

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ**

**КРАСНОАРМІЙСЬКІЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
ДонНТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ І ОРГАНІЗАЦІЇ
ВИРОБНИЦТВА**

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ І АВТОМАТИКИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з навчальної дисципліни за вибором ВНЗ циклу
професійної та практичної підготовки

ТРАНСПОРТ НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

**Частина I. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ТРАНСПОРТНИХ
МАШИН ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ**

для студентів всіх форм навчання

Галузь знань: 0507 «Електротехніка та
електромеханіка»

Напрямок підготовки: 6.050702 «Електромеханіка»

Красноармійськ 2016

УДК 622.61 (071)

Конспект лекцій з навчальної дисципліни за вибором ВНЗ циклу професійної та практичної підготовки «Транспорт на гірничих підприємствах». Частина I. Вибір і розрахунок транспортних машин гірничих підприємств. Для студентів всіх форм навчання галузі знань 0507 «Електротехніка та електромеханіка» напрямку підготовки 6.050702 «Електромеханіка». / Укл. О.О. Пуханов – Красноармійськ: КП ДонНТУ, 2016 – 98с.

Конспект лекцій містить теоретичний матеріал згідно вимогам освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів галузі знань 0507 «Електротехніка та електромеханіка». Надані відомості стосовно теорії роботи, вибору та розрахунку транспортних машин для гірничих підприємств.

Укладач:

Пуханов О.О., старший викладач кафедри «Електромеханіки і автоматики»

Рецензент:

завідувач кафедрою «Електромеханіки і автоматики» КП ДонНТУ, д.т.н., професор В.Г. Синков

Відповідальний за випуск ПШБ, зав. каф. «Електромеханіки і автоматики» КП ДонНТУ, д.т.н., професор В.Г. Синков

Розглянуто на засіданні кафедри електромеханіки і автоматики КП ДонНТУ.

Протокол № 12 від 31.03.2016

Затверджено на засіданні навчально-методичного відділу ДонНТУ протокол № 9 від 12.04.2016

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	7
1.1. Загальні поняття про системи підземного транспорту.....	7
1.2. Технологічні завдання і види підземного транспорту.....	8
1.3. Транспортні комплекси в системі вугільних шахт...	11
1.4. Контрольні питання для самоперевірки.....	14
2. РОЗРАХУНОК ВАНТАЖОПОТОКІВ.....	15
2.1. Розрахунок вантажопотоків з очисного вибою.....	15
2.2. Розрахунок вантажопотоків з підготовчих вибоїв....	18
2.3. Контрольні питання для самоперевірки.....	19
3. ВИБІР СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ.....	20
3.1. Загальні відомості про стрічкові конвеєри що застосовуються на гірничих підприємствах.....	20
3.2. Вибір конвеєра за прийомною здатністю.....	21
3.3. Вибір конвеєра за припустимою технічною продуктивністю і довжиною.....	23
3.4. Контрольні питання для самоперевірки.....	31
4. РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ.....	32
4.1. Тяговий розрахунок стрічкових конвеєрів.....	32
4.2. Контрольні питання для самоперевірки.....	36
5. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК СКРЕБКОВИХ КОНВЕЄРІВ.....	37
5.1. Загальні відомості про скребкові конвеєри що застосовуються на гірничих підприємствах.....	37
5.2. Розрахунок скребкових конвеєрів.....	40
5.3. Контрольні питання для самоперевірки.....	42
6. РЕЙКОВИЙ ШЛЯХ.....	43
6.1. Загальні відомості про рейковий шлях.....	43
6.2. Параметри рейкового шляху.....	44
6.3. Контрольні питання для самоперевірки.....	46

7. ШАХТНІ ВАГОНЕТКИ.....	47
7.1. Загальні відомості про вагонетки, що застосовуються на шахтах.....	47
7.2. Стійкість вагонеток.....	48
7.3. Контрольні питання для самоперевірки.....	52
8. ЛОКОМОТИВНА ВІДКАТКА.....	53
8.1. Загальні відомості про локомотивну відкатку.....	53
8.2. Методика розрахунку електровозної відкатки.....	55
8.3. Витрата енергії на рух поїзда.....	63
8.4. Контрольні питання для самоперевірки.....	66
9. КІНЦЕВІ КАНАТНІ ВІДКАТКИ.....	67
9.1. Загальні відомості про кінцеву канатну відкатку.....	67
9.2. Розрахунок однокінцевих відкаток по похилих заїздах.....	70
9.3. Контрольні питання для самоперевірки.....	78
10. НАДГРУНТОВНІ КАНАТНІ ДОРОГИ.....	79
10.1. Загальні відомості про надгрунтовні канатні дороги.....	79
10.2. Розрахунок надгрунтової канатної дороги.....	80
10.3. Контрольні питання для самоперевірки.....	84
11. МОНОРЕЙКОВІ ДОРОГИ З КАНАТНИМ ТЯГОВИМ ОРГАНОМ.....	85
11.1. Загальні відомості про монорейкові дороги з канатним тяговим органом.....	85
11.2. Вхідні дані для розрахунку монорейкової дороги....	86
11.3. Вибір монорейкової дороги для перевезення вантажів по продуктивності.....	87
11.4. Вибір монорейкової дороги для перевезення людей по продуктивності.....	88
11.5. Розрахунок монорейкової дороги з канатним тяговим органом.....	90
11.6. Контрольні питання для самоперевірки.....	96
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	97

ВСТУП

Приєднання України до європейського освітнього простору висуває нові вимоги до якості навчання, зокрема особливої значущості набуває проблема підвищення конкурентоспроможності на ринку праці майбутніх випускників вищих навчальних закладів. Ринок праці висуває вимоги не лише до рівня фундаментальних знань потенційного працівника взагалі і до фахівця інженерного напрямку зокрема, але і до рівня його професійної компетентності. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають нові вимоги до професійної підготовки студентів, зокрема інженерного профілю.

Слід зауважити, що методична система навчання професійно орієнтованих дисциплін студентів технічних спеціальностей ВНЗ не повною мірою відповідає сучасним вимогам вищої освіти, а саме: студент повинен вчитися самостійно, тому що якість підготовки фахівців у вищій школі визначається не лише обсягом певних знань і навичок, але і здібністю до самоосвіти і творчої діяльності. Більш того, аби майбутній фахівець був конкурентоздатним він повинен на достатньому рівні уміти використовувати знання інших дисциплін (наприклад, математичних, економічних і т.і.) з тим, аби досягти максимального економічного ефекту від впровадження своїх інновацій на виробництві. Такі умови зумовлені сучасними потребами ринку праці.

На сучасному етапі реформування вищої освіти вченими–методистами активно досліджуються проблеми вдосконалення методики вивчення професійно орієнтованих дисциплін: досліджуються методичні аспекти організації самостійної роботи студентів.

Особливої значущості у вирішенні проблеми поліпшення якості вищої освіти студентів інженерних спеціальностей набувають лекційні заняття. Лише методично правильна організація учбово–пізнавальної роботи допоможе студентам проявити самостійність, творчий підхід і залучити до самоосвіти.

Опанування матеріалом розділом «Вибір і розрахунок транспортних машин гірничих підприємств» лекційного курсу з дисципліни «Транспорт на гірничих підприємствах» вкрай необхідне для фахівців інженерного профілю, зокрема студентів, які навчаються за напрямком «Електромеханіка» і спеціалізуються в області експлуатації гірського устаткування і машин.

Завдяки вивченню зазначеного розділу студенти знайомляться з теоретичними основами роботи, вибором та розрахунком сучасних типів транспортних машин, що знаходять широке застосування на гірничих підприємствах.

Вивчення цього розділу на достатньо високому рівні дає можливість студентам пропонувати і обговорювати технічні рішення по проблемам, які потребують удосконалення та раціонального й ефективного використання гірничого устаткування; акцентувати увагу на питаннях використання транспортних машин в тій або іншій ланці транспортного ланцюга гірського підприємства.

Досконале вивчення зазначеної дисципліни, яка є однією з профілюючих в підготовці фахівців інженерного профілю, є визначальним та відповідає вимогам вищої освіти на сучасному етапі навчання в вищих навчальних закладах в світлі Болонського процесу.

Але на сьогодні, нажаль, дуже мало підручників, в яких би в доступній формі та в повному об'ємі були стисло і на сучасному рівні викладені всі ці питання.

Тому виникла необхідність розробити курс лекцій в допомогу студентам по вивченню зазначеної дисципліни з врахуванням того, що за навчальними планами більша кількість часів відведена на самостійну роботу студентів.

1. ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Загальні поняття про системи підземного транспорту

Транспортна система гірського підприємства це впорядкована керована сукупність взаємозв'язаних транспортних пристроїв, призначених для транспортування по гірських виробленнях корисної копалини, породи, допоміжних вантажів і людей [7].

До складу транспортної системи входять комплекси транспортного устаткування. Транспортна система вугільної шахти включає комплекси: підземного транспорту, підйому і поверхні. У свою чергу, до складу комплексів входять ланки (наприклад, транспортний комплекс підземного транспорту складається з дільничного і магістрального).

Роль транспорту в загальному комплексі виробничих процесів:

- основний елемент процесу видобутку корисних копалин;
- % виконання плану залежить від безперебійної роботи транспорту;
- собівартість видобутку вугілля.

Сучасний стан транспорту гірських підприємств.

На вугільних шахтах:

На пластах з кутом падіння $\alpha \leq 18$.

Дільничний транспорт – практично повністю конвеєризован.

Доставка вугілля:

- з очисних забоїв – скребковими конвеєрами;
- по штреках і похилих виробленнях – стрічковими конвеєрами.

Доставка матеріалів, устаткування і людей:

- акумуляторними електровозами;
- надгрунтовними і монорейковими канатними дорогами.

Магістральний транспорт:

По горизонтальних виробленнях:

- стрічкові конвеєри;
- відкатка (75-80% акумуляторними електровозами) електровоза.

По похилих виробленнях:

- стрічкові конвеєри;
- канатна відкатка.

На пластах з кутом падіння $\alpha > 18$.

Дільничний транспорт – локомотивна відкатка вантажів.

По похилих ви робіткам – канатна відкатка (вагонетки, скіпи).

На рудних шахтах:

Дільничний транспорт – 95% скреперні установки.

Починає впроваджуватися самохідна техніка.

Магістральний транспорт – 100% відкатка електровозами.

Розробка і впровадження прогресивної технології підземного видобутку вугілля і комплексна механізація гірських робіт вимагає постійного вдосконалення існуючих схем і засобів транспорту, а також формування потокових транспортних систем на базі високопродуктивних транспортних комплексів.

1.2. Технологічні завдання і види підземного транспорту

1.2.1. Технологічні функції внутрішньошахтного транспорту. Транспорт гірських підприємств є складною системою взаємопов'язаних транспортних ланок як усередині підприємства так і за його межами.

За місцем роботи шахтний транспорт класифікується на зовнішній і внутрішній (внутрішньошахтний).

Зовнішній транспорт забезпечує вивезення корисної копалини від гірського підприємства до споживача або місць переробки (ЦЗФ) і доставку устаткування і матеріалів від заводів постачальників.

Зовнішній транспорт представлений головним чином залізничним, а також конвеєрним, автомобільним, канатно-

підвісним та ін. видами.

Внутрішньошахтний транспорт – призначений для переміщення по підземних гірських виробленнях і на поверхні (у межах гірського підприємства) корисної копалини і різного роду вантажів (кріпильних матеріалів, вибухових, закладних матеріалів, устаткування, породи і т. і.), а також для перевезення людей [17].

Залежно від місця роботи внутрішньошахтний транспорт розділяють на підземний (забійний, дільничний, магістральний, в навколостобурових дворах) і транспорт поверхні (від стволів до пунктів завантаження в засоби зовнішнього транспорту, складів, відвалів породи та ін.).

На вугільних шахтах основними видами підземного транспорту є локомотивний і конвеєрний, рідше – гідравлічний і гравітаційний.

На рудних шахтах – локомотивний, самохідний, скреперний і гравітаційний, впроваджується також конвеєрний.

На поверхні шахт використовуються усі види транспорту, але переважно – конвеєрний і гравітаційний.

До основних функцій внутрішньошахтного транспорту відносять:

- доставку людей, матеріалів і устаткування до очисних і підготовчих забоїв;
- перевезення вантажів, людей від забоїв до поверхні;
- транспорт корисних копалини, матеріалів і устаткування на поверхні гірського підприємства.

Внутрішньошахтний транспорт залежно від виду вантажів, що перевозяться, розділяють на:

- основний (перевезення корисних копалини від очисних забоїв);
- допоміжний (перевезення матеріалів, устаткування і людей);
- порода – перевозиться засобами основного і допоміжного транспорту.

Конструктивні різновиди засобів транспорту.

До технологічних функцій підземного транспорту відносяться:

1. Прийом і транспортування корисних копалини з очисних забоїв до навколостобурового двору.

2. Прийом і транспортування корисних копалини і породи з підготовчих забоїв до транспортних засобів тих, що доставляють корисні копалини з очисних забоїв

3. Транспортування допоміжних матеріалів і устаткування від навколостовбурового двору до очисних і підготовчих забоїв.

4. Транспортування закладного матеріалу.

5. Перевезення людей в умовах комфорту за менш ніж 45 хвилин.

До технологічних функцій транспорту відносяться також процеси: завантаження; розвантаження; складування і інші процеси, супутні перевезенню.

1.2.2 Призначення і класифікація транспортних засобів гірських підприємств. Надзвичайно важкі умови експлуатації транспортних машин на гірських підприємствах і високі вимоги, що пред'являються до них, зумовили необхідність створення різноманітних засобів транспорту, які класифікуються за наступними ознаками [17]:

- принципу дії;
- способу транспортування;
- типу тягових елементів;
- типу грузонесучих елементів;
- типу приводу;
- тривалість роботи на одному місці.

У виробничих ситуаціях класифікаційними ознаками засобів транспорту користуються:

а) принципами дії – при розрахунку продуктивності засобів транспорту;

б) способами переміщення вантажів – при вивченні процесів транспортування;

в) типами тягових і грузонесучих елементів при вивченні теорії їх дії;

г) типами приводів – при вивченні конструкцій транспортних машин і установок;

д) конструктивними ознаками – при вивченні конструкцій транспортних машин і установок;

е) тривалістю роботи на одному місці – при вибиранні засобів транспорту стосовно заданих умов експлуатації.

За принципом дії засобу внутрішньошахтного транспорту класифікуються на засоби безперервної і циклічно-періодичної дії, навантажувальні машини, закладні машини і устаткування навантажувальних і обмінних станцій.

1.3 Транспортні комплекси в системі вугільних шахт

1.3.1 Структура і призначення транспортних комплексів. Сукупність транспортних машин і споруд утворює шахтні комплекси із загальною системою управління.

Під комплексом шахтного транспорту розуміють керовану в часі і просторі сукупність транспортних машин, установок і допоміжного устаткування, призначену для переміщення корисної копалини, породи, закладного матеріалу і допоміжних вантажів по певних транспортних комунікаціях в заданому напрямі і пов'язаних між собою так, щоб продуктивність усіх машин, що входять в комплекс, відповідала заданому вантажопотоку, а процеси транспортування забезпечувалися комплексною механізацією основних і допоміжних робіт [17].

До допоміжного устаткування віднесені також навантажувальні, перевантажувальні і розвантажувальні пристрої – пункти, а також засоби диспетчеризації і автоматизації.

Залежно від місця розміщення транспортних засобів і їх призначення розрізняють наступні транспортні комплекси:

1. Забійні;
2. Дільничні;
3. Магістральні;
4. Призабойні прохідницькі;
5. Комплекси навколостовбурових дворів;
6. Транспортні комплекси поверхні;
7. Комплекси закладних матеріалів.

Наприклад:

- забійний транспортний комплекс вугільних шахт

призначений для доставки вугілля від комбайна (струга) до навантажувального пункту лави. Залежно від прийнятої технологічної схеми ведення очисних робіт забійний транспортний комплекс може включати один або декілька скребкових конвеєрів (конвеєр лави, берми, просіка та ін.), а також скребковий перевантажувач (іноді і подрібнювальна установка), встановлений на проміжному штреку;

- дільничний транспортний комплекс – система стрічкових конвеєрів, встановлених на проміжному штреку, з бункером у вузлі сполучення з похилим виробленням або без бункера;
- прохідницький транспортний комплекс – сукупність навантажувальних машин і призабойних транспортних машин і механізмів.

У місцях сполучення забійних, дільничних, магістральних комплексів комплексу навколостовбурового двору створюються підземні станції.

Підземна станція № 1 – навантажувальні пункти очисних і підготовчих забоїв.

При конвеєрній доставці вугілля по дільничних виробленнях навантажувальні пункти оснащуються спеціальними перевантажувачами.

При транспортуванні вугілля у вагонетках навантажувальні пункти оснащуються спеціальним устаткуванням:

- перекриваючим пристроєм між вагонеток;
- маневровими лебідками і штовхачами;
- ущільнюючими пристроями (вібраторами);
- спеціальними стрілочними тимчасовими перекладами;
- тимчасовими рейковими шляхами (у підготовчому забої).

Підземна станція № 2 - приймальні майданчики бремсбергів і ухилів для прийому і транспортування вугілля по бремсбергу і ухилу стрічковими конвеєрами або канатною відкаткою.

При транспортуванні вугілля по бремсбергам і ухилах стрічковими конвеєрами вугілля на основний горизонт поступає в гірські бункери. Якщо з бункерів вугілля перевантажується у

вагонетки, то в місцях його перевантаження влаштовуються навантажувальні пункти як і на підземній станції № 1 з аналогічним і додатковим устаткуванням. До додаткового устаткування відносяться затвори – пристрої, за допомогою яких перекривається вихідний отвір гірських бункерів і при необхідності робиться завантаження составів вагонеток [17].

При транспортуванні основного вантажопотоку канатною відкаткою застосовують спеціальне устаткування: маневрові лебідки ЛВД або штовхачи ПТВМ для підштовхування порожніх (навантажених) вагонеток до панцеру каната, путні ролики.

1.3.2 Основні вимоги до устаткування транспортних комплексів. Підземний транспорт вугільних шахт характеризується специфічними особливостями експлуатації. Основний вантажопотік (вугілля, порода) складають насипні вантажі. Допоміжний вантажопотік формують штучні вантажі, важке устаткування, люди.

Переміщаються вони по протяжних непрямолінійних гірських виробленнях з обмеженим перерізом і складним подовжнім профілем.

Особливістю експлуатації транспортних пристроїв і комплексів вживаних в очисних і підготовчих забоях і прилеглих до них виробленнях, є необхідність періодичного переміщення, укорочення або подовження транспортних ланок у міру посування забоїв.

Усе це обумовлює спеціальні вимоги до підземних транспортних пристроїв, до яких відносяться:

Технічні:

- безперебійна робота;
- збереження сортності корисної копалини;
- надійна робота вузлів сполучення;
- надійна робота вузлів розвантаження і вантаження;
- максимальна однотипність транспортних засобів.

Організаційні – комплексна ув'язка основного і допоміжного вантажопотоків.

Економічні:

- забезпечення високих техніко-економічних показників;

- висока продуктивність праці;
- мінімальна кількість людей;
- мінімальні капітальні витрати;
- мінімальна собівартість завантаження і розвантаження.

Гірничотехнічні – взаємноув'язка параметрів транспортних засобів і параметрів гірських вироблень.

Ергономічні:

- гігієнічні;
- антропометричні, використовувані для визначення відповідності виробу розмірам і формі людського тіла (кабіни машиністів електровозів, машин навантажувальних доставок, вагонеток для перевезення людей та ін.);
- фізіологічні і психофізіологічні, використовувані при визначенні виробу фізіологічним властивостям людини (швидкісні і силові можливості при гальмуванні електровоза, відповідності вібрації пасажирських вагонеток, швидкість спрацьовування ловців і парашутів та ін.).

Безпеці.

1.4 Контрольні питання для самоперевірки

1. Надати поняття транспортної системи гірничого підприємства.
2. Які технологічні функції відносяться до підземного транспорту?
3. Обґрунтувати призначення і класифікація транспортних засобів гірських підприємств?
4. Що розуміють під поняттям «Комплекс шахтного транспорту»?
5. Які існують транспортні комплекси на гірничих підприємствах?
6. Які вимоги треба враховувати при виборі підземних транспортних пристроїв?

2. РОЗРАХУНОК ВАНТАЖОПОТОКІВ

2.1. Розрахунок вантажопотоків з очисного вибою

Для обґрунтованого вибору конвеєрного транспорту необхідно визначити наступні якісні характеристики вантажопотоку [10]:

$a_{(n)}$ – середній хвилиний вантажопоток за час надходження вугілля від очисного вибою на конвеєр, т/хв;

$a_{(max)}$ – максимальний хвилиний вантажопоток, що надходить від очисного вибою на конвеєр у період досягнення видобувною машиною максимально припустимої в очисному вибої швидкості подачі, т/хв.

Вхідні дані:

Тип видобувного комбайна та конвеєра, що працюють у лаві.

$L_{об}$ – довжина очисного вибою, м;

m – потужність пласту вугілля, м;

$A_{зм}$ – змінний обсяг видобутку, т/зміну;

$T_{зм}$ – тривалість видобувної зміни, хв;

b – ширина захвата добичної машини;

$\gamma_{ц}$ – щільність вугілля в цілині, т/м³

Середній хвилиний вантажопотік за час надходження вугілля від очисного вибою розраховується за формулою:

$$a_{(n)} = \frac{A_{зм}}{60 \cdot T_{зм} \cdot k_{п}} \text{ т/хв,}$$

де $k_{п}$ – коефіцієнт часу надходження вантажу від одного очисного вибою на транспортну систему.

Значення $k_{п}$ обираємо залежно від прийнятої схеми роботи видобувного комбайна.

При човниковій схемі роботи комбайна:

$$k_{п} = \frac{t_{в}}{60 \cdot T_{зм}}$$

При одnobічній схемі з зачищенням вибою при зворотньому

ході комбайна:

$$k_{\Pi} = \frac{t_b + t_3}{60 \cdot T_{3M}},$$

де t_b – фактична тривалість роботи очисного комбайна протягом зміни, хв;

t_3 – фактична тривалість зачищення протягом зміни, хв.

У випадку одночасної роботи декількох очисних вибоїв на конвеєрну лінію значення середнього сумарного вантажопотоку визначається за формулою:

$$a_{(n)\Sigma} = \sum_{i=1}^n a_{(n)i}, \text{ Т/хв.}$$

Визначення максимального хвилинного вантажопотоку. Визначається максимальна кількість вугілля, що надходить з очисного вибою за умови відсутності обмеження щодо продуктивності конвеєра, встановленого в лаві [10]:

– при прямому ході видобувного комбайна (назустріч руху ланцюга конвеєра встановленого в лаві)

$$a'_{\max} = m \cdot b \cdot v_{\max} \cdot \delta_1 \psi_{\Pi} \cdot \gamma_{\Pi}, \text{ Т / хв ;} \quad (2.1)$$

– при зворотньому ході видобувного комбайна (за ходом руху ланцюга конвеєра встановленого в лаві)

$$a''_{\max} = m \cdot b \cdot v'_{\max} \cdot \delta_2 (1 - \psi_{\Pi}) \cdot \gamma_{\Pi}, \text{ Т / хв ;} \quad (2.2)$$

де v_{\max} – максимальна швидкість подачі видобувної машини при прямому ході, м/хв;

v'_{\max} – максимальна швидкість подачі видобувної машини при зворотньому ході, м/хв;

Для човникової схеми роботи видобувної машини:

$$v_{\max} = v'_{\max};$$

Якщо при зворотньому ході відбувається зачищення

$$v'_{\max} = 0,85 v_{\max.M};$$

$v_{\max.M}$ – максимальна маневрова швидкість подачі видобувної машини, м/хв;

δ_1 и δ_2 – розрахункові коефіцієнти:

$$\delta_1 = \frac{v_k}{v_k + v_{\max}}; \quad \delta_2 = \frac{v_k}{v_k - v'_{\max}};$$

- v_k – швидкість руху ланцюга конвеєра встановленого в забої, м/хв;
 ψ_{Π} – коефіцієнт навантаження, що залежить від схеми роботи видобувної машини і приймається:
 $\psi_{\Pi} = 1$ – для формули (2.1) и $\psi_{\Pi} = 0$ – для (2.2), під час роботи видобувної машини по човниковій схемі;
 ψ_{Π} – обирається за довідниками при однобічній схемі із зачищенням(в залежності від кута падіння пласту та його потужності).

Найбільше із знайдених за формулами (2.1) і (2.2) значення a'_{\max} и a''_{\max} порівнюється з максимальною хвилинною продуктивністю конвеєра встановленого в очисному вибої – $a_{з.к.}$ (обирається з характеристик конвеєра).

Як максимальний хвилинний вантажопоток $a_{(\max)}$, що надходить з одного очисного вибою, варто приймати [10]:

$$a_{(\max)} = a'_{(\max)} \text{ (або } a''_{\max}\text{), якщо } a'_{\max} \text{ (або } a''_{\max}\text{)} < a_{з.к.}$$

$$a_{(\max)} = a_{з.к.}, \text{ якщо } a'_{\max} \text{ (або } a''_{\max}\text{)} \geq a_{з.к.}$$

Значення максимального сумарного хвилинного вантажопотоку за час надходження з кожного очисного вибою:

$$a_{(\max)\Sigma} = \sum_{i=1}^n a_{i(n)} + n_{\sigma} \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2},$$

де σ_i – середньоквадратичне відхилення значень хвилинних вантажопотоків, м/хв;

$$\sigma_i = \frac{a_{i(\max)} - a_{i(n)}}{2,33}, \text{ Т/хв};$$

n_{σ} – ймовірнісний параметр, що враховує спільність надходження максимальних вантажопотоків з очисних вибоїв (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Значення ймовірнісного параметру n_{σ}

Кількість лав	2	3	4	5	6	7	8
n_{σ}	2,4	2,15	1,9	1,7	1,5	1,25	1

2.2. Розрахунок вантажопотоків з підготовчих вибоїв

Вантажопотоки вугілля та породи при проектуванні конвеєрного транспорту.

Для практичних розрахунків досить врахувати середньозмінні хвилинні вантажопотоки за періоди роботи прохідницького устаткування, що здійснює навантаження вугілля або породи на загальношахтну конвеєрну систему [10].

Середнє значення вантажопотоку за машинний час із підготовчого вибою, оснащеного комбайном або навантажувальною машиною складає:

- для вугілля

$$u_{iv} = \frac{S_B \cdot L_{II} \cdot \gamma_{цв}}{t_{рв}}, \text{ Т/хв},$$

- для породи

$$u_{ip} = \frac{S_{II} \cdot L_{II} \cdot \gamma_{цп}}{t_{рп}}, \text{ Т/хв},$$

де S_{II} – перетин вироблення щодо породи, m^2 ;

S_B – перетин вироблення щодо вугілля, m^2 ;

L_{II} – середній змінний темп проходки, m ;

$\gamma_{цв}$ – щільність вугілля в масиві, t/m^3 ;

$\gamma_{цп}$ – щільність породи в масиві, t/m^3 ;

$t_{рв}$ – час роботи комбайна або навантажувальної машини щодо навантаження протягом зміни вугілля, $хв$;

$t_{рп}$ – час роботи комбайна або навантажувальної машини щодо навантаження протягом зміни породи, $хв$.

Під час надходження на конвеєр вантажопотоків із двох і більше підготовчих вибоїв величина сумарного вантажопотоку може бути визначена за формулою [10]:

$$u_{\Sigma} = z \sum_{i=1}^n u_i, \text{ Т/хв}.$$

Коефіцієнт z приймається по таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Значення коефіцієнту z

Кількість підготовчих вибоїв	2	3	4
z	0,95	0,85	0,75

2.3 Контрольні питання для самоперевірки

7. Чим відрізняються середній та максимальний хвилинний вантажопотоки з очистного вибою?
8. Як визначити час надходження вугілля з очистного вибою?
9. Що враховує коефіцієнт навантаження?
10. Яким чином визначити сумарний середній та максимальний вантажопотоки з декількох забоїв?
11. Яким чином визначається середній вантажопоток з підготовчого забою?
12. Як визначити сумарний середній вантажопоток з підготовчого забою?

3. ВИБІР СТРИЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

3.1. Загальні відомості про стрічкові конвеєри що застосовуються на гірничих підприємствах

Стрічкові конвеєри набули широкого поширення у гірській промисловості завдяки своїм високим експлуатаційним якостям.

Стрічкові конвеєри типажного ряду 1Л80, 2Л80, 1ЛТ80, 2ЛТ80, 1ЛТП80 є основними моделями, призначеними для транспорту вугілля по горизонтальних і похилих виробках (з кутами нахилу від -3 до $+6^\circ$), що безпосередньо примикають до очисних забоїв. Ці моделі конвеєрів мають однаковий швидко розбірний став з підвісними роликоопорами. Став конвеєра може встановлюватися на ґрунті виробки, а при необхідності – підвішуватися до кріплення виробки. На їх основі випущені конвеєри уніфікованого ряду 1Л80У, 2Л80У, 1ЛТ80У, 2ЛТ80У, 1ЛТП80У [10].

Телескопічні конвеєри застосовують в комплексі із скребковими перевантажувачами при відпроцюванні стовпів вугільного пласта. У міру просування очисного забою хвостовий барабан телескопічного конвеєра переміщається разом із скребковим перевантажувачем спеціальними гідроциліндрами. Слабке місце конвеєрної стрічки, що утворюється при цьому, автоматично вибирається телескопічним пристроєм, що є системою барабанів, що відхиляють, в комплексі з натяжним барабаном, що має великий хід. У міру переміщення хвостового барабана телескопічний пристрій підтримує постійне натягнення стрічки. Після укорочення конвеєра на 30 - 45 м конвеєрної стрічку розстиковують і видаляють відрізки довжиною 60 - 90 м, які змотують в бухту і прибирають. Натяжний барабан повертають у вихідне положення і стрічку знову стикують. Потім цикл скорочення телескопічного конвеєра повторюється [10].

Конвеєри 1ЛБ80, 2ЛБ80, 1ЛУ80 і їх модифікації використовують у виробленнях, що примикають до очисних забоїв, при відпроцюванні пологопадаючих пластів по

повстанню або падінню.

Конвеєри 1Л100У, 2Л100У і їх модифікації мають ті ж особливості по вживанню, що і конвеєри з шириною стрічки 800 мм, проте вони розраховані на велику продуктивність і, отже, відрізняються від попередніх деякими конструктивними особливостями (наприклад потужнішими приводними станціями).

Стрічкові конвеєри 1ЛУ120, 2ЛУ120, 1ЛБ120, з шириною стрічки 1200 мм призначені для установки в капітальних виробках і похилих стволах. Це стаціонарні конвеєрні установки великої продуктивності, в яких приводні станції встановлені на бетонному фундаменті в спеціальних камерах .

Конвеєр 2ЛЛ100, призначений для перевезення вантажів і людей, має став з вантажною і порожньою вітками, рознесеними по висоті, для зручності посадки людей на нижню вітку. Він призначений для установки у виробках з кутами нахилу від 6 до 18° .

Стрічкові конвеєри обирають по чинниках «прийомна здатність» та «допустима експлуатаційна продуктивність і довжина», а потім виконують його перевірочний розрахунок.

3.2. Вибір конвеєра за прийомною здатністю

Метою вибору конвеєра по цьому технічному параметру є визначення ширини конвеєрної стрічки і швидкості її руху щоб запобігти просипанню вантажу з тягового органу.

Для вибору конвеєра по прийомній здатності необхідні наступні вхідні величини:

- $a_{1(n)}$ і $a_{1(max)}$ – характеристики хвилинних вантажопотоків, що надходять з кожного очисного вибою на даний конвеєр(середній і максимальний);
- u_1 – середній хвилинний вантажопотік, що надходить з одного підготовчого вибою на даний конвеєр.

Для визначення максимальних хвилинних вантажопотоків на конвеєрі, розглянемо характерні схеми завантаження конвеєрів і аналітичні залежності для визначення максимальних хвилинних вантажопотоків на конвеєрах у виді таблиці (табл. 3.1) [10].

У таблиці позначені:

- $q_{1(max)}$ – обумовлений максимальний хвилинний вантажопотік на конвеєрі, т/хв;
 $q'_{1(max)}$ – максимальний хвилинний вантажопотік на конвеєрі, що подає вантажопотік у бункер або на конвеєр, що розраховується, т/хв;
 $Q_б$ – продуктивність розвантажувального пристрою бункера, т/хв.

Таблиця 3.1

Схеми та розрахунок вантажопотоку на конвеєрі

Джерело надходження вантажопотоку	Характерна схема надходження вантажопотоків на конвеєр	Аналітична залежність для визначення максимального хвилинного вантажопотоку на конвеєрі, $q_{1(max)}$, т/хв
З одного очисного вибою		$q_{1(max)} = a_{1(max)}$ $q_{1(max)} = q'_{1(max)} = a_{1(max)}$
З одного підготовчого вибою		$q_{1(max)} = u_1$ $q_{1(max)} = q'_{1(max)} = u_1$
З двох і більш очисних і підготовчих вибоїв і з бункерів (загальний випадок)		$q_{1(max)} = a_{1(max)\Sigma} +$ $+z \sum_1^n u_1 + \sum_1^n Q_б$

Обов'язковою вимогою правильного вибору конвеєра по

технічному параметру «хвилинна прийомна здатність» є дотримання умови:

$$\gamma \cdot Q_{\text{к.пр.}} \geq q_{1(\text{max})},$$

де $Q_{\text{к.пр.}}$ – хвилинна прийомна здатність конвеєра, м³/хв;

γ – насипна щільність, т/м³,
або

$$Q_{\text{к.пр.}} \geq \frac{q_{1(\text{max})}}{\gamma}, \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Знаючи $Q_{\text{к.пр.}}$, по таблицях [5, 8], вибираємо технічні параметри конвеєра, необхідного для даних умов експлуатації:

B – ширину стрічки, м;

$v_{\text{к}}$ – швидкість стрічки, м/с.

Величину $Q_{\text{к.пр.}}$ приймаємо найближчу більшу, ніж величина $\frac{q_{1(\text{max})}}{\gamma}$.

В окремих випадках (по економічних розуміннях, унаслідок відсутності необхідного типу конвеєра або відсутності можливості заміни конвеєра при підвищенні максимального хвилинного вантажопотоку) можливе застосування конвеєрів з меншою прийомною здатністю. Однак, у цьому випадку для запобігання просипання вантажу необхідно застосовувати усереднюючий бункер, продуктивність якого $Q_{\text{б(вус)}}$ [10]:

$$Q_{\text{б(вус)}} \leq \gamma \cdot Q_{\text{к.пр.}}$$

3.3. Вибір конвеєра за припустимою технічною продуктивністю і довжиною

При конвеєризації транспортування основного вантажопотоку даний пункт є другою необхідною умовою обґрунтування застосування типу конвеєра і встановлення

припустимої (по потужності привода, міцності стрічки й інших конструктивних параметрах) його довжини для конкретних гірничих умов роботи у випадку найбільшого завантаження несущої полотнини вугіллям, що надходить з очисних і підготовчих забоїв у найбільш продуктивні періоди їхньої роботи [10].

Вибір конвеєра по припустимій продуктивності і довжині виконується після визначення очікуваного експлуатаційного навантаження на конвеєрі Q_e або $Q_{e(прив)}$.

При цьому використовуються технічні характеристики, що складаються заводами виготовлювачами для кожного типорозміру конвеєра, що випускається. Ці характеристики, що часто представляються у виді графіка, показують взаємозв'язок трьох перемінних технічних параметрів [10]:

- продуктивність конвеєра – Q ;
- довжину конвеєра – L_k ;
- кут нахилу конвеєра – β .

Приклад заводської характеристики конвеєра наданий на рис. 3.1.

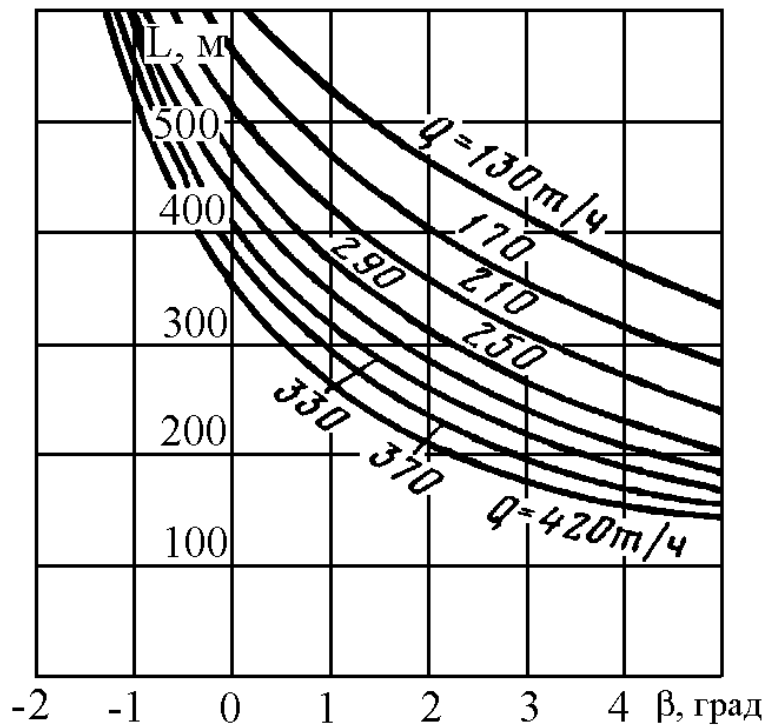


Рис. 3.1. Характеристика конвеєра 1Л80 ($N = 40$ кВт, $v = 2$ м/с)

Кут нахилу конвеєра, призначеного для встановлення у

конкретній виробки є постійним параметром (при перемінному профілі нахилу вироблення вибір конвеєра повинно виконувати по середньому куту нахилу розглянутої ділянки виробки). Тому при виборі конвеєра є можливість варіювати тільки двома взаємозалежними параметрами: продуктивністю і довжиною [10].

Однією з основних умов нормальної (без перевантаження) експлуатації конвеєра є дотримання спільної вимоги:

$$Q_{k(\text{доп})} \geq Q_e \text{ і } L_{k(\text{доп})} \geq L_v,$$

де $Q_{k(\text{доп})}$ – припустима технічна продуктивність конвеєра довжиною $L_{k(\text{доп})}$, т/год. Визначається по технічній характеристиці конвеєра;

Q_e – експлуатаційне навантаження на конвеєр, т/год;

$L_{k(\text{доп})}$ – припустима довжина конвеєра при продуктивності $Q_{k(\text{доп})}$, м. Визначається по технічній характеристиці конвеєра;

L_v – довжина виробки або окремої ділянки виробки, на яких пропонується установка конвеєра, м.

При проектуванні нових конвеєрних ліній, коли попередній вибір типу конвеєра зроблений раніше по параметру «прийомна здатність» (див. пункт 3.2), задачею даного етапу є порівняння попереднє прийнятої довжини конвеєра з його припустимою довжиною при встановленому значенні експлуатаційного навантаження, тобто за умови, що $Q_{k(\text{доп})} = Q_e$.

Визначення припустимої довжини конвеєра виконується по заводських характеристиках даного типу конвеєра.

На графіку характеристики знаходиться крива з технічною продуктивністю що дорівнює експлуатаційному навантаженню (Q_e) і по цій кривій, відповідно до кута нахилу виробки (β), встановлюється припустима довжина ($L_{k(\text{доп})}$). Якщо заводські характеристики не мають кривій, що збігається зі значенням Q_e , припустима довжина знаходиться інтерполяцією по близьким значенням [10].

Установлена припустима довжина порівнюється з

прийнятим раніше значенням L_B (вважаємо, що спочатку конвеєр установлений на всій довжині виробки). Конвеєри, у яких дотримується умова $L_{K(\text{доп})} \geq L_B$ можуть бути прийняті до установки. Якщо $L_{K(\text{доп})} \leq L_B$, то необхідно прийняти одне з трьох можливих рішень [10]:

- прийняти до установки інший, більш могутній конвеєр;
- скоротити спочатку прийняту довжину конвеєра $L_K = L_B$ за рахунок послідовної установки у виробки декількох конвеєрів;
- зменшити експлуатаційне навантаження за рахунок глибокого усереднення вантажопотоку в бункері.

Вибір варіанта рішення залежить від технічної можливості його реалізації. При відсутності технічних перешкод варто приймати економічно оптимальне рішення, обумовлене економічним порівнянням різних варіантів.

Таким чином, для того, щоб вибрати конвеєр по припустимій технічній продуктивності і довжині потрібно знати експлуатаційне навантаження на конвеєр.

Вихідними даними для визначення Q_e або $Q_{e(\text{екв.})}$ є:

- характеристики вантажопотоків, що надходять на конвеєр від очисних і підготовчих забоїв і з бункерів;
- кількість вантажопотоку, що надходять, розташування місць його надходження по довжині конвеєра;
- довжина конвеєра L_K або виробки (ділянки) L_B , у якій передбачається встановити конвеєр.

Визначення експлуатаційного навантаження на конвеєр (Q_e) може бути виконано декількома способами: при нерівномірних вантажопотоках, без обліку нерівномірності вантажопотоку і якщо вантажопотоки надходять на конвеєр в декількох місцях.

3.3.1. Визначення експлуатаційного навантаження на конвеєр, створюваного нерівномірними вантажопотоками. Такі вантажопотоки створюються в очисних і підготовчих забоях. Вони не піддані перетворенню в проміжних бункерах (безбункерний ланцюжок конвеєрів).

Розрахунок виконується з обліком фактичної або

розрахункової нерівномірності вантажопотоків.

Приклади таких видів завантаження й аналітичних залежностей для визначення експлуатаційного навантаження на конвеєрі надані в таблиці 3.2.

У таблиці 3.2 позначені:

$K_{t(t_k)}$ – розрахунковий коефіцієнт навантаження, що враховує нерівномірність вантажопотоку за час проходження вантажу по всій довжині конвеєра (L_k).

Він приймається по таблиці [5, 8] у залежності від хвилинного коефіцієнта нерівномірності вантажопотоку (K_1), числа очисних забоїв, що подають вантаж на конвеєр і часу проходження вантажу по конвеєру (t_k).

Значення K_1 встановлюється для випадків надходження вантажів:

- з одного очисного забою:

$$K_1 = \frac{a_{1(\max)}}{a_{1(n)}},$$

- двох або більш очисних забоїв:
-

$$K_1 = \frac{a_{1(\max)\Sigma}}{\sum_1^n a_{1(n)}}.$$

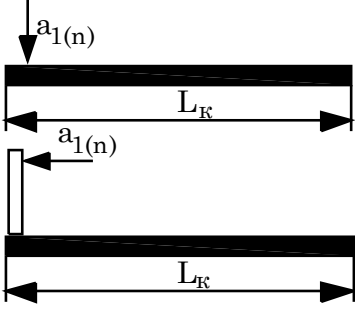
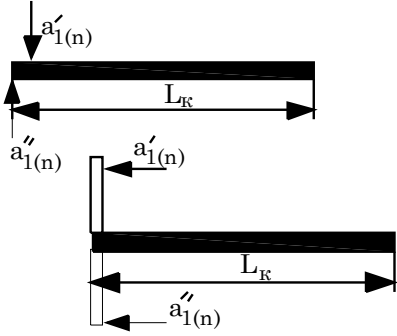
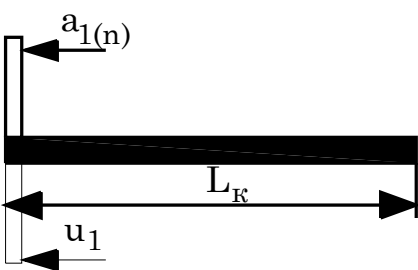
Значення t_k для повної довжини конвеєра L_k визначається по формулі:

$$t_k = \frac{L_k}{60 \cdot v_k}, \text{ хв.}$$

Для випадків, коли вантажопотоки з забою на конвеєр, що розраховується, надходять через інші конвеєри, вважається, що вантажопотоки надходять безпосередньо на конвеєр, що розраховується.

Таблиця 3.2

Розрахунок експлуатаційного навантаження на конвеєр якщо вантажопотоки нерівномірні

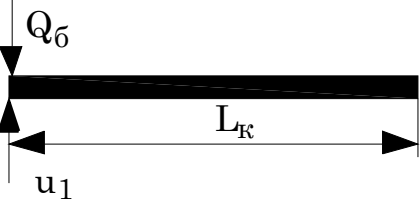
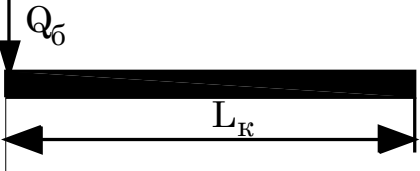
Джерела надходження вантажопотоків на конвеєр	Характерні схеми надходження вантажопотоку на конвеєр	Аналітичні залежності для визначення експлуатаційного навантаження на конвеєрі, Q_e , т/хв
З одного очисного вибою безпосередньо або з попереднього конвеєра		$Q_e = 60 \cdot a_{1(n)} \cdot K_{t(L_k)}$
З двох очисних вибоїв безпосередньо або з попереднього конвеєра		$Q_e = 60 \cdot (a'_{1(n)} + a''_{1(n)}) K_{t(L_k)}$
З одного очисного вибою і з одного підготовчого вибою безпосередньо		$Q_e = 60(a_{1(n)} \cdot K_{t(L_k)} + u_1)$

3.3.2. Визначення експлуатаційного навантаження на конвеєр, створюваного вантажопотоками з підготовчих забоїв або з бункерів. У цьому випадку розрахунок експлуатаційного навантаження виконується без обліку нерівномірності вантажопотоку [10].

Схеми завантаження й аналітичних залежностей надані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахунок експлуатаційного навантаження на конвеєр якщо вантажопотоки рівномірні

Джерела надходження вантажопотоків на конвеєр	Характерні схеми надходження вантажопотоку на конвеєр	Аналітичні залежності для визначення експлуатаційного навантаження на конвеєрі, Q_e , т/хв
З одного підготовчого вибою і з одного бункера безпосередньо або з попередніх конвеєрів		$Q_e = 60(Q_б + u_1)$
З одного бункера		$Q_e = 60Q_б$

У таблиці позначені:

$Q_б$ – продуктивність розвантажувального пристрою бункера, т/хв.

u_1 – середній хвилинний вантажопотік, що надходить з одного підготовчого забою на розрахунковий конвеєр.

3.3.3. Визначення експлуатаційного навантаження на конвеєр, завантаження якого здійснюється в двох і більш місцях по довжині. Розрахунок Q_e виконується з урахуванням неоднакової кількості вантажопотоків, що транспортуються по різних відрізках конвеєра, а отже і неоднакових навантажень на цих відрізках. Тому виконується розрахунок так називного еквівалентного експлуатаційного навантаження $Q_{e(нав)}$ по наступній формулі [10]:

$$Q_{e(экв)} = \frac{Q_{e_1} \cdot l_1 + Q_{e_2} \cdot l_2 + \dots + Q_{e_n} \cdot l_n}{L_k}, \text{ т/ГОД,}$$

де l_1, l_2, \dots, l_n – довжини відрізків конвеєра, на яких діють

відповідні часткові значення експлуатаційних навантажень, М;

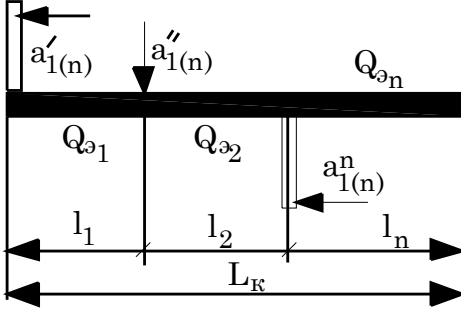
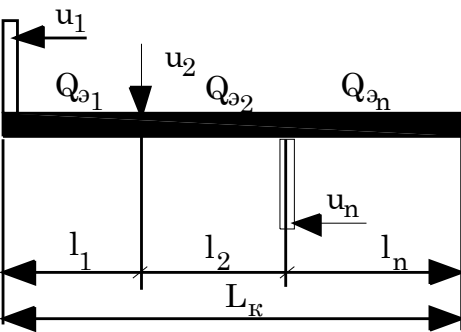
$Q_{\text{э}_1}, Q_{\text{э}_2}, Q_{\text{э}_n}$ – часткові значення експлуатаційних навантажень, створюваних на відповідних відрізках (l_1, l_2, \dots, l_n) довжини конвеєра, т/год.

Еквівалентне експлуатаційне навантаження на конвеєр представлено у виді середньозваженої суми часткових експлуатаційних навантажень, створюваних на окремих відрізках конвеєра, приведені до його повної довжини:

Деякі характерні схеми завантаження конвеєрів і аналітичні залежності для визначення експлуатаційного навантаження надані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Розрахунок експлуатаційного навантаження на конвеєр завантаження якого здійснюється в декількох місцях по його довжині

Джерела надходження вантажопотоку в на конвеєр	Характерні схеми надходження на конвеєр	Аналітичні залежності для визначення експлуатаційного навантаження конвеєра
Від двох і більш очисних вибоїв безпосередньо або з попередніх конвеєрів		$Q_{\text{э(прив)}} = \frac{Q_{\text{э}_1} \cdot l_1 + Q_{\text{э}_2} \cdot l_2 + \dots + Q_{\text{э}_n} \cdot l_n}{L_k}$ <p>де</p> $Q_{\text{э}_1} = 60 \cdot a'_{1(n)} \cdot K_{t(l_1)}$ $Q_{\text{э}_2} = 60 \cdot (a'_{1(n)} + a''_{1(n)}) \cdot K_{t(l_2)}$ $Q_{\text{э}_n} = 60 \cdot \sum_1^n a_{1(n)} \cdot K_{t(l_n)}$
Від двох і більш підготовчих вибоїв безпосередньо або з попередніх конвеєрів		$Q_{\text{э(прив)}} = \frac{Q_{\text{э}_1} \cdot l_1 + Q_{\text{э}_2} \cdot l_2 + \dots + Q_{\text{э}_n} \cdot l_n}{L_k}$ <p>де</p> $Q_{\text{э}_1} = 60 \cdot u_1$ $Q_{\text{э}_2} = 60 \cdot z(u_1 + u_2)$ $Q_{\text{э}_n} = 60 \cdot z \sum_1^n u_1$

Визначення часткових значень експлуатаційних навантажень варто робити як для випадку коли завантаження конвеєра відбувається в одному місці по його довжині. При цьому, визначаючи значення коефіцієнта навантаження ($K_{t(l_1)}$, $K_{t(l_2)}$, ..., $K_{t(l_n)}$), за довжину конвеєра умовно варто приймати довжину відповідного відрізка конвеєра.

У таблиці 4.4 позначені:

z – розрахунковий коефіцієнт, що враховує кількість підготовчих вибоїв.

3.4 Контрольні питання для самоперевірки

1. Які види стрічкових конвеєрів застосовуються на гірничих підприємствах?
2. Що враховує прийомна здатність стрічкового конвеєра?
3. Яким чином визначити ширину і швидкість конвеєрної стрічки по критерію «Прийомна здатність конвеєра»?
4. Взаємозв'язок яких величин надано на технічній характеристиці конвеєра?
5. Якими способами визначається експлуатаційне навантаження на конвеєрі?
6. Що враховує розрахунковий коефіцієнт навантаження і яким чином він визначається?
7. Яким чином визначити експлуатаційне навантаження на конвеєрі, якщо на нього надходять вантажопотоки з підготовчих вибоїв? З очистних вибоїв?

4. РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

4.1. Тяговий розрахунок стрічкових конвеєрів

Розглянемо порядок виконання розрахунку стрічкового конвеєра.

Вхідні дані для розрахунку:

- Розрахункова годинна продуктивність Q_e , т/година.
- Довжина конвеєра L , м;
- Кут нахилу вироблення β , град.
- Встановлена потужність привода, N_B , кВт.
- Ширина конвеєрної стрічки B , см.
- Швидкість руху конвеєрної стрічки v , м/с.
- Кут обхвату стрічкою приводних барабанів α , град.

Надається кінематична схема стрічкового конвеєра.

Визначаємо погонну масу вантажу на стрічці конвеєра:

$$q = \frac{Q_e}{3,6v}, \text{ кг/м};$$

Знаходимо опори руху стрічки:

на вантажній вітки:

$$W_B = \left[(q + q_{л} + q'_p) \cdot \omega \cos \beta + (q + q_{л}) \cdot \sin \beta \right] \cdot g \cdot L_B, \text{ Н};$$

на порожній вітки:

$$W_{II} = \left[(q_{л} + q''_p) \cdot \omega \cos \beta - q_{л} \cdot \sin \beta \right] \cdot g \cdot L_{II}, \text{ Н};$$

на барабанах, що відхиляють стрічку:

$$W_{\delta} = (0,04 \dots 0,07) S_{H\delta}, \text{ Н};$$

на приводних барабанах:

$$W_{пр} = (0,03 \dots 0,05) (S_{H\delta} + S_{с\delta}), \text{ Н};$$

де $q_{л}$ – погонна маса стрічки, кг/м;

q'_p і q''_p – погонна маса роликів відповідно на вантажній і порожній вітках, кг/м, що визначається по формулах:

$$q'_p = \frac{G'_p}{l'_p}, \text{ кг/м}; \quad q''_p = \frac{G''_p}{l''_p}, \text{ кг/м},$$

G'_p і G''_p – маса обертових частин верхніх і нижніх роликів, кг;

l'_p і l''_p – інтервал між роликоопорами на верхній і нижній галузях конвеєра, м;

ω – коефіцієнт опору руху стрічки;

$S_{нб}$ – натяг стрічки в точці набігання на барабан;

$S_{сб}$ – натяг стрічки в точці збігання з приводного барабана;

L_B – довжина вантажної вітки стрічки, м;

$L_{п}$ – довжина порожньої вітки стрічки, м.

Погонну масу стрічки q_L орієнтовно приймаємо по максимальному тяговому зусиллю, яке може бути передано стрічці від встановленого приводу на конвеєрі [10]:

$$S'_{\max} = 708 \frac{N_B}{v} \cdot \frac{e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{Н.}$$

де μ – коефіцієнт тертя між стрічкою і поверхнею барабана; Визначаємо необхідне розривне зусилля 1 см стрічки:

для гумовотканинної стрічки:

$$i \cdot \sigma = \frac{S'_{\max} \cdot m}{B}, \text{Н/см,}$$

для гумовотросової стрічки:

$$\sigma' = \frac{S'_{\max} \cdot m}{B}, \text{Н/см.}$$

де m – запас міцності стрічки;

i – число тканевих прокладок;

σ – розривне зусилля однієї прокладки, Н/см;

σ' – розривне зусилля 1 см ширини гумовотросової стрічки, Н/см.

Визначивши значення $i \cdot \sigma$ або σ' обираємо тип стрічки, кількість тканевих прокладок і визначаємо погонну масу стрічки q_L

Визначаємо, орієнтовно, тягове зусилля на приводі конвеєра:

$$W'_0 = k (W_B + W_{п}), \text{Н,}$$

де k – коефіцієнт, що враховує місцеві опори. $k = 1,05 \dots 1,3$.

Мінімальний натяг стрічки на вантажній галузі за умовою припустимого її прогину

$$S_B^{\min} \geq 5 (q + q_L) g l'_p, \text{Н.}$$

Мінімальний натяг стрічки в точці її збігання з приводного барабана за умовою відсутності пробуксовки:

для рухового режиму роботи привода конвеєра:

$$S_{сб}^{\min} \geq \frac{k_T \cdot W_o'}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{ Н};$$

для генераторного режиму роботи привода конвеєра:

$$S_{сб}^{\min} \geq \frac{k_T \cdot |W_o'| e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{ Н};$$

де k_T – коефіцієнт запасу сил зчеплення, $k_T = 1,1 \dots 1,3$.

З цієї умови обираємо натяг конвеєрної стрічки в точці її збігання з приводного барабану.

Визначимо натяг конвеєрної стрічки в характерних точках по довжені тягового органа по формулі:

$$S_i = S_{i-1} + W_{(i-1)-i},$$

де S_{i-1} і S_i – натяг у попередній та наступній точках;

$W_{(i-1)-i}$ – опір руху стрічки на ділянці між цими точками.

Величина натягу стрічки на конвеєрі повинна бути такою, щоб були дотримані дві не зв'язані між собою умови:

- забезпечення передачі тягового зусилля стрічки на приводних барабанах без пробуксовки.
- мінімальний натяг стрічки на навантаженій вітці не повинен бути меншим величини S_B^{\min} .

Уточнювання конвеєрної стрічки.

Визначивши дійсний максимальний натяг тягового органа, можна уточнити кількість прокладок стрічки і їх розривне зусилля або розривне зусилля стрічки (для гумовотросової стрічки) яка була обрана раніше.

Необхідне тягове зусилля на приводних барабанах конвеєра для рухового режиму його роботи розраховується по формулі:

$$W_o = S_{нб} - S_{сб} + k_{пр}(S_{нб} + S_{сб});$$

для генераторного режиму:

$$W_o = S_{нб} - S_{сб} - k_{пр}(S_{нб} + S_{сб});$$

$S_{нб}$ – натяг стрічки в точці набігання на приводний барабан, Н;

$S_{сб}$ – натяг стрічки в точці збігання з приводного барабана, Н;

$k_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові опори руху

стрічки на приводному барабані, $k_{пр} = 0,03...0,05$.

Необхідна потужність приводу стрічкового конвеєра на переміщення вантажу для рухового режиму його роботи:

$$N_H = \frac{k_3 \cdot W_o \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт},$$

для генераторного режиму:

$$N_r = \frac{k_3 \cdot |W_o| \cdot v \cdot \eta}{1000}, \text{ кВт},$$

де k_3 – коефіцієнт запасу потужності, $k_3 = 1,1...1,2$;

η – ККД привода, $\eta = 0,8...0,9$.

Для генераторного режиму необхідно перевірити потужність холостого ходу конвеєра, тому що вона може виявитися більше, ніж при номінальному завантаженні.

Опір руху стрічки на вантажній вітці при холостому ході, тобто з ненавантаженою стрічкою:

$$W_{в.х.} = \left[(q_{л} + q'_p) \cdot \omega \cos \beta - q_{л} \cdot \sin \beta \right] \cdot g \cdot L_{в.}, \text{ Н.}$$

Сумарний опір руху стрічки конвеєра при холостому ході:

$$W_{0x} = k (W_{в.х.} + W_{пор}), \text{ Н.}$$

Необхідна потужність двигуна при холостому ході

$$N_{п.х.} = \frac{k_3 \cdot W_{0x} \cdot v}{1000 \cdot \eta}.$$

Якщо встановлена потужність приводу стрічкового конвеєра $N_{в.}$ більше необхідної N_H (N_r або $N_{п.х.}$), то вибір конвеєра зроблено вірно. У іншому випадку необхідно замість одного конвеєра встановити два однакової довжини, або застосувати інший тип стрічкового конвеєра з більшою встановленою потужністю приводу і зробити перерахунок [10].

Після виконання тягового розрахунку конвеєра необхідно побудувати діаграму натягу стрічки при номінальному режимі роботи конвеєра.

4.2 Контрольні питання для самоперевірки

1. Вказати порядок тягового розрахунку стрічкового

конвеєра

2. Яким чином обирається конвеєрна стрічка?
3. Які особливості розрахунку стрічкового конвеєра, якщо його привод працює в генераторному режимі?
4. Як перевірити, що конвеєр працює без перевантажень в заданих умовах експлуатації?

5. ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК СКРЕБКОВИХ КОНВЕЄРІВ

5.1. Загальні відомості про скребкові конвеєри що застосовуються на гірничих підприємствах

У Росії і Україні виготовляються 4 типи скребкових конвеєрів [10]:

- пересувні 2х і 3х ланцюгові типу СП – призначені для механізації доставки вугілля з довгих, переважно комплексно-механізованих забоїв;
- переносні розбірні 2х ланцюгові типа СР;
- переносні одно ланцюгові типу С;
- переносні одно ланцюгові з двома гілками, розташованими в одній горизонтальній площині, з консольними скребками типа СК.

Пересувні скребкові конвеєри переміщуються на нову дорогу без розбирання по всій довжині одночасно (суцільно пересувні), або по частинах (що згинаються).

Переносні розбираються на складові елементи перед установкою на нову дорогу.

Пересувний забійний конвеєр (тип СП) комплексно-механізованої лави повинен забезпечити [10]:

1. Транспортування гірської маси з лави і подачу її на подальші транспортні засоби з пилоподавлінням в місці перевантаження;
2. Підтримка і напрям комбайна в процесі його роботи;
3. Вантаження гірської маси, що залишилася на ґрунті пласта, після проходу комбайна;
4. Пересування сумісне з комбайном на нову дорогу (флангове або фронтальне пересування);
5. Фіксація засобів пересування комбайна на кінцях конвеєрної установки або по довжині її ставу;
6. Закріплення приводів при роботі конвеєра і утримання його від сповзання на похилих пластах в процесі пересування на нову дорогу;

7. Розміщення на навісних конструкціях ставу електричних кабелів, шлангів, засобів зв'язку;
 8. Напрямок пересування секцій механізованої кріпи, зберігаючи постійність кроку секцій по довжині лави;
 9. Створення умов, що полегшують з'єднання і роз'єднання тягових ланцюгів;
 10. Забезпечити початкове натягнення тягового ланцюга;
 11. Плавний пуск системи і захист її вузлів від можливих перенавантажень;
 12. Вписування конвеєрних установок в очисний забій за наявності складної гипсометрії пласта і можливих подовженнях довжини лави в процесі його відробітку.
- Основні вузли скребкового конвеєра (рис. 5.1а,б).

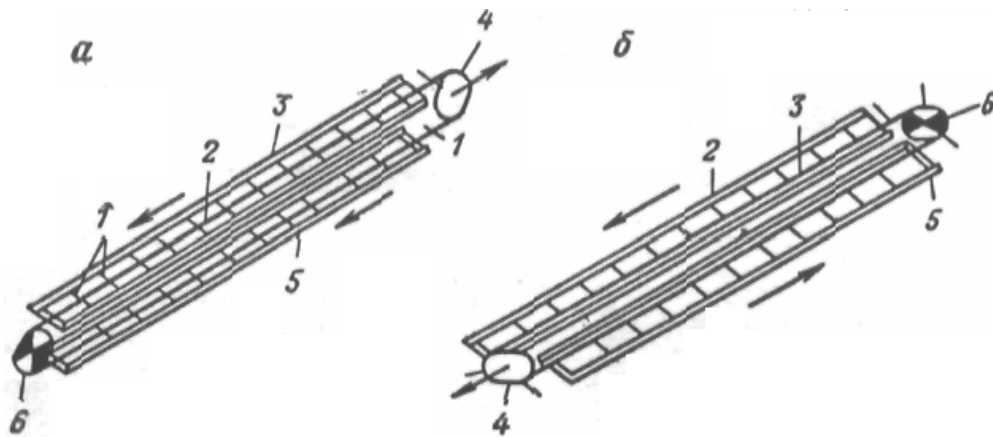


Рис. 5.1. Схеми скребкового конвеєра: а – ланцюг замкнутий у вертикальній площині (СП, СР, С); б – ланцюг замкнутий в горизонтальній площині (СК). На рисунку позначені: 1 – скребок; 2 – тяговий ланцюг; 3 і 5 – жолоб (рештаки); 4 – натяжна станція; приводна станція

Характеристики скребкових конвеєрів. СП250 – забійний пересувний конвеєр призначений для транспортування вугілля будь-якої крупності з очисних забоїв пластів потужністю від 0,71 до 2,0 м, що просуваються по простяганню з кутом падіння до 35° і до 10° по падінню і повстанню.

Ці конвеєри працюють з узкозахватними комбайнами, оснащеними системами подачі різних конструкцій, як у складі механізованих забійних комплексів, так і з індивідуальним

кріпленням сумісно з посадочним кріпленням або гідропередвізчиками, а також мають виконання, для роботи в допоміжних виробках або штреках.

Наприклад СП250 13;

Потужність пласта, м – 0,7–1,5;

Продуктивність, т/год – 425;

Довжина в поставці, м – до 200;

Встановлена потужність – 55х4 або 110х2;

Тяговий орган: 2 ланцюги в направляючих;

Тип ланцюга (калібр, крок, клас, міцність) 18х64–С–15х2

Крок скребків, мм – 1024

Відстань між осями ланцюгів, мм – 1024

Швидкість руху ланцюга, м/с – 1,0.

СР–70М – скребковий розбірний конвеєр(рис. 5.2) який застосовують для транспортування вугілля по коротким(до 120м) горизонтальним або похилим виробкам, а також як перевантажувальну ланку між забійним і штрековим конвеєрами.

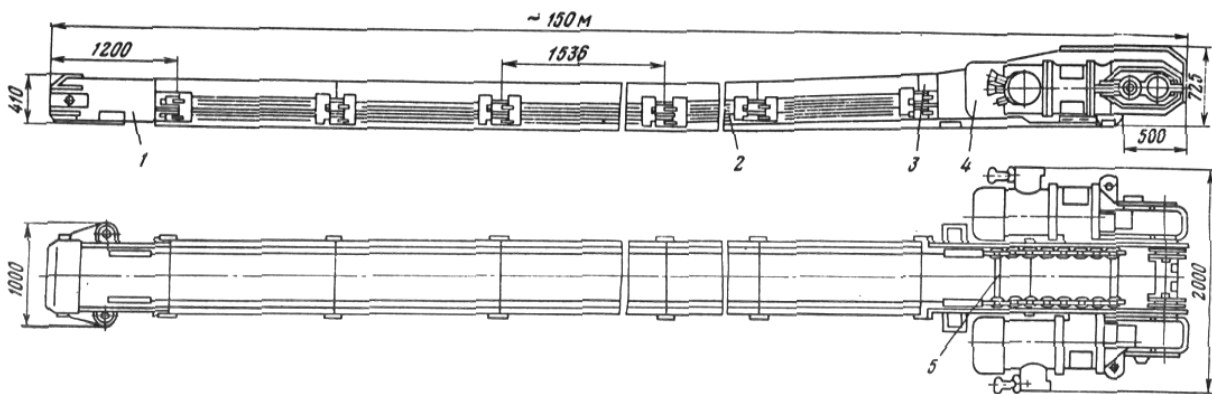


Рис. 5.2. Двохланцюговий скребковий конвеєр СР–70М. На рисунку позначені: 1 – кінцева головка; 2 – лінійні секції рештачного ставу; 3 – перехідні секції рештачного ставу; 4 – привід; 5 – ланцюг зі скребками

Привід – 2–4 електродвигуни типа КОФ або ЕДКОФ потужністю 32;45;55 кВт;

Тип ланцюга – 18х64 з розривним зусиллям 480 кН;

Швидкість руху ланцюга – 1,024 м/с;

Продуктивність – до 500 т/год.

Скребокний ланцюг зі скребками із спеціального профільного прокату двотаврового перетину. З'єднання парних відрізків ланцюга здійснюється сполучними кільцями з болтами.

Став конвеєра збирається з взаємозамінних легкозбірних рештаків з'єднаних між собою стрижньовим затвором. Для забезпечення необхідної пропускнуєї спроможності лінійна секція рештачного ставу забезпечена знімними бортами.

5.2. Розрахунок скребкових конвеєрів

Перш ніж виконувати розрахунок скребкового конвеєра – треба його вибрати.

Вибір скребкового конвеєра полягає у встановлення його раціонального типу, що визначається прийнятою технологією ведення робіт в очисному і підготовчому вибоях, типом добичної та прохідницької машини і т.і.

Прийнявши на підставі аналізу умов застосування конвеєр вибирають основні його конструктивні параметри: швидкість руху ланцюга і число приводів.

Однією з необхідних умов успішної роботи прийнятого конвеєра є перевага його прийомної здатності – теоретичної продуктивності, над піковими значеннями вантажопотоку, що надходить.

Так, наприклад, стосовно до очисного забою максимальний розрахунковий вантажопоток, що надходить на конвеєр [10]:

$$Q = 60m \cdot b \cdot v_{\text{п}} \cdot \gamma_{\text{ц}} \cdot \psi_{\text{н}}, \text{ т/год,}$$

де m – потужність пласта, м;

b – глибина захвату комбайна, м;

$v_{\text{п}}$ – максимальна швидкість подачі комбайна, м/с;

$\gamma_{\text{ц}}$ – щільність вугілля в целікє, т/м³;

$\psi_{\text{н}}$ – коефіцієнт навантаження, для човникової схеми роботи комбайна приймається $\psi_{\text{н}} = 1$, для однібічної з зачищенням, приймається по таблицях.

Теоретична продуктивність конвеєра:

$$Q_T = 3600F_p \cdot v \cdot \gamma \cdot \psi \cdot C, \text{ т/год,}$$

де F_p – площа поперечного перетину жолоба (рештака), м^2 ;
 ψ – коефіцієнт заповнення;
 γ – насипна щільність матеріалу, т/м^3
 v – швидкість руху вантажу, приймається рівної швидкості руху ланцюга, м/с ;
 C – коефіцієнт, що враховує зміну продуктивності конвеєра в залежності від кута його нахилу.

Визначати прийомну здатність конвеєра звичайно немає необхідності, тому що вона надається в його технічній характеристиці як максимально можлива.

Визначення сил опорів руху ланцюга:

для навантаженої гілки

$$W_B = [(q \cdot f + q_0 \cdot f_0) \cos \beta \pm (q + q_0) \sin \beta] g \cdot L, \text{ Н;}$$

для порожньої гілки

$$W_{\text{пор}} = q_0 (f_0 \cdot \cos \beta \mp \sin \beta) g \cdot L, \text{ Н}$$

де q , q_0 – маси вантажу і тягового органу, що знаходяться на 1 м довжини конвеєра, відповідно, кг/м ;
 f – коефіцієнт опору руху матеріалу по жолобу;
 f_0 – коефіцієнт опору руху тягового органу по жолобу;
 L – довжина конвеєра, м ;
 β – кут нахилу конвеєра, град.

Погонна маса вантажу при нерухомому пункті навантаження:

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot v}, \text{ кг/м}$$

де v – відносна швидкість руху ланцюга, м/с .

Якщо пункт навантаження рухається уздовж конвеєра, наприклад, видобувний комбайн:

$$q = \frac{Q}{3,6(v \pm v_{\text{п}})}, \text{ кг/м}$$

де $v_{\text{п}}$ – швидкість подачі комбайна, м/с .

Сумарне тягове зусилля:

$$W_0 = k_{\text{мо}} (W_B + W_{\text{пор}}), \text{ Н,}$$

де $k_{\text{мо}}$ – коефіцієнт, що враховує місцеві опори на зірочках і

від вигину конвеєра при роботі з комбайном
 $k_{mo} = 1,1 \dots 1,2$.

Сумарна потужність двигунів приводу конвеєра:
руховий режим:

$$N_p = k_m \frac{W_0 \cdot v_{ц}}{1000 \cdot \eta}, \text{кВт}$$

генераторний режим:

$$N_p = k_m \frac{|W_0| \cdot v_{ц} \cdot \eta}{1000}, \text{кВт}$$

де η – ккд приводу, $\eta = 0,8 \dots 0,85$;

k_m – коефіцієнт резерву потужності, $k_m = 1,1 \dots 1,2$.

Знаючи потужність одного приводного блоку, що задається характеристикою конвеєра, визначають необхідну до встановлення на конвеєрі кількість приводних блоків, для заданих умов:

$$n_{ц} = \frac{N_p}{N_d}$$

де N_d – потужність одного приводного блоку, кВт.

5.3 Контрольні питання для самоперевірки

1. Які види скребкових конвеєрах застосовуються на гірничих підприємствах?
2. Що повинен забезпечити скребковий конвеєр комплексно-механізованої лави?
3. Надати порядок розрахунку скребкового конвеєра
4. Як визначити кількість приводних блоків скребкового конвеєра?
5. Яким чином визначити погонну вагу вантажу на скребковому конвеєрі при рухливому пункті завантаження?

6. РЕЙКОВИЙ ШЛЯХ

6.1. Загальні відомості про рейковий шлях

Рейковий шлях - направляючий елемент для переміщення шахтних вагонеток і локомотивів у горизонтальному і похилому гірському виробках. Рейковий шлях складається з двох ниток рейок, розташованих на ґрунті гірського вироблення і складає рейкову колію шириною S_p .

До основних параметрів рейкового шляху відносять: тип рейки, ухил дороги, ширина колії, радіус кривої, піднесення рейки, розширення колії

Ширина рейкового шляху - це відстань між внутрішніми гранями голівок рейок. У вугільній промисловості стандартної є вузька колія шириною 600 і 900 мм, іноді - 750 мм.

Рейковий шлях у просторі визначається трасою, профілем, планом, що даються маркшейдерською службою шахти. Ширина колісної пари вагонеток і локомотивів S_k (див. рис. 6.1) дорівнює відстані між зовнішніми кантами реборд колісних пар. Для виключення затиснення реборд колісних пар локомотивів і вагонеток у рейковому шляху ширину колісної пари S_k приймають меншої ширини рейкового шляху на номінальну величину $U=10$ мм, тобто вільний зазор. Ця величина враховує: неточність укладання рейкового шляху і допуски на виготовлення заводом колісних пар [17].

Рейковий шлях складається з верхньої і нижньої будівлі.

До верхньої будівлі відносяться дві нитки рейок, покладених на шпали, елементи кріплення рейок до шпал, , баластовий шар і стрілочні переводи.

Нижня будівля рейкового шляху — це ґрунт вироблення з водостічною канавою. Для інтенсивного стоку води і кращого очищення в канавах установлюють дерев'яні або залізобетонні жолоби з кришками.

Рейковий шлях у головних магістральних виробках настиляють рейками РЗЗ або РЗ8, що укладають на дерев'яні або залізобетонні шпали. Між шпалами і рейками передбачають

металеві клинові підкладки. На вентиляційних обр'ях і дільничних штреках для спорудження рейкового шляху застосовують рейки Р18 і Р24 і дерев'яні шпали.

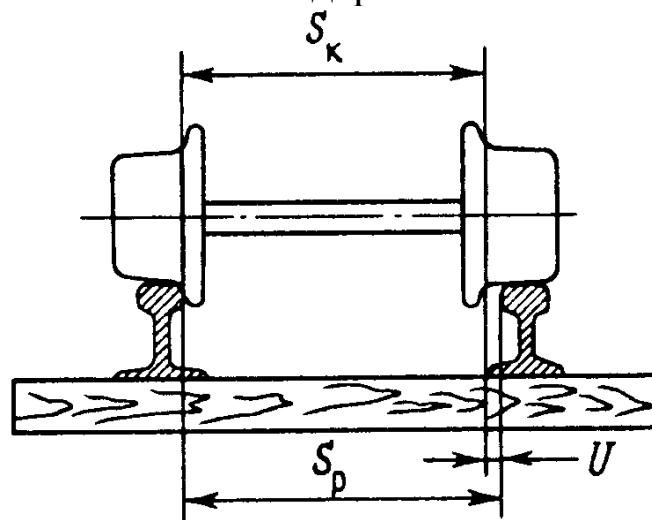


Рис. 6.1. Ширина рейкового шляху

До рейкового шляху пред'являються вимоги: довговічності, можливості заміни елементів шляхи при укладанні і ремонті, гарній амортизації від динамічних ударів і мінімального опору рухові рухливого складу. Рейкові шляхи в шахті розділяють на постійному і тимчасовому, підлягаючому демонтажеві або заміні. Тимчасові шляхи, до числа яких відносяться переносні без баластового шару. Ніж ширше колія, тим більшої місткості може бути прийнята вагонетка. Однак при цьому рейки на головних магістральних виробках необхідно укладати на спеціальні підкладки, застосовувати залізобетонні шпали і рейки важкого типу (Р33, Р38) [17].

6.2. Параметри рейкового шляху

6.2.1. Вибір типу рейки. Вибір типу рейки виконують в наступному порядку. Для заданого навантаження на вісь встановлюють мінімальну масу рейки по міцності. Для заданого вантажообігу техніко-економічними розрахунками встановлюють найбільш економічного типу рейки. З двох значень приймають рейку з більшою масою.

При виборі рейки по умові міцності її розглядають як балку,

що вільно спирається на дві опори (сусідні шпали), навантажені в середині прольоту зосередженим навантаженням, а вплив сусідніх прольотів враховують дослідним коефіцієнтом. При цьому потрібний момент рейки вигину [15]

$$M_p = \frac{P_0 \cdot l_{\text{шп}} \cdot K_{\text{пр}}}{2\sigma}, \text{ м}^3,$$

де P_0 – статичне навантаження на колесо;

$K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив сусідніх прольотів і осідання шпал, $K_{\text{пр}} = 0,4 \dots 0,6$;

σ – допустиме напруження, $\sigma = 150 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ (для головних шляхів), $\sigma = (180 \dots 200) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ (для допоміжних шляхів),

$l_{\text{шп}}$ – відстань між шпалами, м,

$$l_{\text{шп}} = \frac{l_p - 0,8}{n - 2}, \text{ м},$$

l_p – довжина рейки, м;

n – число шпал на одну ланку,

$$n = \frac{n_0 \cdot l_p}{1000}$$

n_0 – число шпал на 1 км рейкової дороги (приймається по таблицях).

6.2.2. Ухил рейкового шляху. Ухил рейкового шляху – відношення різниці по вертикалі між відмітками двох точок дороги до відстані по горизонталі між цими точками. Ухил рейкового шляху вимірюється тангенсом кута нахилу дороги до горизонту (наприклад, $i=0,004$ або $i=4\%$). Щоб уникнути заливки водостічних канавок середній ухил для шахт і горизонтів приймають зазвичай рівним $0,003 \dots 0,005$, тобто $3 \dots 5\%$.

При розрахунку рейкових транспортних комплексів доводиться оперувати наступними видами ухилів.

Ухил рівноваги – це ухил, при якому сила тяги для переміщення складу вагонеток під уклон дорівнює нулю. Дороги з

таким ухилом настиляють у виробках або на приймальних майданчиках, де вагонетки повинні переміщатися самокатом.

Ухил рівного опору – це ухил, при якому сила тяги для переміщення навантаженого складу під уклон і порожнього на підйом була б однаковою. Стосовно локомотивній відкатці величина ухилу рівного опору визначається по вираженню [17]

$$i_{po} = \frac{(P + Q_B) \cdot \omega_B - (P + Q_{пор}) \cdot \omega_{пор}}{2P + Q_B + Q_{пор}},$$

де Q_B і $Q_{пор}$ – вага відповідно навантаженого і порожнього складу, т;

ω_B і $\omega_{пор}$ – опір руху відповідно навантажених і порожніх вагонеток.

Розрахунковий переважаючий ухил i_p – найбільший по крутості ухил, довжиною більш 200м, але не менше суми довжини складу і встановленим ПБ довжини гальмового шляху.

Середній ухил i_{cp} – використовують в розрахунках локомотивної відкатки, якщо на маршруті немає переважаючого ухилу. Він розраховується за формулою:

$$i_{cp} = \frac{1000 \cdot (H_2 - H_1)}{L} = \frac{i_1 l_1 + i_2 l_2 + \dots + i_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

де L – довжина відкаточного шляху, м;

$H_2 - H_1$ – різниця кінцевої і початкової оцінок шляху, м;

i_1, i_2, \dots, i_n – ухили елементів шляху, ‰;

l_1, l_2, \dots, l_n – довжини елементів шляху, м.

6.3 Контрольні питання для самоперевірки

1. Перелічити основні параметри рейкового шляху?
2. Яка ширина рейкового шляху застосовується на шахті?
3. Які види рейок використовуються на шахті?
4. Яким чином вибрати рейки?
5. Що таке ухил рівного опору і яким чином його визначають?
6. Що таке переважаючий ухил?

7. ШАХТНІ ВАГОНЕТКИ

7.1. Загальні відомості про вагонетки, що застосовуються на шахтах

Шахтні вагонетки застосовуються для транспортування різних вантажів і перевезення людей, вони повинні бути міцними і жорсткими, оскільки під час руху на них діють великі статичні і динамічні навантаження. Крім того, необхідно, щоб ці посудини мали по можливості невеликі розміри, були достатньо стійкими, зручними при навантаженні і розвантаженні, очистці, причепленні і відчепленні [17].

Вагонетки розподіляються:

за призначенням

- вантажні;
- пасажирські;
- спеціальні;

за способом розвантаження

- вагони-самоскиди;
- розвантаження за допомогою перекидачів;

за вантажопідйомністю кузова

- вагонетки малої місткості – з об'ємом кузова до $1,25\text{м}^3$;
- вагонетки середньої місткості – $1,25\dots 2,80\text{м}^3$;
- вагонетки великої місткості більше $2,80\text{м}^3$.

У вугільних шахтах найбільшого поширення набули наступні види вантажних вагонеток: з глухим кузовом типів ВГ та ВИ, відкидними днищами типів ВД та ВДК а також секційні поїзди типу ПС. Для перевезення людей на шахтах застосовують наступні види пасажирських вагонеток: для горизонтальних вироблень типу ВПГ і для похилих вироблень ВПН та ВЛН.

Крім вказаних, на шахтах застосовують також спеціальні типи вагонеток для перевезення вибухівки, паливно-мастильних матеріалів, деревини, устаткування та ін.

До основних параметрів вантажних вагонеток належать:

- Місткість кузова V , м^3 ;

- Ширина колісної пари S_k , мм;
- Довжина твердої бази $S_{ж}$, мм;
- Вага вагонетки G_0 , кг;
- Вага вантажу в кузові G , кг;
- Коефіцієнт стійкості вагонетки K_y ;
- Коефіцієнт опору руху вагонетки ω .
- Коефіцієнт тари λ – відношення маси вагонетки до маси вантажу.

Стійкість вагонетки – визначається її опором зовнішнім силам, що прагнуть викликати її сход з рейок.

Під час руху на вагонетку діють:

- Постійне навантаження – вага вагонетки;
- Перемінне навантаження – вага вантажу або зусилля на зчіпці;
- Додаткові короточасні навантаження – сили інерції, відцентрові сили на заокругленнях і т.д.

7.2. Стійкість вагонеток

7.2.1. Подовжня стійкість вагонеток. Втрата вагонеткою подовжньої стійкості можлива в наступних випадках [15]:

- різка зупинка вагонетки при русі вниз.

Схема сил, що діють на вагонетку, приведена на рис 7.1. Умова стійкості вагонетки для цього випадку має вигляд

$$G_B \frac{S_B}{2} \cos \beta \geq \varphi G_B \left(\sin \beta + \frac{j}{g} \right) h_T$$

де G_B – повна вага вагонетки, $G_B = (G + G_0)$, Н;

S_B – жорстка база вагонетки, м;

φ – коефіцієнт запасу подовжньої стійкості вагонетки;

h_T – висота центру тяжіння вагонетки над центрами коліс, м;

j – уповільнення, m/c^2 .

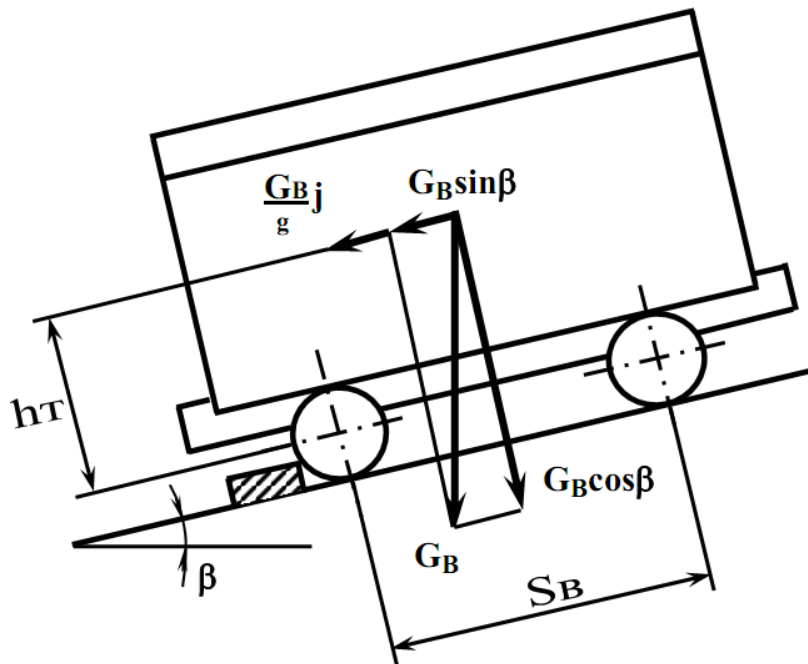


Рис. 7.1. Схема сил до визначення запасу подовжньої стійкості вагонетки на стопорі

Звідси коефіцієнт запасу подовжньої стійкості вагонетки

$$\varphi = \frac{\frac{S_B}{2} \cos \beta}{(\sin \beta + \frac{j}{g}) h_T}$$

- рух вагонетки вгору по похилій дорозі.

Схема сил, що діють на вагонетку, приведена на рис. 7.2.

Стійкість вагонетки в цьому випадку описується вираженням

$$G_B \frac{S_B}{2} \cos \beta + W_{\text{вп}} \cdot h_c \geq \varphi G_B \cdot h_T \sin \beta$$

де $W_{\text{вп}}$ – опір переміщенню вагонетки по похилій дорозі, Н

$$W_{\text{вп}} = G_B (\omega \cos \beta + \sin \beta), \text{ Н};$$

h_c – висота зчіпки над центрами коліс, м.

Тоді

$$\varphi = \frac{\frac{S_B}{2} \cos \beta + (\omega \cos \beta + \sin \beta) h_c}{h_T \sin \beta}.$$

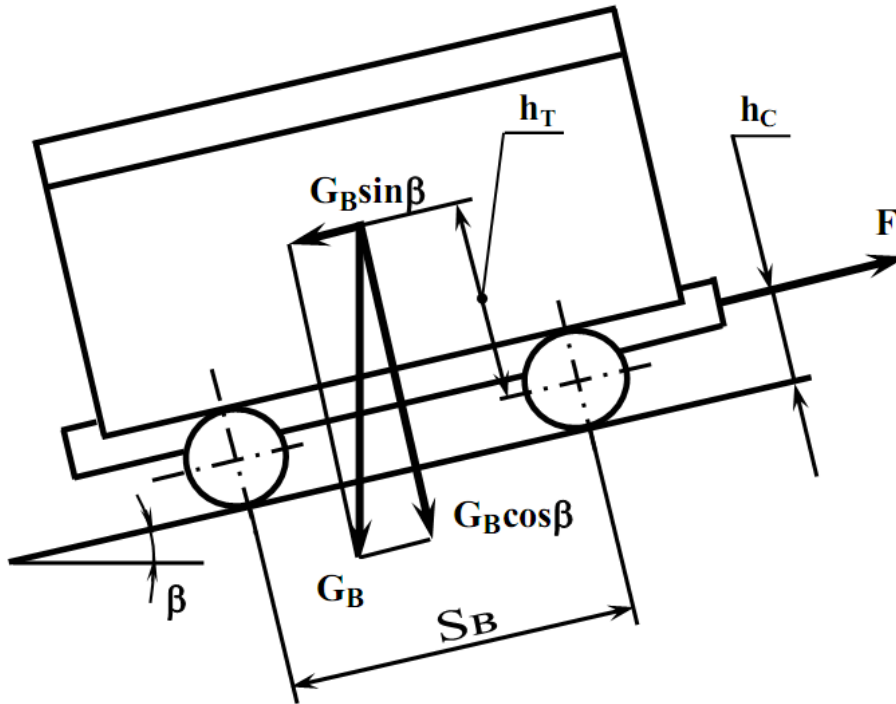


Рис. 7.2. Схема сил, що діють на вагонетку при відкатці кінцевим канатом

- Однобічне завантаження вагонетки.

Схема сил, що діють на вагонетку, представлена на рис. 7.3. В цьому випадку умова стійкості вагонетки має вигляд:

$$G_B \frac{S_B}{2} \cos \beta = \varphi G \cdot B,$$

де B – відстань від центра колеса вагонетки до центру тяжіння пері вантажу, що возиться, м.

Коефіцієнт запасу стійкості вагонетки

$$\varphi = \frac{G_B \frac{S_B}{2} \cos \beta}{G \cdot B}.$$

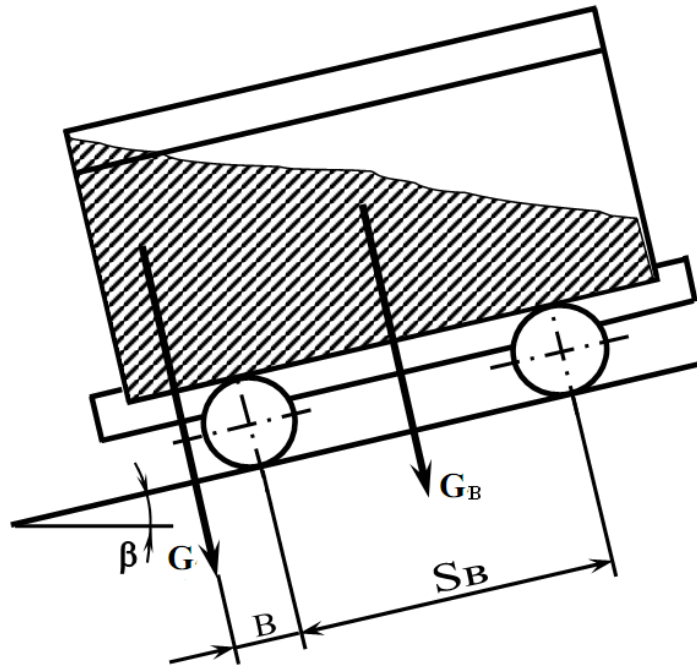


Рис. 7.3. Схема сил, що діють на вагонетку при однобічному заповненні кузова

7.2.2. Поперечна стійкість вагонеток. Втрата вагонеткою поперечної стійкості, тобто $\varphi < 1$, можлива при її русі по закругленню. Схема сил, що діють на одиночну вагонетку, представлена на рис. 7.4 [15].

Умова стійкого руху вагонетки має вигляд:

$$G_B \frac{S_p}{2} \geq \frac{\varphi h G_B \cdot v^2}{g R_{кр}}$$

де S_p – ширина рейкової колії, м;

v – швидкість руху вагонетки, м/с;

h – висота центру тяжіння вагонетки над рівнем голівок рейок.

Коефіцієнт запасу поперечної стійкості вагонетки

$$\varphi = \frac{g \frac{S_p}{2} R_{кр}}{h \cdot v^2}$$

Перевищення зовнішньої рейки, необхідне для компенсації відцентрової сили, що діє на вагонетку, визначається вираженням:

$$\Delta h = \frac{S_p v^2}{g R_{кр}}$$

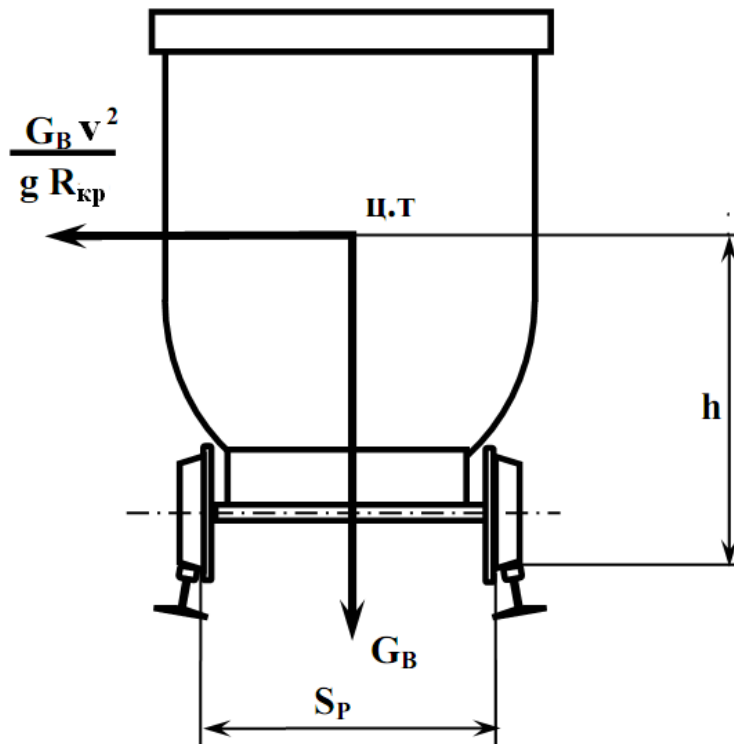


Рис. 7.4. Схема сил, що діють на одиночну вагонетку при проходженні закруглень

7.3 Контрольні питання для самоперевірки

1. Які види вагонеток застосовують на шахтах?
2. Як визначають подовжню стійкість вагонетки?
3. Як визначають поперечну стійкість вагонетки?

8. ЛОКОМОТИВНА ВІДКАТКА

8.1. Загальні відомості про локомотивну відкатку

Основними транспортними засобами для допоміжних матеріалів і людей на горизонтальних відкаточних виробках вугільних шахт є електровози.

В окремих випадках, коли відкаточні вироблення мають значну протяжність і викривлення в плані, локомотивна відкатка може застосовуватися для транспортування вугілля.

На шахтах найбільше поширення одержали акумуляторні і контактні електровози, дизелевози та гіровози, які випускаються вітчизняною промисловістю.

Наприклад, Дружковський машинобудівний завод випускає наступні види шахтних локомотивів:

- акумуляторні електровози АВ8Т, АМ8Д, 2АМ8Д, АРП10Г, АРП14 які призначені для транспортування составів вагонеток по підземних шляхах вузької колії в головних відкаточних виробках шахт, небезпечних по газу і пилу, де дозволена експлуатація електровозів в рудниковому виконання підвищеної надійності РП, П;
- електровоз акумуляторний АРВ10ГЕ для транспортування составів вагонеток по рейкових шляхах в підземних виробках з нормальним профілем дороги і на промислових майданчиках шахт, небезпечних по газу і пилу [10];
- контактні електровози ЕК10Т і ЕК10Р для транспортування составів по підземних виробках шахт, обладнаних контактною мережею постійного струму;
- дизелевоз типу ДГ для відкатки вантажних і людських вагонеток по рейкових шляхах в шахтах, небезпечних по газу і пилу;
- гіровоз шахтний Г6, який призначений для транспортування составів вагонеток по підземних шляхах вузької колії в горизонтальних виробках шахт, небезпечних по газу, пилу і викидам.

Відстані, на які перевозяться будь-які вантажі і люди,

досягають 5-10 км. Радіуси кривих 10...20 м. Профіль шляхів витримується з ухилом 0,003...0,005(3...5‰). Продуктивність практично не обмежена і регулюється числом працюючих локомотивів.

Відповідно до вимог ПБ, відкатка контактними електровозами дозволяється виробками шахт, безпечних з газу або пилу, а при наявності спеціального дозволу також у шахтах I і II категорій з газу і небезпечних з пилу – головними відкаточними виробками, омиваних свіжим струменем повітря. У шахтах III категорії і більш категорійних дозволяється застосовувати акумуляторні електровози у виконанні РП, а під час відпрацьовування пластів небезпечних щодо раптових викидів вугілля (породи) і газу – тільки РВ виконання [10].

Електровозний транспорт шахт залишається головним видом транспорту горизонтальними відкаточними виробками. У випадках, коли головний вантажопотік забезпечується конвеєрами, електровозний транспорт необхідний для перевезення людей, матеріалів і обладнання.

Вибір локомотива проводиться на підставі техніко-економічного розрахунку за умовою мінімуму наведених витрат на відкатку. Виробнича потужність шахти і відстань транспортування є основними факторами, що впливають на вибір маси локомотива, а також типу і вантажопідйомності відкаточної посудини.

У загальному вигляді розрахунок параметрів електровозної відкатки залежно від розміру вантажопотоку, довжини і призначення гірничої виробки зводиться до визначення:

- типу і зчіпної ваги локомотива;
- типу і місткості вагонетки або секції;
- величини состава поїзда і числа вагонеток у составі;
- числа і продуктивності електровозів;
- числа акумуляторних батарей і зарядних столів (при відкочуванні акумуляторними електровозами);
- параметрів зарядної і тягової підстанцій (обирається тип устаткування і його потужність);
- параметрів контактної мережі (для контактних

електровозів);

- витрати електроенергії на електровозну відкатку.

Локомотивний транспорт здійснює перевезення як основного, так і допоміжного вантажопотоку, тому рух завантаженого локомотива буде здійснюватися як убік пристовбурного двору, так і від нього.

Звідси випливає, що транспортування вантажопотоку буде проводитися у напрямку руху як на ухил, так і під ухил, що необхідно враховувати під час розрахунку локомотивної відкатки.

8.2. Методика розрахунку електровозної відкатки

Розглянемо приклад, коли локомотивною відкаткою транспортується порода. Для виконання розрахунку необхідно мати наступні вхідні дані [10]:

1. Категорійність шахти по газу і пилу.
2. План і профіль колії усіх відкаточних вироблень.
3. Число, продуктивність і місця розташування навантажувальних пунктів.
4. Змінний вантажопотік породи з підготовчих вибоїв.
5. Спосіб організації відкатки (однорівнева, дворівнева з закріпленням або без закріплення електровозів за складами й електровозів за маршрутами).

На підставі вантажопотоку породи треба обрати тип шахтного електровоза та навести його основні технічні характеристики.

Визначення величини складу поїзда за умовою зчеплення коліс з рейками.

Оскільки вантажопотік породи рухається під ухил а порожній склад на підйом розглянемо наступні моменти роботи електровоза, для яких треба визначити максимально припустиму вагу поїзда [10]:

- початок руху навантаженого поїзда на мінімальному ухилі

$$Q_B \leq P \left(\frac{1000\psi_{\Pi}}{\omega'_B - i_{\min} + 110a} - 1 \right), \text{ кН},$$

де P – зчіпна вага електровоза, кН;

ω'_B – пусковий опір руху навантаженої вагонетки (на початку руху з місця), $\omega'_B = 1,4\omega_B$;

ω_B – опір руху навантажених вагонеток;

i_{\min} – мінімальний ухил, у розрахунках приймається $i_{\min} = 2 \text{ ‰}$;

a – пускове прискорення, орієнтовно можна прийняти

$a = 0,03 \dots 0,05 \text{ м/с}^2$;

ψ_{Π} – коефіцієнт зчеплення коліс електровоза з рейками при пуску.

- початок руху порожнього составу на переважний підйом

$$Q_{\Pi} \leq P \left(\frac{1000\psi_{\Pi}}{\omega'_{\Pi} + i_p + 110a} - 1 \right), \text{ кН},$$

де i_p – переважний ухил, ‰;

ω'_{Π} – пусковий опір рухові порожньої вагонетки (при початку руху), $\omega'_{\Pi} = 1,4\omega_{\Pi}$;

ω_{Π} – опір рухові порожніх вагонеток.

Перевірка величини максимально припустимого состава поїзда за умовою гальмування.

$$Q_B \leq P \left(\frac{1000\psi_{\Gamma}}{110a_{\Gamma} - \omega_B + i_{\text{ср}}} - 1 \right), \text{ кН},$$

де a_{Γ} – гальмування, м/с^2

$$a_{\Gamma} = \frac{v_{\Gamma}^2}{2l_{\Gamma}};$$

v_{Γ} – швидкість початку гальмування, м/с ; можна приймати рівної тривалої швидкості руху електровоза $v_{\text{дп}}$ (вибираємо з характеристики електровоза [2]);

l_{Γ} – гальмовий шлях; відповідно до правил техніки безпеки для вантажних перевезень $l_{\Gamma} = 40 \text{ м}$.

Визначення величини максимально припустимого составу поїзда за умовою нагрівання тягових двигунів.

$$Q_{\Pi} \leq \frac{F_T}{0,6 \cdot (\omega_{\Pi} + i_{cp}) \cdot 10^{-3}} - P, \text{ кН.}$$

де F_T – тягове зусилля тривалого режиму роботи електровоза(приймається по його технічній характеристики), кН.

Визначення кількості вагонеток у составі поїзда.

Визначаємо необхідну кількість вагонеток для транспортування породи – $Q_{в.п.}$ та $Q_{п.пор.}$. З усіх отриманих значень Q вибираємо найменші $Q_{в.п.}^{\min}$ та $Q_{п.пор.}^{\min}$ і порівнюємо з $Q_{в.п.}$ та $Q_{п.пор.}$. Якщо $Q_{в.п.} \leq Q_{в.п.}^{\min}$ та $Q_{п.пор.} \leq Q_{п.пор.}^{\min}$ то для подальшого розрахунку приймаємо $Q_{в.п.}^{\min}$ та $Q_{п.пор.}^{\min}$, у іншому випадку $Q_{в.п.}$ та $Q_{п.пор.}$. Розрахункові значення величини составу поїзда в подальших розрахунках позначаємо $Q_{в.п.}$ та $Q_{п.пор.}$ (кількість составів буде визначена у подальшому розрахунку). Приймаємо однакову кількість вагонеток у вантажному і порожньому составі(мінімальне з отриманих значень) [10].

Кількість вагонеток для вантажного і порожнього составів:

$$n_{в.п.} = \frac{Q_{в.п.}}{G_{в.п.} + G_o};$$

$$n_{п.пор.} = \frac{Q_{п.пор.}}{G_o},$$

де G – вага вантажу у вагонетці, кН;

G_o – вага вагонетки, кН.

Перевірка тягових двигунів на припустиме нагрівання.

Треба визначити середньо квадратичний струм I_e і порівняти його з тривалим I_T , що наданий у характеристиці електровоза.

$$I_e \leq I_T.$$

У випадку, якщо довжина відкатки $L \leq 1000\text{м}$:

$$I_e = \alpha \sqrt{\frac{I_{\text{пуск}}^2 (t_{п.в.} + t_{п.пор.}) + I_{в.п.}^2 T_{в.п.} + I_{п.пор.}^2 T_{п.пор.}}{T_{дв.} + \theta}}.$$

У випадку, якщо довжина відкочування $L > 1000\text{м}$:

$$I_e = \alpha \sqrt{\frac{I_B^2 T_B + I_{пор}^2 T_{пор}}{T_{дв} + \theta}},$$

де α – коефіцієнт що враховує погіршення охолодження двигуна під час зупинок та маневрів:

$t_{п.в}, t_{п.пор}$ – тривалість періоду прискорення для вантажного і порожнього составів:

$$t_{п.в} = \frac{V_B}{a_B}; \quad t_{п.пор} = \frac{V_{пор}}{a_{пор}};$$

$V_B, V_{пор}$ – стала швидкість руху составів у вантажному і порожньому напрямку, км/год, визначається по електромеханічній характеристиці двигуна електровоза.

$a_B, a_{пор}$ – пускове прискорення на початку руху навантаженого та порожнього составів, м/с²:

$$a_B = \frac{\frac{F_{пуск}}{P + Q_B} - (\omega_B \pm i)}{110}, \quad a_{пор} = \frac{\frac{F_{пуск}}{P + Q_{пор}} - (\omega_{пор} \pm i)}{110},$$

$I_B, I_{пор}$ – струм що споживає електровоз у вантажному і порожньому напрямках, А;

$I_{пуск}$ – пусковий струм електровоза, А, $I_{пуск} = (0,8 \dots 1,0) I_T$;

I_T – годинний струм електровоза, А (наведений у характеристиці локомотива);

$T_B, T_{пор}$ – час руху навантажених та порожніх составів, хв:

$$T_B = \frac{60 \cdot L}{0,75 \cdot v_B}; \quad T_{пор} = \frac{60 \cdot L}{0,75 \cdot v_{пор}},$$

$T_{дв}$ – тривалість рейсу, хв;

θ – тривалість маневрів, хв;

$v_{гр}$ і $v_{пор}$ – стала швидкість руху составів з вантажем та порожняком, км/год.

Якщо виявиться, що умова $I_e \leq I_T$ не виконується треба зменшити кількість вагонеток у составі і зробити перерахунок.

Інвентарне число електровозів:

$$N_{\text{и}} = N_{\text{р}} + N_{\text{рез}},$$

де $N_{\text{р}}$ – число робочих електровозів;

$N_{\text{рез}}$ – число резервних електровозів

$$N_{\text{р}} = \frac{\tau_{\text{п}}}{\tau};$$

τ – число можливих рейсів одного електровоза у зміну

$$\tau = \frac{60T_0}{T_{\text{р}} + \theta};$$

T_0 – чистий час роботи електровозної відкатки в зміну, прийнято на 0,5 годин менше тривалості зміни;

$\tau_{\text{п}}$ – повне число рейсів у зміну

$$\tau_{\text{п}} = \frac{k_{\text{н}} Q_{\text{см.}\Sigma}}{nG};$$

$k_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності видачі вантажу, $k_{\text{н}} = 1,2 \dots 1,5$;

$Q_{\text{см.}\Sigma}$ – змінний сумарний вантажопоток, т/см;

n – кількість вагонеток у составі.

Число резервних електровозів приймають:

$$N_{\text{рез}} = 0 \text{ при } N_{\text{р}} \leq 3;$$

$$N_{\text{рез}} = 1 \text{ при } N_{\text{р}} \leq 6;$$

$$N_{\text{рез}} = 2 \text{ при } N_{\text{р}} = 7 \dots 12;$$

$$N_{\text{рез}} = 3 \text{ при } N_{\text{р}} \geq 13.$$

Змінна продуктивність одного локомотива:

$$Q_{\text{эл}} = \tau \cdot n \cdot G, \text{ т/зміна.}$$

Розрахунок параметрів електропостачання.

Для контактних електровозів.

Потужність тягової переосвітньої підстанції [10]:

$$P = k_{\text{гр}} U \sum_{i=1}^n N_i k_{oi} I_{\text{сп.}i},$$

де $k_{\text{гр}}$ – коефіцієнт одночасності роботи груп електровозів,

$k_{\text{гр}} = 0,8 \dots 0,9$ (при роботі електровозів одного типу $k_{\text{гр}} = 1$);

U – напруга на шинах тягової підстанції, В;

N_i – число однотипних по потужності електровозів;

k_{oi} – коефіцієнт одночасності роботи електровозів у групі

$k_{oi} = 1$ при $N_i \leq 2$;

$$k_{oi} = 0,55 + \frac{1}{N_{pi}} \text{ якщо } N_i \geq 3;$$

$I_{cp.i}$ – середній струм двигуна електровоза

$$I_{cp.i} = \frac{\sum I_{дв} \cdot t}{\sum t}.$$

По загальній потужності вибирають тип і число перетворювальних агрегатів, а також захисну і комутаційну апаратуру, випрямні агрегати.

Число агрегатів, установлюваних на тяговій підстанції:

$$\chi = \frac{P}{P_a} - 1,$$

де P_a – розрахункова потужність одного перетворювального агрегату, кВт.

Прийнята установка перевіряється по перевантажувальній здатності

$$R_{п} I_{cp} \leq R_{п.у} I_n,$$

де $R_{п.у}$ – додатковий коефіцієнт перевантаження перетворювальної установки;

$R_{п}$ – коефіцієнт перевантаження перетворювальної установки, що залежить від числа робочих електровозів N_p .

Середнє значення спадання напруги при відсутності фідера, який підживлює [10]:

$$\Delta U_{cp} = 0,5 I_{cp} N_p (R_{cp} L_y + R_{п.о.}),$$

де R_{cp} – середній опір 1км. тягової мережі Ом/км;

L_y – довжина ділянки по одну сторону від тягової підстанції, км;

$R_{п.о.}$ – загальний опір фідера, що живлять і відсмоктує, Ом.

$$R_{cp} = R_k + R_p,$$

де R_k – опір 1км мережі, Ом/км;

R_p – опір 1км рейкового шляху, Ом/км.

Максимально припустима довжина ділянки по одну сторону тягової підстанції за умовами спаду напруги:

$$L_{\text{доп}} = \frac{\Delta U_{\text{ср.доп}} - 0,5R_{\text{п.о.}} I_{\text{ср.}} N_p}{0,5I_{\text{ср.}} R_{\text{ср.}} N_p}.$$

Число тягових підстанцій:

$$\Pi = \frac{L_y}{L_{\text{доп}}} + 1.$$

За умови наявності фідера, що підживлює:

$$\Delta U_{\text{ср.}} = 0,5N_p I_{\text{ср.}} [R_{\text{ср.}} (L_y - x) + \frac{1000}{S7g_k} x + R_{\text{п.о.}}],$$

де x – відстань від місця приєднання фідера, який підживлює, до тягової підстанції, км;

g_k – сумарний перетин кабелю, який підживлює, і контактного привода, км^2 .

Витрата енергії на відкатку контактними електровозами за рейс:

$$W_{\text{р.к.}} = \frac{\alpha U I_{\text{ср.}} T_p}{6 \cdot 10^4 \eta_k \eta_{\text{п}}},$$

де α – коефіцієнт, що враховує витрату енергії під час маневрів (при реостатних системах керування $\alpha = 1,15 \dots 1,4$, при тиристорних $\alpha = 0,7 \dots 0,9$);

η_c – ККД мережі, $\eta_c = 0,9 \dots 0,95$;

$\eta_{\text{п}}$ – ККД тягової підстанції, $\eta_{\text{п}} = 0,8 \dots 0,86$;

за зміну:

$$W_{\text{ск}} = W_p \tau.$$

Витрата електроенергії на шинах ЦПП:

$$W'_{\text{ск}} = W_{\text{ск}} / \eta_{\text{сп}},$$

де $\eta_{\text{сп}}$ – ККД мережі від тягової підстанції до ЦПП.

Питома витрата електроенергії

$$a = \frac{W_{\text{ск}}}{Q_{\text{см.}\Sigma} L}.$$

Для акумуляторних електровозів.

Витрата електроенергії на шинах зарядного пристрою:

$$W_a = \frac{\alpha U_{\text{ср.}} I_{\text{ср.}} T_p}{6 \cdot 10^4 \cdot \eta_6 \eta_{3,y}},$$

де η_6 – ККД акумуляторної батареї,
 $\eta_{з.у.}$ – ККД зарядного пристрою.

Витрата електроенергії на шинах ЦПП за зміну

$$W_{c.a.} = W_a \tau.$$

Питома витрата електроенергії

$$a = \frac{W_{c.a.}}{Q_{см.Σ} \eta_6 \eta_c L},$$

де η_c – ККД мережі.

Енергоємність батареї, необхідна для роботи електровоза в п зміни

$$A_s = \frac{\alpha \cdot n_d \cdot U_p (I_B T_B + I_{пор} T_{пор})}{60 \cdot 10^3} \tau,$$

де n_d – число двигунів електровоза;

U_p – середня розрядна напруга батареї, В.

Необхідне число робочих батарей на один електровоз [10]:

$$m_{p.б.} = \frac{A_s}{A'},$$

де A' – енергоємність батареї, кВт·година.

Загальне число батарей на один електровоз:

$$m_o = m_{p.б.} + m_3,$$

де m_3 – число батарей під зарядкою.

Загальне число батарей

$$m = m_o \cdot N_{и} + m_p,$$

де m_p – резервне число батарей (1 батарея на 10 працюючих).

Інвентарне число зарядних столів

$$m_{з.с.и.} = N_{и} + n_{рем},$$

де $n_{рем}$ – додаткове число зарядних столів для обміну і ремонту батарей (при $N_p > 10$ $n_{рем} = 4$).

Викладений спосіб визначення витрати енергії на рух поїзда в багатьох випадках може бути замінений більш простим, відповідно до якого питома витрата енергії [10]

$$a = 5 \cdot \alpha \cdot [\omega_{гр} + \lambda(\omega_{пор} + \omega_{гр}) - i_{ср}], \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}};$$

абсолютна витрата енергії

$$A = a \cdot Q_{\text{п}} \cdot L, \text{ Вт} \cdot \text{год},$$

де λ – коефіцієнт тари;

$Q_{\text{п}}$ – кількість перевезеного вантажу за рейс, зміну, т;

L – довжина відкатки, км.

8.3. Витрата енергії на рух поїзда

Якщо електровоз одержує з мережі в деякий даний момент струм I при напрузі U , то витрата енергії A протягом проміжку часу (t_2 — t_1) буде дорівнювати [17]:

$$A = \int_{t_1}^{t_2} U \cdot I_{\text{эл}} \cdot dt, \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

Таким чином, визначення витрати енергії на рух поїзда зводиться до визначення площі діаграми струму, споживаного електровозом, тобто площі кривій $I = f(t)$.

Звичайно для порівняльної оцінки витрати енергії в різних умовах його відносять до визначеного вимірника. Найбільш зручним вимірником є питома витрата енергії, віднесена до 1 т маси поїзда і 1 км пройденого шляху. Ця питома витрата енергії a' , що виражається у ват-годинах на 1 т км, визначається формулою:

$$a' = \frac{A}{(P + Q)L}, \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}},$$

де P – вага локомотива, т;

Q – вага вагонеток, т;

L – довжина відкатки, км.

Питома витрата енергії, якщо врахувати тільки корисний вантаж:

$$a' = \frac{A}{(Q_{\text{гр}} + Q_{\text{пор}})L}, \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}}.$$

Ця формула являє собою витрату енергії, споживаної безпосередньо на рух, – так називана витрата енергії на струмоприймачі поїзда. Тому що облік енергії ведеться звичайно на стороні перемінного струму тягових підстанцій,

то для цього випадку витрата енергії підраховується по формулі [17]:

$$A = \frac{k_n \cdot U}{\eta_1 \cdot \eta_2} \int_{t_1}^{t_2} I_{эл} \cdot dt, \text{ Вт} \cdot \text{год},$$

де η_1 – к.к.д. контактної мережі або акумуляторної батареї;

η_2 – к.к.д. преосвітні установки;

k_n – коефіцієнт, що враховує витрату енергії на власні потреби поїзда; орієнтовно він може бути прийнятий рівним 1,05 для шахтних електровозів.

Викладений спосіб визначення витрати енергії на рух поїзда в багатьох випадках може бути замінений більш простим.

Механічну роботу $A_{мех}$ (кгс·м), вироблену поїздом по переміщенню вантажу, з достатньої для практики ступенем точності можна визначити як добуток постійного тягового зусилля $F_{уст}$ (кгс), що відповідає сталому періоду руху, на пройдений шлях L (км) [17]:

$$A_{мех} = F_{уст} \cdot L = 1000(P + Q)(\omega \pm i_{cp})L$$

Для визначення величини енергії, яку необхідно підвести до поїзда з мережі, останнє вираження потрібно розділити на к.к.д. електровоза η_0 і перевести у ватт-години. Величина споживаної з мережі енергії визначиться вираженням:

$$A = 1000(P + Q)(\omega \pm i_{cp})L \frac{1}{367\eta_0}, \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad (8.1)$$

К.к.д. електровоза η_0 для розрахунку може бути прийнятий рівним у середньому 0,7.

З формули (8.1) можна одержати вираження для питомої витрати енергії:

$$a = \frac{1000 \cdot (P + Q) \cdot (\omega \pm i_{cp}) \cdot L}{367 \cdot (P + Q) \cdot \eta_0 \cdot L} = 2,72 \frac{\omega \pm i_{cp}}{\eta_0}, \frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}}.$$

Для практичних цілей ця формула малоздатна, тому що вимагає окремого підрахунку витрати енергії на рух навантажених і порожніх составів. Крім того, вона не враховує пускові втрати в реостатах і т.п.

Уведемо наступні позначення:

z – число вагонеток у поїзді;

G і G_0 – відповідно вантажу і маса вагонетки, т;

λ – коефіцієнт тари, $\lambda = \frac{G_0}{G}$;

ε – коефіцієнт, що враховує масу електровоза, $\varepsilon = 1,1-1,2$;

α – коефіцієнт маневрового режиму, що враховує додаткові витрати енергій на пускові втрати в реостатах, виконання маневрів і т.п.

Повна витрата енергії протягом одного рейсу в умовах підземної відкатки:

$$A_p = \frac{1000 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot L}{367 \cdot \eta_0} [(zG + \lambda zG) \cdot (\omega_B - i_{cp}) + \lambda zG(\omega_{пор} + i_{cp})] ,$$

Вт · год

Зробивши в цьому вираженні необхідні перетворення, одержимо:

$$A_p = \frac{1000 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot L \cdot z \cdot G}{367 \cdot \eta_0} [\omega_B + \lambda(\omega_{пор} + \omega_B) - i_{cp}] , \text{ Вт} \cdot \text{ год} ,$$

де L – довжина відкатки, км;

ω_B і $\omega_{пор}$ – опір руху навантажених і порожніх вагонеток;

i_{cp} – середній ухил відкаточних шляхів.

Питома витрата енергії (на тонну корисного вантажу і кілометр шляху):

$$a = \frac{2,72 \cdot \alpha \cdot \varepsilon}{\eta_0} [\omega_B + \lambda(\omega_{пор} + \omega_B) - i_{cp}] , \frac{\text{Вт} \cdot \text{ год}}{\text{т} \cdot \text{ км}} .$$

Величину коефіцієнта α варто приймати:

якщо довжина відкатки до 1 км – 1,4;

від 1 до 2 км – 1,25;

понад 2 км — 1,15.

Остаточно, після перетворень маємо:

$$a = 5 \cdot \alpha \cdot [\omega_B + \lambda(\omega_{пор} + \omega_B) - i_{cp}] , \frac{\text{Вт} \cdot \text{ год}}{\text{т} \cdot \text{ км}} . \quad (8.2)$$

Визначивши по формулі (8.2) питому витрату енергії для

даних умов відкатки, ми можемо знайти абсолютну витрату енергії за рейс, зміну і цілу добу, знаючи лише кількість перевезеного вантажу $Q_{\text{п}}$ (т) і довжину відкатки L (км):

$$A = a \cdot Q_{\text{п}} \cdot L, \text{ Вт} \cdot \text{год}.$$

8.4. Контрольні питання для самоперевірки

1. Які види локомотивів застосовуються на шахтах?
2. Які переваги та недоліки має локомотивна відкатка в порівнянні з іншими видами транспорту?
3. Надати порядок розрахунку електровозної відкатки?
4. Надати порядок розрахунку електропостачання для контактних і акумуляторних електровозів.
5. Як визначити втрати енергії на рух поїзда?

9. КІНЦЕВІ КАНАТНІ ВІДКАТКИ

9.1. Загальні відомості про кінцеву канатну відкатку

За допомогою канатної відкатки здійснюється транспортування вантажу по похилих рейкових шляхах у вагонетках або скіпах за допомогою лебідок і канатів. В даний час область застосування канатної відкатки в шахті звужується, тому що в порівнянні з іншими видами транспорту вона менш продуктивна, трудомістка і вимагає великої витрати часу і робочої сили [17].

Канатна відкатка застосовується у похилих виробках у зв'язку з гірничо-геологічними і технічними умовами, де інший вид транспорту не може бути використаний, а також у комбінації з конвеєрним транспортом для доставки матеріалів, устаткування, видачі породи і перевезення людей.

Канатний транспорт може працювати у виробках із хвилястим профілем і скривленої в плані трасою при кутах нахилу від 6 до 80° [17].

Перевезення вантажів вагонетками в похилих виробках здійснюють при кутах від 6 до 30° , при кутах більш 30° (коли у вагонеток з'являється подовжня нестійкість) застосовують скіпи.

Перевезення людей цим транспортом допускається тільки в спеціальних людських вагонетках. Застосовують одно- і двох кінцеву відкатку з головним і хвостовим канатами.

На рис. 6.1 показані основні схеми кінцевих канатних відкаток і необхідні пристрої і пристосування для їхньої роботи.

Принцип дії канатної відкатки полягає в переміщенні вагонеток (скіпів) за допомогою тягових головних канатів, що приводяться в рух лебідкою (підйомною машиною). Переміщення вагонеток (скіпів) по рейкових шляхах на ухил здійснюється примусово канатом, а вниз під ухил – під дією власної ваги вантажу і каната, якщо кут нахилу виробки більше 6° . Якщо кут нахилу виробки менше 6° переміщення на ухил і під ухил виконується примусово головним і хвостовим

канатами. Під час переміщення вагонеток канати навиваються або змотуються з барабана вантажопідйомних лебідок (машин).

Кінцеві канатні відкатки класифікують по наступних ознаках:

- по куту нахилу – для похилих виробок (рис. 9.1а,г), коли зворотний рух здійснюється за рахунок ваги поїзда (якщо кут більш 5°);
- для горизонтальних виробок (рис. 9.1 б, в, д), коли зворотний рух здійснюється канатами;
- по типу лебідок – з однобарабанними лебідками (рис. 9.1 а, б); із двобарабанними лебідками (рис. 9.1 в, г, д);
- з однобарабанними лебідками – по кількості лебідок – однокінцеві з одною лебідкою (рис. 9.1а); з головним і хвостовим канатом із двома лебідками (рис. 9.1 б);
- з двобарабанними лебідками – по кількості шляхів – для одношляхових виробок (з головним і хвостовим канатами – рис. 6.1 в), для двошляхових виробок (двокінцева – рис. 9.1 г) зі сполучним канатом – рис. 6.1 д).

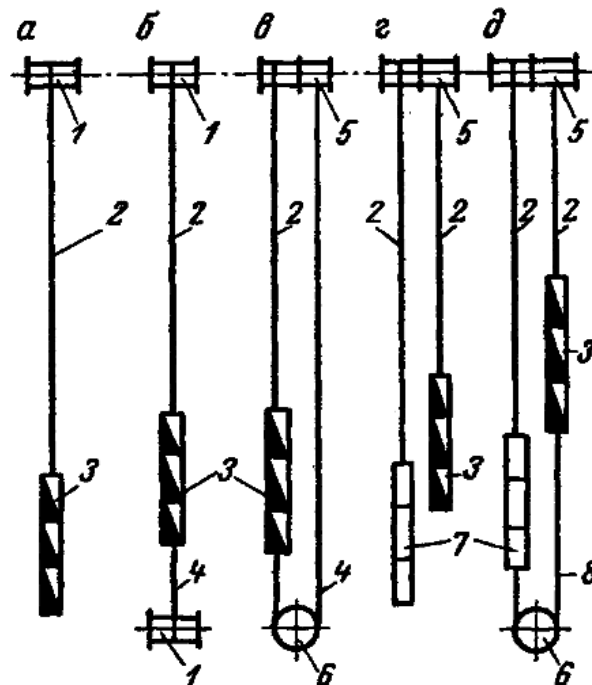


Рис. 9.1. Принципові схеми кінцевих канатних відкаток: 1 – однобарабанна лебідка; 2 – головний канат; 3 – навантажений поїзд; 4 – хвостовий канат; 5 – двох барабанна лебідка; 6 – шків, що відхиляє; 7 – порожній поїзд; 8 – сполучний канат

Кінцевими відкатками можна перевозити будь-які вантажі: вугілля, породу, матеріали, людей. Продуктивність залежить від довжини і складає для однокінцевих відкаток до 100 т/год, для двокінцевих до 200 т/год. Довжина відкатки визначається канатомісткістю барабана і становить 600—700 м, а при використанні малих підйомних машин доходить до 2000 м. Вид шляху в плані передбачається прямолінійний. Профіль колії може бути хвилястим [17].

Переваги: можливість застосування при великих кутах нахилу, при хвилястому профілі і скривленому в плані шляху, порівняльна простота пристрою і мала вартість установки, можливість перевезення людей і устаткування, відсутність вузлів перевантаження вантажу в кінцевих пунктах при відкатці у вагонетках.

Недоліки: мала продуктивність, особливо при великих довжинах відкатки, трудомісткість причеплення і відчеплення вагонеток, інтенсивний знос каната, неможливість автоматизації при відкатці у вагонах, великі розміри лебідок і камер для них при відкатці по довгих похилих виробках, необхідність пристрою спеціальних станцій відправлення–прийому поїздів вагонеток, порівняно високий травматизм.

Якщо застосовуються двокінцеві відкатки транспортування навантажених і порожніх вагонеток виконується за один хід.

Продуктивність канатних відкаток як установок періодичної дії залежить від довжини транспортування, швидкості руху і місткості вагонеток, їхнього числа, а також від організації робіт.

Якщо для доставки робітників будуть використані інші транспортні засоби (МДК, конвеєри), застосовані автоматизація і поліпшена організація робіт на приймально-відправних площадках, то продуктивність може бути збільшена на 15 – 25%.

За допомогою канатної відкатки одночасно можна перевозити не більш 15 однотонних або 10 двотонних вагонеток. У кожному окремому випадку кількість вагонеток визначається розрахунком, але їхнє число повинне бути кратним числу вагонеток, що привозять локомотиви на приймально-відправну

площадку.

Однокінцеву канатні відкату виконують по наступним схемам: з похилими заїздами, з горизонтальними заїздами або з комбінованими заїздами. Якщо довжина відкату змінюється з часом, то нерухомий кінець відкату (основний горизонт) може мати будь який заїзд, а подовжуючий кінець – тільки похилий. Це пов'язане з тим, що через горизонтальний заїзд поїзд пройти не зможе. Похилий заїзд може залишитися у вигляді проміжного горизонту.

9.2. Розрахунок однокінцевих відкаток по похилих заїздах

Перш ніж начинати розрахунок кінцевої канатної відкату треба визначити – для яких вантажів вона буде застосовуватися. Але, у будь якому випадку, поїзд два рази за цикл проходить основну ділянку L (див. рис. 9.2), чотири рази проходить по похилих ділянках $l_{\text{доп}}$ і чотири рази по ділянці, розташованою за стрілкою A , довжина якої дорівнює довжині поїзду $l_{\text{сост}}$ і звичайно враховується в розрахунках разом з довжиною заокруглення $l_{\text{кр}}$ ($l_{\text{кр}} = 30 \dots 50$ м). В розрахунках враховуємо величину $l_{\text{доп}}$ наступним чином [10]:

$$l_{\text{доп}} = l_{\text{кр}} + l_{\text{сост}}, \text{ м.}$$

Тривалість рейса $T_{\text{дв}}$, якщо прийомні площадки похилі:

$$T_{\text{дв}} = \frac{2L}{v_{\text{ср}}} + \frac{4l_{\text{доп}}}{v_{\text{кр}}} + \theta, \text{ с,}$$

де $v_{\text{ср}}$ – середня швидкість руху поїзду на шляху L , приймається на 10–20% менше номінальної швидкості лебідки v (по її характеристики) м/с; попередньо приймають при $L \leq 300$ м $v = 3$ м/с, при $L > 300$ м $v = 5$ м/с;
 $v_{\text{кр}}$ – швидкість руху поїзду по заокругленню. $v_{\text{кр}} = 0,5v$, м/с;
 θ – сумарна тривалість пауз у кінцевих пунктах,

$$\theta = 70 \dots 120 \text{ с.}$$

Тривалість рейсу, якщо заїзди горизонтальні:

$$T_{\text{дв}} = \frac{2L}{v_{\text{ср}}} + \theta, \text{ с.}$$

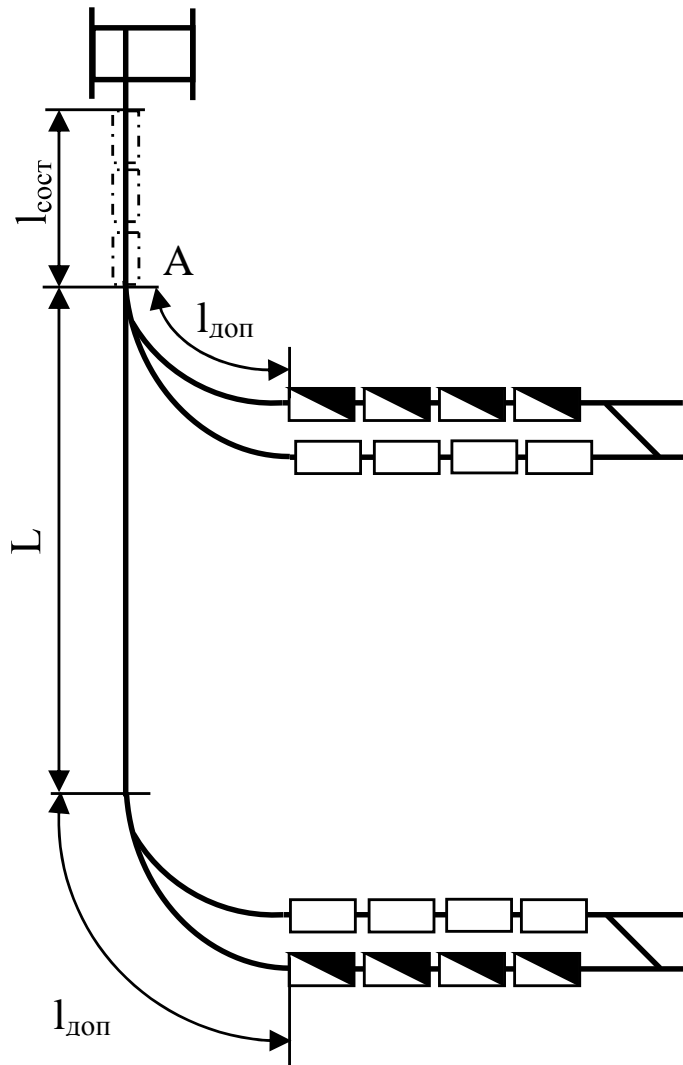


Рис. 9.2. Розрахункова схема однокінцевої відкатки з похилими заїздами

Якщо відкатка двокінцева, цикл завершується за один хід підйому:

$$T_{\text{дв}} = \frac{L}{v_{\text{ср}}} + \theta, \text{ с.}$$

Визначивши тривалість одного рейсу знаходимо годинну продуктивність відкатка:

$$Q = \frac{3,6 \cdot z \cdot G}{T_{\text{дв}}}, \text{ т/год.}$$

З цієї формули при заданій годинній продуктивності відкатки одержуємо число вагонів у поїзді z або масу вантажу у вагоні G :

$$z = \frac{T_{\text{дв}} \cdot Q}{3,6 \cdot G}, \text{ вагонів} \qquad G = \frac{T_{\text{дв}} \cdot Q}{3,6 \cdot z}, \text{ т.}$$

Якщо задано змінну продуктивність, то годинну можна визначити по формулі:

$$Q = \frac{k \cdot Q_{\text{см}}}{T_{\text{см}}}, \text{ т/год,}$$

де k – коефіцієнт резерву відкатка, $k=1,5\dots 2$;

$Q_{\text{см}}$ – змінна продуктивність, т/зм;

$T_{\text{см}}$ – тривалість зміни, $t_{\text{см}} = 5,5$ години.

Для похилих виробок рекомендують приймати наступну кількість вагонеток у поїзді для вантажного підйому:

$z \leq 12\dots 15$ якщо довжина вагонетки дорівнює $L_{\text{в}} \leq 2700$ мм;

$z \leq 8\dots 10$ якщо довжина вагонетки дорівнює $L_{\text{в}} \geq 2800$ мм.

Кількість вагонеток у поїзді повинно бути перевірене з умови міцності зчіпки [10]:

для вантажного поїзду:

$$z_{\text{max}} \leq \frac{S_{\text{сц}}}{(G + G_0) \cdot (\omega \cdot \cos \beta + \sin \beta)}, \text{ Н,}$$

для пасажирського поїзду:

$$z_{\text{max}} \leq \frac{S_{\text{сц}}}{(900n_{\text{л}} + G_0) \cdot (\omega \cdot \cos \beta + \sin \beta)}, \text{ Н,}$$

де $S_{\text{сц}}$ – припустиме зусилля на зчіпці, $S_{\text{сц}} = 60000$ Н;

G і G_0 – вага вантажу і вагонетки, Н;

900 – середня маса одного пасажиря, Н;

$n_{\text{л}}$ – число посадкових місць в одній вагонетці;

ω – коефіцієнт опору руху вагонеток, приймається по

довідниках;

β – кут нахилу виробки, град.

Отримана кількість вагонеток округлюють до найближчого меншого числа.

Визначаємо погонну вагу каната по максимальному статичному натягу, що складається з опорів, подоланих при пересуванні вагонів і каната:

$$p = \frac{z(G + G_0) \cdot (\omega \cos \beta + \sin \beta)}{\frac{\sigma}{m \cdot \rho_0} - L_k (f_k \cos \beta + \sin \beta)}, \text{ Н/м}$$

де σ – опір розривові дроту $\sigma = (1400 \dots 1800) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$;

L_k – довжина каната, м:

$$L_k = L + l_{\text{доп}} + l_{\text{кх}}, \text{ м,}$$

$l_{\text{кх}}$ – довжина канатного ходка (див. рис. 9.3),
приймається по довідниках;

f_k – коефіцієнт опору руху каната;

m – статичний запас міцності каната, відповідно до правил ТБ (для вантажних перевезень $m=6,5$, для людських $m=9,0$);

ρ_0 – приведена питома вага закрученого дроту в канаті
 $\rho_0 = 83000 \dots 90000 \text{ Н/м}^3$.

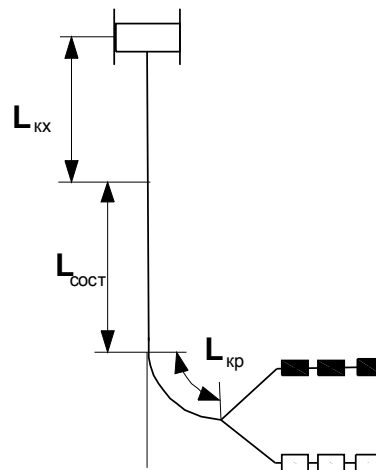


Рис. 9.3. Довжина канатного ходка.

По знайдений вазі 1м каната визначають діаметр каната і діаметр дротів.

Мінімальний діаметр барабана D приймається зі співвідношення:

$$\frac{D}{d} \geq 60,$$

де d – діаметр каната, мм.

На практиці запаси міцності каната значно вище мінімально припустимих, тому що по розуміннях зносостійкості канати прагнуть брати діаметром більше 20 мм.

Визначення потужності двигуна.

- При русі по ухилу.

Перевірка можливості опускання поїзду під дією власної ваги (при кутах нахилу менше 10°).

Якщо вагонетка рухається вниз натяг каната, що змотується з барабана, може виявитися рівним 0, унаслідок чого канат не змотується нормально, а робить петлі). Перевірка виконується по наступній формулі [10]:

$$F_{\min} \geq F_{\text{доп}},$$

де $F_{\text{доп}}$ – натяг каната в точці змотування з барабана;

$F_{\text{доп}} = 1500 \dots 2000 \text{Н}$ – для вантажних перевезень;

$F_{\text{доп}} = 2000 \dots 2500 \text{Н}$ – для пасажирських перевезень.

Сила тяги поїзду, що опускається, і каната:

$$F_{\text{н}} - F_{\min} = z(G + G_0)(\omega \cos \beta - \sin \beta) + pLk(f_k \cos \beta - \sin \beta), \text{ Н},$$

де $F_{\text{н}}$ і F_{\min} – натяг каната на початку і кінці ланцюжка канат–поїзд; у даному випадку $F_{\text{н}} = 0$, тому що на головній зчіпці поїзду зусилля немає.

Тоді з попередньої формули:

$$F_{\min} = z(G + G_0)(\sin \beta - \omega \cos \beta) + pLk(\sin \beta - f_k \cos \beta) \geq F_{\text{доп}}$$

Якщо ця умова не виконується, то до поїзду необхідно причепити панцирну вагонетку, вагу вантажу в якій можна

визначити по формулі:

$$G_{\text{п}} = \frac{F_{\text{доп}} - p \cdot L_k (\sin \beta - f_k \cdot \cos \beta)}{(\sin \beta - \omega \cdot \cos \beta)} - (1 + z) \cdot G_0, \text{ Н.}$$

Потужність двигуна визначають по найбільшій силі тяги лебідки при підйомі навантаженого поїзду по формулі:

$$F_{\text{max}} = z(G + G_0)(\sin \beta + \omega \cos \beta) + pL_k(\sin \beta + f_k \cos \beta), \text{ Н,}$$

або у випадку використання панцирної вагонетки

$$F_{\text{max}} = z[(G + G_0) + G_0 + G_{\text{п}}](\sin \beta + \omega \cos \beta) + pL_k(\sin \beta + f_k \cos \beta), \text{ Н,}$$

Максимальна потужність двигуна:

$$N_{\text{max}} = \frac{F_{\text{max}} \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт,}$$

де η – ккд редуктора піднімальної машини, $\eta = 0,85$.

- При русі по бремсбергу.

Потужність двигуна для відкатки породи однокінцевим канатом по бремсбергу розраховується для трьох режимів [10]:

Підйом порожнього поїзду.

Сила тяги каната:

$$F_{\text{пор}} = zG_0(\sin \beta + \omega \cos \beta) + pL_k(\sin \beta + f_k \cos \beta), \text{ Н,}$$

Потужність двигуна підйомної машини:

$$N_{\text{пор}} = \frac{F_{\text{пор}} \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт.}$$

Спуск навантаженого поїзду.

Сила тяги каната:

$$F_{\text{в}} = z(G + G_0)(\sin \beta - \omega \cos \beta) + pL_k(\sin \beta - f_k \cos \beta), \text{ Н,}$$

Потужність двигуна при роботі його як генератора при спуску навантаженого поїзду

$$N_B = \frac{F_{\Gamma} \cdot v_{c.g.} \cdot \eta}{1000}, \text{ кВт},$$

де $v_{c.g.} = (1,03 \dots 1,05)v$.

Витягування нагору навантаженого поїзду по заокругленню на шлях бремсберга.

Сила тяги каната:

$$F'_B = z(G + G_0)(\sin \beta + \omega \cos \beta), \text{ Н.}$$

Потужність двигуна:

$$N'_B = \frac{F'_B \cdot v_{кр}}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт.}$$

З трьох значень потужності до подальшого розрахунку приймають найбільшу яку позначають N_{\max} .

Визначення діаметра і ширини барабана.

Діаметр барабана піднімальної машини:

$$\frac{D}{d} \geq 60.$$

Ширина барабана:

$$B = \left(\frac{L_k - l_{k.x}}{\pi [D + d(n_c - 1)] \cdot n_c} + n_T + n_D \right) \cdot \frac{d + \varepsilon}{1000}, \text{ м},$$

де n_c – число шарів навивки каната, якщо $\beta \leq 60^\circ$ $n_c \leq 3$;

n_T – число витків тертя; $n_T \geq 3$ для футерованих барабанів і $n_T \geq 5$ для не футерованих;

n_D – додаткові витки, що враховують не заповнювану частину у реборд:

$n_D = 0,5$ при одношаровій навивці каната,

$n_D = 1,5$ при двошаровій навивці каната,

$n_D = 2,5$ при тришаровій навивці каната.

ε – зазор між суміжними витками, обумовлений діаметром каната:

$\varepsilon = 2,5 \text{ мм}$ якщо $d = 20 \dots 30 \text{ мм}$,

$\varepsilon = 3 \text{ мм}$ якщо $d > 30 \text{ мм}$.

Для барабанів з нарізними канавками, зазор ε приймається в залежності від прийнятого кроку навивки за даними заводу виготовлювача.

Перевірка двигуна підйомної машини.

Перевірку двигуна підйомної машини доцільно виконувати методом визначення середньоквадратичної потужності з наступною перевіркою на перевантаження. При цьому вважаємо, що тягове зусилля на барабані при підйомі й опусканні вантажу постійне [10].

Значення середньоквадратичної потужності:

$$N_e = \alpha \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (N_{\text{ср.п}}^2 + N_{\text{ср.оп}}^2)} \cdot \tau, \text{ кВт},$$

де α – коефіцієнт, що враховує додаткове нагрівання двигунів при маневрах, $\alpha = 1,15 \dots 1,2$;

$N_{\text{ср.п}}$, $N_{\text{ср.оп}}$ – середні значення потужності при підйомі і спуску поїздів, кВт.

τ – відносна тривалість руху:

$$\tau = \frac{T_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} + \theta}.$$

Середнє значення потужності при підйомі і спуску:

$$N_{\text{ср.п}} = \frac{F_{\text{ср.п}} \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad N_{\text{ср.оп}} = \frac{F_{\text{ср.оп}} \cdot v_{\text{с.г.}} \cdot \eta}{1000}, \text{ кВт},$$

де $F_{\text{ср.п}}$ і $F_{\text{ср.оп}}$ – середні статичні зусилля на барабані підйомної машини в період підйому і спуска поїзду, Н.

Середні статичні зусилля на барабані підйомної машини визначаються наступним чином.

- На бремсбергу.

При русі навантаженого поїзду під ухил:

$$F_{\text{ср.оп}} = z(G + G_0)(\sin \beta - \omega \cos \beta) + \frac{\rho L_k}{2}(\sin \beta - f_k \cos \beta), \text{ Н.}$$

де $L_k/2$ – середня довжина каната за цикл, м.

При русі порожнього поїзду на підйом.

$$F_{\text{ср.п}} = zG_0 (\sin \beta + \omega \cos \beta) + \frac{\rho L_{\text{к}}}{2} (\sin \beta + f_{\text{к}} \cos \beta), \text{ Н.}$$

- На ухилі.

При русі навантаженого поїзду на підйом:

$$F_{\text{ср.п}} = z(G + G_0) (\sin \beta + \omega \cos \beta) + \frac{\rho L_{\text{к}}}{2} (\sin \beta + f_{\text{к}} \cos \beta), \text{ Н.}$$

При русі порожнього поїзду під ухил:

$$F_{\text{ср.п}} = zG_0 (\sin \beta - \omega \cos \beta) + \frac{\rho L_{\text{к}}}{2} (\sin \beta - f_{\text{к}} \cos \beta), \text{ Н.}$$

Визначення встановленої потужності двигуна підйомної машини.

Встановлену(паспортну) потужність двигуна можна визначити по наступній формулі:

$$N_{\text{уст}} \geq k_{\text{м}} \cdot N_{\text{е}},$$

де $k_{\text{м}}$ – коефіцієнт запасу потужності, $k_{\text{м}} = 1,1 \dots 1,2$.

По величинах D , B , $N_{\text{уст}}$ вибирають тип підйомної машини.

Перевірка двигуна на перевантаження.

Коефіцієнт перевантаження двигуна:

$$\lambda = \frac{N_{\text{max}}}{N_{\text{уст}}} \leq 1,6 \dots 1,8.$$

Якщо ця умова виконується, то двигун обраний вірно.

9.3. Контрольні питання для самоперевірки

1. Які види канатних відкаток застосовуються на шахтах?
2. Які переваги та недоліки мають канатні відкатки в порівнянні з іншими видами транспорту?
3. Надати схеми канатних відкаток.
4. Надати порядок розрахунку кінцевої канатної відкатки з похилими заїздами.

10. НАДГРУНТОВНІ КАНАТНІ ДОРОГИ

10.1. Загальні відомості про надгрунтовні канатні дороги

Канатні надгрунтовні дороги типу ДКН і ДКНЛ застосовують для транспортування вантажів і перевезення людей по дільничних гірських виробках, які мають змінний профіль рейкових шляхів, окремі ділянки з ухилом $\pm 5^\circ$ і в яких утруднена або взагалі неможлива локомотивна відкатка або відкатка кінцевим канатом [10].

Дороги слід застосовувати у виробках із стійкими ґрунтами, з перетином в світлу 6 м^2 і більш, з радіусами закруглення 12 і 20 м.

З'єднання рейок при застосуванні надгрунтовних доріг здійснюється спеціальними скобами за підшву рейки.

Дорога працює за принципом відкатки транспортних засобів замкнутим тяговим канатом. На ґрунт виробки укладається рейковий шлях, по якому за допомогою приводу з шківом тертя рухається буксировочна вагонетка і зчеплений з нею поїзд вантажних і пасажирських вагонеток.

Щоб уникнути сходу з рейок буксировочна вагонетка забезпечена двома діагонально розташованими катками-стабілізаторами, що забезпечують переміщення по важкому викривленому рейковому шляху. Гілки каната протягуються на стороні, протилежній проходу людей уздовж рейкового шляху.

У разі обриву тягового каната або перевищення номінальної швидкості руху на 25-30% спрацьовує система уловлювання двосторонньої дії.

Дорога типу ДКНЛ – легкого типу, призначена для перевезення матеріалів, устаткування і невеликих поїздів породи. Може працювати у виробках з знакозмінним профілем при кутах нахилу до 10° . Привід – манєврова лебідка ЛШВ2 з шківом тертя, що має два гальма – робочий і запобіжний стрічкового типу з ручним управлінням [10].

Надгрунтовні канатні дороги працюють в основному на вентиляційних горизонтах.

Дорогі ДКНЛ1 і ДКНУ1 застосовуються в гірських виробках, закріплених різними видами кріпи, з радіусами закруглення рейкового шляху не менше 6 м в горизонтальній площині і не менше 20 м – у вертикальній. Канатні надгрунтовні дороги також використовуються для Рациональна область застосування легких надгрунтовних доріг ДКНЛ1 – дільничні виробки з кутами нахилу до 15° і вантажопотоками до 80 т в добу. Ці дороги мають меншу масу і вартість, в порівнянні з іншими, вимагають менше витрат на монтаж і експлуатацію.

Дорога надгрунтова ДКНУ1 з електромеханічним приводом (двигун асинхронний з фазним ротором), який за допомогою реостата ВЖР–350 забезпечує плавний запуск і зупинку поїзду, в порівнянні з дорогою ДКНЛ1 має вищу продуктивність, рекомендується її використовувати у виробках з вантажопотоками від 50 до 360 т на добу і при транспортуванні людей на довжину від 500 до 2000 м [10].

10.2. Розрахунок надгрундової канатної дороги

Початковими даними для вибору і розрахунку надгрундової канатної дороги є:

$Q_{см}$ – змінний вантажопоток, т/зм;

L – довжина транспортування, м;

β – кут нахилу виробки, град;

тип вагонеток.

Тривалість одного рейсу:

$$T_p = \frac{2L}{v_{cp}} + \theta,$$

де v_{cp} – швидкість руху, м/с;

θ – сумарна тривалість пауз в кінцевих пунктах, с.

Годинна продуктивність:

$$Q = \frac{Q_{см} \cdot k_n}{T_p},$$

де k_n – коефіцієнт нерівномірності надходження вантажопотоку $k_n = 1,2 \dots 1,3$.

При визначенні часу на перевезення вантажу слід враховувати, що канатна дорога може використовуватися також і для транспортування людей.

Число вагонеток у поїзді:

$$z = \frac{T_p \cdot Q}{3600 \cdot G},$$

де G – маса вантажу у вагонетці, т.

Розглянемо випадок, коли навантажений поїзд рухається під ухил, а порожній на підйом (див. рис. 10.1а) [10].

Транспортування навантаженого поїзду.

- Опір руху навантаженої гілки

$$W'_B = [m_T \cdot (\omega \cos \beta - \sin \beta) + q_k \cdot L \cdot (f_k \cos \beta - \sin \beta)] \cdot g, \text{ Н}$$

де m_T – маса навантаженого поїзду, кг

$$m_c = z(G + G_0) + Q_{\text{от}} + Q_k;$$

z – число вагонеток з вантажем, кг;

G_0 – маса вагонетки, кг;

$Q_{\text{б}}$ – маса буксировочного візка, $Q_{\text{б}} = 2161$ кг;

Q_k – маса запасу каната, $Q_k = 800$ кг;

ω – коефіцієнт опору руху вагонетки;

q_k – погонна вага каната, кг/м;

f_k – коефіцієнт опору руху каната, $f_k = 0,15 \dots 0,3$.

- Опір руху порожньої гілки

$$W'_{\text{пор}} = q_k \cdot L \cdot (f_k \cos \beta + \sin \beta) \cdot g, \text{ Н.}$$

Транспортування порожнього поїзду (див. рис. 10.1б).

- Опір руху навантаженої гілки

$$W_B = [m_{\text{п}} \cdot (\omega \cos \beta + \sin \beta) + q_k \cdot L \cdot (f_k \cos \beta + \sin \beta)] \cdot g, \text{ Н}$$

де $m_{\text{п}}$ – маса порожнього поїзду, кг

$$m_{\text{п}} = z \cdot G_0 + Q_{\text{от}} + Q_k.$$

- Опір руху порожньої гілки

$$W_{\text{пор}} = q_k \cdot L \cdot (f_k \cos \beta - \sin \beta) g, \text{ Н.}$$

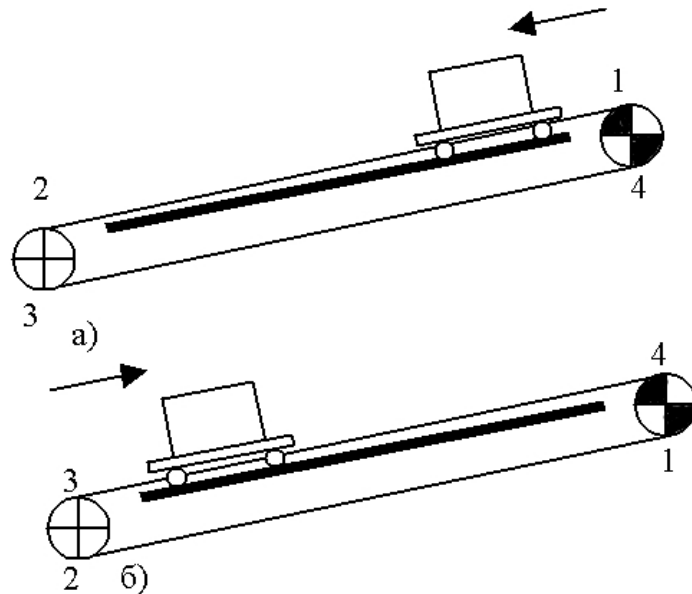


Рис. 10.1. Розрахункова схема надгрунтової канатної дороги

Сумарна сила опору руху (сила тяги) при транспортуванні навантаженого та порожнього поїздів:

$$W'_0 = k(W'_B + W'_{\text{пор}}), \text{ Н,}$$

$$W_0 = k(W_B + W_{\text{пор}}), \text{ Н,}$$

де k – коефіцієнт неврахованих опорів, $k = 1,1 \dots 1,5$.

Натяг каната визначається методом «обходу по контуру».

Мінімальний натяг каната в точці збігання з шківів тертя:

- для рухового режиму

$$S_{\text{сб}}^{\text{min}} \geq \frac{k_T \cdot W_0}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{ Н;}$$

- для генераторного режиму

$$S_{сб}^{\min} \geq \frac{k_T \cdot |W_0| \cdot e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{ Н}$$

де k_T – коефіцієнт запасу сил зчеплення, приймається

$k_T = 1,4 \dots 2,0$ – для рухового режиму;

$k_T = 1,4 \dots 3,0$ – для генераторного режиму;

μ – коефіцієнт зчеплення каната з шківом тертя,

$\mu = 0,12 \dots 0,16$;

α – кут обхвату канатом шківа тертя, $\alpha = 7\pi$ (3,5 витка).

Найменший натяг каната по всьому його контуру повинен бути не менше 2000...2500 Н з метою запобігання його надмірного провисання [10].

Перевірка тягового каната на міцність.

Передбачає визначення максимального натягнення каната (при русі від шківа тертя і до шківа тертя). Більше з цих значень використовується в розрахунку :

$$m = \frac{[S]}{S_{\max}} \geq [m],$$

де $[m]$ – нормативний запас міцності каната (по довідниках);

$[m]$ – розрахунковий запас міцності каната.

Визначення тягового зусилля:

- для рухового режиму

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} + (0,03 \dots 0,05) \cdot (S_{нб} + S_{сб}), \text{ Н};$$

- для генераторного режиму

$$W'_0 = S'_{нб} - S'_{сб} - (0,03 \dots 0,05) \cdot (S'_{нб} + S'_{сб}), \text{ Н}.$$

Споживана потужність електродвигуна.

Визначається потужність двигуна при русі від шківа тертя і до шківа тертя. При цьому [10]:

- для рухового режиму

$$N_0 = \frac{W_0 \cdot v_{cp}}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт},$$

де v_{cp} – швидкість руху, м/с;
 η – к.к.д. приводу, $\eta = 0,8 \dots 0,9$.

- для генераторного режиму

$$N'_0 = \frac{|W'_0| \cdot v_{cp} \cdot \eta}{1000}, \text{кВт}.$$

Середньоквадратична (ефективна) потужність.

Визначається потужність електродвигуна, споживана їм в
плині циклу руху надгрунтової дороги:

$$N_e = \sqrt{\frac{N_0^2 \cdot T_{дв} + N'^2_0 \cdot T_{дв}}{T_p}}, \text{кВт},$$

де $T_{дв}$ – тривалість руху поїзду в одному напрямку:

$$T_{дв} = \frac{L}{v}, \text{м/с},$$

По величині N_e перевіряють встановлений на прийнятій
надгрунтової дорозі електродвигун, потужність якого
позначають N_n , по перевантажувальній здатності:

$$\lambda = 1,25 \cdot \frac{N_e}{N_n} \leq 1,8 \dots 2,2,$$

де λ – кратність максимального моменту двигуна.

Якщо ця умова не виконується, то доведеться зменшити
кількість вагонеток у поїзді.

10.3. Контрольні питання для самоперевірки

1. Які види канатних надгрунтовних доріг застосовуються на шахтах?
2. Яка область застосування канатних надгрунтовних доріг?
3. Надати розрахункову схему канатної надгрунтової дороги.
4. Надати порядок розрахунку канатної надгрунтової дороги.

11. МОНОРЕЙКОВІ ДОРОГИ З КАНАТНИМ ТЯГОВИМ ОРГАНОМ

11.1. Загальні відомості про монорейкові дороги з канатним тяговим органом

Шахтні монорейкові дороги призначені для перевезення допоміжних вантажів і людей головним чином у тих виробках, у яких утруднена або неможлива робота інших засобів транспорту, а саме по дільничних безрейкових і конвеєризованих виробках, особливо з ґрунтом, що дує, що має виправлення в плані, перемінний кут нахилу і малі поперечні розміри [10].

Монорейкові установки застосовують також на поверхні шахт, на складах і в гідрошахтах.

Основними елементами монорейкових доріг є: монорейковий шлях, засоби тяги, візки що рухаються з вантажопідйомними й іншими допоміжними пристроями, що забезпечують закріплення вантажу на, механізацію вантажно-розвантажувальних робіт на кінцевих пунктах, а також механізацію монтажних-демонтажних робіт при будівництві, ремонті і погашенні гірських виробок.

Унаслідок малої пристосованості для роботи у виробках великої довжини і неможливості роботи без проміжного перевантаження при розгалуженій транспортній мережі і декількох кінцевих станціях, монорейкові установки з канатною тягою в теперішній час замінюють монорейковими установками з локомотивною тягою, що є більш універсальними, тому що мають більшу маневреність і автономністю дії, можуть працювати в розгалужених виробках необмеженої довжини з перемінним кутом нахилу [10].

Принцип дії монорейкової дороги з канатною тягою полягає в переміщенні спеціальних вагонеток з каретками, що рухаються по полиці двотавру за допомогою тягового каната. Несучим елементом дороги є полиця монорейки з двотаврів довжиною по 3 м, шарнірно з'єднаних між собою і підвішених до кріпи

виробки на підвісках через несущу балку. Шарнірне з'єднання секцій монорейки допускає відхилення однієї з них щодо іншої до $\pm 5^\circ$ як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах. Завдяки цьому монорейковий шлях легко вписується в скривлення виробки і є нечутливим до деформації при осаді верхняків, що відбувається під дією гірського тиску. Наприкінці і початку монорейкового шляху встановлюють спеціальні упори, що запобігають сходу візків з монорейки. Натяг каната забезпечується натяжним пристроєм вантажного типу, розташованому у районі приводної станції [10].

В установках з канатною тягою як привод використовують лебідки зі шківом тертя, одно- або двобарабанні лебідки з електро-, пневмо- або гідродвигунами.

Керування лебідками може бути ручним, дистанційним і автоматизованим. Швидкість руху тягових канатів лежить у межах 0,2 – 4 м/с. В установках важкого типу передбачають плавне регулювання швидкості.

Тягові канати можуть мати діаметр від 5 до 20 мм, тягове зусилля в окремих випадках досягає 40 кН.

Вантажопідйомність сучасних монорейкових доріг з канатною тягою доходить до 14 т (чотири вагонетки по 3,5 т), а довжина до 2000 м.

В теперішній час на шахтах широко застосовуються монорейкові канатні дороги типу ДМК.

Монорейкові канатні дороги ДМК випускаються типів: 6ДМКУ, ДМКМ, ДМКУ. Вони відрізняються розходженням приводних станцій.

11.2. Вхідні дані для розрахунку монорейкової дороги

Монорейкова дорога з канатним тяговим органом відноситься до засобів допоміжного транспорту й у гірських умовах звичайно вирішують дві задачі [10]:

1. Перевезення допоміжних матеріалів і вантажів до добичним і підготовчих ділянок.

2. Перевезення людей до робочих місць і назад.

Відповідно до розв'язуваних задач розрахунок монорейкової дороги повинний виробляється для випадку транспортування матеріалів і перевезення людей.

Загальна схема розрахунку монорейкової дороги складається з двох етапів:

1. Розрахунок і вибір типу дороги по продуктивності, кутів установки і довжині транспортування.
2. Тяговий розрахунок обраної дороги.

Вхідними даними для розрахунку монорейкової дороги з канатним тяговим органом є:

$Q_{см}$ – кількість вантажу, що доставляється на ділянку за зміну, т/зм;

$R_{см}$ – кількість робітників, що доставляються на ділянку за зміну;

L – довжина транспортування, м;

β – кут нахилу виробки, град.

У якості порівнюваних розглянемо монорейкові дороги 6ДМКУ, ДМКУ, ДМКД, що відрізняються по своїх технічних можливостях.

11.3. Вибір монорейкової дороги для перевезення вантажів по продуктивності

1. У залежності від довжини транспортування і кута нахилу виробки приймається тип монорейкової дороги. При цьому керуються наступними правилами:

- якщо $\beta < 18^\circ$ приймається дорога 6ДМКУ;
- якщо $\beta < 25^\circ$ приймається дорога ДМКУ;
- якщо $\beta \geq 25^\circ$ приймається дорога ДМКМ;

2. Визначається необхідне число рейсів у зміну для доставки вантажів:

$$n_{см} = n_{гр} = \frac{Q_{см} \cdot k_n}{Q_p},$$

де $Q_{см}$ – кількість вантажу, що доставляється на ділянку за

зміну, т/см;

Q_p – найбільша маса вантажу що транспортується монорейковою дорогою (приймається з характеристики монорейкової дороги в залежності від β);

k_n – коефіцієнт нерівномірності роботи, $k_n = 1,3... 1,5$.

3. Визначасмо тривалість рейсу при доставці вантажу

$$t_b = \frac{2L}{60v_p} + \theta, \text{ хв,}$$

де v_p – швидкість руху складу, м/с (для доріг з регульованою швидкістю $v_p = 1,5$ м/с);

θ – витрати часу, зв'язані з навантаженням і розвантаженням, хв ($\theta = 10... 20$ хв).

Для виконання необхідного обсягу перевезень повинне виконуватися умова:

$$T_{cm} \geq n_b \cdot t_b, \text{ хв.}$$

Якщо ця умова не виконується, то варто вибрати інший вид транспорту.

З цієї умови можна визначити мінімальну необхідну швидкість руху поїзду:

$$v_p = \frac{2L}{60 \left(\frac{T_{cm}}{n_{gp}} - \theta \right)}, \text{ м/с.}$$

Годинна продуктивність дороги:

$$Q_{gp} = \frac{60 \cdot Q_p}{t_{gp}}, \text{ т/год.}$$

11.4. Вибір монорейкової дороги для перевезення людей по продуктивності

1. Рекомендації з вибору дороги ті ж, що й у попередньому пункті (у залежності від довжини транспортування і кута

нахилу виробки).

2. Визначення необхідного числа рейсів для перевезення людей:

$$n_{л} = \frac{R_{см}}{R_p}.$$

3. Визначаємо тривалість рейсу під час перевезення людей

$$t_{л} = \frac{2L}{60v_p} + \theta', \text{ хв},$$

де θ' – витрати часу зв'язані з посадкою і висадженням людей

$$\theta' = 1,7R_p, \text{ с},$$

R_p – кількість людей перевезених монорейковою дорогою за один рейс.

Для виконання загальних положень по перевезенню людей на шахті повинне виконання наступної умови

$$T_{мон} \geq t_{л},$$

де $T_{мон}$ – час, що залишилося на перевезення людей монорейковою дорогою, хв.

Пояснення.

- Механізоване перевезення людей повинне забезпечувати їхню доставку до робочих місць у шахті і назад при забезпеченні безпеки і комфортності в мінімально можливий час, що у будь-якому випадку не повинен перевищувати 45 хв із моменту посадки в засіб шахтного транспорту [10].
- Кількість транспортних ланок не повинне бути більше 3 від білястовбурового двору до кінцевого місця доставки. При цьому кількість пересаджень не повинна бути більше 2 [10].
- При розрахунку витрат часу у вузлах сполучення транспортних засобів необхідно керуватися наступними положеннями [10]:
 - ✓ враховувати час на посадку і висаджування пасажирів;
 - ✓ враховувати час на піші походи зі швидкістю 1 м/с у вузлах сполучення, виходячи з їхньої

мінімальної довжини, що у всіх випадках не повинно перевищувати 100 м;

- ✓ враховувати час на чекання посадки і відправлення пасажирського поїзда (по горизонтальних виробках не більш 6 хв).

4. З обліком вищевикладеного обмеження на $T_{\text{мон}}$ буде мати вигляд:

$$T_{\text{мон}} \leq 45 - \Sigma T_{\text{пеш}} - \Sigma T_{\text{дв}} - \Sigma T_{\text{ож}}, \text{ хв,}$$

де 45хв – максимальний час руху людей до місця роботи від поверхні шахти.

$\Sigma T_{\text{пеш}}$ – сумарний час руху робітників пішки, хв.

$\Sigma T_{\text{дв}}$ – сумарний час руху людей на транспортуючих машинах до канатної монорейкової дороги, що розраховується, хв.

$\Sigma T_{\text{ож}}$ – сумарний час чекання робітниками транспортних засобів, хв.

11.5. Розрахунок монорейкової дороги з канатним тяговим органом

1. Передумови до розрахунку і розрахункова схема.

- Монорейкова дорога з канатним тяговим органом працює по човниковій схемі.
- Підтримуючий канат блоки повинні запобігати зіткненню каната з кріпленням виробки й інших частин і механізмами як монорейкової дороги, так і виробки.
- Опором каната при проходженні його по блоках натяжних станцій та блоках що відхиляють канат, зневажаємо, тому що на цих блоках збільшення опору руху каната складає менш 1%.
- Порожньою гілкою дороги будемо вважати ту частину каната, що розташована між шківом тертя і кінцевим блоком і яка не взаємодіє з приводним візком монорейкової дороги.

- Навантаженою гілкою дороги будемо вважати ту частину каната, що розташована між шківом тертя і кінцевим блоком і яка взаємодіє з приводним візком монорейкової дороги .

З обліком вищевикладеного схема монорейкової дороги буде мати вигляд(рис. 11.1).

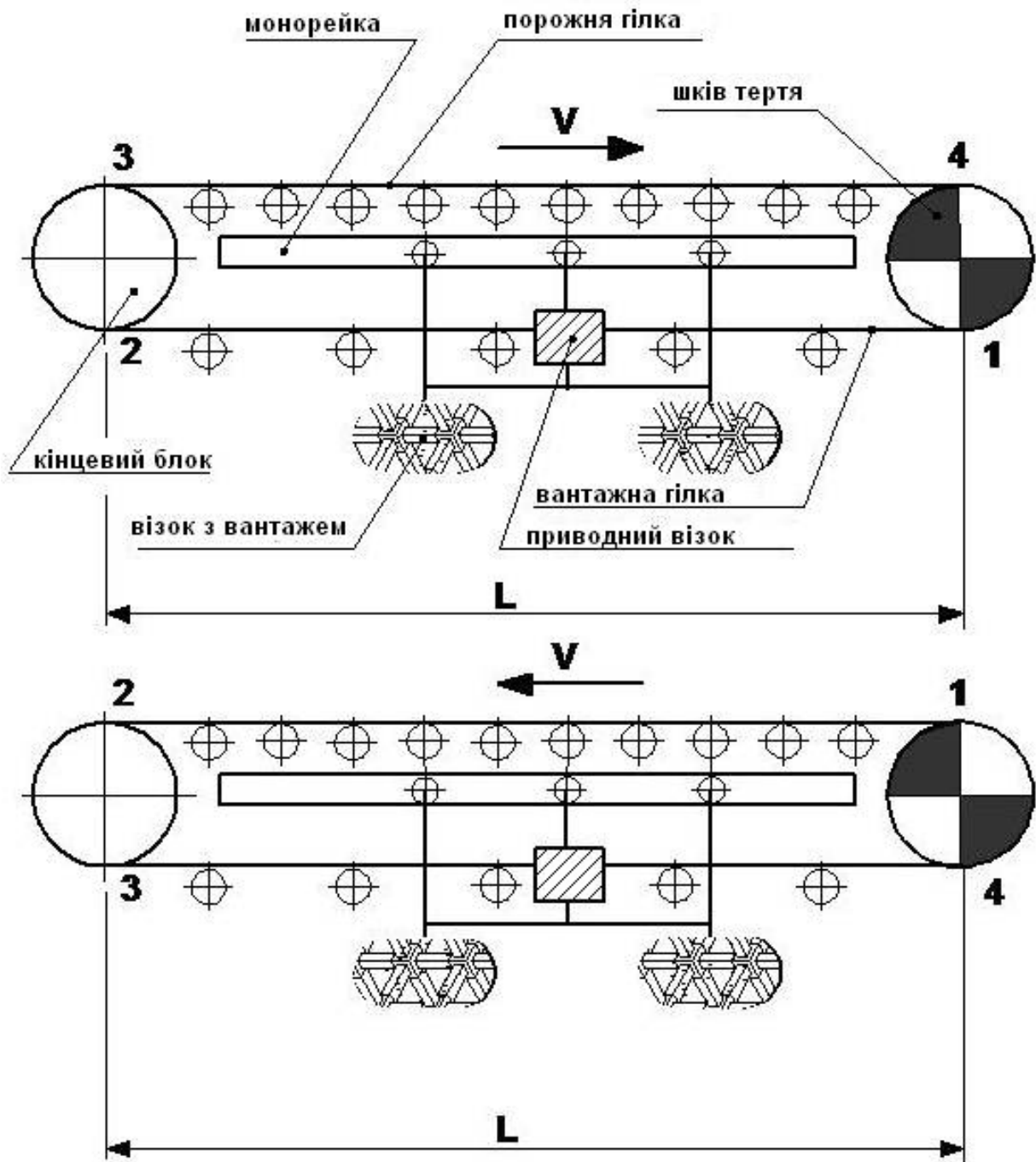


Рис. 11.1. Розрахункова схема монорейкової дороги

2. Визначення опору руху тягового каната

- Опір рухові порожньої гілки [10]

$$W_{\text{пор}} = g \cdot q_k \cdot (\omega_k \cdot \cos\beta \pm \sin\beta) \cdot L, \text{ Н,}$$

де q_k – погонна вага каната, кг/м (приймається по технічній характеристиці дороги);

L – довжина монорейкової дороги, м;

β – кут нахилу монорейкової дороги, град;

ω_k – коефіцієнт опору переміщенню канатів по підтримуючих блоках, $\omega_k = 0,015 \dots 0,02$;

- Опір рухові навантаженої гілки [10]

$$W_B = [(G + G_0) \cdot (\omega \cdot \cos\beta \pm \sin\beta) + q_k \cdot (\omega_k \cdot \cos\beta \pm \sin\beta) \cdot L] \cdot g, \text{ Н,}$$

де G_0 – маса частин монорейкової дороги, що рухаються по монорейці, кг;

G – маса вантажу, кг, для людей $G = 90n$, кг;

n – число перевезених пасажирів;

ω – коефіцієнт опору руху по монорейці, $\omega = 0,01 \dots 0,02$.

- Опір на кінцевому блоці

$$W_{\text{б}} = (0,06 \dots 0,08) S_{\text{нб}}, \text{ Н}$$

- Опір на шківі тертя

$$W_{\text{п}} = \omega_{\text{п}} (S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}}), \text{ Н,}$$

де $\omega_{\text{п}}$ – коефіцієнт що враховує втрати на шківі тертя, $\omega_{\text{п}} = 0,03 \dots 0,05$.

- Сумарна сила опору(сила тяги) орієнтовно визначається по формулі:

$$W_0 = k_3 (W_B + W_{\text{пор}}), \text{ Н,}$$

де k_3 – коефіцієнт неврахованих опорів, $k_3 = 1,1 \dots 1,5$.

3. Визначення натягу каната методом «обходу по контуру».

- Мінімальний натяг каната в точці збігання зі шківів тертя

Для рухового режиму, коли транспортування вантажу здійснюється «на підйом» [10]:

$$S_{сб}^{\min} \geq \frac{k_T \cdot W_0}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{ Н.}$$

Для генераторного режиму, коли транспортування вантажу здійснюється «під ухил»:

$$S_{сб}^{\min} \geq \frac{k_T \cdot |W_0| \cdot e^{\mu\alpha}}{e^{\mu\alpha} - 1}, \text{ Н,}$$

де k_T – коефіцієнт запасу сил зчеплення, приймається

$k_T = 1,4 \dots 2,0$ – для рухового режиму;

$k_T = 1,4 \dots 3,0$ – для генераторного режиму;

μ – коефіцієнт зчеплення каната зі шківом тертя,
 $\mu = 0,12 \dots 0,16$;

α – кут обхвату канатом шківа тертя, $\alpha = 7\pi(3,5 \text{ витка})$.

Враховуючи, що дорога працює як у руховому, так і в генераторному режимі, то з двох значень $S_{сб}^{\min}$ до подальшого розрахунку приймається найменше.

- Натяг каната в характерних крапках (дивись таблицю)

Генераторний режим

Руховий режим

$$S'_1 = S_{сб}^{\min};$$

$$S_1 = S_{сб}^{\min};$$

$$S'_2 = S'_1 + W'_{гр};$$

$$S_2 = S_1 + W_{пор};$$

$$S'_3 = S'_2 + W'_{2-3};$$

$$S_3 = S_2 + W_{2-3};$$

$$S'_4 = S'_3 + W'_{пор};$$

$$S_4 = S_3 + W_{гр};$$

$$W'_{гр} = (G + G_0) \cdot g \cdot (\omega \cdot \cos\beta - \sin\beta) +$$

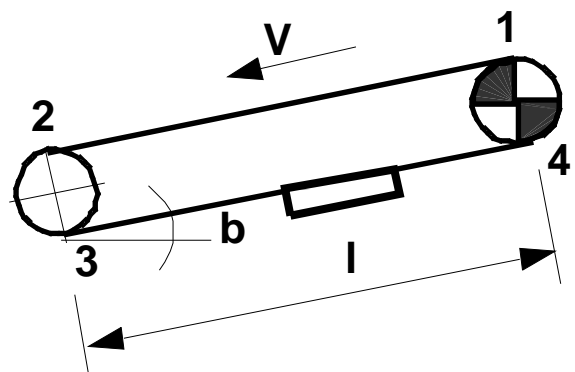
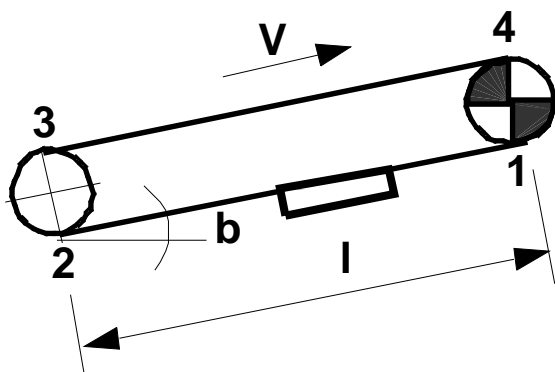
$$W_{гр} = (G + G_0) \cdot g \cdot (\omega \cdot \cos\beta + \sin\beta) +$$

$$+ q_k \cdot (\omega_k \cdot \cos\beta - \sin\beta) \cdot L \cdot g,$$

$$+ q_k \cdot (\omega_k \cdot \cos\beta + \sin\beta) \cdot L \cdot g,$$

$$W'_{пор} = g \cdot q_k \cdot (\omega_k \cdot \cos\beta + \sin\beta) \cdot L,$$

$$W_{пор} = g \cdot q_k \cdot (\omega_k \cdot \cos\beta - \sin\beta) \cdot L,$$



4. Перевірка тягового каната на міцність

Визначається максимальний натяг каната при русі від шківів тертя і до шківів тертя і більше з цих значень підставляється у формулу:

$$m = \frac{[S]}{S_{\max}},$$

де S_{\max} – максимальний натяг каната, Н;

$[S]$ – припустиме розривне зусилля каната, Н;

$[m]$ – припустимий запас міцності каната;

m – розрахунковий запас міцності каната.

Запас міцності каната для пасажирських перевезень $[m] = 6$, для вантажних – по довідниках.

Якщо розрахунковий коефіцієнт запасу міцності каната менше припустимого, то необхідно вибрати більш міцний канат, при тій же його діаметрі, або зменшити масу вантажу, що транспортується [10].

5. Визначення необхідного тягового зусилля приводу.

Тягове зусилля визначається по наступних формулах:

- Для рухового режиму

$$W_0 = S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}} + (0.03 \dots 0.05) \cdot (S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}}), \text{ Н.}$$

- Для генераторного режиму

$$W'_0 = S'_{\text{нб}} - S'_{\text{сб}} - (0.03 \dots 0.05) \cdot (S'_{\text{нб}} + S'_{\text{сб}}), \text{ Н.}$$

6. Визначення споживаної потужності електродвигуна

Визначається потужність двигуна при русі від шківів тертя і до шківів тертя. При цьому:

- Для рухового режиму

$$N_0 = \frac{W_0 \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

де v – швидкість стрічки, м/с.

η – ккд приводу, $\eta = 0,8 \dots 0,9$.

- Для генераторного режиму

$$N'_0 = \frac{|W'_0| \cdot v \cdot \eta}{1000}, \text{кВт}.$$

Визначення середньоквадратичної(ефективної) потужності
Визначається потужність електродвигуна, споживана їм у
плині циклу руху монорейкової дороги по формулі [10]:

$$N_e = \sqrt{\frac{N_0^2 \cdot t_p + N_0'^2 \cdot t_p}{T_{дв} + \theta}}, \text{кВт},$$

де $T_{дв}$ – тривалість рейсу (туди і назад), $T_{дв} = 2t_p$;

t_p – тривалість руху складу в одному напрямку:

$$t_p = \frac{L}{v}, \text{ м/с},$$

По величині N_e перевіряють установлений на прийнятій
нами монорейковій дорозі електродвигун, потужність якого
позначають N_n , по перевантажувальній здатності:

$$\lambda = 1,25 \cdot \frac{N_e}{N_n} \leq 1,8 \dots 2,2,$$

де λ – кратність максимального(перекидаючого) моменту
двигуна.

Якщо ця умова не виконується, то необхідно зменшити
кількість транспортуємого вантажу.

У наведених розрахунках вага порожнього поїзду
визначається з урахуванням наступних особливостей його
комплектації [10]:

$$G = M_{ст} + M_{тп} + \underbrace{M_{пт} \cdot z_{пт}}_{\text{если есть}} + M_t \cdot z_t + M_c \cdot z_c + \underbrace{M_{гп} \cdot z_{гп}}_{\text{если есть}},$$

де $M_{ст}$ – маса парашутної системи, $M_{ст} = 480$ кг;

$M_{тп}$ – маса приводного візка:

$M_{тп} = 452$ кг для доріг 6ДМКУ і ДМКМ;

$M_{тп} = 867$ кг для дороги ДМКУ;

$M_{пт}$ – маса пасажирського візка, $M_{пт} = 490$ кг;

$z_{пт}$ – число пасажирських вагонів, $z_{пт} = 4$ (максимальне число);

$M_{гп}$ – маса вантажних платформ, $M_{гп} = 390$ кг;

$z_{гп}$ – число вантажних платформ, $z_{гп} =$ стільки скільки потрібно, головне, щоб вистачало потужності двигуна і міцності каната;

$M_{т}$ – маса сполучної тяги, $M_{т} = 13,2$ кг;

$z_{т}$ – число сполучних тяг, $z_{т} =$ по дві штуки на кожен візок;

$M_{с}$ – маса сполучної тяги, $M_{с} = 4,5$ кг;

$z_{с}$ – число сполучних тяг, $z_{с} =$ по чотири штуки на кожен візок;

Варто враховувати, що найбільша маса перевезеного вантажу на один візок повинна бути не більш 2000 кг.

Маса одного пасажирського візка дорівнює 90 кг.

Місткість одного пасажирського візка 8 чоловік.

Найменший натяг каната по всьому його контуру повинен бути не менше 1000...2000 Н, з метою запобігання його надмірного провисання.

11.6. Контрольні питання для самоперевірки

1. Які види монорейкових доріг застосовуються на шахтах?
2. Яка область застосування монорейкових доріг?
3. Яким чином виконується вибір монорейкової дороги для транспортування вантажу?
4. Яким чином виконується вибір монорейкової дороги для транспортування пасажирів?
5. Надати порядок розрахунку монорейкової дороги.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гетопанов ,В.Н. Горные и транспортные машины и комплексы / В.Н.Гетопанов,Н.С.Гудилин,Л.И.Чугреев. - М.: Недра, 1991. – 304 с.
2. Григорьев, В.Н. Транспортные машины для подземных разработок : учеб. для вуз. / В.Н.Григорьев, Ю.С.Пухова, В.А.Дьяков. – М.: Недра, 1984. – 383 с.
3. Кузьменко , В.И. Горные транспортные машины (теория и расчеты) : учеб. пособ. / В.И.Кузьменко.–Алчевск: ДГМИ, 2002. – 232 с.
4. Кузьменко , В.И. Горные транспортные машины в примерах и задачах : учеб. пособ./ В.И.Кузьменко. – Луганск: Лугань, 1997. – 208 с.
5. Кузьменко ,В.И. Конструкции горных транспортных машин: учеб. пособ. / В.И.Кузьменко.– Алчевск: ДГМИ, 1999. – 244 с.
6. Мала гірнича енциклопедія. Т.1. / [за ред. В. С. Білецького]. — Донецьк : Донбас, 2004. — 640 с.
7. Мала гірнича енциклопедія. Т.2. / [за ред. В. С. Білецького]. — Донецьк: Донбас, 2007. — 652 с.
8. Основные положения по проектированию подземного транспорта новых и действующих угольных шахт. – М. : ИГД им. А.А. Скочинского, 1986. – 355с.
9. Пейсахович, Г.Я. Повышение эффективности принятия проектных решений по шахтным транспортным машинам / Г.Я. Пейсахович. – М.: Недра, 1984. – 144с.
10. Проектування транспортних систем енергоємних виробництв. / В.О. Будішевський, В.О. Гутаревич, О.О.Пуханов та ін. ; [під.ред. В.О. Будішевського, А.О. Суліми]. – Донецьк. 2008.– 464с.
11. Разраунки і проектування транспортних засобів безперервної дії : навч. посіб. для ВНЗ / О.І. Баришев, В.О. Будішевський, М.А. Складов та ін.; [під заг. ред. В.О. Будішевського].– Донецьк, 2005. – 521с.

12. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ / [под общ. ред. Б.Ф. Братченко]. – М.: Недра, 1978. – 423с.
13. Справочник: Машины и оборудование для шахт и рудников / [под общ. ред. С.Х.Клорикьяна] . – М.: Московс.госуд. горн. ин-т, 1994. – 471 с.
14. Справочник: Подземный транспорт шахт и рудников / [под общ. ред. Г.Я. Пейсаховича, И.П. Ремизова]. – М.: Недра, 1985. – 565 с.
15. Теоретические основы и расчеты транспорта энергоемких производств / [под ред. В.А. Будишевского, А.А. Сулиммы] . – Донецк, 1999. –216 с.
16. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: учеб. для вузов / В.И.Бондаренко, А.М.Кузьменко , Ю.Б. Грядущий и др. – Днепропетровск, 2002. – 730с.
17. Транспорт на горных предприятиях / [под общ. ред. Б.А.Кузнецова] . – М.: Недра, 1976. – 552 с.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
«Транспорт на гірничих підприємствах»
Частина I. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ТРАНСПОРТНИХ МАШИН
ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ
для студентів всіх форм навчання

Галузь знань: 0507 «Електротехніка та електромеханіка»
Напрямок підготовки: 6.050702 «Електромеханіка»

Укладач:
Пуханов Олександр Олександрович, старший викладач

85300, м. Красноармійськ, пл. Шибанкова, 2, КП ДонНТУ