Григорьєв Микита Олександрович

Бакалаврська робота

Аналіз конструкцій пристроїв для розвантаження шахтних вагонеток з відкидним днищем типу ВД

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

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

ВСТУП

Одним з найважливіших та одночасно найбільш трудомістких технологічних процесів підземного видобутку рудної і гірничо-хімічної сировини є транспортування гірничої маси під час очисного виймання корисних копалин. За допомогою засобів дільничного (в межах очисних блоків) та магістрального (до стовбуру шахти) транспорту здійснюється перевезення величезних обсягів гірничої маси для підйому її на поверхню і подальшого транспортування до переробних підприємств (дробильно-сортувальних, збагачувальних, агломераційних, огрудкувальних та брикетних фабрик) [1-3].

Перед транспортними комплексами шахт ставляться високі вимоги забезпечення високопродуктивного і безперервного перевезення сировини з мінімально можливими питомими витратами коштів, енергії і праці. Природно, що для цього найкраще підходять безупинні види транспорту, насамперед конвеєри різних типів. Особливо це важливо з точки зору необхідності широкого впровадження сучасних потокових технологій гірничого виробництва [4-7].

Але, на жаль, історично склалося так, що основним (більше того – практично абсолютно панівним) видом магістрального транспорту, наприклад на вітчизняних залізорудних шахтах, був і досі залишається електровозний. А це циклічний вид транспорту з усіма його недоліками: недостатніми рівнями продуктивності і надійності, суттєвими втратами робочого часу на порожні пробіги та різного роду маневрові операції [5,8].

Глобальна заміна електровозного транспорту на більш сучасні безупинні види неможлива (принаймні, у найближчі роки) через величезні капітальні витрати, яких вона потребуватиме. Тому для підвищення загального рівня ефективності використання існуючого парку локомотивного транспорту необхідно шукати можливі шляхи удосконалення його конструкцій та організації процесу роботи.

Одним з таких найбільш перспективних шляхів представляється максимальне скорочення часу, необхідного для завантаження електровозного потягу ру-

дою в очисному блоці та розвантаження його у пристовбурний бункер. Це можна зробити за рахунок забезпечення безупинності вказаних операцій, а саме: без перестановок вагонеток під віброживильниками або вібролюками в процесі завантаження та в перекидачі під час розвантаження [5,8].

Вирішення цього важливого питання можливо шляхом застосування спеціальних типів вагонеток (наприклад, з відкидним днищем) та розвантажувальних пристроїв, в яких ці днища будуть відкриватися і закриватися автоматично при безперервному проході потягу над бункером.

З огляду на вищесказане, тема представленої бакалаврської роботи є безумовно актуальною та своєчасною.

Об’єкт роботи – технологічний процес розвантаження рухомого складу шахтного локомотивного транспорту у пристовбурний бункер.

Предмет роботи – пристрої для безупинного розвантаження шахтних вагонеток з відкидним днищем.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Огляд існуючого парку вагонеток вітчизняних рудників

Як вже говорилося вище, основним видом транспортування руди у вітчизняних шахтах є електровозна відкатка з використанням вагонеток різних типів. В якості локомотивів застосовуються контактні електровози. Останні простіші за конструкцією і дешевші в експлуатації у порівнянні з акумуляторними установками. Вони забезпечують можливість селективного транспортування гірничої маси в умовах значної розгалуженості підземних колій. Головним параметром контактного електровоза вважається його маса.

Що стосується вантажних судин – вагонеток – то вони характеризуються призначенням, типом і місткістю кузову, вантажопідйомністю, способом розвантаження. Вагонетки застосовуються для перевезення не лише руд і порід; ними можна транспортувати різного роду матеріали, а в спеціальних конструкціях – людей. Головним параметром вантажної вагонетки є місткість кузова в $м^3$.

З точки зору типу і способу розвантаження кузова існують вагонетки наступних типів (рис. 1.1) [9-11]:

- ВГ – з глухим неперекидним кузовом;
- ВО – з глухим перекидним кузовом;
- ВБ – з перекидним кузовом з відкидним бортом;
- ВД – з кузовом з відкидним днищем;
- ВПК – з підйомним кузовом і донним конвеєром.

Маса електровозу та місткості вагонеток рухомого складу локомотивного потягу вибираються в залежності від виробничої потужності шахти (горизонту) та відстані транспортування. В табл. 1.1 приведені рекомендовані області використання рухомого складу, а на рис. 1.2 – області раціонального застосування вагонеток типу ВГ [10].

Крім кузова, найголовнішою складовою частиною шахтної вагонетки, від якої у значному ступені залежать її працездатність та довговічність, є її ходова

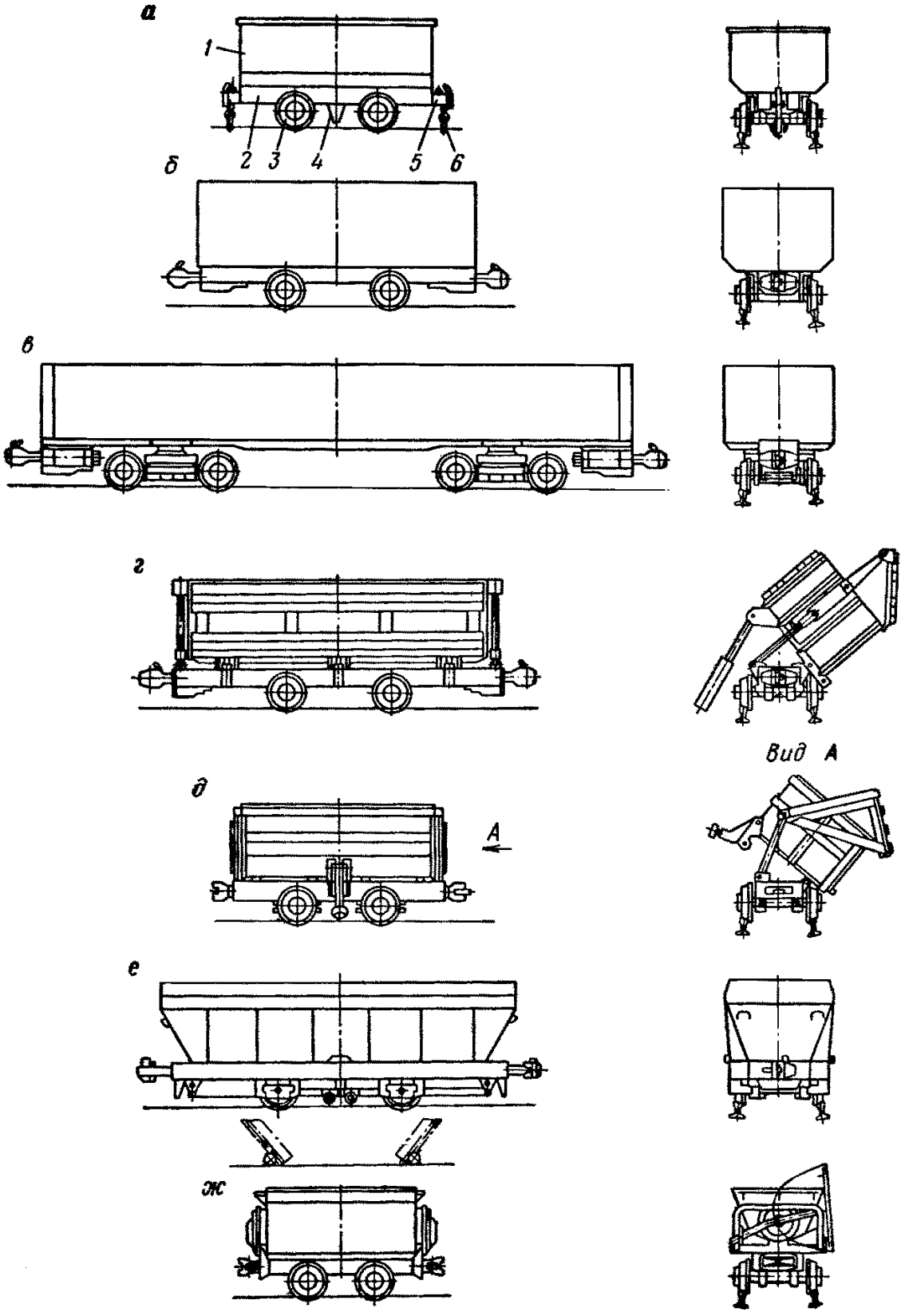


Рисунок 1.1 – Основні типи шахтних вагонеток:
а, *б*, *в* – з глухим неперекидним кузовом (тип ВГ); *г*, *д* – з перекидним кузовом з відкидним бортом (тип ВБ); *е* – з кузовом з відкидним днищем (тип ВД); *ж* – з глухим перекидним кузовом (тип ВО); (1 – кузов; 2 – рама; 3 – колісна пара; 4 – вузол впливу штокового перекидача; 5 – автозчіпка; 6 – рейковий захват

Таблиця 1.1 – Рекомендовані області використання рухомого складу шахтної локомотивної відкатки

Виробнича потужність рудника, 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 більше	28	4,5; 9,0; 11,0	-

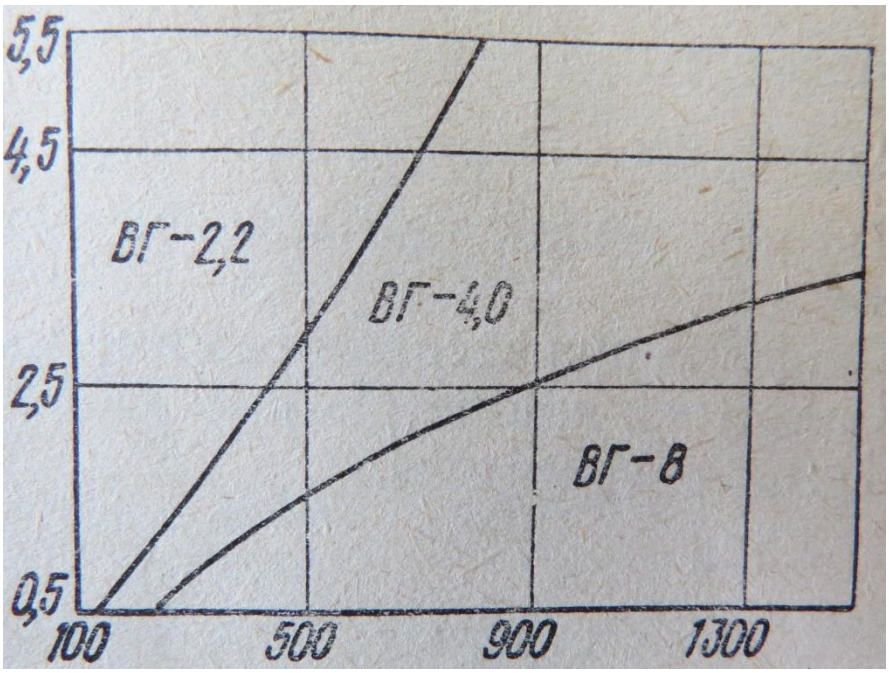


Рисунок 1.2 – Області раціонального використання вагонеток типу ВГ в залежності від продуктивності та довжини відкатки

частина – візок з двома колісними парами (рис. 1.3). Вагонетки великої довжини можуть мати два таких візка. Колісні пари вагонеток місткістю більше 2 $м^3$ мають у своїх конструкціях гумометалеві амортизатори для гасіння динамічних навантажень під час перевезення технологічних вантажів.

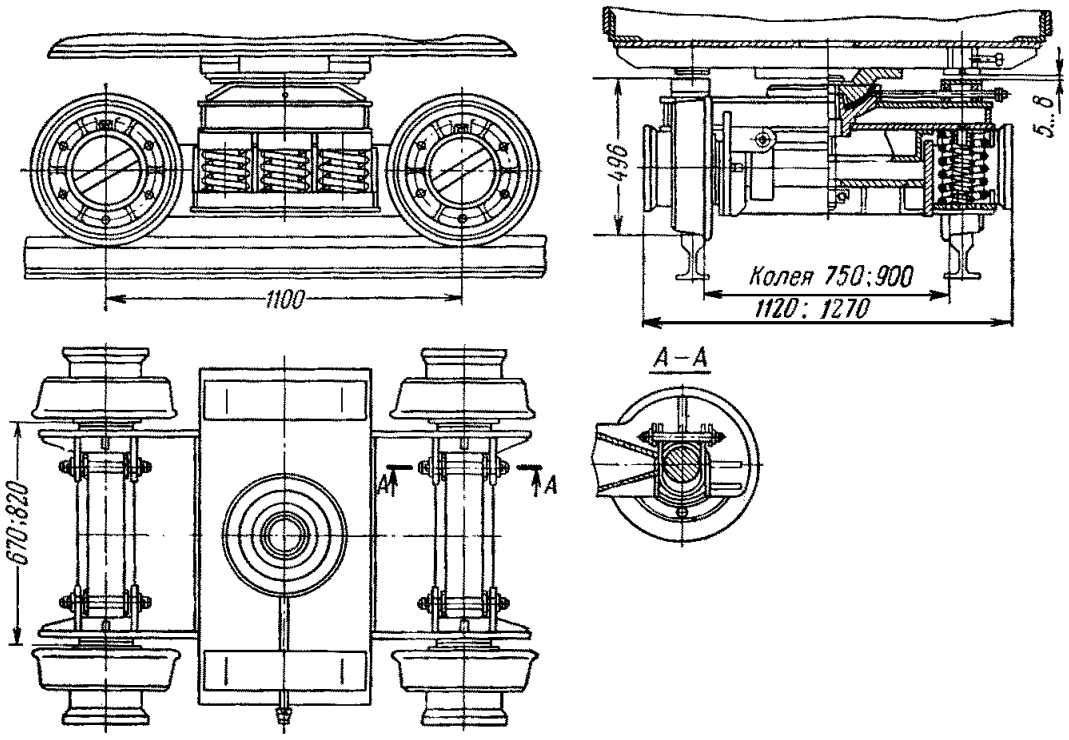


Рисунок 1.3 – Ходовий візок шахтної вагонетки

На вагонетках використовуються автоматизовані буферно-зчіпні пристрої з ланковою обертовою та автоматичною зчіпками.

Засоби електровозної відкатки розраховані на застосування в умовах горизонтальних гірничих виробок з ухилом не більше 0,005.

Шахтні вантажні вагонетки типу ВГ з глухим неперекидним кузовом (див. схеми *а*, *б* і *в* на рис. 1.1) місткістю до 4,5 м^3 включно мають рамну зварну конструкцію (рис. 1.4*а*), вагонетки ємністю 9-10 м^3 – безрамну (рис. 1.4*б*) [9]. Кузови пристроїв також зварні і складаються з днищ, бічних і торцевих стінок, закріплених на ходових візках. Розвантаження вагонеток ВГ здійснюється за рахунок перевороту усієї конструкції на 180^o у спеціальних перекидачах, встановлених над пристовбурним бункером.

В табл. 1.2 приведені основні технічні характеристики шахтних вагонеток типу ВГ [9-11].

Вагонетки ВО (див. схему *ж* на рис. 1.1) також мають глухий кузов, але він для розвантаження може повертатися вручну на своїх осях. На рис. 1.5 пока-



а *б*

Рисунок 1.4 – Шахтні вагонетки типу ВГ:
а – рамні маловантажні (місткість кузова до 4,5 м^3 включно);
б – безрамні великовантажні (місткість кузова – 9-10 м^3)

заний загальний вигляд вагонетки типу ВО, а в табл. 1.3 приведені характеристики таких пристроїв [11].



Рисунок 1.5 – Шахтна вагонетка типу ВО

Вагонетки типу ВБ (див. схеми *г* і *д* на рис. 1.1) розвантажуються шляхом перекидання кузова з одночасним відкриттям бічного борта при наїзді розвантажувального ролика установки на розвантажувальну криву рейкового шляху (моделі ВБ-1,6 та ВБ-2,5) або за допомогою спеціального штокового перекидача (ВБ-4,0А). На рис. 1.6 показаний загальний вигляд вагонетки ВБ-4,0А, а в табл.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики шахтних вагонеток типу ВГ

Показники	Значення	
	ВО-0,5	ВО-0,8
Геометрична ємність кузова, $м^3$, не більше	0,5	0,8
Вантажопідйомність, т, не більше	1,5	2,4
Колія, мм	600; 750	
Діаметр колеса по обіду кочення, мм	300	
Висота осі зчіпки від рівня головки рейки, мм	320	
Жорстка база, мм	550	
Габаритні розміри, мм, не більше:		
довжина (по буферам)	1500	1875
ширина	1125	1125
вісота (від рівня головки рейки)	1270	1270
Розмір завантажених шматків матеріалу, мм, не більше	300	
Маса, кг	600	700

1.4 приведені основні характеристики пристроїв такого типу [9,10].



Рисунок 1.6 – Шахтна вагонетка ВБ-4,0А

Вагонетки типу ВД (див. схему *е* на рис. 1.1) відрізняються наявністю у своїй конструкції відкидного днища для спрощення процесу розвантаження. Оскільки тема представленої роботи безпосередньо пов’язана з використанням саме таких конструкцій вагонеток, докладна мова при них піде нижче.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики шахтних вагонеток типу ВБ

Показники	Значення		
	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		750
Жорстка база, мм	1000		1250
Діаметр колеса по обіду кочення, мм	400		
Висота осі зчіпки від рівня головки рейки, мм	365		
Кут перекидання кузова, град.	45		50
Габаритні розміри, мм:			
довжина	2950	3600	4740
ширина	1300	1350	1350
висота	1300	1550	1550
Маса, кг		2700	5000

Нарешті, ще одним різновидом шахтних вантажних судин є прохідницькі вагони з донним конвеєром, за допомогою якого здійснюється завантаження вагону на повну його ємність з одного боку установки та подальше розвантаження з іншого. Для перевантаження матеріалу з одного вагону на послідовно встановлений інший вагон може бути обладнаний пристроєм підйому. На рис. 1.7 показаний загальний вигляд прохідницького вагону ВПК-10, а в табл. 1.5 приведені основні технічні характеристики подібних установок [9].



Рисунок 1.7 – Шахтний прохідницький вагон ВПК-10 з донним конвеєром

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики шахтних прохідницьких вагонів ВПК

Показники	Значення			
	ВПК-7А	ВПК-7Б	ВПКН-7	ВПК-10
Кузов	підйомний		непідйомний	підйомний
Місткість кузова, $м^3$	7,5			10,0
Вантажопідйомність, т	23,0			31,0
Колія, мм	600; 750; 900			
Жорстка база, мм	4000			5800
Тип конвеєра	скребковий			
Габаритні розміри, мм:				
довжина	8900	8860	8880	10100
ширина	1350	1350	1350	1500
висота	1650	1650	1650	1650
Маса, кг	10000	9200	8600	12000

1.2 Вагонетки з відкидним днищем типу ВД. Особливості конструктивного виконання та експлуатації

Вагонетки такого типу розраховані на розвантаження гірничої маси, що знаходиться в їхньому кузові, через нижній отвір в ньому, який утворюється при відкиданні днища. Процес розвантаження відбувається на ходу, під час проїзду нерозчепленого потягу над пристовбурним бункером (або іншою ємністю) по спеціальним розвантажувальним кривим. Потяг при цьому протягується або проштовхується електровозом.

Серед відомих конструкцій такого обладнання слід відзначити як мало-, так і великовантажні моделі. До перших відносяться установки ВД-2,5 та ВД-3.3 (або ВДК-2,5 та ВДК-3.3). Загальний вигляд вагонетки ВДК-2,5 показаний на рис. 1.8 [11]. В якості других виступають моделі ВД-13,5 та ВД-16, розроблені свого часу в інституті НДПІ «Криворіжрудмаш». Схема вагонетки ВД-16 приведена на рис. 1.9 [5,8].

Великовантажні вагонетки ВД-13,5 та ВД-16 призначені для роботи у складі комплексів локомотивної відкатки руди з безупинними процесами завантаження і розвантаження гірничої маси.



Рисунок 1.8 – Шахтна вагонетка ВДК-2,5

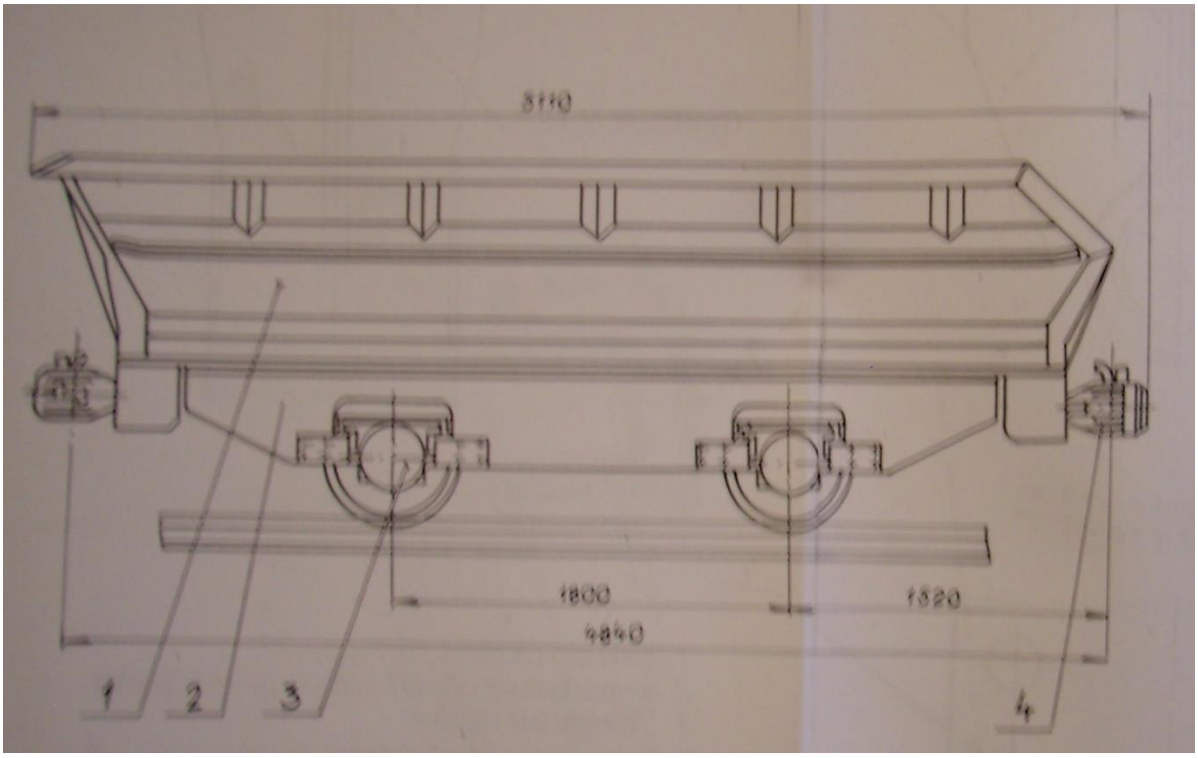


Рисунок 1.9 – Схема вагонетки ВД-16:
1 – кузов; 2 – днище; 3 – колісна пара; 4 – зчіпний пристрій; 5 -

Що стосується завантаження потягу в очисному блоці шахти (наприклад, залізорудної), то ця операція здійснюється за допомогою віброживильників, встановлених у випускних дучках днища блоку, або вібролюків, що монтуються

під акумуляційними рудозвальними висхідними виробками транспортного горизонту. Вказані вібромашини розташовуються, як правило, перпендикулярно ходу потягу, а ширина іхнії робочих органів зазвичай становить 1200 мм. Таким чином, завантаження кожної вагонетки (наприклад, ВД-16, зображеної на рис. 1.9) приходиться робити з двох установок: спочатку заповнювати її передню частину, а потім, після просування її вперед – задню. Крім того, не слід забувати про міжвагонні проміжки, куди не бажано потрапляння гірничої маси, яка буде засипати рейкову колію і заважати руху потягів. Внаслідок усіх цих обставин, процес завантаження потягу має постійно припинятися для його просування вперед, а потім знову відновлюватися. На кожний вагон потрібно буде не менше двох зупинок (одна між завантаженням обох половинок вагонетки, а друга – під час проїзду міжвагонного проміжка). Очевидно, що на них буде непродуктивно витрачатися багато робочого часу, а сам процес завантаження стане циклічним.

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики шахтних вагонеток типу ВД

Показники	Значення			
	ВДК-2,5	ВДК-3,3	ВД-13,5	ВД-16
Місткість кузова, $м^3$	2,5	3,3	5,6	6,6
Вантажопідйомність, т	4,5	5,6	13,5	16,0
Колія, мм	900		750	
Жорстка база, мм	1670	1870		1800
Діаметр колеса по обіду кочення, мм	350		540	
Висота осі зчіпки від рівня головок рейок, мм	365		520	
Габаритні розміри, мм:				
довжина	2450	3010	4200	5085
ширина	1240	1240	1520	1700
висота від головок рейок	1500	1240	1500	1600
Маса, кг	1550	1640	5500	6800

Для забезпечення безупинного завантаження потягу кузова вагонеток ВД-13,5 і ВД-16 виконані за спеціальною конфігурацією, яку добре видно на рис. 1.9. Завдяки ній виступаючий кінець кузова однієї вагонетки входить під нави-

саючий кінець сусідньої у складі потягу і перекриває тим самим міжвагонний проміжок. За рахунок цього утворюється суцільна ємність довжиною в потяг. Тепер вже не потрібно постійно зупиняти процес завантаження. Знаючи продуктивність віброживильника чи вібролюка, а також довжину та ємність кожної вагонетки, нескладно підрахувати необхідну швидкість руху потягу повз завантажувальний пристрій, яка забезпечить раціональний режим процесу.

В табл. 1.6 приведені основні технічні характеристики згаданих вище вагонеток типу ВД [8,11].

1.3 Забезпечення процесу безупинного розвантаження вагонеток ВД у пристовбурний бункер

Що стосується операції спорожнення потягу в навколостовбурному дворі шахти, то для реалізації її безупинного режиму в інституті НДПІ «Криворіжрудмаш» було розроблено конструкції спеціальних розвантажувальних пристроїв, аналізу яких присвячена основна частина представленої роботи. Схема установки пристрою над пристовбурним бункером шахти показана на рис. 1.10 [8].

Пристрій 2 представляє собою металоконструкцію, через яку безупинно з певною швидкістю проходить потяг у складі електровоза 2 та завантажених рудою вагонеток. Кожна вагонетка 1 при заїзді у пристрій починає спиратися виступами на своїх бічних бортах на підтримувальні ролики. Внаслідок цього колеса ходової частини вагонетки звільняються від власної ваги останньої та ваги гірничої маси в ній і починають опускатися вниз слідом за викривленими рейками. Цей процес спричиняє шарнірне відкривання днища, до якого жорстко прикріплений ходовий візок, та розвантаження гірничої маси з кузова в бункер (див. перетин А-А на рис. 1.10). Після цього у кінці пристрою, де рейки повертаються у початкове нормальне положення, днище закривається, вагонетка з'їжджає з роликів і знову спирається на свою ходову частину. Так відбувається з усіма вагонетками потягу в процесі його безупинного руху через розвантажувальний пристрій.

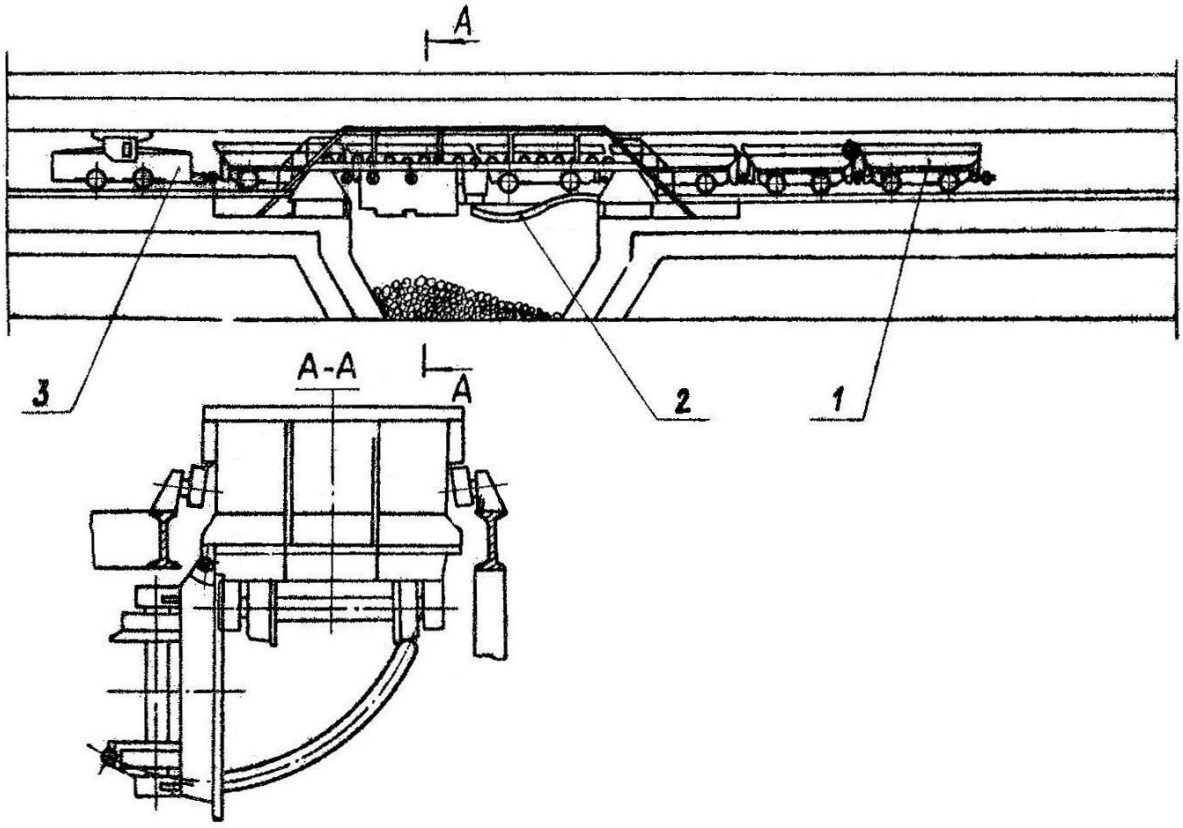


Рисунок 1.10 – Схема установки розвантажувального пристрою комплексу локомотивної відкатки руди над пристовбурним бункером шахти: 1 – вагонетка типу ВД; 2 – розвантажувальний пристрій; 3 – електровоз

Завдяки подібному режиму розвантаження вдається зекономити багато часу, що втрачається зараз на підготовку і проведення операцій почергового спорожнення і просування вагонеток з глухим неперекидним кузовом типу ВГ, які на сьогодні складають переважну більшість вагонного парку вітчизняних рудних шахт.

2 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЇВ

2.1 Призначення та умови експлуатації виробів

Розглянуті в роботі пристрої (ПР-60 і ПР-80) призначені для безупинного розвантаження вагонеток гірничорудних з відкидним днищем типу ВД в пристовбурні бункери рудників чорної та кольорової металургії, а також гірничо-хімічної промисловості [12].

Розвантажувальні пристрої розраховані на експлуатацію в умовах 7 (ОЖ1) кліматичного виконання У та категорії розміщення 5 за ДСТУ 15150.

2.2 Основні параметри та розміри розвантажувальних пристроїв

Основні параметри та геометричні розміри розвантажувальних пристроїв типу ПР приведені в табл. 2.1 [8,12].

Таблиця 2.1 – Основні параметри та геометричні розміри розвантажувальних пристроїв типу ПР

Показники	Значення	
	ПР-60 (для вагонеток ВД-13,5)	ПР-80 (для вагонеток ВД-16)
1 Несуча здатність*, кН	600	800
2 Швидкість руху потягу крізь розвантажувальний пристрій, м/с, не більше	1,0	0,8-1,0
3 Колія, мм	750	
4 Діаметр опорних і напрямних роликів, мм	320	
5 Габаритні розміри, мм, не більше:		
довжина	20020	23000
ширина	3800	7335
висота від рівня головок рейок	2592	2690
6 Маса, кг, не більше	30000	47000

*Відповідає максимально допустимому навантаженню, що сприймається опорними роликами при розміщенні на пристрої вагонетки з вантажем

2.3 Комплектність продукції

Розвантажувальні пристрої поставляються замовникам комплектно.

До комплекту поставки кожного виробу входять пристрій розвантажувальний у розібраному вигляді, вагонетка руднична ремонтна, а також наступні запасні частини:

- ролики опорні;
- ролики напрямні;
- шини масивні гумові для роликів за ДСТУ 5883.

Кількість запасних частин вказується у робочій документації на пристрої – ПР-60.00.000 СК, ПР-80.00.000 СК.

До комплекту поставки прикладається наступна технічна документація:

- керівництва з експлуатації – ПР-60.00.000 КЕ, ПР-80.00.000 КЕ;
- формуляри – ПР-60.00.000 ФО, ПР-80.00.000 ФО.

2.4 Короткий опис конструкції пристроїв

Розглянемо особливості конструктивного виконання розвантажувального пристрою на прикладі моделі ПР-80, призначеної для обслуговування локомотивного потягу у складі доопрацьованого серійного електровозу К-14 та 10-12 саморозвантажувальних вагонеток ВД-16 з відкидним днищем шарнірної конструкції, показаної на перетині А-А рис. 1.10. Кількість вагонеток у потязі може бути збільшена в разі використання двох електровозів зі зчіпною масою 14 т кожний. Це дозволяє довести вантажопідйомність локомотивного потягу до 180-200 т.

На рис. 2.1 показане складальне креслення розвантажувального пристрою ПР-80. Основна несуча конструкція установки (естакада) спирається на дві рами 1 і 2, закріплені анкерними болтами на підошві виробки по обидва боки бункера, в який відбувається розвантаження вагонеток. Естакада має дві паралельні поздовжні зварні балки, кожна з яких складається з трьох частин – балок 7, 8 і 9. На них спирається металоконструкція, виконана з ферм 14, 15 і 16, перекриття 17 та

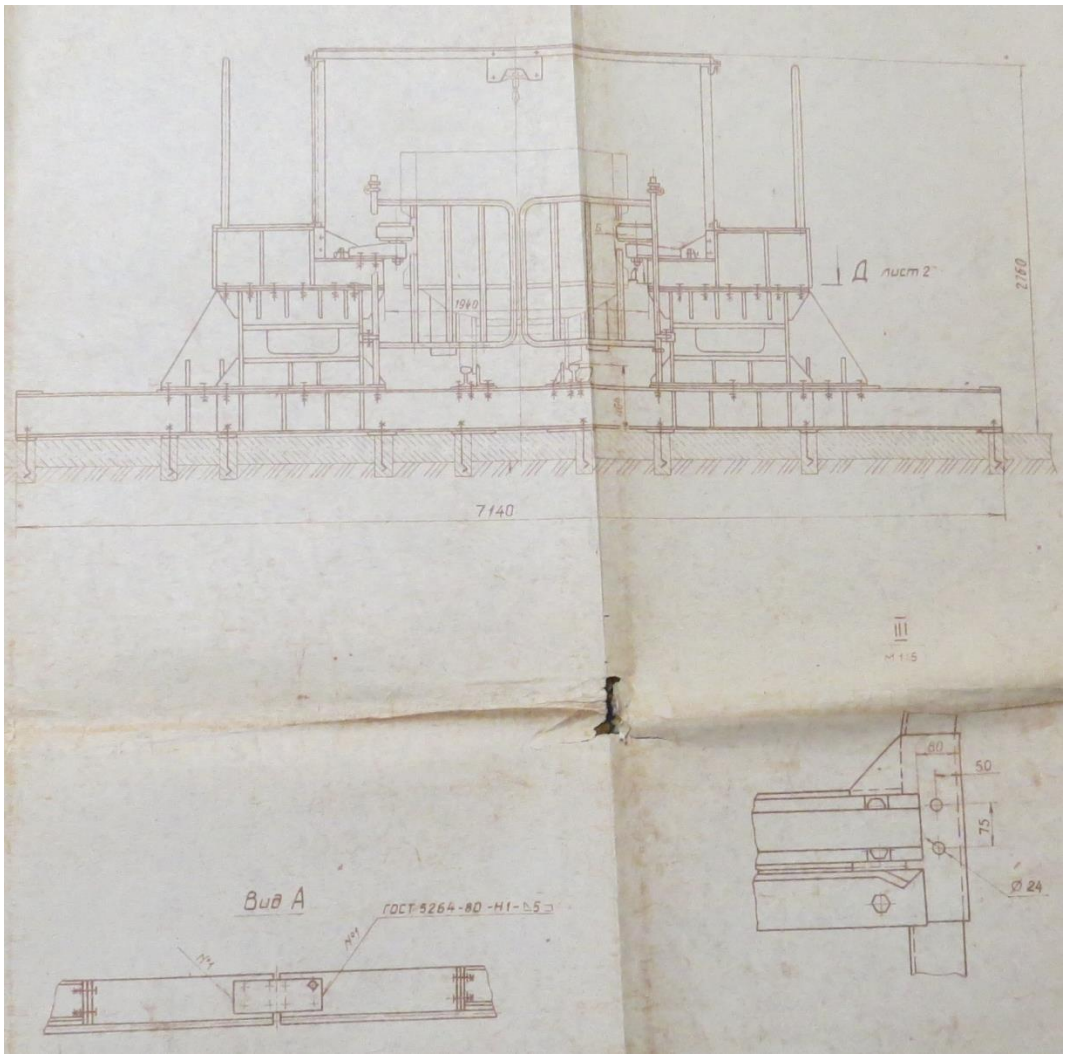


Рисунок 2.1 – Пристрій розвантажувальний ПР-80. Складальне креслення. Продовження

огороджень 2, 6, 24 і 25.

Усе це утворює наскрізний проїзд для проходження локомотивного потягу. З його боків встановлені опорні 3 та напрямні 4 ролики. Перші призначені для спирання на них вагонеток ВД-16 своїми поздовжніми балками на бічних стінках кузовів під час проходу через розвантажувальний пристрій (при цьому ходові візки вагонеток звільняються від навантажень від ваги власне вагонеток та руди в них і можуть вільно відкидатися вниз для висипання гірничої маси в бункер). Другі служать для забезпечення центрального ходу вагонеток через розвантажувальний пристрій.

Знизу цього проїзду розміщуються рейкові профільні напрямні вигнутої форми, які дають можливість криволінійного руху ходових візків вагонеток за

рахунок взаємодії з ними для відкриття днищ на в'їзді в пристрій та закриття – на виїзді з нього. З обох боків проїзду розташовані двері зі стулками 18 і 19 та пневмоциліндри 23 для їхнього відкривання. Закриваються стулки за допомогою пружин 35.

Таким чином, конструкції розвантажувального пристрою та вагонеток з відкидними днищами забезпечують можливість безупинного проходження локомотивного потягу з цими вагонетками через пристрій з почерговим відкриттям кузовів останніх на повний перетин і спорожненням їхнього вмісту в бункер. Тобто процес розвантаження вагонеток відбувається безперервно без зупинки потягу.

2.5 Маркування та упаковка

На одній з опор пристрою розвантажувального має бути прикріплена табличка, виконана за ДСТУ 12971 згідно з вимогами ДСТУ 12969, яка містить наступні відомості:

- товарний знак або найменування підприємства-виготовлювача;
- найменування та умовне позначення виробу;
- позначення технічних умов на виріб;
- порядковий номер виробу за системою нумерації підприємства-виготовлювача;
- рік і місяць випуску.

Маркування повинно бути виконано литвом або фотоспособом. Порядковий номер, рік і місяць випуску потрібно виконати ударним способом.

Розвантажувальні пристрої і запасні частини до них консервації не піддаються. Захист пристроїв від ушкодження передбачається за типом КУ-0 ДСТУ 23170.

Запасні частини пакуються у шухляди типу Ш-2, виготовлені згідно з вимогами ДСТУ 2991. Категорія упаковки – КУ-2 за ДСТУ 23170.

Технічна та товаросупроводжувальна документація має бути герметично

запакована у пакет з поліетиленової плівки за ДСТУ 10354 і вкладена у шухляду із запасними частинами або відправлена споживачеві поштою.

2.6 Транспортування та зберігання

Пристрої розвантажувальні ПР розраховані на транспортування залізницею на відкритому рухомому складі згідно з «Правилами перевезення вантажів», що діють на ній.

Розміщення та кріплення вантажних місць при цьому здійснюється у відповідності з нормами і вимогами існуючих на залізниці «Технічних умов завантаження та кріплення вантажів».

Кількість вантажних місць, маса і габарити кожного з них, їхнє розташування та кріплення мають відповідати транспортних кресленням.

Умови транспортування розвантажувальних пристроїв: у частині впливу механічних факторів – Л за ДСТУ 23170, у частині впливу кліматичних факторів – 8 (ОЖ3) за ДСТУ 15150.

Транспортне маркування вантажів здійснюється згідно з ДСТУ 14192. Незапаковані вантажі маркуються на металевих ярликах за ДСТУ 14192 або безпосередньо на вантажі. На бічних поверхнях складальних одиниць, що відправляються без упаковки, наносяться маніпуляцій ні знаки № 9.

Розвантажувальні пристрою зберігаються на складах або на майданчиках під навісами, обладнаними підйомними засобами вантажопідйомністю не менше 5 т. Зберігання повинно відповідати умовам 8 (ОЖ3) за ДСТУ 15150.

Виготовлювач гарантує відповідність розвантажувальних пристроїв вимогам конструкторської документації та технічних умов при дотриманні споживачем умов експлуатації, установлених в технічній документації.

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ УСТАНОВОК

3.1 Розрахунки конструктивних параметрів розвантажувальних пристроїв

Оскільки основним конструктивним вузлом кожного розвантажувального пристрою є естакада, розрахунки будуть спрямовані на аналіз навантажень, діючих на неї, напружень, що виникають в її небезпечних перетинах, та перевірку надійності металоконструкцій поясу естакади при різних варіантах навантажень.

Приведені нижче розрахунки виконані для пристрою розвантажувального ПР-60, який розрахований на безпечне обслуговування локомотивних потягів з вагонетками ВД-13,5 [13,14].

3.1.1 Задача розрахунків

Основною задачею є розрахунок металоконструкції поясу естакади з визначенням переміщень, зусиль та напружень в елементах з подальшим визначенням запасів міцності.

Для розрахунку прийняті наступні вихідні дані:

- маса вагонетки ВД-13,5 – 5500 кг;

- вантажопідйомність вагонетки ВД-13,5 – 13,5 т.

Розрахунок металоконструкції поясу естакади здійснено для матеріалу – сталь 09Г2С ДСТУ 19281 з $\sigma_т = 3250 \cdot 10^5$ Па.

3.1.2 Варіанти навантажень

Розвантажувальний пристрій складається з двох несучих поясів, кожен з яких встановлений на чотирьох металевих опорах, закріплених у гірничому масиві. Розрахункова схема поясу естакади показана на рис. 3.1. Вона представляє собою плоску рамну систему, на яку діють вертикальні навантаження і крутні моменти, що викликані наявністю ексцентриситету між місцем прикладення навантажень від вагонеток до опорних роликів і центром жорсткості перетину несучого поясу естакади.

Для визначення зусиль в елементах металоконструкції поясу естакади розглянемо два варіанти навантажень, яких задіяні три групи навантажень:

- I група – зовнішні навантаження, прийняті для розрахунку поясу естакади за I варіантом навантаження;

- II група – зовнішні навантаження, прийняті для розрахунку поясу естакади за II варіантом навантаження;

- III група – маса поясу естакади.

При розрахунку за I варіантом навантаження поясу задіяні I і III групи навантажень, а за II варіантом – II і III групи.

Розподілення навантажень по вузлах розрахункової схеми для обох варіантів навантаження приведено нижче. Слід пам'ятати при цьому, що зовнішнє навантаження на естакаду передається від вагонеток через опорні ролики, тому приведені на рис. 3.1 вузли 8, 16, 27 і 35 імітують напрямні ролики і навантаження через них не передається.

I варіант

Перший варіант розрахунку представляє собою навантаження поясів естакади завантаженими гірничою масою вагонетками (при цьому вважається, що розвантажувальний пристрій не спрацював).

Визначимо навантаження, що діють на пояс естакади за I варіантом навантаження (I група навантажень).

Навантаження, що припадає на ролик:

$$P_z = \frac{G_{зв}}{nk} = \frac{190000}{2 \cdot 7} = 13571 \text{ Н},$$

де $G_{зв}$ = 190000 Н – вага завантаженої вагонетки згідно з вихідними даними для розрахунку; n = 2 – кількість поясів естакади; k = 7 кількість роликів, що одночасно сприймають половину ваги завантаженої вагонетки (ролики одного борта вагонетки).

Рівномірно розподілений крутний момент:

$$M_x = P_z h = 13571 \cdot 0{,}79 = 10721 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де h = 0,79 м – ексцентриситет прикладання вагового навантаження від вагонетки (ролика) до центру жорсткості поздовжньої балки поясу естакади.

Здійснений за допомогою ЕОМ розрахунок навантажень, приведених до вузлів схеми на рис. 3.1 (I група навантажень), дав можливість з урахуванням правила знаків отримати наступні результати:

$$P_{z_{4-7,9-11}} = P_{z_{17-23}} = P_{z_{25-26,30-34}} = P_{z_{38-40}} = -1{,}357 \text{ т} = 13570 \text{ Н};$$

$$M_{x_{4-7,9-11}} = M_{x_{17-23}} = M_{x_{26-26,30-34}} = M_{x_{38-40}} = 107{,}2 \text{ т} \cdot \text{см} = 10720 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Бачимо, що результати практично повністю співпадають.

II варіант

Другий варіант розрахунку представляє собою навантаження поясів естакади потягом, перші вагонетки якого вже розвантажилися, а остання завантажена вагонетка вже в'їхала на естакаду і знаходиться в її першому прольоті. При цьому сама вагонетка вважається завантаженою нерівномірно (у відсотковому відношенні маси руди в ній розташовуються наступним чином: 75% і 25% відповідно у першій і другій половинах кузова).

Визначимо навантаження, що діють на пояс естакади за II варіантом навантаження (II група навантажень).

Навантаження, що припадає на ролик від вагонетки:

$$P_z = \frac{G_\text{в}}{nk} = \frac{55000}{2 \cdot 7} = 3929 \text{ Н},$$

де $G_\text{в}$ = 55000 Н – вага порожньої вагонетки згідно з вихідними даними для розрахунку; n = 2 – кількість поясів естакади; k = 7 кількість роликів, що одночасно сприймають половину ваги порожньої вагонетки (ролики одного борта вагонетки).

Крутний момент, що діє на дільниці розташування порожніх вагонеток:

$$M_x = P_z h = 3929 \cdot 0{,}79 = 3104 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Навантаження на ролик під більш завантаженою частиною вагонетки з рудою (нерівномірно завантажена вагонетка знаходиться у I прольоті поясу естакади – див. рис. 3.1):

$$P_{z_{9-11}} = P_z + \frac{G_{\text{нзв}} \cdot 0{,}75}{nk'} = 3929 + \frac{135000 \cdot 0{,}75}{2 \cdot 3} = 20804 \text{ Н},$$

де $G_{\text{нзв}} = 135000$ Н – вага нерівномірно завантаженої вагонетки.

Крутний момент, що діє на цій дільниці:

$$M_{x_{9-11}} = P_{z_{9-11}} h = 20804 \cdot 0{,}79 = 16435 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Навантаження на ролик під менш завантаженою частиною вагонетки з рудою:

$$P_{z_{4-7}} = P_z + \frac{G_{\text{нзв}} \cdot 0{,}25}{nk''} = 3929 + \frac{135000 \cdot 0{,}25}{2 \cdot 4} = 8148 \text{ Н}.$$

Крутний момент, що діє на цій дільниці:

$$M_{x_{4-7}} = P_{z_{4-7}} h = 8148 \cdot 0{,}79 = 6437 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Здійснений за допомогою ЕОМ розрахунок навантажень, приведених до вузлів схеми на рис. 3.1 (II група навантажень), дав можливість з урахуванням правила знаків отримати наступні результати:

$$P_{z_{4-7}} = -0{,}815 \text{ т} = -8150 \text{ Н}; \quad P_{z_{9-11}} = -2{,}08 \text{ т} = 20800 \text{ Н};$$

$$P_{z_{17-23}} = P_{z_{25-26,30-34}} = P_{z_{38-40}} = -0{,}393 \text{ т} = 3930 \text{ Н};$$

$$M_{x_{4-7}} = 64{,}37 \text{ т} \cdot \text{см} = 6437 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad M_{x_{9-11}} = 164{,}35 \text{ т} \cdot \text{см} = 16435 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{x_{17-23}} = M_{x_{25-26,30-34}} = M_{x_{38-40}} = 31{,}04 \text{ т} \cdot \text{см} = 3104 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

І тут бачимо практично ідентичні результати.

Що ж стосується III групи навантажень (маса поясу естакади), то вона є загальною для обох варіантів навантаження. Її розподілення здійснено ЕОМ по вузлах розрахункової схеми.

Координати і навантаження вузлів розрахункової схеми поясу естакади (див. рис. 3.1) приведені в табл. 3.1.

На рис. 3.2-3.4 показані геометричні характеристики перетинів, що були заведені в розрахункову схему поясу естакади.

Для орієнтації приналежності номерів стрижнів розрахункової схеми (див. рис. 3.1) вказаним типам жорсткостей пропонується табл. 3.2.

3.1.3 Аналіз напружень

Отримані в результаті машинного розрахунку напруження, що виникають в елементах металоконструкції поясу естакади, в цілому незначні і міцність конструкції не викликає жодних сумнівів. Достатньо сказати, що найбільш навантажений елемент конструкції (поздовжня балка) має мінімальний запас міцності, який дорівнює:

$$n = \frac{\sigma_{\text{т}}}{\sigma_{\text{міцн}}} = \frac{3250 \cdot 10^5}{147 \cdot 10^5} = 22,$$

де $\sigma_{\text{міцн}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\left(\frac{M_{\text{кр}}\delta_{\text{л}}}{I_{\text{кр}}}\right)^2} = \sqrt{(146 \cdot 10^5)^2 + 3\left(\frac{509000 \cdot 1{,}6 \cdot 10^5}{108652}\right)^2} = 147 \cdot 10^5$ Па.

Тут: σ = 146·10^5 Па – нормальне напруження в балці на дільниці 14-16 (див. рис. 3.1); $M_{\text{кр}}$ = 5,09 т·м = 50,9 кН·м – крутний момент, що діє на цій дільниці; $I_{\text{кр}}$ = 108652 см^4; $\delta_{\text{л}}$ = 1,6 см.

3.1.4 Розрахунки болтових з'єднань поясу естакади

3.1.4.1 Розрахунок болтів, що сполучають нижні листи секції з листом середньої опори

Нижні листи секції з'єднуються з листом середньої опори за допомогою 18 болтів М30-8g х 85.6.6.019 ДСТУ 7795.

Аналіз результатів машинного розрахунку показав, що найбільш навантаженим це болтове з'єднання буде при першому варіанті навантаження. У цьому випадку на нього діятимуть наступні силові фактори:

N = -13,26·10^4 Н; Q_{y} = 0,11·10^4 Н; Q_{z} = -1,05·10^4 Н;

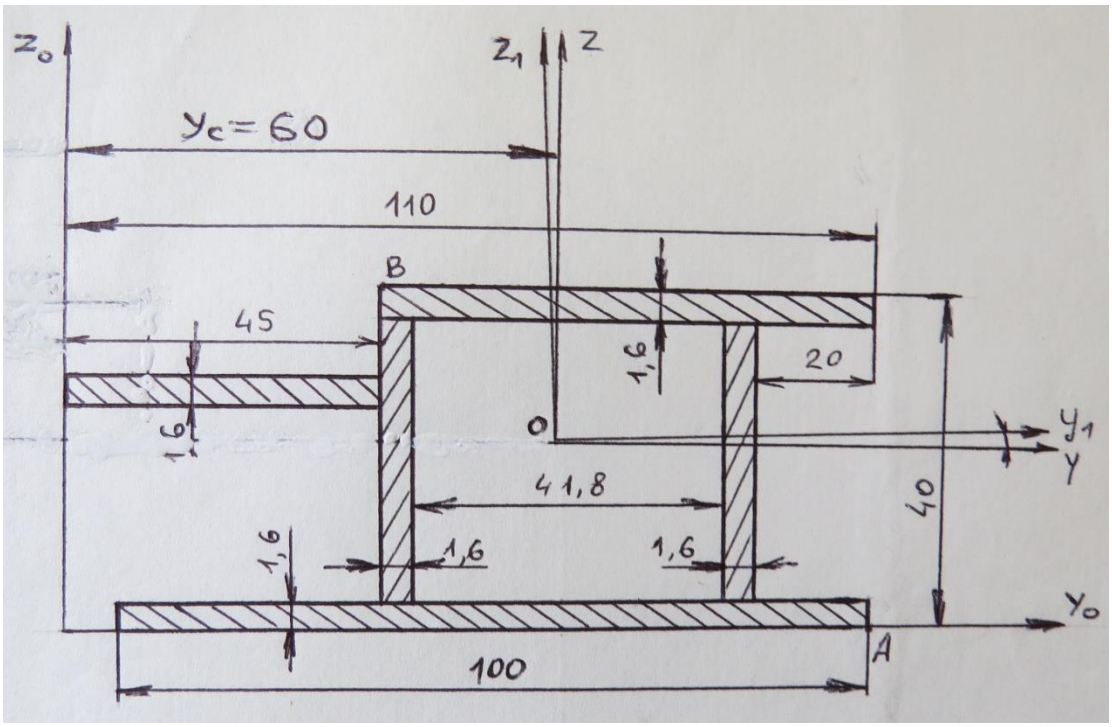


Рисунок 3.2 – Геометричні параметри перетину за типом жорсткості 1 (розміри в см)

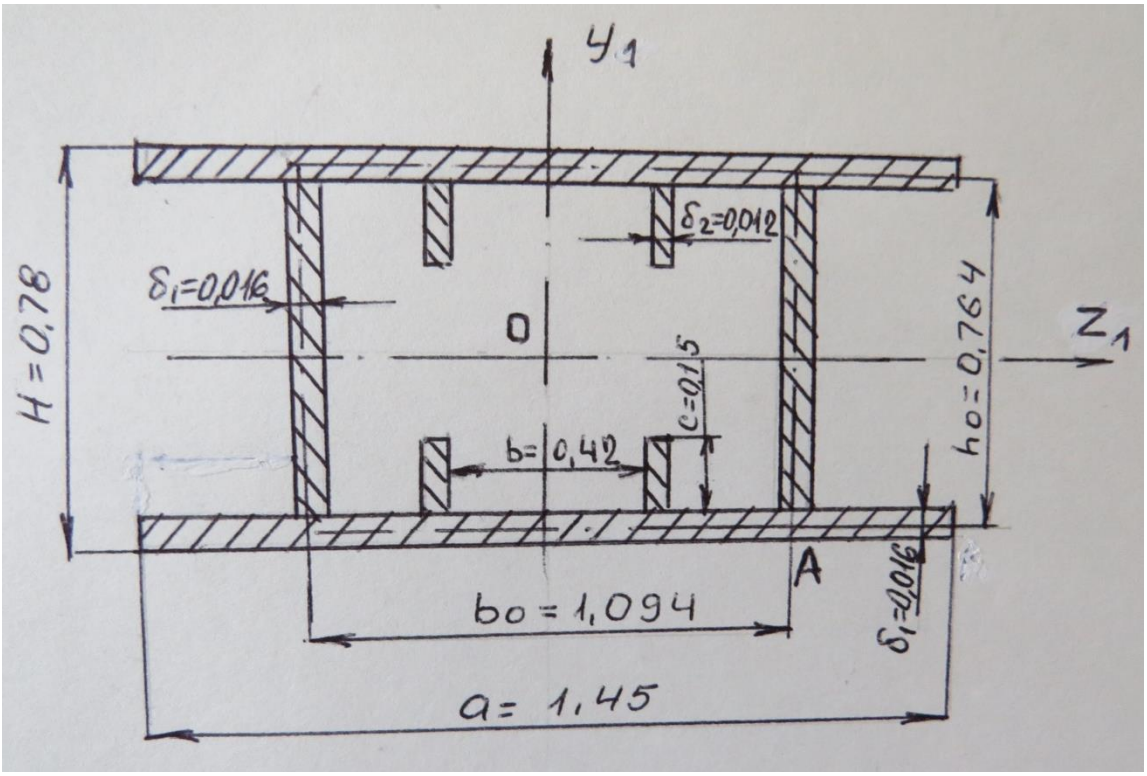


Рисунок 3.3 – Геометричні параметри перетину за типом жорсткості 2 (розміри в м)

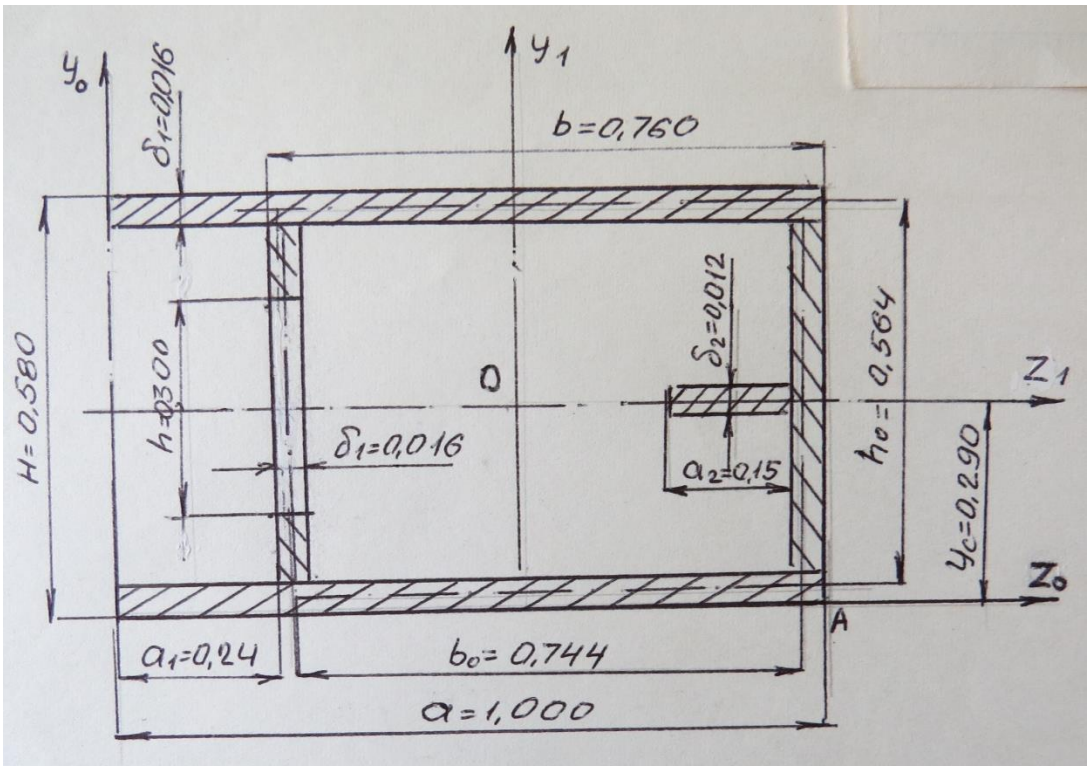


Рисунок 3.4 – Геометричні параметри перетину за типом жорсткості 3 (розміри в м)

Таблиця 3.2 – Таблиця позначень типів жорсткостей та стрижнів (до рис. 3.1)

Номер жорсткості	Тип жорсткості	Позначення стрижнів
1	див. рис. 3.2	1-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9, 9-10, 10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-16, 16-17, 17-18, 18-19, 19-20, 20-21, 21-22, 22-23, 23-24, 24-25, 25-26, 26-27, 27-28, 28-30, 30-31, 31-32, 32-33, 33-34, 34-35, 35-36, 36-37, 37-38, 38-39, 39-40, 40-41
2	див. рис. 3.3	1-2, 41-42
3	див. рис. 3.4	14-15, 28-29

$M_к$ = -0,21·10^4 Н·м; $M_у$ = 1,91·10^4 Н·м; M_z = 8,33·10^4 Н·м.

Розрахункова схема болтового сполучення приведена на рис. 3.5.

Центр жорсткості болтового з'єднання:

$$y_с = \frac{n_1 y_1 + n_2 y_2}{n} = \frac{6 \cdot 0{,}7 + 6 \cdot 0{,}88}{18} = 0{,}527 \text{ м},$$

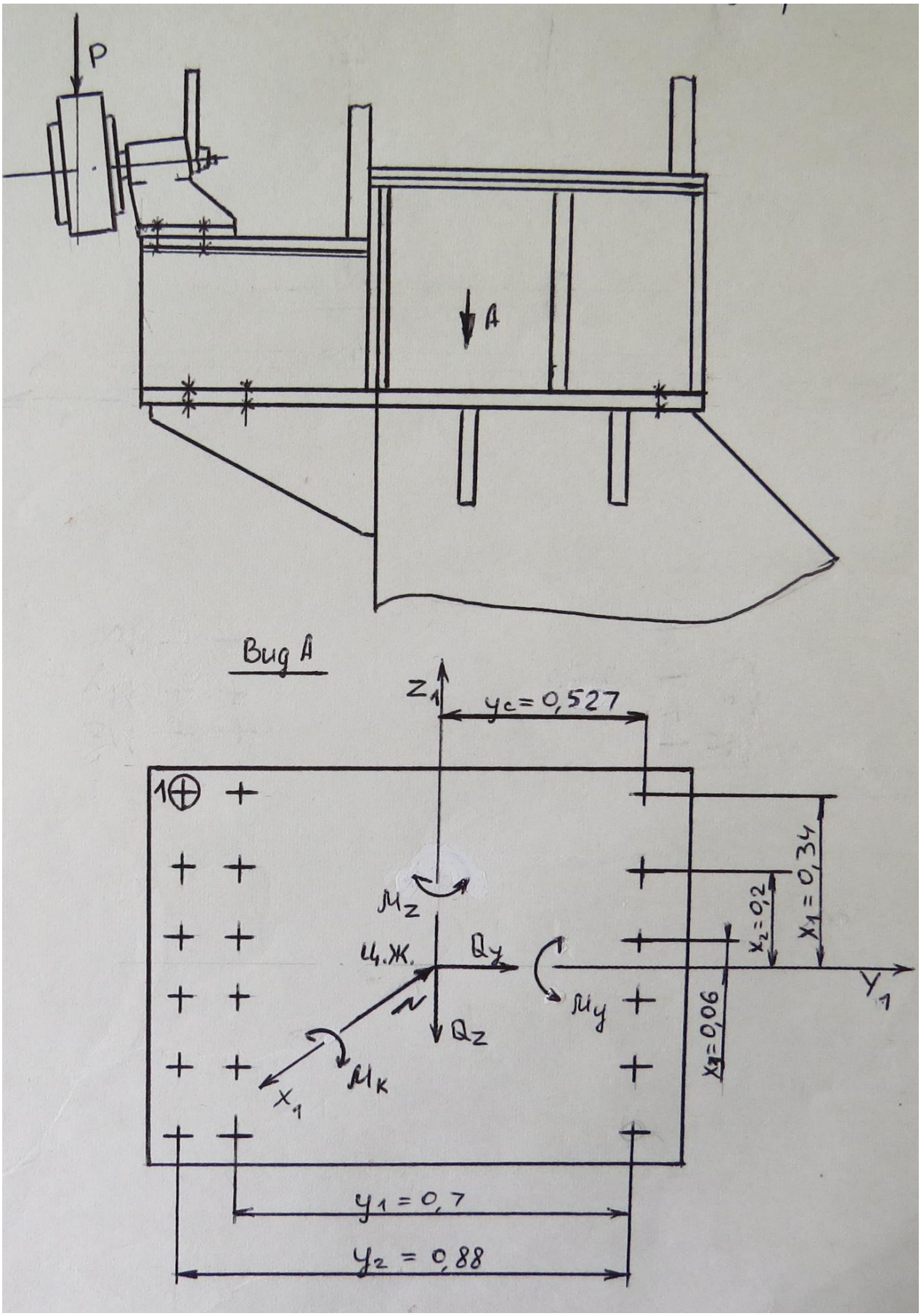


Рисунок 3.5 – Схема болтового сполучення нижніх листів секції з листом середньої опори

де n = 18 – загальна кількість болтів; $n_1 = n_2 = 6$ – кількість болтів у вертикальних рядах (див. рис. 3.5).

Центр жорсткості болтового з'єднання не співпадає з центром ваги перетину поздовжньої балки, відносно якого визначені силові фактори. З огляду на незначні розходження між ними будемо вважати ці силові фактори приведеними до центру жорсткості болтового з'єднання.

Визначимо зусилля від дії сил і моментів, які виникають у цьому болтовому з'єднанні. Навантаження від моменту M_z на найбільш навантажене болтове з'єднання становитиме:

$$P_{M_z} = \frac{M_z(y_2 - y_c)}{n_0 y_c^2 + n_1(y_1 - y_c)^2 + n_2(y_2 - y_c)^2} =$$

$$= \frac{8633 \cdot 10^4 (0{,}88 - 0{,}527)}{6[0{,}527^2 + (0{,}7 - 0{,}527)^2 + (0{,}88 - 0{,}527)^2]} = 11338 \text{ Н},$$

де $n_0 = n_1 = n_2 = 6$ – кількість болтів у вертикальних рядах (див. рис. 3.5).

Навантаження від моменту M_y:

$$P_{M_y} = \frac{M_y x_3}{2(n_1 x_1^2 + n_2 x_2^2 + n_3 x_3^2)} = \frac{1{,}91 \cdot 10^4 \cdot 0{,}34}{2 \cdot 3(0{,}34^2 + 0{,}2^2 + 0{,}06^2)} = 6799 \text{ Н}.$$

Навантаження від зусилля N:

$$P_N = \frac{N}{n} = \frac{13{,}26 \cdot 10^4}{18} = 7367 \text{ Н}.$$

Сумарне розтягувальне зусилля, що діє на одиничне болтове з'єднання:

$$P = P_{M_y} + P_{M_z} - P_N = 6799 + 11338 - 7367 = 10770 \text{ Н}.$$

Напруження від осьового навантаження:

$$\sigma = \frac{P}{F_р} = \frac{10770}{0{,}00054} = 199 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

де $F_р$ = 0,00054 м^2 – площа поперечного перетину болта по внутрішньому діаметру.

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_т}{\sigma} = \frac{3600 \cdot 10^5}{199 \cdot 10^5} = 18,$$

де $\sigma_т = 3600 \cdot 10^5$ Па – межа текучості матеріалу болта – сталі 45 ДСТУ 1050.

Умову міцності – $n = 18 > [n]_б = 8,5$ [15] – виконано.

Від дії факторів Q_y, Q_z та $M_к$ в болтовому з'єднанні виникає зусилля зрізання, проте з огляду на незначність їхніх величин, цим зусиллям можна знехтувати.

Таким чином, міцність болтового з'єднання можна вважати достатньою.

3.1.4.2 Розрахунок болтів, що сполучають горловину крайньої опори з поясом естакади

Горловина опори кріпиться до поясу естакади за допомогою 10 болтів М30-8g х 85.6.6.019 ДСТУ 7795.

Аналіз результатів машинного розрахунку показав, що найбільш навантаженим це болтове з'єднання буде при першому варіанті навантаження. У цьому випадку на нього діятимуть наступні силові фактори:

$$N = -6,61 \cdot 10^4 \text{ Н};\ Q_y = -0,13 \cdot 10^4 \text{ Н};\ Q_z = -0,28 \cdot 10^4 \text{ Н};$$

$$M_к = -0,36 \cdot 10^4 \text{ Н·м};\ M_y = 5,7 \cdot 10^4 \text{ Н·м};\ M_z = 4,31 \cdot 10^4 \text{ Н·м}.$$

Розрахункова схема болтового сполучення приведена на рис. 3.6.

Визначимо зусилля від дії сил і моментів.

Навантаження від зусилля N:

$$P_N = \frac{N}{n} = \frac{6,61 \cdot 10^4}{10} = 6610 \text{ Н},$$

де $n = 10$ – загальна кількість болтів.

Навантаження від моменту M_z на найбільш віддалене одиничне болтове з'єднання:

$$P_{M_z} = \frac{M_z}{2n_1 y_1} = \frac{4,31 \cdot 10^4}{2 \cdot 5 \cdot 0,44} = 9795 \text{ Н},$$

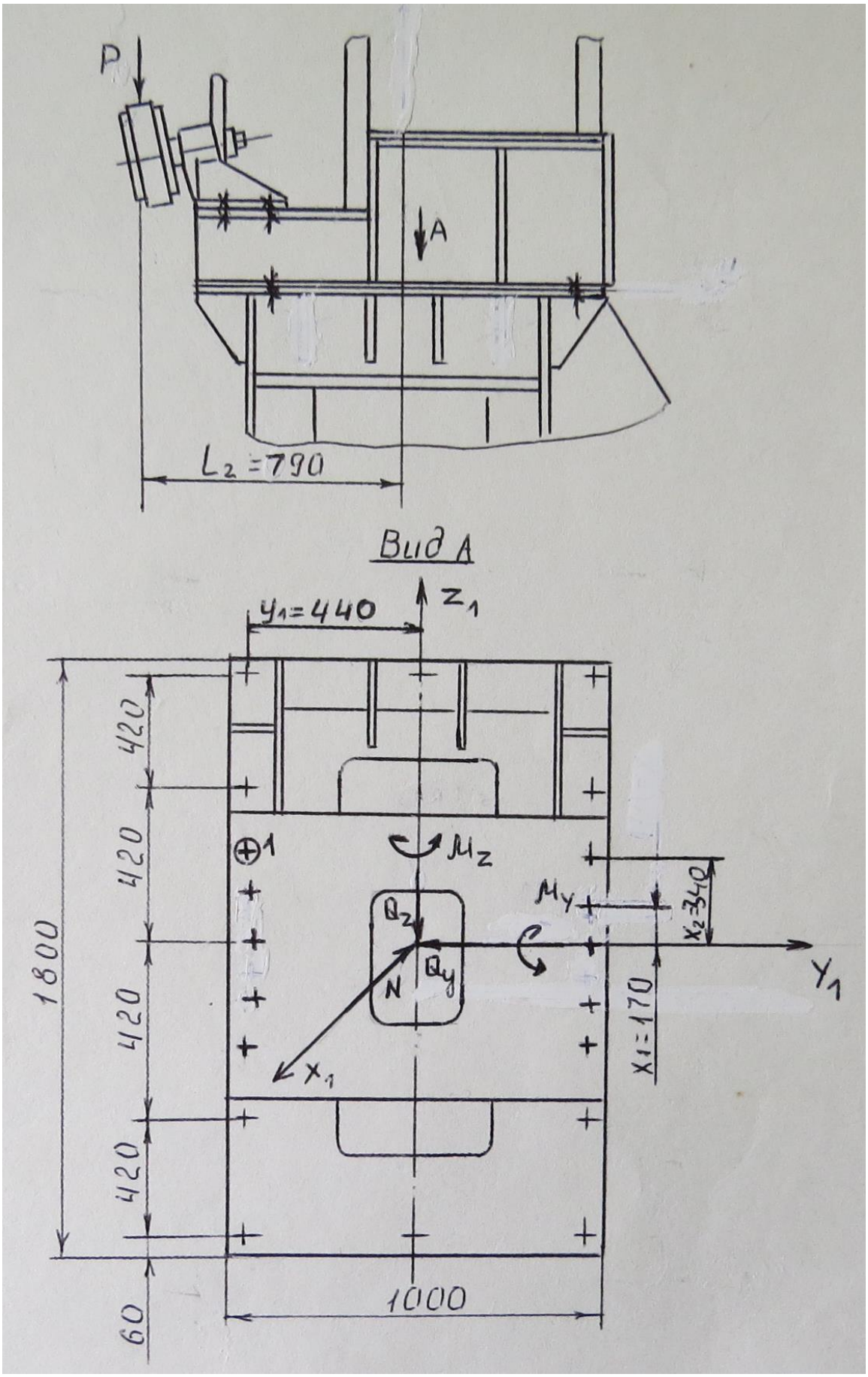


Рисунок 3.6 – Схема болтового сполучення горловини крайньої опори з поясом естакади

де $n_1 = 5$ – кількість болтів у вертикальному ряду (див. рис. 3.6).

Навантаження від моменту M_y на найбільш віддалене одиничне болтове з'єднання:

$$P_{M_y} = \frac{M_y x_2}{2(n_1 x_1^2 + n_2 x_2^2)} = \frac{5{,}7 \cdot 10^4 \cdot 0{,}34}{2 \cdot 2(0{,}17^2 + 0{,}34^2)} = 33529 \text{ Н},$$

де $n_1 = n_2 = 2$ – кількість болтів у горизонтальному ряду (див. рис. 3.6).

Сумарне розтягувальне зусилля, що діє на одиничне болтове з'єднання:

$$P = P_{M_y} + P_{M_z} - P_N = 33529 + 9795 - 6610 = 36714 \text{ Н}.$$

Схема болтового з'єднання показана на рис. 3.7.

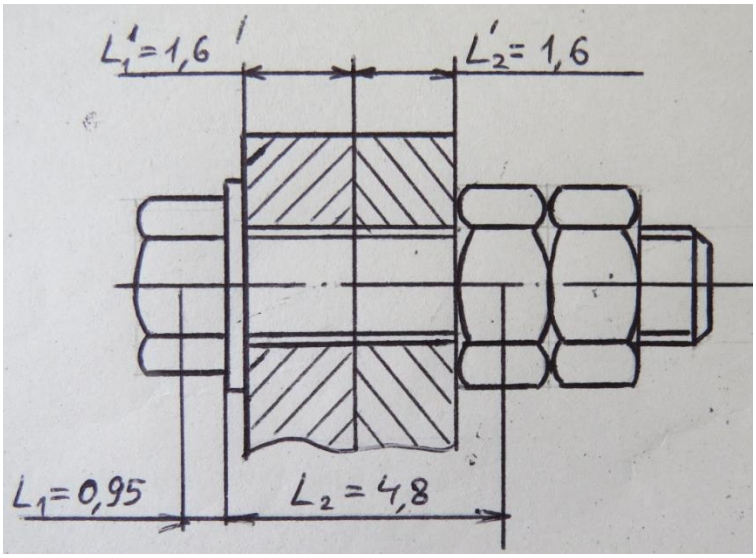


Рисунок 3.7 – Схема болтового з'єднання горловини крайньої опори з поясом естакади (розміри в см)

Вихідні дані для розрахунку болтового з'єднання на міцність:

- типорозмір болтів – М30-8g х 85.6.6.019 ДСТУ 7795;
- клас міцності – 6.6;
- марка сталі та твердість – сталь 45 ДСТУ 1050, НВ 170…245;
- межа міцності – $\sigma_в = 6000 \cdot 10^5$ Па;
- межа текучості – $\sigma_т = 3600 \cdot 10^5$ Па;
- номінальний діаметр різьби – $d_0 = 0{,}03$ м;
- площа перетину нарізаної частини болта – $F_р = 0{,}00054$ м^2;

- коефіцієнт зміцнення – $\beta = 1$;

- межа витривалості – $(\sigma_{-1k})_D = 377 \cdot 10^5$ Па;

- коефіцієнт впливу асиметрії циклу – $(\psi_\beta)_D = 0{,}009$.

Розрахунок на міцність:

- піддатливість болта – $\lambda_б = (\lambda_р + \lambda_г + \lambda_{сп}) = (0{,}46 + 0{,}07) \cdot 10^{-7} = 0{,}53 \cdot 10^{-7}$ см/Н;

- піддатливість крайньої деталі – $\lambda_{кр} = 0{,}027 \cdot 10^{-7}$ см/Н;

- коефіцієнт зовнішнього навантаження – $\chi = \frac{\lambda_{кр}}{\lambda_б + 2\lambda_{кр}} = \frac{0{,}027 \cdot 10^{-7}}{(0{,}53 + 2 \cdot 0{,}027)10^{-7}} =$ 0,046;

- необхідне зусилля затягування – $T = K(1 - \chi)P = 1{,}25(1 - 0{,}046)36714 = 43781$ Н;

- максимально можливе зусилля затягування – T_{max} = 72500 Н (при робочому зусиллі на рукоятці ключа 900 Н); маємо – 43781 < 72500, отже затягування доведено;

- напруження від осьового навантаження – $\sigma = \frac{T + \chi P}{F_р} = \frac{43784 + 0{,}046 \cdot 36714}{0{,}00054} =$

$= 842 \cdot 10^5$ Па;

- напруження кручення від затягування – $\tau = \frac{\xi T d_0}{W_р} = \frac{0{,}104 \cdot 43781 \cdot 0{,}03}{3{,}52 \cdot 10^{-6}} =$

$= 388 \cdot 10^5$ Па;

- запас міцності за пластичними деформаціями – $ne = \frac{\sigma_т}{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}} =$

$= \frac{3600 \cdot 10^5}{\sqrt{(842 \cdot 10^5)^2 + 3(388 \cdot 10^5)^2}} = 3{,}34$; допустима величина $[n_e]$ = 1,5; отже: $n_e > [n_e]$, тобто міцність доведена;

- номінальне напруженні від затягування – $\sigma_{зат} = \frac{T}{F_р} = \frac{43781}{0{,}00054} = 811 \cdot 10^5$ Па;

- напруження від зовнішнього навантаження – $\sigma_{зов} = \frac{\chi P}{F_р} = \frac{0{,}046 \cdot 36714}{0{,}00054} =$

$= 31{,}3 \cdot 10^5$ Па;

- запас міцності за амплітудою – $n_a = \frac{2(\sigma_{-1k})_D - 2(\psi_\beta)_D \sigma_{зат}}{[1 + (\psi_\beta)_D]\sigma_{зов}} =$

$= \frac{2 \cdot 377 \cdot 10^5 - 2 \cdot 0{,}009 \cdot 811 \cdot 10^5}{(1+0{,}009) \cdot 31{,}3 \cdot 10^5} = 23{,}4$; допустима величина $[n_a] = 3{,}0$; отже: $n_a > [n_a]$, тобто міцність доведена;

- запас міцності за максимальним напруженням – $n = \frac{2(\sigma_{-1k})_D + \left[1 - (\psi_\beta)_D\right]\sigma_{зат}}{\left[1 + (\psi_\beta)_D\right](\sigma_{зат} + \sigma_{зов})} = \frac{2 \cdot 377 \cdot 10^5 + [1 - 0{,}009] \cdot 811 \cdot 10^5}{(1+0{,}009)(811+31{,}3) \cdot 10^5} = 1{,}83$; допустима величина $[n] = 1{,}25$; отже: $n > [n]$, тобто міцність доведена.

Від дії факторів Q_y, Q_z та $M_к$ в болтовому з'єднанні виникає зусилля зрізання, проте з огляду на незначність їхніх величин, цим зусиллям можна знехтувати.

3.1.5 Розрахунок опорного ролика

3.1.5.1 Розрахунок осі ролика

Для передачі навантажень від вагонеток, що знаходяться на розвантажувальному пристрої, служать опорні ролики, які фіксуються на основній несучій металоконструкції естакади за допомогою болтів (рис. 3.8) з них під час проходження потягу по естакаді сприймає частину вагового навантаження вагонетки з рудою.

З огляду на те, що навантаження від власної ваги вагонетки розподіляється рівномірно по опорних роликах і що під час завантаження першої та останньої вагонеток потягу в очисному блоці можливо нерівномірне розподілення руди по довжині вагонетки (відповідно біля 75% і 25% на кожну її половину), приймемо наступну величину навантаження на один ролик: $P = 16300$ Н.

Тоді максимальний згинальний момент у перетині *c-c* осі (рис. 3.9) становитиме:

$$M_c = Pb = 16300 \cdot 0{,}07 = 1141 \text{ Н·м},$$

де $b = 0{,}07$ м – плече сили P.

Момент опору осі ролика в місці її посадки в корпус:

$$W = 0{,}1d^3 = 0{,}1 \cdot 0{,}08^3 = 5{,}12 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3,$$

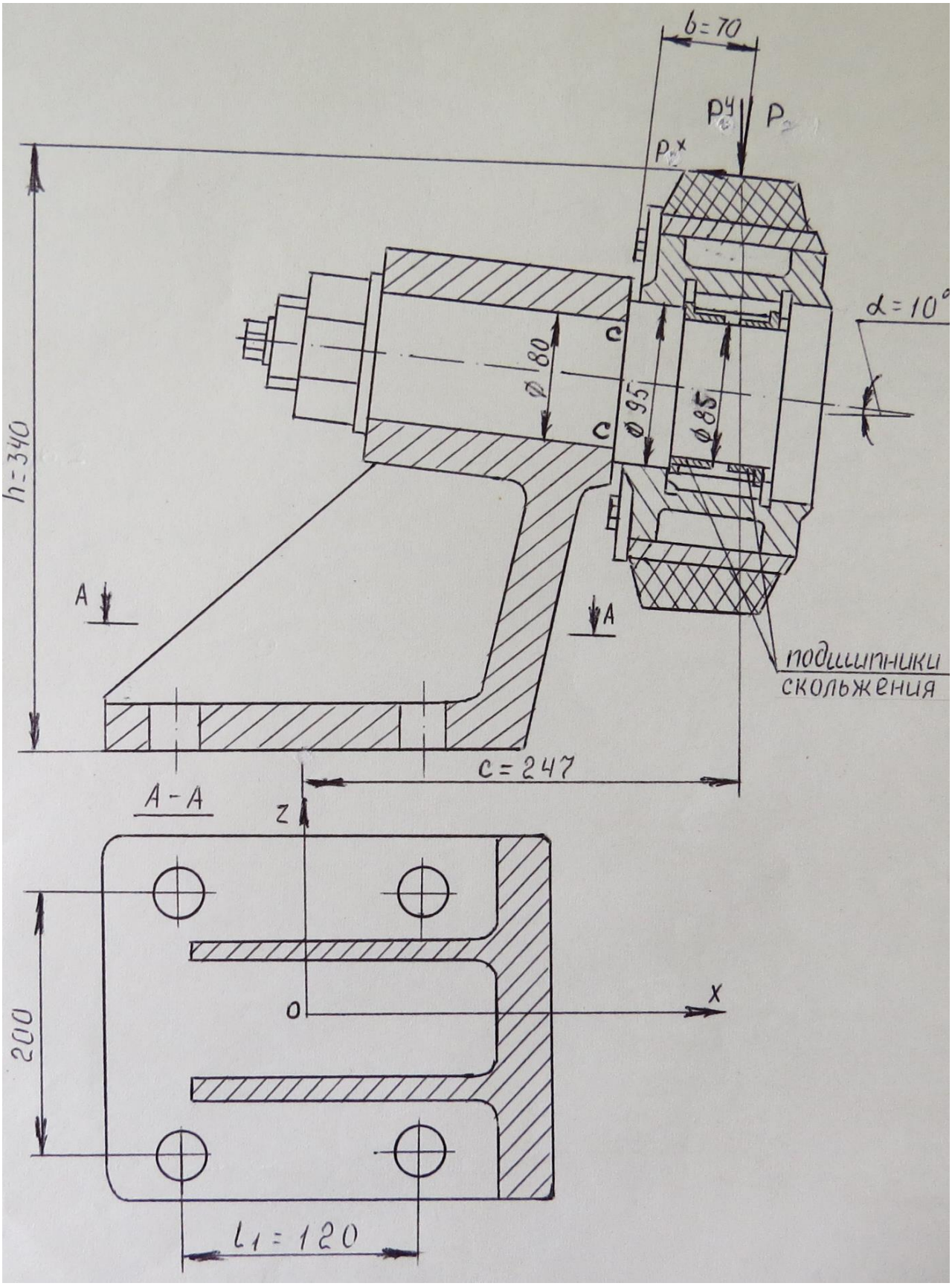


Рисунок 3.9 – Схема для розрахунку опорного ролика

де d = 0,08 м – діаметр осі ролика в місці її посадки в корпус.

Найбільше нормальне напруження осі:

$$\sigma_m = \frac{M_c}{W} = \frac{1141}{5{,}12 \cdot 10^{-5}} = 223 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Матеріал осі – сталь 45 ДСТУ 1050, твердість – 241…285 НВ, межа текучості – $\sigma_т = 5800 \cdot 10^5$ Па.

Запас міцності за межею текучості:

$$n_т = \frac{\sigma_т}{\sigma_m} = \frac{5800 \cdot 10^5}{223 \cdot 10^5} = 26 > [n_{т\,min}] = 1{,}8,$$

де $[n_{т\,min}]$ = 1,8 – допустимий запас міцності [16].

Таким чином, міцність осі доведена.

3.1.5.2 Розрахунок болтів кріплення корпусу роликоопори до естакади

Корпус роликоопори поєднаний з поясом естакади чотирма болтами М20. Болти знаходяться під дією навантаження P, консольно прикладеного по відношенню до центру жорсткості опорного елементу роликоопори (див. рис. 3.9).

Проектуємо зусилля P на осі x та y:

$$P^y = P \cos\alpha = 16300 \cdot 0{,}985 = 16056 \text{ Н};$$

$$P^x = P \sin\alpha = 16300 \cdot 0{,}174 = 2836 \text{ ,}$$

де α = 10° – кут між вертикаллю та віссю установки ролика.

Згинальний момент, що діє на болтове з'єднання:

$$M_{зг} = P^y c - P^x h = 16056 \cdot 0{,}247 - 2836 \cdot 0{,}34 = 3002 \text{ Н·м},$$

де c = 0,247 м, h = 0,34 м – плечі прикладання сил P^y та P^x по відношенню до центру жорсткості болтового з'єднання (див. рис. 3.9).

Зусилля, прикладене до найбільш навантаженого (розтягнутого) болта (див. рис. 3.9):

$$P_б = \frac{M_{зг}}{2i_1} = \frac{3002}{2 \cdot 0{,}12} = 12508 \text{ Н}.$$

Розрахунок болтового з’єднання на міцність здійснюється за схемою, викладеною вище в п. 3.1.4.2 (для болтового з’єднання горловини крайньої опори з поясом естакади). Схема з’єднання показана на рис. 3.10.

За результатами виконаних розрахунків доведено:

- правильність затягування сполучення;
- міцність за пластичними деформаціями;
- міцність за амплітудою;
- міцність за максимальним напруженням.

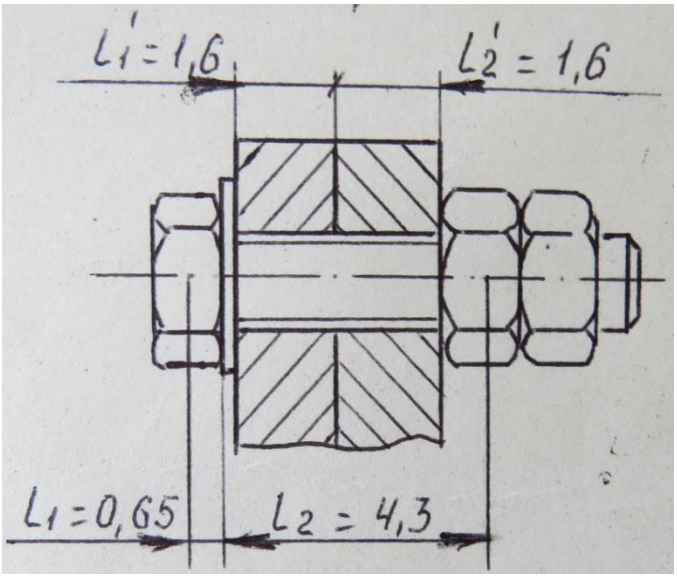


Рисунок 3.10 – Схема болтового з’єднання корпусу роликоопори та естакади (розміри в см)

3.1.5.3 Розрахунок підшипників ковзання ролика

На один підшипник ковзання передається наступне зусилля:

$$Q = \frac{P}{2} = \frac{16300}{2} = 8150 \text{ Н}.$$

Середній питомий тиск в підшипнику:

$$p = \frac{Q}{dL} = \frac{8150}{0,085 \cdot 0,036} = 27 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

де d = 0,085 м та L = 0,036 м – діаметр і ширина підшипника (див. рис. 3.9).

Матеріал підшипника – Бр.АЖ 9-4 ДСТУ 18175.

Допустимий питомий тиск: $[p] = 150 \cdot 10^5$ Па [17]. Таким чином, міцність підшипників доведена.

3.2 Аналіз відповідності виробів вимогам технічної документації та загальна оцінка їхнього технічного рівня

3.2.1 Відповідність технічним вимогам

Розглянуті в роботі розвантажувальні пристрої повністю відповідають вимогам технічного завдання, технічних умов та комплектів документації.

Основні вантажонесучі елементи розвантажувальних пристроїв (балки, опори) виконані з прокату за ДСТУ 19281 з тимчасовим опором розриву не менше 325 МПа (у тому числі з фасонного прокату – кутників, швелерів, двотаврів – з вуглецевої сталі за ДСТУ 380).

Граничні відхилення габаритних розмірів відповідають величинам, вказаним в конструкторській документації. Відхилення від прямолінійності та площинності поздовжніх балок не перевищують 1,5 мм на 1 м довжини.

Розвантажувальні пристрої обладнані опорними та напрямними роликами, постаченими масивними гумовими шинами за ДСТУ 5883. Ролики вільно, без заїдань обертаються на своїх осях. Підшипникові вузли роликів заповнені мастилом (солідолом Ж за ДСТУ 1033 або солідолом С за ДСТУ 4366).

Двері на вході і виході пристроїв обладнані пневмоциліндрами для їхнього відкривання, виконаними за ДСТУ 15608. При подачі стисненого повітря в пневмоциліндри стулки дверей відкриваються на кут не менше 90^o і повертаються у початкове положення за допомогою пружин розтягування при відключенні стисненого повітря.

Усі лакофарбові покриття пристроїв відповідають вимогам конструкторської документації для умов експлуатації покрить В5, клас покрить – VI-VII. Кольори фарбування: пристроїв розвантажувальних – сірий, огороджень та стулок дверей – жовтий.

Після контрольного складання розвантажувальних пристроїв усі їхні спо-

лучні елементи конструкцій, що збираються за допомогою болтових з'єднань, помічені одним порядковим номером. Спосіб нанесення цифр – фарбування по трафарету. Колір фарбування забезпечує добру видимість цифр, а їхня висота перевищує 60 мм.

3.2.2 Відповідність вимогам надійності

Показники надійності виробів відповідають вимогам технічної документації і мають наступні величини (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Показники надійності розвантажувальних пристроїв ПР

Показники	Значення
90%-ий термін служби, років, не менше Середній термін служби, років, не менше	8 10

3.2.3 Відповідність вимогам безпеки, охорони здоров'я та природи

Конструкції розвантажувальних пристроїв відповідають вимогам ДСТУ 12.2.003 та «Правилам безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом» [14].

Пристрої мають огородження, встановлені уздовж балок із зовнішнього боку і з торців уздовж дільниці рейкового шляху. Висота огороджень дорівнює не менше 1000 мм.

На вході і виході пристроїв, як вже було зауважено вище, встановлені двері.

Розвантажувальні пристрої обладнані системами пило пригнічення. Концентрація пилу у повітрі робочої зони не перевищує вимог ДСТУ 12.1.005.

Вимоги з охорони природи до конструкцій розглянутих розвантажувальних пристроїв не ставляться.

3.2.4 Правила приймання конструкцій до експлуатації

Для контролю відповідності конструкцій розвантажувальних пристроїв вимогам технічного завдання і технічних умов, а також визначення можливості поставки виробів на виробництво вони піддаються наступним видам випробувань:

- приймально-передатним;

- приймальним.

На приймально-передатні випробування направляються дослідні зразки розвантажувальних пристроїв після їхнього контрольного збирання на заводі-виготовлювачі. При цьому проводиться контроль вимог п. 5 табл. 2.1, а також п.п. 2.3, 2.5, 3.2.1 та 3.2.3 даної пояснювальної записки.

При позитивних результатах приймально-передатних випробувань дослідні зразки розвантажувальних пристроїв визнаються придатними для передачі замовнику та проведення приймальних випробувань. Ці рішення мають бути зафіксовані у формулярах виробів.

При отриманні негативних результатів випробувань виявлені дефекти мають бути усунені, а випробування повторені у повних обсягах. Якщо хоча б один дефект розвантажувального пристрою визнається неусувним, він повністю бракується.

Приймальним випробування піддаються лише ті розвантажувальні пристрої, що успішно пройшли приймально-передатні випробування. Приймальні випробування проводяться приймальною міжвідомчою комісією згідно з програмами та методиками приймально-передатних і приймальних випробувань.

Результати приймальних випробувань мають бути закріплені в акті і протоколі, що оформляються згідно з прийнятим порядком.

3.2.5 Методи контролю якості продукції

Вимога п. 1 табл. 2.1 забезпечується розрахунками та конструкціями розвантажувальних пристроїв і перевіряється в умовах експлуатації шляхом аналізу стану вантажонесучих елементів. Відсутність порушень цілісності цих елементів, включно зі зварними швами, або залишкових деформацій (прогину балок на

довжині 5,5 м більше 15 мм, який визначається візуально та вимірюється лінійкою ДСТУ 427 та рулеткою ДСТУ 7502) підтверджує відповідність параметру «несуча здатність» розрахунковому.

Вимоги п. 5 табл. 2.1 перевіряються за допомогою рулетки ДСТУ 7502, що забезпечує точність вимірювань ±1 мм.

Вимога п. 6 табл. 2.1 перевіряється шляхом зважування окремих елементів розвантажувальних пристроїв на вагах ДСТУ 23711, що забезпечують точність зважування до ±50 кг, та подальшого підсумовування мас усіх елементів, що утворюють той чи інший розвантажувальний пристрій. У зв'язку з тим, що маси розвантажувальних пристроїв не впливають на їхні споживчі властивості, контроль цього параметру за рішенням комісії, що проводить приймально-передатні випробування, допускається не здійснювати.

Що стосується технічних вимог до конструкцій (див. п. 3.2.1 даної пояснювальної записки), то обертання роликів слід перевіряти рукою, а наявність мастила в них – візуально по виходу його через ущільнення під час подачі шприцом у змащувальний отвір. Якість відкривання стулок дверей перевіряється за допомогою пневмоциліндрів, під'єднаних до мережі стисненого повітря з тиском 0,3-0,5 МПа (не менше трьох разів). Після від'єднання пневмомережі стулки повинні повертатися у початкове положення за допомогою пружин. Кут відкривання визначається візуально. Відхилення від прямолінійності та площинності поздовжніх балок заміряються за допомогою лінійки ДСТУ 8026 та штангенциркуля ДСТУ 166, який забезпечує точність вимірювань ±0,1 мм. Вимоги щодо матеріалів, з яких виготовлені основні вантажонесучі елементи конструкцій розвантажувальних пристроїв, перевіряються за сертифікатами на них або за результатами лабораторних виробувань.

Решту технічних вимог слід перевіряти способом зовнішнього огляду.

Вимоги п. 3.2.2 записки перевіряються в процесі проведення приймальних випробувань на підставі експертних оцінок членів приймальної комісії технічних станів розвантажувальних пристроїв.

Вимоги п. 2.3 записки перевіряються шляхом перевірки наявності позицій,

що входять до комплекту поставки.

Що стосується вимог до систем пилопригнічення пристроїв, то в основному вони перевіряються візуально, а концентрація пилу – замірами, які проводяться санітарною службою регіону, в якому відбуваються випробування.

Результати контролю, здійсненого під час проведення випробувань, показали, що конструкції розглянутих розвантажувальних пристроїв цілком відповідають перерахованим вище вимогам.

3.2.6 Загальна оцінка технічного рівня виробів

Проведений в роботі аналіз відповідності розвантажувальних пристроїв ПР усім вимогам технічної документації та умовам підземної експлуатації вітчизняних рудників дозволив зробити наступний висновок: конструкції розвантажувальних пристроїв ПР-60 та ПР-80 мають достатньо високий технічний рівень, що відповідає сучасному стану розвитку світової гірничодобувної промисловості і забезпечують підвищення ефективності процесу підземного транспортування гірничої маси за допомогою засобів електровозної відкатки.

4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АНАЛІЗОВАНИХ ВИРОБІВ

4.1 Загальні зауваження

Будь-яка техніка проектується і виготовляється у розрахунку на тривалу та ефективну експлуатацію в умовах діючого виробництва. Від кожного технічного об'єкту, призначеного для використання з метою механізації тих чи інших технологічних процесів, розробники очікують, що він принесе економічну користь, окупить витрати на його створення та забезпечить максимальний прибуток підприємству.

Для цього техніка повинна мати високу надійність, яка є поєднанням таких важливих властивостей, як безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність та збереженість. Звісно, рівень надійності технічного обладнання в основному закладається на стадії проектування і має бути забезпечений на стадії виготовленні. Під час її експлуатації впливати на нього у бік зростання практичного неможливо, але підтримувати його і не давати знижуватися потрібно обов'язково.

Одним з найефективніших шляхів досягнення цього є організація раціонального режиму експлуатації машин та устаткування, який забезпечується за рахунок ретельного дотримання усіх вимог технічної документації, якісної підготовки обслуговуючого персоналу, впровадження сучасних, науково обгрунтованих методів монтажу, використання за призначенням, технічного обслуговування та ремонту технічних об'єктів, що в кінцевому результаті повинно забезпечити високий рівень експлуатаційної надійності техніки [18].

Постійне удосконалення конструкцій рудникового транспорту потребує впровадження прогресивних підходів до застосування нових технологій виконання заходів експлуатації транспортних засобів з метою підвищення якості їхньої роботи, зниження матеріальних та трудових витрат. Ефективність вказаних факторів багато в чому залежить від системи монтажу, що використовується, способів експлуатації, ремонту та кваліфікованого обслуговування машин і обладнання [19].

4.2 Монтаж розвантажувальних пристроїв

Будова розвантажувальних пунктів гірничорудних шахт залежить, у першу чергу, від типу експлуатованих вагонеток. Для розвантаження вагонеток з глухим кузовом типу ВГ (а вони складають переважну більшість парку рухомого складу електровозної відкатки на вітчизняних шахтах) для цього служать колові перекидачі, а вагонеток з відкидним бортом типу ВБ – штокові. Усі вони – з пропуском і без пропуску електровозу; з одночасним розвантаженням однієї чи двох вагонеток – характеризуються циклічним процесом роботи і значними втратами часу на допоміжні маневрові операції.

Поява конструкцій вагонеток з відкидним днищем типу ВД дала можливість суттєво підвищити ефективність процесу розвантаження локомотивних потягів за рахунок забезпечення його безупинності. Розвантажувальні пристрої ПР, розглянуті в цій роботі, дозволяють організувати безперервне розвантаження потягу таких вагонеток під час його проходження через пристрій. При цьому вони відрізняються простотою конструктивного виконання, принаймні у порівнянні з перекидачами.

Пристрої ПР монтуються в пристовбурному дворі шахти над накопичувальними бункерами, з яких руда за допомогою завантажувальних пристроїв з дозаторами подається у скіпи для підйому її на поверхню.

Конструктивні елементи розвантажувальних пристроїв спускаються в шахту в кліті або, в разі значних лінійних розмірів, під кліттю.

Перед монтажем перевіряються усі складові частини виробів на предмет виявлення можливих ушкоджень, наявності усіх елементів кріплення. Після виконання підготовчих робіт приступають до монтажу окремих частин пристроїв.

Для монтажу пристрою з обох боків бункера у виробках облаштовуються майданчики для закріплення опорних рам. Фіксація рам до гірничого масиву або бетонного фундаменту здійснюється за допомогою анкерних болтів.

На рамах монтується головний вузол пристрою – естакада у складі двох поздовжніх балок з опорними і напрямними роликами та криволінійними рейко-

вими напрямними. Сполучення вузлів і деталей металоконструкцій пристрою забезпечується болтовими та зварними з'єднаннями. Естакада обладнується огородженням, майданчиками для обслуговування, дверима з пневмоприводом з обох боків, захисним кожухом по усій довжині та системою пилопригнічення у зоні розвантаження вагонеток.

Розрахунки болтових з'єднань вузлів пристроїв, приведені в п. 3.1.4 даної роботи, свідчать про надійність прийнятих технічних рішень і забезпечення достатньої міцності усієї конструкції у разі якісного виконання монтажу із суворим дотриманням усіх вимог технічної документації.

Що стосується зварювальних робіт, то необхідність їхнього якісного виконання також не викликає жодних сумнівів. Зварювальні шви повинні мати раціональні параметри і бути обов'язково перевірені на міцність. Розрахунок зварних швів ведеться згідно з їхніми конструкціями та характером дії навантажень (рис. 4.1) [19].

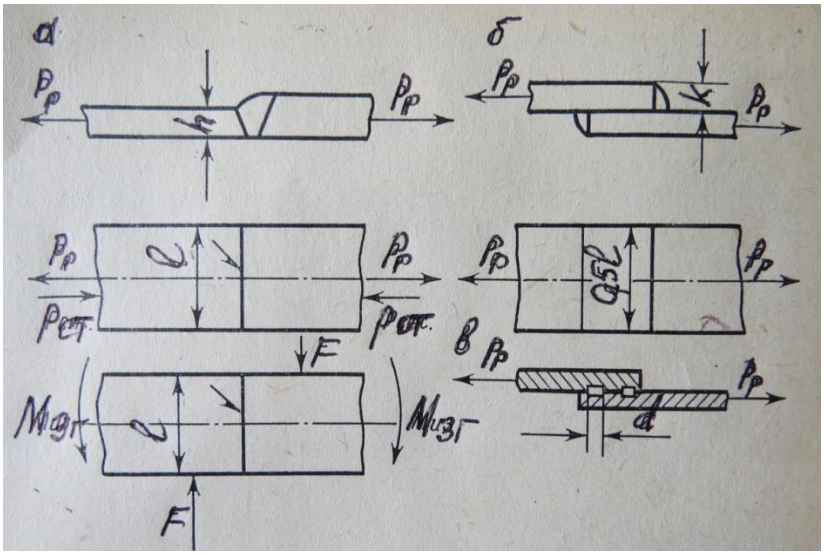


Рисунок 4.1 – Розрахункові параметри зварних швів:
а – стикових; *б* – внапуск; *в* – точкових

Наприклад, стикові шви (рис. 4.1*а*) перевіряють у разі дії розтягувальних або стискальних навантажень та згинального моменту. Під дією зусиль:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{P_{\text{р}}}{lh} \leq [\sigma_{\text{р}}]; \quad \sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ст}}}{lh} \leq [\sigma_{\text{ст}}],$$

де $P_р$ – розтягувальне зусилля, що діє на шов; h – висота шва, що дорівнює меншій товщині з'єднувальних деталей; $P_{ст}$ – стискальне зусилля, що діє на шов; l – довжина шва; $[\sigma_{ст}]$, $[\sigma_р]$ – допустимі напруження на стискання і розрив.

Під дією згинального моменту:

$$\sigma_{зг} = \frac{6M_{зг}}{hl^2} \leq [\sigma_{зг}].$$

Якщо зварний шов піддається одночасній дії розтягувальних чи стискальних зусиль та згинального моменту, то умову його міцності перевіряють за допомогою наступної формули:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{P_р}{hl} + \frac{6M_{зг}}{hl^2} \leq [\sigma_р].$$

Приведені формули дають можливість визначити потрібну довжину або висоту зварного шва.

Шви, які робляться внапуск (рис. 4.1*б*), також перевіряється за вказаними формулами. На додаток до цього вибирається величина катету шва:

$$K = \frac{h}{\beta},$$

де h – вибрана раніше висота шва; β = 1-0,7 – коефіцієнт, що враховує спосіб його виконання.

Точкові шви (рис. 4.1*в*) в залежності від характеру деформації розраховуються за наступними формулами:

- на зрізання шва під дією розтягувальної сили в площині, перпендикулярній осі точок:

$$\tau_{зр} = \frac{4P_р}{\pi d^2 Z_i} \leq [\tau_{зр}];$$

- на розрив шва під дією розтягувальної сили уздовж осі зварних точок:

$$\sigma_р = \frac{4P_р}{\pi d^2 Z_i} \leq [\sigma_р].$$

В цих формулах: Z_i – число точок шва; d – діаметр точок шва.

Після закінчення монтажу здійснюють контроль його якості. Зокрема, пе-

ревіряють площинність та горизонтальність балок естакади, рівні головок рейок на в'їзді і виїзді з естакади та під'їзних шляхів у виробках (неспівпадіння рівнів не повинно перевищувати величини у 8 мм).

Під час здійснення монтажних операцій необхідно ретельно дотримуватися усіх правил безпеки праці [14]. До роботи з доставки і монтажу розвантажувальних пристроїв допускаються лише ті робітники, що опанували усі питання техніки безпеки та пройшли спеціальний інструктаж.

Монтаж пристроїв повинен здійснюватися за заздалегідь розробленому плану організації робіт під наглядом спеціально призначених осіб. На конструкціях, що монтуються, мають знаходитися таблички з надписами «Не вмикати!», «Обережно! Працюють люди!». В зоні робіт вивішуються плакати, що попереджують при можливу небезпеку. Під час монтажу бункер має бути перекритий, а люди, що працюють на монтажі – постачені запобіжними пасами. Забороняється знаходитися в бункері в моменти доставки підвішених вантажів до місць установки.

Забороняється використовувати несправні інструменти. При застосуванні вантажопідйомних пристроїв слід дотримуватися встановлених правил експлуатації вантажопідйомного обладнання.

4.3 Використання пристроїв за призначенням

Експлуатація розвантажувальних пристроїв повинна відбуватися згідно з вимогами, викладеними в інструкції з експлуатації та з дотриманням при цьому усіх необхідних правил техніки безпеки [14].

Для роботи з локомотивними потягами у складі саморозвантажних вагонеток ВД-13,5 використовується розвантажувальний пристрій ПР-60, а для вагонеток ВД-16 – пристрій ПР-80.

Перед початком кожної робочої зміни слід обов'язково перевірити технічний стан розвантажувального пристрою:

- чи немає ушкоджень в конструкціях під'їзних шляхів і стопорів, контакт-

ної мережі, опорних та напрямних роликів, пневмосистеми відкривання дверей, системи пилопригнічення, засобів сигналізації та блокування.

В процесі експлуатації пристроїв внаслідок сприйняття робочих навантажень та абразивного зносу конструктивних елементів естакади можуть виникати ті чи інші відмови обладнання через досягнення граничних станів. Критерії граничних станів для конструкцій розвантажувальних пристроїв приведені в табл. 4.1 [12]. Елементи конструкції з такими параметрами повинні бути замінені на нові або відремонтовані.

Таблиця 4.1 – Критерії граничних станів для пристроїв розвантажувальних ПР

Найменування складальної одиниці (деталі)	Критерії граничних станів
Ролик опорний	Знос гумових шин на величину більше 10 мм (до діаметру 300 мм)
Ролик напрямний	Відрив шини від металевої втулки; виривання гуми на глибину більше 20 мм загальною площею більше 100 мм^2. Сумарний знос осі та підшипника ковзання більше ніж на 4 мм
Балка	Прогин балки на довжині 5,5 м більше ніж на 15 мм Руйнування зварних швів більше ніж у двох місцях на довжині більше 100 мм у кожному місці
Напрямна	Знос кола кочення діаметром 45 мм на величину більше 15 мм

Після закінчення робіт розвантажувальний пристрій має бути очищений від залишків вантажу та сторонніх предметів.

В процесі роботи забороняється:

- проїзд потягу через пристрій без подачі попереджувального сигналу;

- проводити будь-які роботи безпосередньо біля пристрою або на ньому;

- працювати в умовах поганого освітлення, вентиляції робочої зони, недостатнього пилопригнічення та відсутності індивідуальних засобів захисту;

- звільняти руками шматки руди, що зависли на металоконструкціях пристрою після проходження потягу.

4.4 Технічне обслуговування та ремонт виробів

Оскільки розглянуті в роботі розвантажувальні пристрої представляють собою в основному металоконструкції, постачені мінімумом механізмів, то і заходи технічного обслуговування і ремонту пристроїв будуть такими, які використовуються для металоконструкцій.

Технічне обслуговування виробів передбачає періодичні огляди їхнього технічного стану, під час яких перевіряються усі складальні одиниці, зварні сполучення, затягування болтових з'єднань, регулювання необхідних зазорів, контроль зносу конструктивних елементів, перевірка трубопроводів та рукавів живлення пневмоциліндрів стисненим повітрям та системи пилопригнічення водою тощо. Заходи технічного обслуговування проводяться згідно із затвердженим графіком, а їхні результати фіксуються у спеціальній документації.

Ремонтні роботи полягають у заміні елементів конструкції та механізмів, що зносилися або вийшли з ладу за іншими причинами.

ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано конструктивні особливості пристроїв типу ПР, призначених для безупинного розвантаження локомотивних потягів у складі саморозвантажних вагонеток ВД з відкидними днищами.

Транспортування видобутої у підземних умовах руди здійснюється на вітчизняних шахтах практично виключно за допомогою електровозної відкатки. Процеси завантаження і розвантаження потягів, укомплектованих найбільш розповсюдженими вагонетками типу ВГ з глухим кузовом, відбуваються циклічно, з численними перестановками потягу під віброживильниками і вібролюками та в перекидачах колового типу. При цьому багато робочого часу витрачається на непродуктивні допоміжні маневрові операції.

Для підвищення ефективності використання локомотивної відкатки гірничої маси запропоновані конструкції вагонеток ВД з спеціальним профілем кузову та відкидними днищами. Така конструкція кузову дає можливість перетворити потяг у суцільну ємність і забезпечити безперервний режим його завантаження. А відкидні днища дозволяють здійснювати безупинне розвантаження потягу під його проходження через розглянутий пристрій.

Аналіз розвантажувальних пристроїв типу ПР засвідчив високий технічний рівень конструкцій. Використання таких установок забезпечить підвищення ефективності експлуатації локомотивного транспорту за рахунок скорочення непродуктивних витрат робочого часу.

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

					КНУ.РБ.133.26.126с.01	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-		

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики шахтних вагонеток типу ВГ

Показники	Значення									
	ВГ-0,8	ВГ-1,2	ВГ-1,3	ВГ-1,4	ВГ-1,6	ВГ-2,5	ВГ-3,3	ВГ-4,5	ВГ-9,0А	ВГ-10
Номінальна місткість, $м^3$	0,8	1,2	1,3	1,4	1,6	2,5	3,3	4,5	9,0	10,0
Максимальна вантажопідйомність, т	1,5	3,0				6,0		13,5	27,0	30,0
Колія, мм	600					900		750; 900		
Довжина, мм	1500	1860	2000	2400	2700	2760	3410	3950	7850	7595
Висота від головки рейки, мм	1300			1230	1200	1300		1550		1600
Жорстка база, мм	450	550		650	800		1100	1250	4000	
Діаметр колеса по обіду кочення, мм	300					350		400		
Висота зчіпки (від осі до головки рейки), мм	320					365				
Маса, кг, не більше	560	615	650	660	690	1130	1270	4000	9100	8800

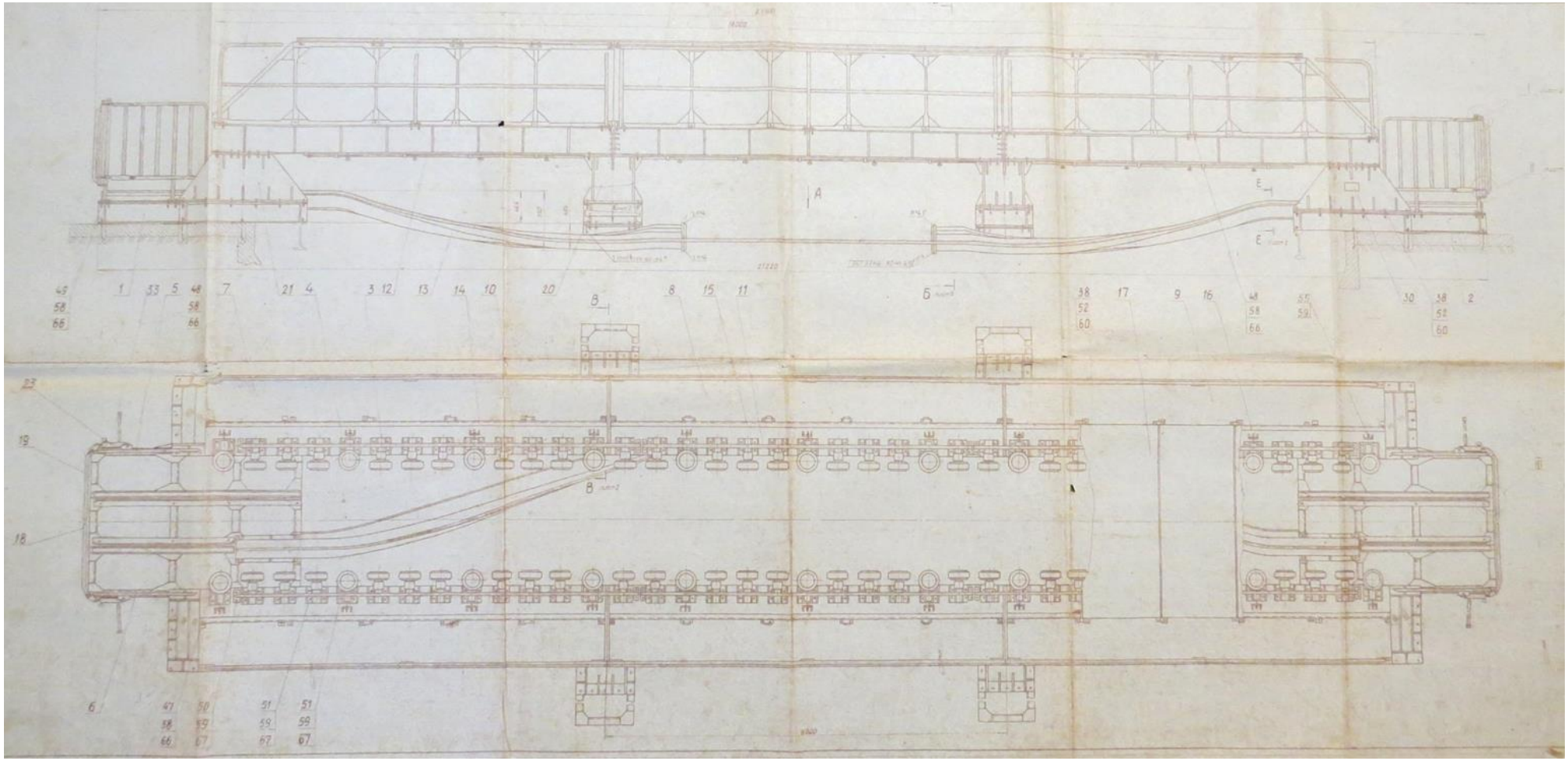


Рисунок 2.1 – Пристрій розвантажувальний ПР-80. Складальне креслення

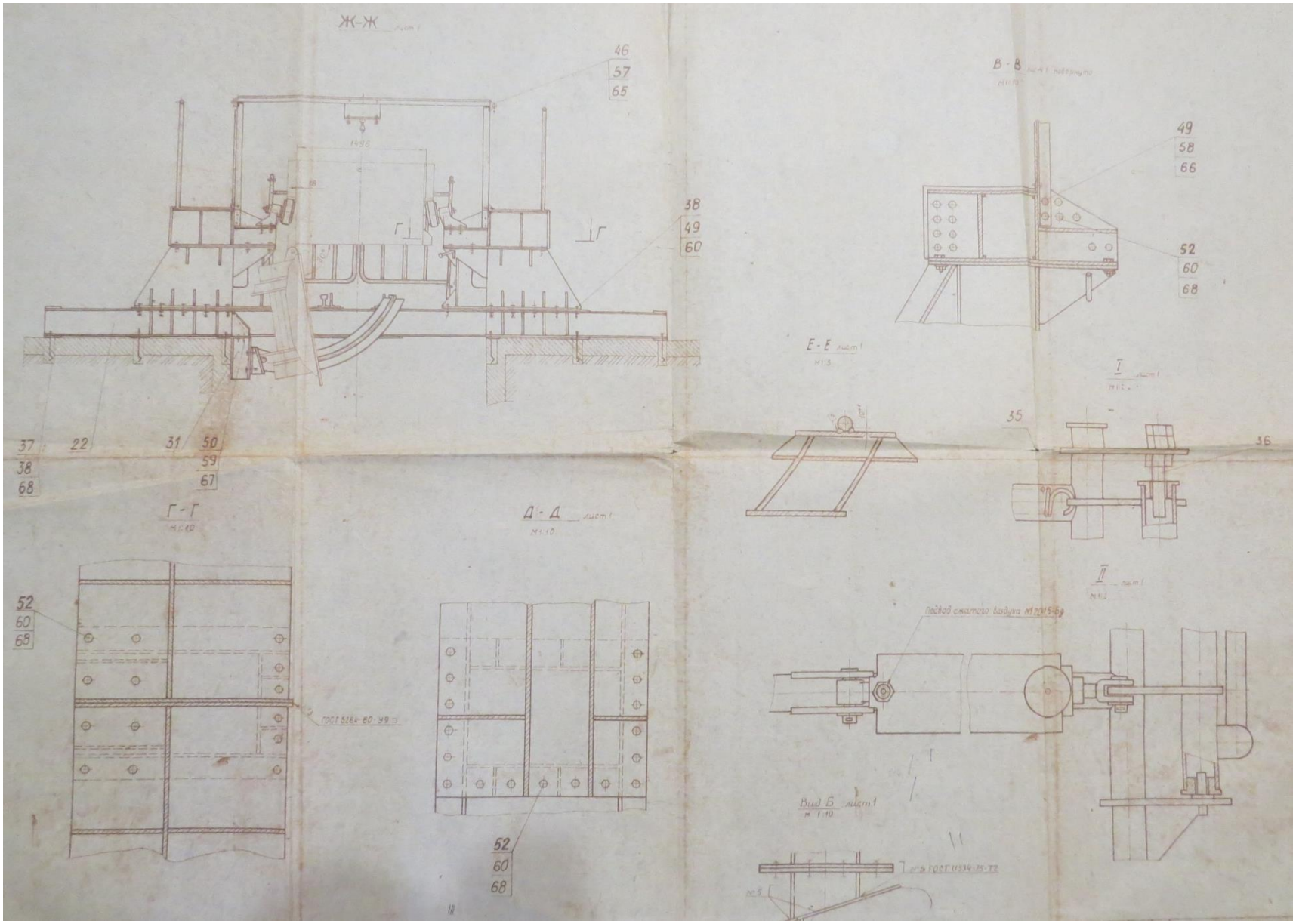


Рисунок 2.1 – Пристрій розвантажувальний ПР-80. Складальне креслення. Продовження

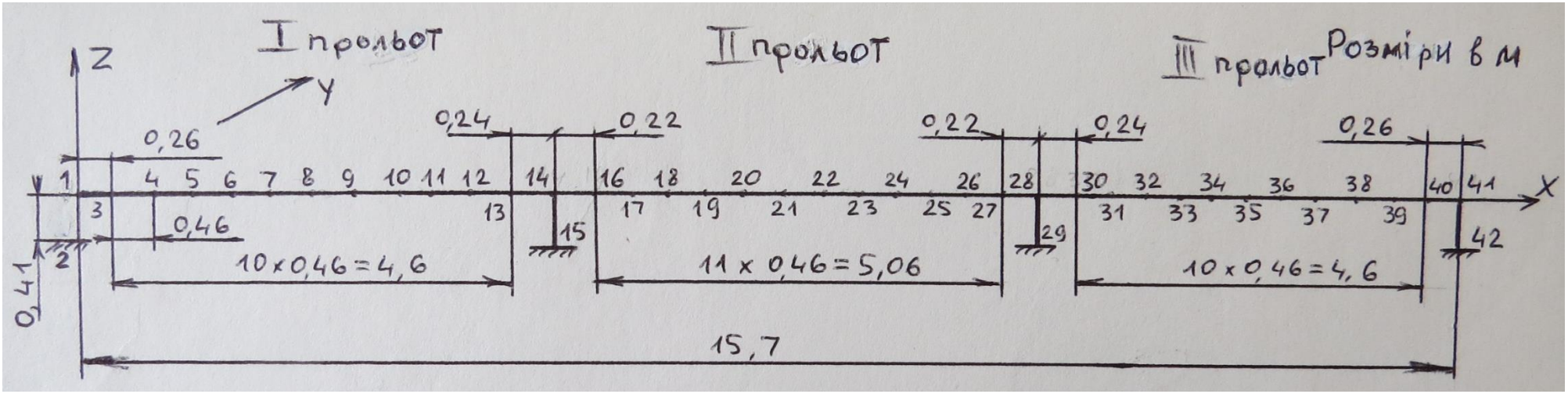


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема поясу естакади

Таблиця 3.1 – Координати і навантаження у вузлах поясу естакади згідно зі схемою на рис. 3.1

Вузол			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Координата, м		x	0	0	0,26	0,72	1,18	1,64	2,10	2,56	3,02	3,48	3,94	4,40	4,86	5,10	5,10
		y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		z	0,84	0	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0
Навантаження, кН Момент, кН·м	I і II вар. завантаж.	P_{zI}	-	-	-	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-	-13,6	-13,6	-13,6	-	-	-	-
		M_{xI}	-	-	-	10,72	10,72	10,72	10,72	-	10,72	10,72	10,72	-	-	-	-
		P_{zII}	-	-	-	-8,15	-8,15	-8,15	-8,15	-	-20,8	-20,8	-20,8	-	-	-	-
		M_{xII}	-	-	-	6,44	6,44	6,44	6,44	-	16,44	16,44	16,44	-	-	-	-

Вузол			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Координата, м		x	5,32	5,78	6,24	6,70	7,16	7,62	8,08	8,54	9,00	9,46	9,92	10,38	10,60	10,60	10,84
		y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		z	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0
Навантаження, кН Момент, кН·м	I і II вар. завантаж.	P_{zI}	-	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-	-13,6	-13,6	-	-	-	-13,6
		M_{xI}	-	10,72	10,72	10,72	10,72	10,72	10,72	10,72	-	10,72	10,72	-	-	-	10,72
		P_{zII}	-	-3,93	-3,93	-3,93	-3,93	-3,93	-3,93	-3,93	-	-3,93	-3,93	-	-	-	-3,93
		M_{xII}	-	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	-	3,10	3,10	-	-	-	3,10

Вузол			31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Координата, м		x	11,30	11,76	12,22	12,68	13,14	13,60	14,06	14,52	14,98	15,44	15,70	15,70	-	-	-
		y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
		z	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0	-	-	-
Навантаження, кН Момент, кН·м	I і II вар. завантаж.	P_{zI}	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-	-	-	-13,6	-13,6	-13,6	-	-	-	-	-
		M_{xI}	10,72	10,72	10,72	10,72	-	-	-	10,72	10,72	10,72	-	-	-	-	-
		P_{zII}	-3,93	-3,93	-3,93	-3,93	-	-	-	-3,93	-3,93	-3,93	-	-	-	-	-
		M_{xII}	3,10	3,10	3,10	3,10	-	-	-	3,10	3,10	3,10	-	-	-	-	-

Примітка: позитивний знак вузлового навантаження означає, що зосереджена сила діє по відповідній осі основної системи координат, якщо дивитися з її кінця (рис. 3.1)

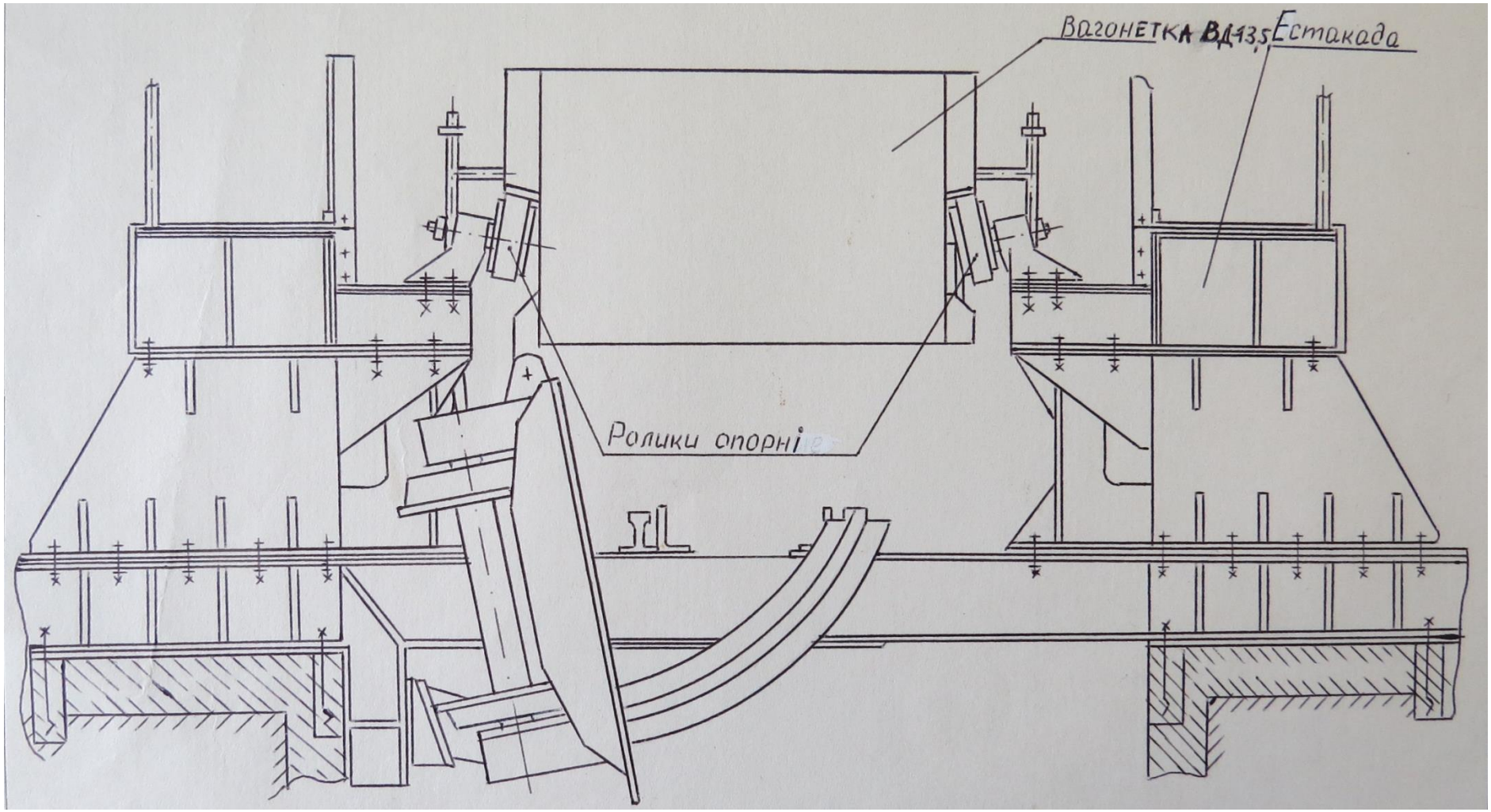


Рисунок 3.8 – Схема розташування вагонетки ВД-13,5 на опорних роликах розвантажувального пристрою ПР-60

Лист регистрации изменений

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