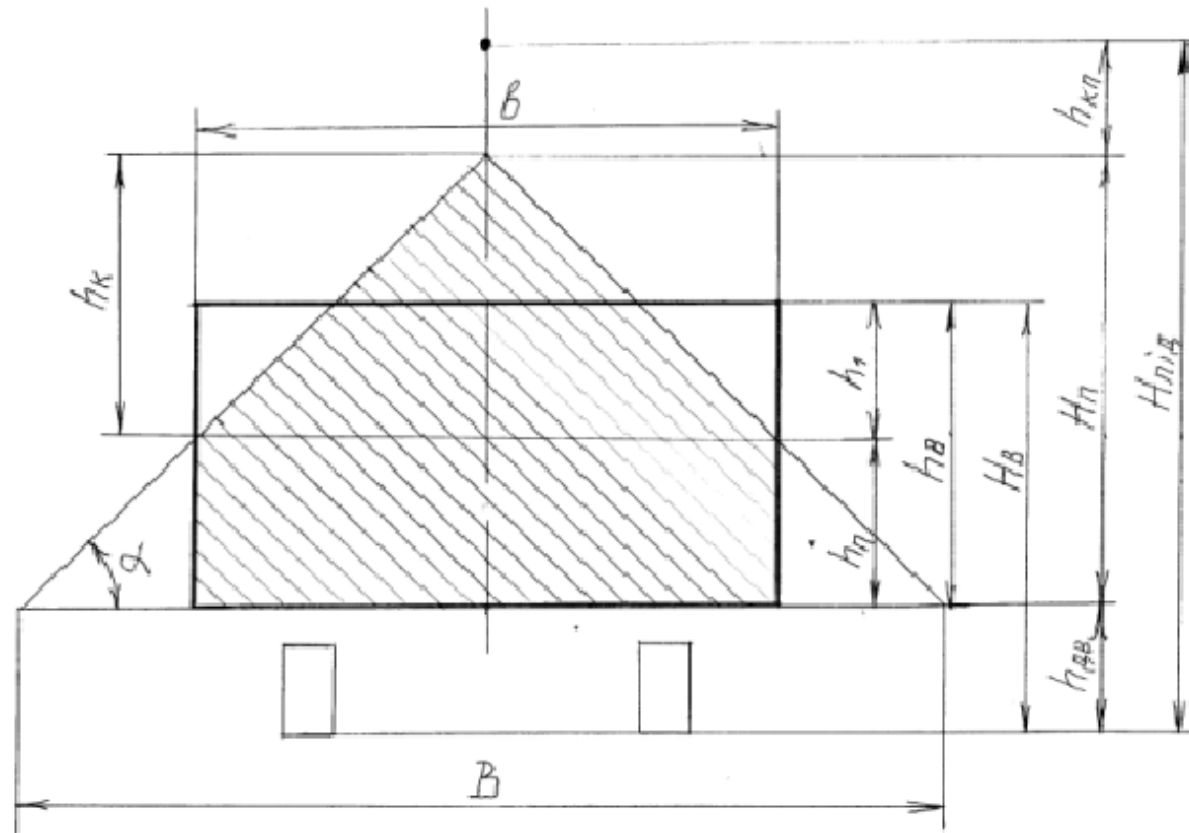


Рисунок 3.2 – До визначення висоти шахтного вагону при його поздовжньому завантаженні

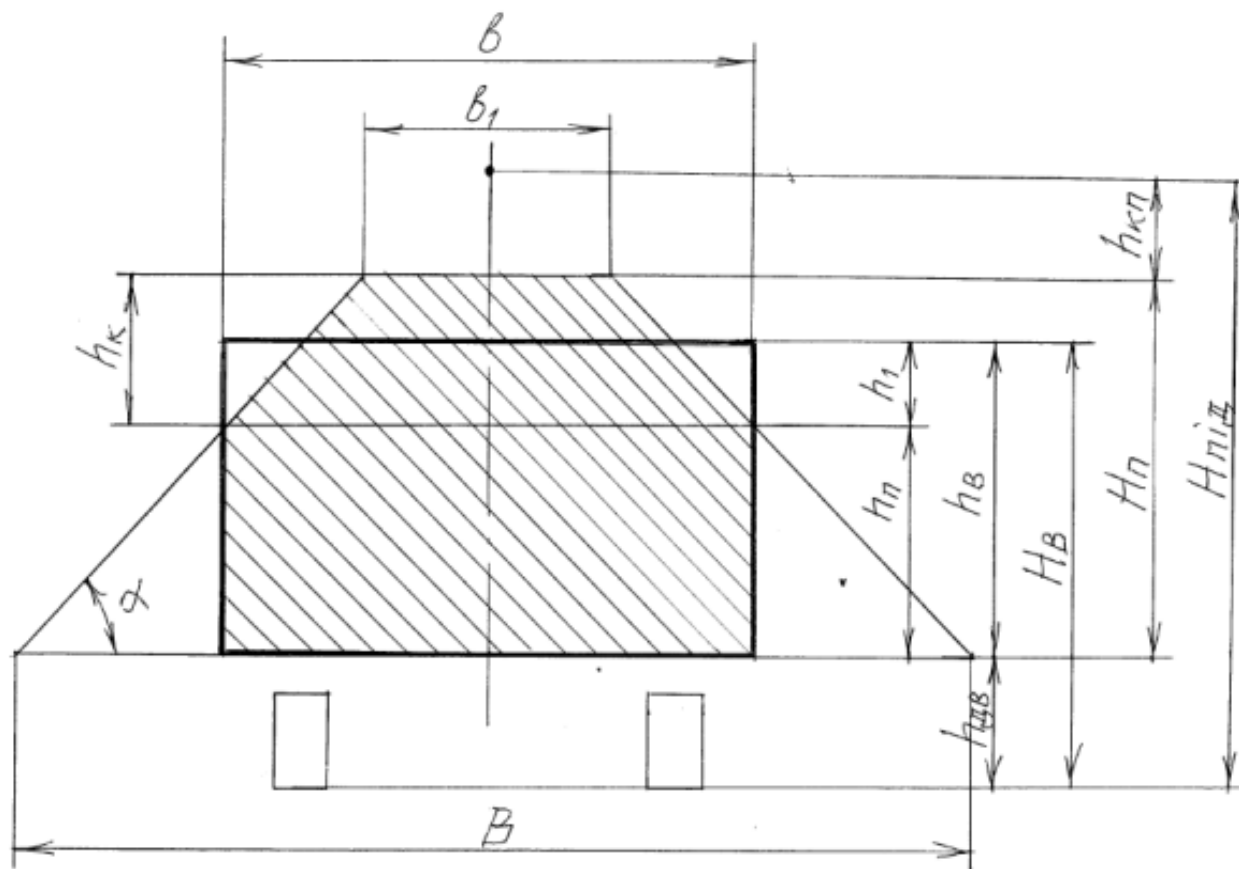


Рисунок 3.3 – До визначення висоти шахтного вагону при його поперечному завантаженні

Таблиця 3.2 – Типові перетини горизонтальних одношляхових відкотних виробок на рудниках Мінчормету

Форма перетину	Величина зазору і проходу	Коефіцієнт міцності та вид кріплення виробок	Розміри виробки					
			Ширина, мм		Висота, мм		Площа перетину, м ²	
			на прямій дільниці ($\frac{y \text{ світлі}}{y \text{ проходці}}$)	на заокругленні ($\frac{y \text{ світлі}}{y \text{ проходці}}$)	на прямій дільниці ($\frac{y \text{ світлі}}{y \text{ проходці}}$)	на заокругленні ($\frac{y \text{ світлі}}{y \text{ проходці}}$)	на прямій дільниці ($\frac{y \text{ світлі}}{y \text{ проходці}}$)	на заокругленні ($\frac{y \text{ світлі}}{y \text{ проходці}}$)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
прямокутно-склепінчаста	250-700	$f \geq 10$ торкретбетон	$\frac{2300}{2360}$	$\frac{2700}{2760}$	$\frac{3000}{3030}$	$\frac{3150}{3180}$	$\frac{6,55}{6,76}$	$\frac{7,97}{8,19}$
		$f = 7-9$ набризкбетон	$\frac{2300}{2500}$	$\frac{2700}{2900}$	$\frac{3000}{3100}$	$\frac{3150}{3250}$	$\frac{6,55}{7,30}$	$\frac{7,97}{8,77}$
		$f = 4-6$ бетон	$\frac{2300}{2700}$	$\frac{2700}{3100}$	$\frac{3000}{3170}$	$\frac{3150}{3320}$	$\frac{6,55}{8,03}$	$\frac{7,97}{9,54}$
		$f = 3$ бетон	$\frac{2300}{2800}$	$\frac{2700}{3200}$	$\frac{3000}{3200}$	$\frac{3150}{3350}$	$\frac{6,55}{8,39}$	$\frac{7,97}{9,92}$
		$f = 4-6; f = 3$ металеві рами	$\frac{2300}{2780}$	$\frac{2700}{3180}$	$\frac{3185}{3390}$	$\frac{3335}{3540}$	$\frac{6,62}{8,56}$	$\frac{8,15}{10,77}$
прямокутно-склепінчаста	250-800	$f \geq 10$ торкретбетон	$\frac{2400}{2460}$	$\frac{2700}{2760}$	$\frac{3050}{3080}$	$\frac{3150}{3180}$	$\frac{6,90}{7,11}$	$\frac{7,97}{8,19}$
		$f = 7-9$ набризкбетон	$\frac{2400}{2600}$	$\frac{2700}{2900}$	$\frac{3050}{3150}$	$\frac{3150}{3250}$	$\frac{6,90}{7,66}$	$\frac{7,97}{8,77}$
		$f = 4-6$ бетон	$\frac{2400}{2800}$	$\frac{2700}{3100}$	$\frac{3050}{3220}$	$\frac{3150}{3320}$	$\frac{6,90}{8,40}$	$\frac{7,97}{9,54}$
		$f = 3$ бетон	$\frac{2400}{2900}$	$\frac{2700}{3200}$	$\frac{3050}{3250}$	$\frac{3150}{3350}$	$\frac{6,90}{8,77}$	$\frac{7,97}{9,92}$
		$f = 4-6; f = 3$ металеві рами	$\frac{2400}{2880}$	$\frac{2700}{3180}$	$\frac{3185}{3390}$	$\frac{3335}{3540}$	$\frac{6,94}{8,87}$	$\frac{8,15}{10,17}$

Продовження таблиці 3.2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
прямокутно-склепінчаста	250-1000	$f \geq 10$	<u>2600</u>	<u>2700</u>	<u>3100</u>	<u>3150</u>	<u>7,61</u>	<u>7,97</u>
		торкретбетон	<u>2660</u>	<u>2760</u>	<u>3130</u>	<u>3180</u>	<u>7,82</u>	<u>8,19</u>
		$f = 7-9$	<u>2600</u>	<u>2700</u>	<u>3100</u>	<u>3150</u>	<u>7,61</u>	<u>7,97</u>
		набризкбетон	<u>2800</u>	<u>2900</u>	<u>3200</u>	<u>3250</u>	<u>8,40</u>	<u>8,77</u>
		$f = 4-6$	<u>2600</u>	<u>2700</u>	<u>3100</u>	<u>3150</u>	<u>7,61</u>	<u>7,97</u>
		бетон	<u>3000</u>	<u>3100</u>	<u>3270</u>	<u>3320</u>	<u>9,16</u>	<u>9,54</u>
		$f = 3$	<u>2600</u>	<u>2700</u>	<u>3100</u>	<u>3150</u>	<u>7,61</u>	<u>7,97</u>
		бетон	<u>3000</u>	<u>3200</u>	<u>3300</u>	<u>3150</u>	<u>9,54</u>	<u>9,92</u>
		$f = 4-6; f = 3$	<u>2600</u>	<u>2700</u>	<u>3335</u>	<u>3335</u>	<u>7,82</u>	<u>8,15</u>
		металеві рами	<u>3080</u>	<u>3180</u>	<u>3540</u>	<u>3540</u>	<u>9,82</u>	<u>10,17</u>
прямокутно-склепінчаста	750-1000	$f \geq 10$	<u>3100</u>	<u>3100</u>	<u>3300</u>	<u>3300</u>	<u>9,47</u>	<u>9,47</u>
		торкретбетон	<u>3160</u>	<u>3160</u>	<u>3330</u>	<u>3330</u>	<u>9,70</u>	<u>9,70</u>
		$f = 7-9$	<u>3100</u>	<u>3100</u>	<u>3300</u>	<u>3300</u>	<u>9,47</u>	<u>9,47</u>
		набризкбетон	<u>3300</u>	<u>3300</u>	<u>3400</u>	<u>3400</u>	<u>10,32</u>	<u>10,32</u>
		$f = 4-6$	<u>3100</u>	<u>3100</u>	<u>3300</u>	<u>3300</u>	<u>9,47</u>	<u>9,47</u>
		бетон	<u>3500</u>	<u>3500</u>	<u>3470</u>	<u>3470</u>	<u>11,14</u>	<u>11,14</u>
		$f = 3$	<u>3100</u>	<u>3100</u>	<u>3300</u>	<u>3300</u>	<u>9,47</u>	<u>9,47</u>
		бетон	<u>3600</u>	<u>3600</u>	<u>3500</u>	<u>3500</u>	<u>11,54</u>	<u>11,54</u>
		$f = 4-6; f = 3$	<u>3100</u>	<u>3100</u>	<u>3535</u>	<u>3535</u>	<u>9,82</u>	<u>9,82</u>
		металеві рами	<u>3580</u>	<u>3580</u>	<u>3740</u>	<u>3740</u>	<u>12,01</u>	<u>12,01</u>
прямокутно-склепінчаста	1000-1000	$f \geq 10$	<u>3350</u>	<u>3350</u>	<u>3150</u>	<u>3150</u>	<u>9,78</u>	<u>9,78</u>
		торкретбетон	<u>3410</u>	<u>3410</u>	<u>3180</u>	<u>3180</u>	<u>10,00</u>	<u>10,00</u>
		$f = 7-9$	<u>3350</u>	<u>3350</u>	<u>3150</u>	<u>3150</u>	<u>9,78</u>	<u>9,78</u>
		набризкбетон	<u>3550</u>	<u>3550</u>	<u>3250</u>	<u>3250</u>	<u>10,62</u>	<u>10,62</u>
		$f = 4-6$	<u>3350</u>	<u>3350</u>	<u>3150</u>	<u>3150</u>	<u>9,78</u>	<u>9,78</u>
		бетон	<u>3750</u>	<u>3750</u>	<u>3320</u>	<u>3320</u>	<u>11,42</u>	<u>11,42</u>
		$f = 3$	<u>3350</u>	<u>3350</u>	<u>3150</u>	<u>3150</u>	<u>9,78</u>	<u>9,78</u>
		бетон	<u>3850</u>	<u>3850</u>	<u>3350</u>	<u>3350</u>	<u>11,82</u>	<u>11,82</u>
		$f = 4-6; f = 3$	<u>3350</u>	<u>3350</u>	<u>3660</u>	<u>3660</u>	<u>10,92</u>	<u>10,92</u>
		металеві рами	<u>3830</u>	<u>3830</u>	<u>3865</u>	<u>3865</u>	<u>13,23</u>	<u>13,23</u>

Таблиця 4.1 – Основні несправності шахтних вагонів, їх можливі причини та способи усунення

Несправність	Причина та спосіб усунення несправності
Для вагонеток будь-яких конструкцій	
Надмірний знос реборд та ободів кочення коліс	Не витримані параметри колісної колії або рейкового шляху (ширина колії, радіуси заокруглення), підвищені ударні навантаження – відновити параметри рейкового шляху, відремонтувати підвіску колісних пар
Надмірне лущення металу робочих поверхонь підшипників	Відсутність або забруднення мастила, тривала експлуатація підшипників у затягнутому стані, відсутність зазорів у лабіринтових ущільненнях – перевірити та відновити змащення, відрегулювати натяжку підшипників та зазори у лабіринтових ущільненнях
Підшипники швидко руйнуються	Перекіс кілець при посадці підшипників на шийку осі, непаралельність шийок осі, значні навантаження на підшипники – зняти підшипники, усунути дефекти шийок, зменшити навантаження на кузов вагонетки, відремонтувати рейковий шлях
Значний опір руху вагонетки	Підшипники вийшли з ладу, сильно затягнуті, відсутнє змащення – перевірити стан підшипників, за необхідності замінити, відновити змащення, відрегулювати ступінь натяжки
Значний хід тяги буферно-ланцюгового пристрою	Руйнування амортизаційної пружини – зняти хомути на хвостовику тяги, витягнути її та замінити амортизаційну пружину
При відхиленні у бік корпусу автозчіпки або буфера вони не повертаються у початкове положення	Руйнування центрувальної пружини – зняти хомути на хвостовику тяги, витягнути її та замінити центрувальну пружину

Таблиця 4.1 – Продовження

<p>Автозчіпки мимовільно роз'єднуються під час руху потягу</p> <p>Після оберту вагонетки на 360° під час розвантаження корпуси автозчіпок не фіксуються у робочому горизонтальному положенні</p> <p>Надмірний зазор між буферами у зчеплених вагонеток</p>	<p>Повністю не висувається замок з карману корпусу, значний знос замка і контуру зачеплення – витягнути замок і перевірити пружину, за необхідності замінити, очистити карман корпусу від бруду, в разі надмірного зносу замка по товщині замінити його</p> <p>Вийшла з ладу центрувальна пружина або зруйнувалися фіксуючі пів муфти – зняти кріплення на хвостовику тяги, витягнути її разом з корпусом автозчіпки, перевірити дільницю тяги, що контактує з ковзною півмуфтою; при виявленні зазорів, надмірного зносу або руйнування замінити ковзну півмуфту; у разі справності півмуфти обов'язково замінити пружину</p> <p>Значний знос шпильки дводанцюгової обертової зчіпки або її обертових ланок – зняти зчіпку і замінити її новою</p>
<p>Для вагонеток з візковою ходовою частиною</p>	
<p>Значний опір руху при вписуванні вагонетки у криві рейкового шляху</p> <p>Візок не повертається при проходженні кривих рейкового шляху</p> <p>Вагонетки часто сходять з рейок під час руху як на заокругленнях, так і рівних дільницях шляху</p>	<p>Заклинення візку у поворотному вузлі – перевірити та відрегулювати зазори між ковзунами; перевірити третю поверхню п'ятки, підп'ятника та сепаратора між ними, за необхідності замінити сепаратор</p> <p>Зруйновані амортизаційні пружини, шкворнева балка спирається на опорну – замінити пружини або гумові амортизатори</p> <p>Непаралельність осей колісних пар, значне поздовжнє зміщення осей, не витримана величина гри колії – перевірити жорстку базу вагонетки з обох її боків, усунути перекіс осей; перевірити та усунути люфт в опорних підшипниках колісних пар; перевірити колісну та рейкову колії, в разі необхідності замінити колісну пару та відремонтувати рейковий шлях</p>