

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Кафедра „Прикладна механіка та матеріалознавство”

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри

_____ Ракша С.В.
(підпис) (ПІБ)

20 ____ р. _____ «____»

ДИПЛОМНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь 13 «Механічна інженерія»
(шифр) (назва)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Тема: «Обґрунтування способів підвищення кута підйому траси канатної дороги»

Theme: «Substantiation of ways to increase the angle of the cable car route»

ДІПТ. 630000. 306. МРПЗ

Керівник дипломної роботи	<u>доцент</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Куруп'ятник О. С.</u> (ПІБ)
---------------------------	---------------------------	----------------	-----------------------------------

Консультант розділу з БЖД	<u>доцент</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Саблін О. І.</u> (ПІБ)
---------------------------	---------------------------	----------------	------------------------------

Нормоконтролер	<u>ст. викл.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Посмітюха О.П.</u> (ПІБ)
----------------	------------------------------	----------------	--------------------------------

Студент групи	<u>ПМ 1921</u>	_____ (підпис)	<u>Демчук О. Д.</u> (ПІБ)
---------------	----------------	----------------	------------------------------

Student	<u>Demchuk Oleksandr</u> (Family, name)		
---------	--	--	--

Дніпро
2020

ЗМІСТ	
ВСТУП	3
1 АКТУАЛЬНІСТЬ КАНАТНИХ ДОРОГ У СЬОГОДЕННІ	4
2 ПРОВИСАННЯ КАНАТІВ.....	14
2.1 Провисання каната під дією власної ваги.	14
2.2 Аналогія між провисанням и прогинаючим моментом.	19
2.3 Метод параболи.....	22
3 КУТ ПІДЙОМУ ВАГОНЕТКИ ПРИ РУСІ ПО КАНАТУ	26
4 ХОДОВА ЧАСТИНА САМОХІДНОГО ВАГОНУ КАНАТНОЇ ДОРОГИ	32
4.1 Гусеничного типу.....	32
4.2 Ходова частина самохідного вагону з колесами та роликом	35
4.3 Способи підвищення кута підйому траси канатної дороги.	35
4.4 Схеми ходового обладнання. Переваги і недоліки.....	37
4.5 Загальні вимоги до конструкції ходового обладнання	40
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	46
5.1 Вимоги безпеки праці під час будування обладнання.	46
5.2 Дії працівників в аварійних ситуаціях.	60
ВИСНОВОК.....	63
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ПОСИЛАННЯ	64

					ДПТ. 00 0000. 000. МРПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.					Тема МР	Літ.	Арк.
Перевір.							5
Реценз.							114
Н. Контр.	Посмітюха					ДНУЗТ, гр. ПМ1926	
Затверд.	Ракша С.В.						

ВСТУП

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ КУТА ПІДЙОМУ ТРАСИ КАНАТНОЇ ДОРОГИ.

Основна ідея: Розглядається канатна дорога з самохідними вагонами (без тягового каната, тільки несучий) в традиційній конструкції, з одним несучим канатом.

Мета: встановлення залежності кута підйому траси від характеристик механічного обладнання та розробка засобів для підвищення величини цього кута.

Обмеження: Кут нахилу траси обмежується максимальним значенням кута підйому несучого каната (кут нахилу дотичної до кривої провисання каната) з умови зчеплення коліс вагона з канатом.

Наукова новизна: вперше встановлено залежність кута підйому траси від характеристик механічного обладнання канатної дороги.

Практичне значення: розроблено конструкції засобів, які дозволять підвищити кут підйому траси канатної дороги.

Об'єкт дослідження: процес взаємодії ходового обладнання вагонів з несучим канатом канатної дороги.

Предмет дослідження: параметри ходового обладнання вагонів канатної дороги.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1 АКТУАЛЬНІСТЬ КАНАТНИХ ДОРОГ У СЬОГОДЕННІ

Основна частина пасажирських перевезень припадає на різні види наземного транспорту, до них відносяться: автобуси, трамваї, тролейбуси і маршрутні таксі [1].



Рис.1. Міський транспорт.

Дані види транспорту (рис.1) мають високу потенційну швидкість пересування, проте під впливом обставин характерних для сучасних міст швидкість дорожнього потоку знижується кратно. Серед факторів істотно впливають на швидкість пересування транспортного потоку можна виділити утруднений перетин перехресть, затримки на світлофорах, створення «пробок» в зв'язку з перевантаженістю автомобільних доріг, дорожньо-транспортних пригод, ремонтних робіт. Порівняння витрат по експлуатації канатних доріг і інших видів міського транспорту, таких як автобус, трамвай і тощо, показало, що витрати енергії на одного пасажирів в першому випадку набагато нижче [2].

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Причина - оптимальне співвідношення ваги перевезеного вантажу (в даному випадку пасажирів) з власною вагою кабіни канатної дороги. Канатна дорога - дуже економічний вид транспорту. Сучасний підйомник, наприклад, в Кобленці (Німеччина), з продуктивністю 3 600 осіб. / Годину в кожному напрямку для транспортування одного пасажирів споживає всього 0,1 кВт / год. Існує велика проблема перенасичення автомобілями і недостатньо розвинену систему громадського транспорту в невеликих містах, де склалася щільна історична забудова не дозволяє розширити дорожнє полотно, а особливо клімат і ґрунт унеможливають прокладку лінії метрополітену. Для вирішення транспортної проблеми таких міст оптимально використовувати канатні дороги через їхні переваги [3].

Таким чином, сказане визначає актуальність наукових і прикладних досліджень перспектив і умов впровадження сучасної інноваційної технології надземних пасажирських перевезень на основі підвісних пасажирських канатних доріг.

Переваги канатної дороги:

Соціальні:

- ціна проїзду на доступному рівні;
- швидкість (до 50...60 км/г) і чітка прогнозованість часу поїздки;
- комфорт та безпека переміщення;
- зручність посадки та висадки;
- можливість перевезення ручної поклажі та крупногабаритних вантажів;
- гарно вписується в інтер'єр міста.

Технічні:

- відсутність шкідливих вихлопів;
- рух над землею без перетину з трасами інших видів міського транспорту;

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- відносні енерговитрати на переміщення в 5 ... 10 разів нижче, ніж у невідчутно до рельєфу місцевості;

- не потрібне проведення об'ємних земельних робіт;

- стимуляція розвитку інноваційних технічних рішень в галузі.

Економічні:

- найменші витрати на організацію руху;

- відносно невелика вартість проектування та будування;

- найбільший коефіцієнт використання енергії на перевезення 1 пасажирів;

- мінімальне землевідведення;

- частина площі посадочних станцій може бути використана в комерційних цілях;

- не потребує викупу земельних ділянок під прокладку наземної траси [4].



Рис.2 Зображення канатної підвісної дороги.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Підвісні канатні дороги (рис.2) на відміну від наземних доріг характеризуються наявністю підвісного канатного або рейкового шляху, по якому відбувається рух вагонеток [5].

Найхарактернішою ознакою для класифікації підвісних доріг є рід тяги; він в основному впливає на конструкцію підвісної дороги і визначає тип рухомого складу, тягові органи, приводи, а також в більшості випадків і тип підвісного шляху. Відповідно роду тяги всі підвісні дороги можна розбити на дві основні групи [6].

1) Підвісні дороги з централізованою (канатною) тягою - так звані підвісні канатні дороги, в яких всі вагонетки на лінії з'єднуються з нескінченним тяговим канатом, що має стаціонарний привід. На проміжних і кінцевих станціях вагонетки можуть відключатися від тягового каната і переміщатися вручну, самокатом або за допомогою механічних пристроїв по підвісним рейковим шляхах; шляхи за допомогою стрілок, хрестовин і інших перекладних пристроїв можуть мати будь-які відгалуження. Канатна тяга не вимагає зчеплення ходових коліс з дорогою і тому дозволяє мати канатний шлях з крутими нахилами і вельми великими прольотами між опорами. Довжина канатних доріг не обмежена, причому дороги великої довжини складаються з ряду послідовно розташованих привідних ділянок з проміжними станціями. Траса дороги може мати форму ломаної лінії з кутовими проміжними станціями [7].

2) Канатна дорога як альтернативний вид транспорту, в тому числі, міського, має багато переваг над іншими видами транспорту. Завдяки тому, що траса канатної дороги не залежить від рельєфу місцевості, а конструкція дороги традиційного типу дозволяє реалізовувати траєкторії руху з великими кутами підйому, канатні дороги є кращім варіантом вирішення транспортної проблеми щільно забудованих районів міст.

Відомі дослідження свідчать про те, що канатні дороги з самохідними вагонами є більш енергоефективними за рахунок відсутності витрат енергії на

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

переміщення тягових канатів, які для доріг великої протяжності є суттєвими. Однак недоліком таких доріг є доволі обмежені можливості щодо долаття великих ухилів траси через недостатнє зчеплення коліс вагона з несучими канатами.

Підвісні дороги з децентралізованою тягою, в яких є самохідні вагонетки або ж групи вагонеток переміщуються за допомогою локомотивів. Відмінною особливістю цієї групи доріг є горизонтальний або з невеликим нахилом підвісний шлях, в основному рейковий (за умовами зчеплення приводних коліс), а також можливість постачати самохідні вагонетки підйомними механізмами. Ці дороги виконуються з електричним приводом, рідше тягою тепловоза; зустрічаються окремі випадки використання самохідних вагонеток на канатному шляху з тягою тепловоза і пропелером (без приводних коліс) або з гусеничним ходом (клинчасті гусениці, затискається несучий канат) [8].

Підвісні канатні дороги поділяються на два типи: двоканатні (рис.3) та одноканатні (рис.4).

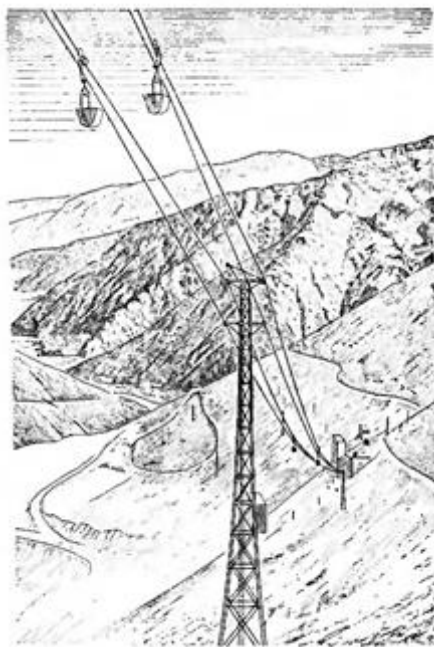


Рис.3 Двоканатна дорога



Рис.4 Одноканатна дорога

У двоканатних дорогах є два роду канатів: несучі канати, по яких котяться ходові колеса вагонеток, і тяговий канат, за допомогою якого проводиться рух вагонеток.

При заміні несучого каната на всьому протязі (або частини) дороги підвісним рейкою двоканатного дорога перетворюється в підвісну рейкову дорогу з канатною тягою.

Одноканатні підвісні дороги мають тільки один канат – тяговий або несучий (якщо ваго самохідний), до якого на станціях прикріплюються вагонетки і переносяться останніми між кінцевими пунктами. Таким чином, в одноканатній дорозі вагонетки на станціях переміщуються по підвісним рельсовим шляхах на ходових колесах, а на лінії дороги рухається за допомогою тягового канату, представляючи собою перехідну щабель від підвісних доріг до канатному транспортеру. Як двоканатні, так і одноканатні дороги можуть бути виконані із замкнутим кільцевим рухом вагонеток, які по одній лінії дороги транспортують вантаж, а по іншій лінії повертаються порожніми, або ж з маятниковим рухом, при якому дорога має на кожній лінії по одній вагонетці, що здійснює реверсивний рух вперед і назад по одній лінії між кінцевими пунктами дороги. Крім доріг стаціонарного типу існують переносні підвісні канатні дороги, часто використовувані в будівництві та сільському господарстві. Вони виконуються як по двоканатній, так і по одноканатній системі і являють собою дороги полегшеного типу, конструкція яких повністю підпорядкована вимогам швидкого монтажу і зручності перевезення. Канатні дороги служать для вантажного руху і для пасажирських перевезень; існують також вантажно-пасажирські дороги. Пасажирські канатні дороги (рис. 5) виконуються дво- і одноканатними, з маятниковий і кільцевих рухом вагонів [9].

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

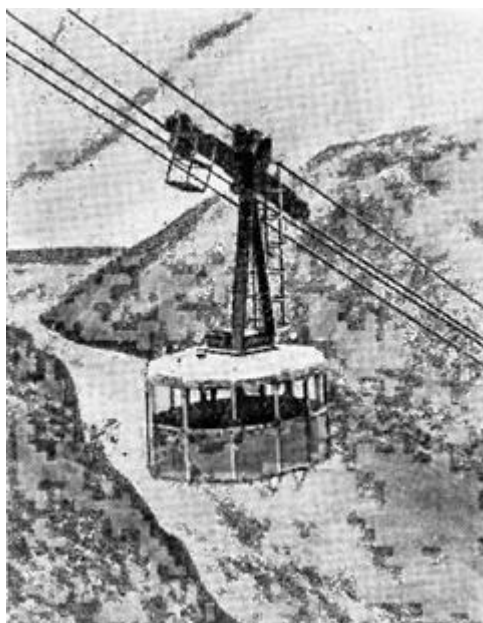


Рис. 5 Пасажирська дорога

Основний вплив на вартість канатної дороги надають крок розташування і висота проміжних опор, зусилля натягу несуче-тягових канатів. Сформульовано та розв'язано задачу умовної нелінійної оптимізації зазначених факторів, що забезпечує отримання мінімальної вартості канатної дороги при різній проектній продуктивності до 600 т / год. Маючи самохідні вагони, можна відмовитися від тягового канату, що дозволяє зменшити вартість і також вагу, що суттєво полегшує конструкцію [10].

Канатні дороги в багатьох випадках успішно конкурують з автотранспортом і залізницями, маючи в порівнянні з ними слідуючі переваги.

1) Канатна дорога не залежить від профілю місцевості і дозволяє уникнути спорудження мостів і естакад і значних земляних робіт. Можливо вести її по найкоротшій трасі, яка знаходиться у важких умовах місцевості (особливо в гірських умовах) може бути в кілька разів коротше ніж залізничній та автомобільний шляхи.

2) Робота канатної дороги не залежить від атмосферних умов; дороги не схильні до снігових заметів і можуть працювати в самих суворих кліматичних умовах, наприклад в районах вічних снігів і на гірських перевалах з відмітками

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

понад 4500 м над рівнем моря. Вони чутливі, однак, до дії поперечних вітрів, що викликають відхилення вагонеток, і розраховуються нормально на роботу при тиску вітру до 20 кгс / см² (Дан / см²).

3) Канатна дорога не тільки здійснює передачу вантажів між двома певними пунктами, а й дозволяє одночасно піднімати вантаж на будь-яку висоту, розподіляючи його в кінцевих і проміжних пунктах по складах, бункерах або безпосередньо по місцях вживання.

Вантажні та розвантажувальні станції можуть бути розташовані на будь-якій висоті (як під землею, так і над землею), найбільш зручною для безпосередньо навантаження і розвантаження вагонеток, які при сипучих вантажі можуть відбуватися автоматично. Тим самим у багатьох випадках виключається необхідність в спеціальних перевантажувальних пристроях, які повинні супроводжувати наземному рейковому або безрейковому транспорту.

4) Канатна дорога, особливо з підвісним рейковим шляхом, є надзвичайно гнучкою в плані і вимагає для кривих значно меншої площі, ніж залізниця. Це особливо важливо при транспортуванні вантажів на заводському майданчику. До того ж можливість розвантажити наземні шляхи сполучення дозволяє часто значно спростити рейкову заводську мережу і маневрову роботу на ній і створити більш компактне розташування виробничих заводів [11].

Характеристика канатної дороги - кут підйому траси має велике значення при використанні канатної дороги в міській місцевості. Міська канатна дорога відноситься до транспорту для перевезення пасажирів в міських поселеннях на електричній канатній тязі. Міська канатна дорога містить кінцеві, проміжні, пересадочні станції, з'єднані між собою шляхами. Шляхи виконані у вигляді двох і більше ниток одного кільцевого несуче-тягового каната. Дискретний привід містить один або більше механічних рушіїв у вигляді модуля руху з ієрархічною системою управління. Кінематична ланцюг кожного модуля руху містить один або більше

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

електричних двигунів, кожен з яких з'єднаний з приводним шківом тертя робочого і аварійного гальма. Кожна каретка пасажирського вагона оснащена механічним модулем руху приводу коліс і відчіпними за кількістю, не менше ніж число ниток несуче-тягового каната. Відчіплюватися затискачі виконані у вигляді шарнірно зчленованих ланок, рухливе ланка кожного з яких взаємодіє на проміжних опорах з направляючими, які задають траєкторію і час спрацьовування затиску. Джерела живлення розташовані в пасажирських вагонах. Система переадресації пасажирських вагонів містить один і більше жорстких шляхів з троллями і автоматичними стрілками, взаємодіючими на станціях з механічними модулями руху приводу коліс каретки. В результаті підвищується продуктивність канатної дороги, розширюються її функціональні можливості.

Не менш важливий і соціальний аспект. Загальним трендом розвинених країн є забезпечення середовища тим, хто цього потребує; соціальна ж можливість і мета має і цілком територіальне вираження - інваліди, інші особи з обмеженими можливостями здоров'я змушені нерідко добиратися через усе місто до потрібних їм об'єктів (реабілітаційний центр, клініка і тощо), які є нерідко в однині і побудованим раніше, тобто зі зрозумілих причин без урахування сучасного розселення. Завдання транспортників - подумати і про таких людей, надавши їм можливість за доступною ціною з максимальною зручністю дістатися до потрібної інфраструктури.

Таким чином, підвісна рейкова дорога в загальній системі міського транспорту займає наступну нішу:

- з'єднання віддалених частин міста, розділених природними або антропогенними перешкодами, об'їзд яких або прокладання під ними тунелів неможливі або недоцільні. Підвісна дорога може робити це безпосередньо або передавати свій пасажиропотік локальній системі транспорту в формі пересадки (місцевим автошлях, гілці метро і тощо);

- буфер між пішохідним центром і транспортно-рясною периферією;

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- прагнення до повної розвантаження центру поселення від будь-якого транспорту і перетворення його в пішохідну зону.

Ці функції мають як організаційно-технічне, так і соціально-економічне значення, тому потребують докладної нормативної опрацюванні.

					ДІПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 ПРОВИСАННЯ КАНАТІВ

2.1 Провисання каната під дією власної ваги.

Метод ланцюгової лінії.

Під дією власної ваги канат, який представляє собою гнучку важку нитку з погонних вагою g , провисає між двома опорами по кривій, що має форму ланцюгової лінії. Розглянемо нескінченно малий відрізок каната довжиною ds , що знаходиться під дією власної ваги gds і натягу T і $T' = T + dT$, спрямованих по дотичним до кривої провисання каната і утворюють між собою нескінченно малий кут $d(a)$. Побудуємо багатокутник сил, починаючи з точки O - вершини кривої, де натяг горизонтально і дорівнює H ; відкладаючи ваги відрізків кривої gs і gds , отримуємо величини і напрямки натягу T і T' . З трикутника abc маємо

$$dT = gds \sin(a).$$

Підставляючи значення $\sin(a) = d(y)/d(s)$ інтегруючи. отримуємо

$$T = gy + A \quad (1)$$

У вершині кривої $x = 0$, $y = c$, $T = H$ і, отже, $A = H - gc$.

Призначаючи початок координат таким чином, щоб $A = 0$, тобто обираємо $c = H/g$.

Отримуємо остаточно –

$$T = gy \quad (2)$$

причому горизонтальна складова натягу для всіх точок канатів межах прольоту залишається незмінною

$$H = gc = \text{const} \quad (3)$$

Таким чином, під дією власної ваги натяг в канаті змінюється пропорційно ординаті кривої провисання каната, причому змінюється тільки вертикальна складова натягу.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

На підставі рівняння (1) можна написати для будь-яких двох точок А і В каната

$$T_A = gy_A \text{ та } T_B = gy_B \quad (4)$$

Отже, різниця натягу в будь-яких двох точках з різницею висоти h дорівнює

$$\Delta T = T_A - T_B = g(y_A - y_B) = gh \quad (5)$$

Як відомо, рівняння ланцюгової лінії має вигляд:

$$y = \frac{c}{2} \left(e^{\frac{x}{c}} + e^{-\frac{x}{c}} \right) = c \times ch \frac{x}{c}. \quad (6)$$

Кут нахилу дотичної до кривої

$$tg \alpha = \frac{dy}{dx} = sh \frac{x}{c} \quad (7)$$

Довжина кривої, рахуючи від її вершини

$$s = c \times tg(\alpha) = c \times sh \frac{x}{c} \quad (8)$$

Радіус кривизни

$$\varphi = \frac{ds}{d\alpha} = \frac{c}{\cos^2(\alpha)} \quad (9)$$

А для вершини кривої при $\alpha=0$

$$\varphi = c \quad (10)$$

Залежно від величини нахилу прольоту і натягу ланцюгової лінії може лежати між опорами прольоту або за переправами їх.

Для обох випадків можна написати

$$h = y_A - y_B \quad (11)$$

$$l = x_A \pm x_B \quad (12)$$

При вирішенні рівняння ланцюгової лінії для заданого прольоту відомі величини прольоту l , різниця висот h і натяг каната в одній з опор (T_A або T_B), які пов'язані між собою залежністю T

В результаті є два рівняння

$$y_B = \frac{T_B}{g} = c \times ch \frac{x_B}{c} \quad (15)$$

$$c < y_{b^1} \quad (16)$$

При використанні таблиць гіперболічних функцій слід мати на увазі, що всі ланцюгові лінії подібні одна до одній, дійсно, можна написати рівняння (8) ланцюгової лінії у вигляді

$$\frac{y}{c} = ch \frac{x}{c}; \quad \frac{2y}{2c} = ch \frac{2x}{2c}; \quad (17)$$

тобто координати точок кривої змінюються пропорційно зміні параметра кривої 2.

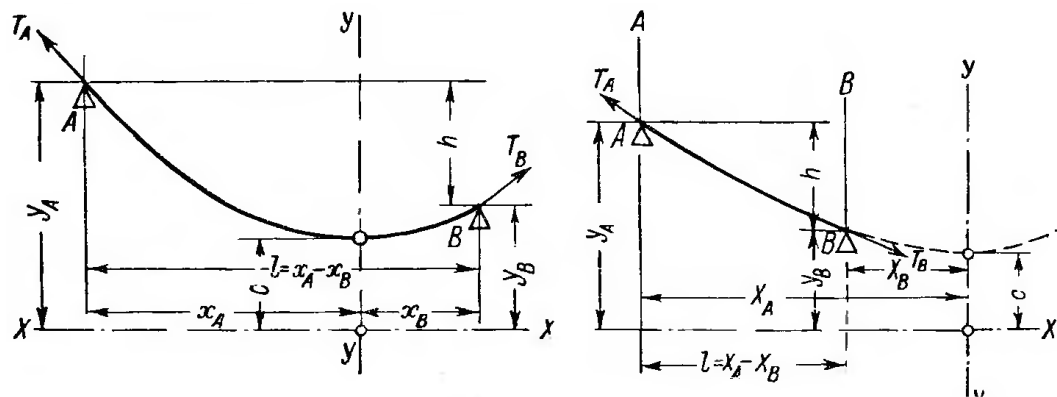


Рис.7 Положення вершини ланцюгової лінії

Після того як знайдено величина параметра c і положення вершини кривої щодо верхньої опори x_A , величина провисання f , яку рахують від хорди прольоту, в будь-якій точці кривої D визначається на підставі простої геометричної залежності згідно зі схемою (рис. 7)

$$f = (y_A - y) - h \frac{d}{l} \quad (18)$$

де

$$y = c \times ch \frac{x_A - d}{c} \quad (19)$$

Так як величина провисання каната визначається як різниця вельми більших значень ординат ланцюгової лінії (зазвичай $y = 1500-3000$ м), то потрібно вести підрахунки з дуже великою точністю, що виходить за

					ДІТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$ch \frac{x}{c} = 1 + \frac{x^2}{c^2 2!} + \frac{x^4}{c^4 4!} + \dots \quad (20)$$

Математично заміна ланцюгової лінії параболи вийде шляхом розподілення в ряд функції з виключенням членів, починаючи з третього. Це відповідає розподіленню погонної ваги канату у вигляді рівномірного навантаження по горизонтальній проекції, а не по хорді прольоту, що, відповідно, менш точно. В першому випадку парабола має параметр $p=c$, у другому випадку $p=c \cos(\beta)$.

2.2 Аналогія між провисанням и прогинаючим моментом.

Припустимо, що канат має довільне вертикальне, розподілене і зосереджене навантаження. У цьому випадку між кривою провисання каната і епюр згинальних моментів балки на двох опорах може бути встановлена аналогія, що має суттєве прикладне значення.

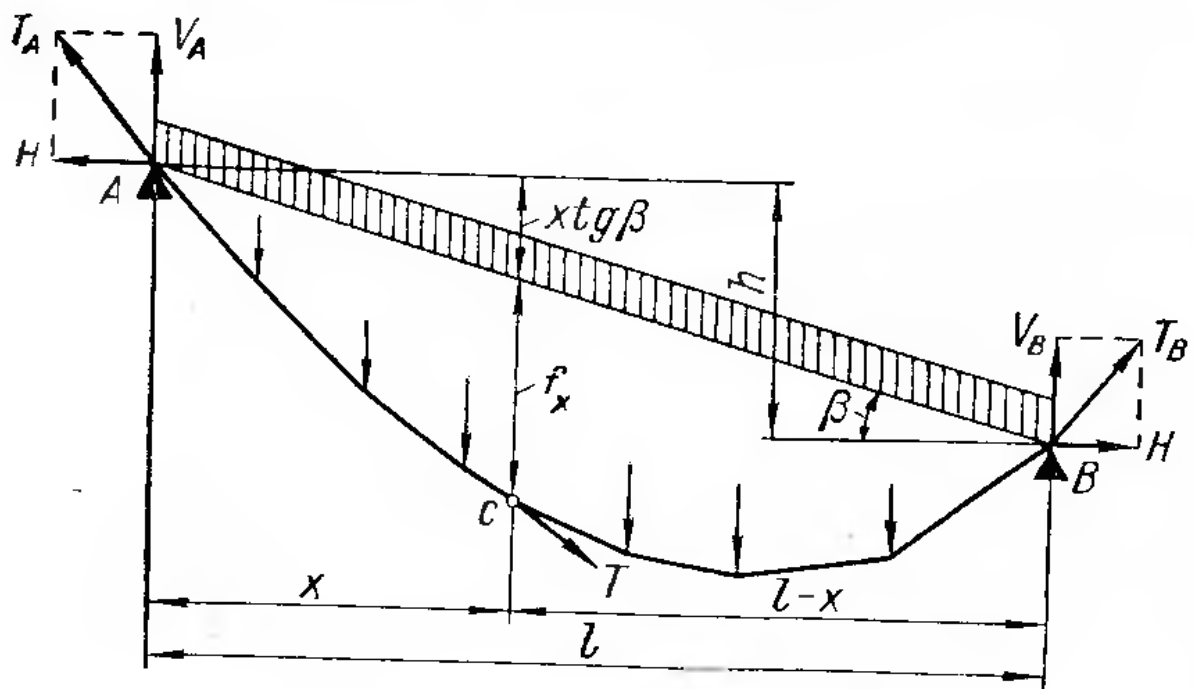


Рис. 10. Схема завантаження каната

Користуючись позначками розрахункової схеми (рис. 10), знайдемо спочатку вирази для вертикальних реакцій опор V_A та V_B каната. Якщо позначити через M_B^{cp} та M_A^{cp} моменти від вертикальної навантаження щодо опор В та А, то з умови рівноваги каната можна написати

$$\sum M_A = 0; M_A^{cp} - V_B l - Hh = 0; \sum M_B = 0; -M_B^{cp} + V_A l - Hh = 0 \quad (21)$$

Звідки, маючи на увазі, що $tg(\beta) = \frac{h}{l}$ та величини M_A^{cp}/l та M_B^{cp}/l є реакціями балки на двох опорах, отримаємо в загальному вигляді

$$V = V^{\delta} \pm Htg(\beta) \quad (22)$$

де V – реакція канату;

V^{δ} – реакція балки на двох опорах, завантаженої аналогічно канату, притому (+) відповідає вірній, (-) - нижній опорі прольоту.

Для визначення величини провисання f_x в довільній точці С зробимо переріз каната в цій точці і, відкинувши праву частину, замінимо її натягом каната Т. Тоді з умови рівноваги відрізка каната АС маємо

$$\sum M_c = 0; V_A x - H(f_x + xtg(\beta)) - M_c^{cp} = 0 \quad (23)$$

де M_c^{cp} - момент від усіх сил на ділянці АС щодо точки С.

Підставляючи значення

$$V = V_A^{\delta} \pm Htg(\beta) \quad (24)$$

знаходимо

$$f_x = \frac{V_A^{\delta} x - M_c^{cp}}{H} = \frac{M_x}{H} \quad (25)$$

так як чисельник цього виразу являє собою згинальний момент M_x для балки на двох опорах, завантаженої аналогічно канату.

Отже, провисання каната дорівнює вигинає моменту балки на двох опорах, поділений на горизонтальну складову натягу каната. Величина H за

умови вертикального завантаження каната буде однаковою у всіх його перетинах. Також:

- 1) крива провисання каната відповідає епюрі згинальних моментів балки на двох опорах в масштабі $1 / H$;
- 2) довжина кривої каната дорівнює довжині периметра епюрі згинальних моментів для балки.

Таким чином, для визначення величини провисання каната можуть бути використані всі формули, таблиці і методи, що відносяться до знаходження величин згинальних моментів балки на двох опорах.

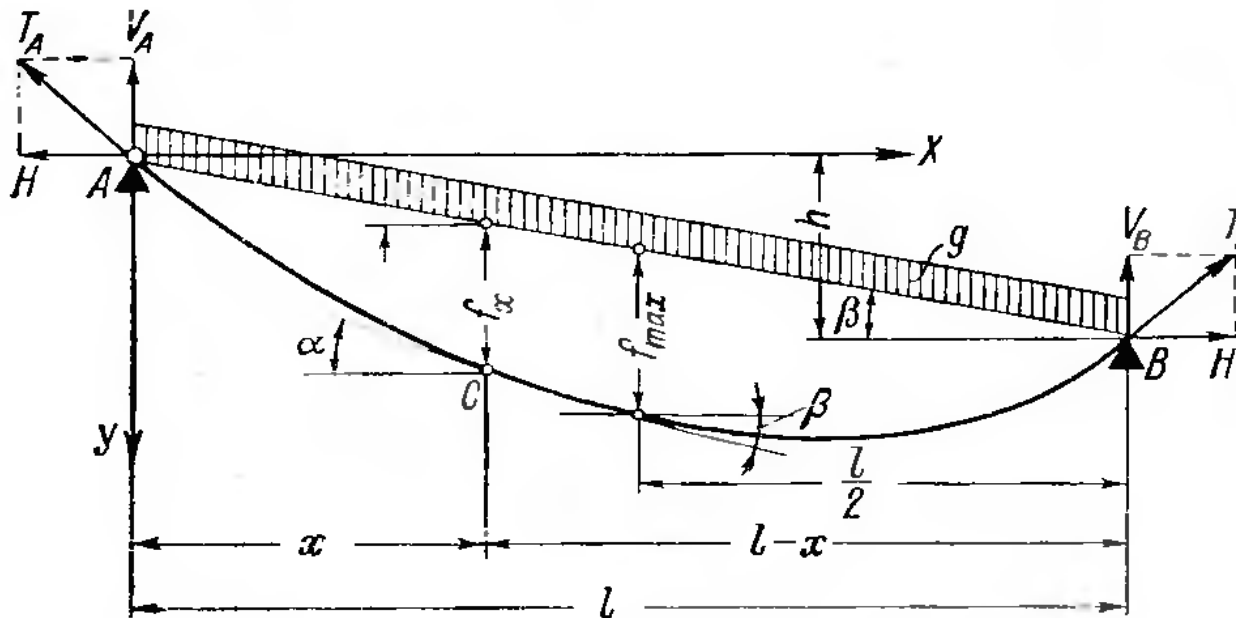


Рис. 11. Крива провисання каната по параболі шії ланцюгової лінії.

Рівняння кривої провисання каната, віднесене до початку координат у верхній опорі А (рис. 11), має вигляд

$$y = xtg(\beta) + f_x = xtg(\beta) + \frac{M_x}{H} \quad (26)$$

звідки кут нахилу дотичної до кривої з горизонталлю буде дорівнює

$$tg(\alpha) = \frac{dy}{dx} = tg(\beta) + \frac{1}{H} \times \frac{dM_x}{dx} = tg(\beta) + \frac{V_n}{H} \quad (27)$$

де V_n – сила перерізу балки на двох опорах.

Визначення прогинів і обриси гнучкої нитки під дією прикладеної до неї довільної вертикальної (розподіленої і направленої) навантаження $q = \Phi(x)$ може бути також зроблено за допомогою

диференціального рівняння рівноваги нитки

$$H \frac{d^2 y}{dx^2} = \varphi(x) \quad (28)$$

При цьому перериваних функцію навантаження (розподіленої і направленої) можна, користуючись рядами Фур'є, представити у вигляді тригонометричного ряду, дійсного для всієї довжини прольоту.

2.3 Метод параболи.

Використовуючи отриману аналогію для випадку провисання каната під дією власної ваги, розподіленого у вигляді навантаження з інтенсивністю q по хорді прольоту, отримаємо, згідно зі схемою рис. 10.

$$f_x = f'_x = \frac{M'_x}{H} = \frac{gx(l-x)}{2H \cos(\beta)} \quad (29)$$

Також максимальний провис буде посередині прольоту при $x = \frac{l}{2}$

$$f_{\max} = f_{\frac{l}{2}} = \frac{gl^2}{8H \cos(\beta)} \quad (30)$$

Так як епюра згинальних моментів M , від рівномірно розподіленого навантаження є, як відомо, параболою, то, отже, і крива провисання каната під дією власної ваги його буде при прийнятому допущенні також парабола. Параметр p цієї параболи знайдемо порівнюючи рівняння з відомим виразом для стріли прогину параболи

$$f_{\max} = \frac{l^2}{8p} \quad (31)$$

Звідки

$$p = \frac{H}{g} \cos(\beta) = \cos(\beta) \quad (32)$$

Можна написати залежність між провисаннями

$$\frac{f_x}{f_{\max}} = 4 \frac{x}{l} \left(1 - \frac{x}{l}\right) \quad (33)$$

Кут дотичної до кривої дорівнює

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}(\beta) + \frac{(l - 2x)g}{2H \cos(\beta)} \quad (34)$$

А в середині прольоту при $x = 0.5l$

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \operatorname{tg}(\beta) \quad (35)$$

Положення вершини кривої можливо визначити з умови $\operatorname{tg}(\alpha) = 0$.

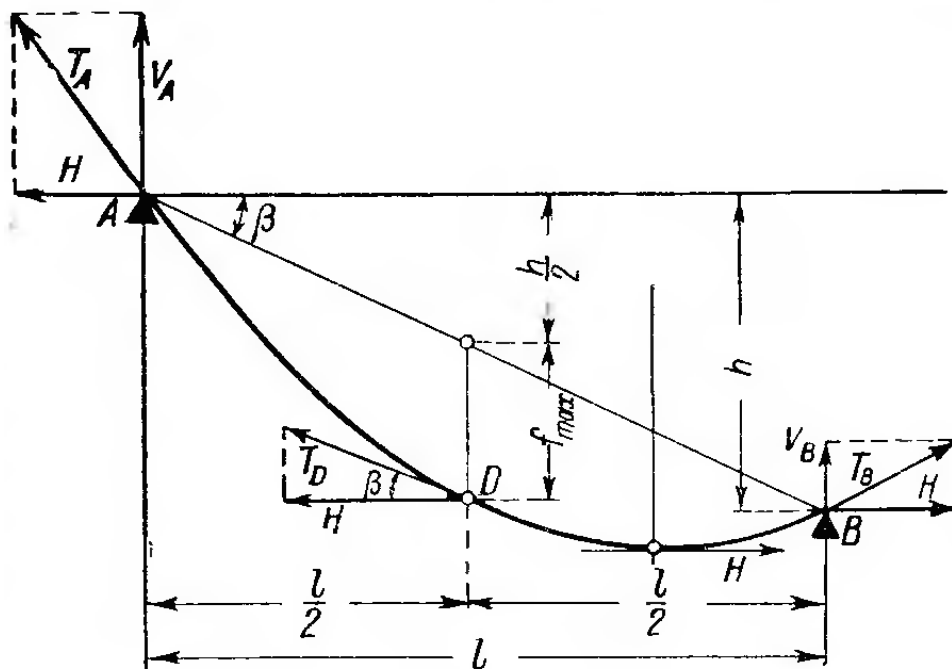


Рис. 12. Горизонтальна складова натягнення каната

Для визначення горизонтальної складової натягу каната, згідно з позначеннями (рис. 12), маємо

$$H = T_D \cos(\beta) \quad (36)$$

Натяг каната T_D , користуючись основним законом гнучкої нитки

Можна висловити через натяг у опор T_A та T_B , а саме

$$H = T_D \cos(\beta) \quad (37)$$

і

$$T_D = T_B + (0.5h - f_{\max})g \quad (38)$$

Складаючи ці вирази, отримуємо

$$T_D = \frac{T_A + T_B}{2} - gf_{\max} = T_{cp} - gf_{\max} \quad (39)$$

де $T_{cp} = 0,5 (T_A + T_B)$ - середнє натяг каната в прольоті.

Підставляючи значення T_D в вираз для H , маємо

$$H = (T_{cp} - gf_{\max}) \cos(\beta) \quad (40)$$

Якщо це значення H підставимо у вираз для прогину, то отримаємо квадратне рівняння, підрахунки по якому дуже громіздкі для практичної роботи.

В більшості випадків буває досить скористатись наближеним значенням H , нехтуючи членом $gf_{\max}$ величина якого відносно мала,

$$H \approx T_{cp} \cos(\beta) \quad (41)$$

У тих випадках, коли зустрічається необхідність визначити точне значення

провисання по параболі (наприклад, при великих прольотах і обмеженому профілі).

Подальше уточнення величини провисання можна отримати, якщо поррахувати інтенсивність розподіленого навантаження змінної по довжині прольоту, а саме

$$g / \cos(\alpha) \text{ замість } g / \cos(\beta) \quad (42)$$

де α - кут нахилу дотичної по рівнянню. Приймаючи

$$\frac{1}{\cos(\alpha)} = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\alpha)} \approx 1 + 0.5 \operatorname{tg}(\alpha) \quad (43)$$

і визначаючи відповідно величину моменту M_x балки, отримуємо

$$f'_x = \frac{gx(l-x)}{2H \cos(\beta)} k \quad (44)$$

Корегуючий коефіцієнт

$$k = 1 + \frac{\cos^2(\beta)}{p} \left[\frac{1}{p} (x^2 - lx + \frac{l^2}{2}) - 2(l-2x) \operatorname{tg}(\beta) \right] \quad (45)$$

де $p = \frac{H}{g} \cos(\beta)$ - параметр параболи.

3 КУТ ПІДЙОМУ ВАГОНЕТКИ ПРИ РУСІ ПО КАНАТУ

У місці розташування вагонетки вагою Q_B крива провисання має злам (рис. 13), і натягу несучого каната T праворуч і ліворуч від точки C утворюють між собою кут φ . Рівнодіюча натягу R дорівнює тиску коліс вагонетки і спрямована по бісектрисі кута φ , тобто по осі 1-1. Для рівноваги вагонетки до неї має бути додано в напрямку осі 2-2, перпендикулярному тиску коліс, тягове зусилля (без урахування шкідливих опорів в ходових частинах)

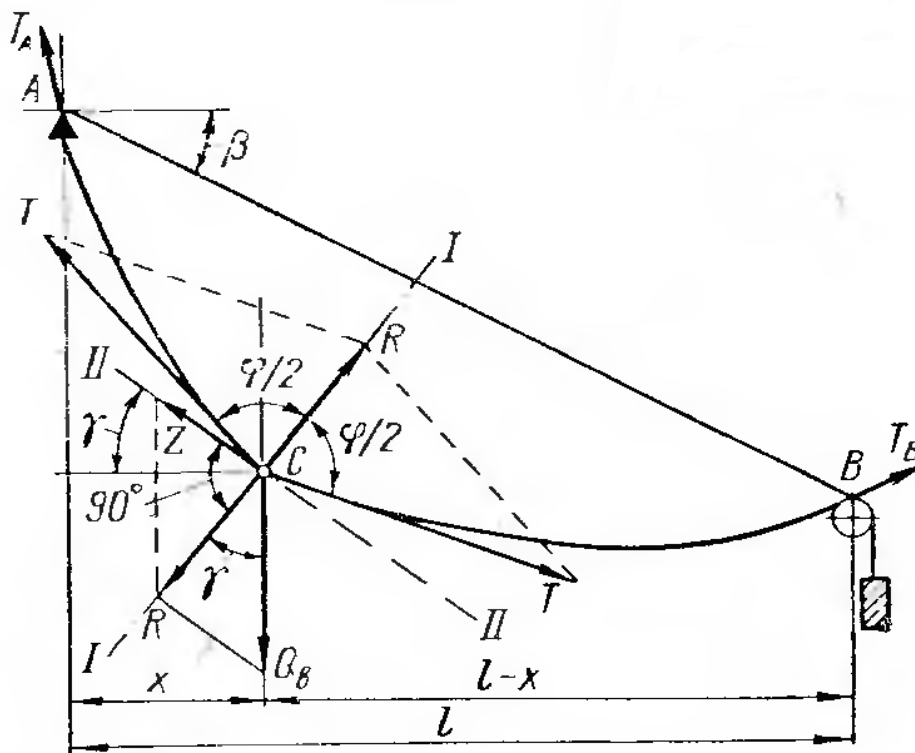


Рис. 13. Кут підйому вагонетки при русі по канату

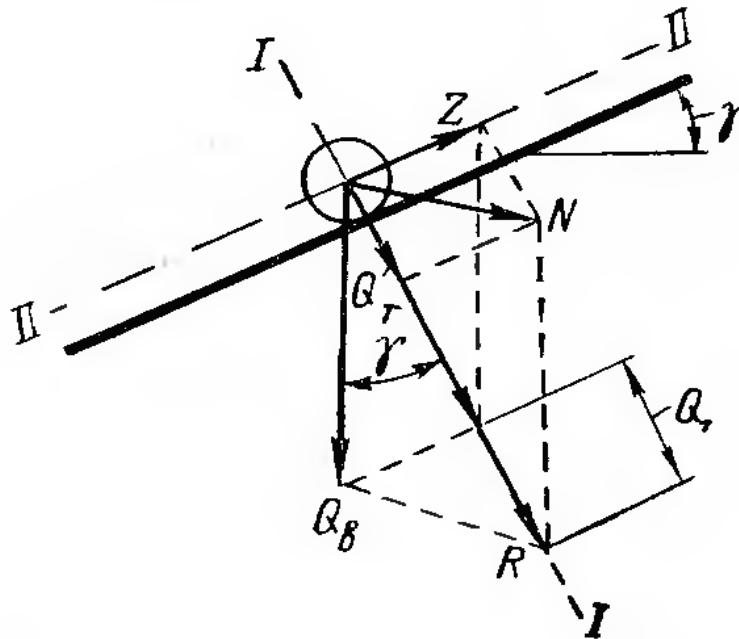


Рис.14 Схема сил, прикладених до вагонетки

$$Z = Q_g \sin(\gamma) \quad (46)$$

Кут γ є розрахунковим кутом підйому вагонетки.

У загальному випадку рівнодіюча натягу тягового каната по обом сторонам вагонетки N (рис.14) буде спрямована під кутом до осі 2 - 2, проте проекція її на осі 2 - 2 має дорівнювати Z ; при

цьому тиск коліс вагонетки дорівнюватиме

$$R = Q_g \cos(\gamma) + Q_T \quad (47)$$

де Q_T - тиск на колеса від тягового каната.

Для визначення кута γ скористаємося багатокутником сил (Рис. 15), в якому послідовно відкладені: вага кривої ВС каната 1-3, вага вагонетки 3-5, тягове зусилля 5-6, тиск від тягового каната 6-7 і вага кривої СА каната 7-8. Відрізок 3-6 являє собою тиск коліс, а промінь 0-4 бісектрису кута між натягами T , паралельного тяговому зусиллю Z .

$$tg(\gamma) = \frac{2-4}{0-2} = \frac{A+0.5\frac{\pi}{\cos(\gamma)}}{H_B} = \frac{1}{H_B} \left[A+0.5(Q_g + \frac{Q_T}{\cos(\gamma)}) \right] =$$

$$= \frac{1}{H} \left[g \frac{(l-x)}{\cos(\beta)} - V_B + 0.5Q \right] \quad (48)$$

Де $Q = Q_g + \frac{Q_T}{\cos(\beta)}$ - розрахункова величина ваги напрямленого вантажу (з урахуванням тиску від канату), враховуючи

$$\cos(\gamma) \approx \cos(\beta) ; H_B \approx H_A = H \quad (49)$$

Підставляючи значення вертикальної реакції:

$$V_B = V_B^{\circ} - Htg(\beta) = \frac{gl}{2\cos(\beta)} + \frac{x}{l}Q - Htg(\beta) \quad (50)$$

Знаходимо кінцеве після приведення членів

$$tg(\gamma) = tg(\beta) + \frac{(l-2x)}{2H} \left(\frac{g}{\cos(\beta)} + \frac{Q}{l} \right) \quad (51)$$

При $x = 0$ та $x = l$ (вагонетка у опори)

$$tg(\gamma) = tg(\beta) \pm \frac{1}{2H} \left(\frac{gl}{\cos(\beta)} + Q \right) \quad (52)$$

При тому знак плюс відповідає підходу вагонетки до верхньої, знак мінус – до нижньої опори.

При $x = 0.5l$ (вагонетка посередині прольоту)

$$tg(\gamma) = tg(\beta) \quad (53)$$

У канаті з натяжним вантажем величина $tg(\gamma)$ змінюється за законом прямої лінії при русі вагонетки в прольоті. У канаті з закріплених ними кінцями закон зміни $tg(\gamma)$ буде вигнутий, так як величину H змінна. Для наближених підрахунків можна користуватися залежністю

$$H_x = k_0 H_m \quad (54)$$

де k_0 визначається виразом

$$k_0 = \frac{T_x}{T_m} = \frac{1}{\sqrt{1 - (1 - \varepsilon^2) \xi^2}} \quad (55)$$

Де $\varepsilon = \frac{T_0}{T_m}$ - відношення натягів монтажного (T_0 при $x = 0$) та при

положенні вантажу посередині прольоту (T_m).

Величина $\xi^2 = (2 \frac{x}{l} - 1)^2$ має наступні значення:

x/l 0.05 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.35 0.4 0.5

ξ^2 0.81 0.64 0.49 0.36 0.25 0.16 0.09 0.04 0.0

В крайніх положеннях вантажу $k_0 = \varepsilon$ при $x = 0$ та $k_0 = 1$ при $x = 0.5l$.

Якщо $\varepsilon = 1$ (канат з натяжним вантажом), то $k_0 = 1$, а при $\varepsilon = 0$ (невагомий нерозтяжний канат) величина k_0 змінюється по закону еліпса.

Якщо в прольоті є кілька (n) вагонеток з інтервалами ω , то кут підйому вагонетки, що стоїть у верхній опорі γ_{on}^{max} , буде залежати від величини опорної реакції.

При $n = 2$ відповідно можна отримати

$$tg(\gamma_{on}^{max})tg(\beta) + \frac{1}{2H} \left[\frac{gl}{\cos(\beta)} + Q(3 - 2\frac{\omega}{l}\cos(\beta)) \right] \quad (56)$$

При $n \geq 3$ замінюється зосередженні вантажі розподільного навантаження, можливо вважати

$$tg(\gamma_{on}^{max}) = tg(\beta) + \frac{1}{2H} \left(\frac{gl}{\cos(\beta)} + \frac{Ql}{\omega \cos(\beta)} \right) \quad (57)$$

Тиск від тягового каната Q_T при положенні вагонетки у опори буде значно більше, ніж в прольоті. При бажанні врахувати ці обставини і другі члени дужок можна представити у вигляді

$$Q' + 2Q''(1 - \frac{\omega}{l} \cos(\beta)) \quad (58)$$

і відповідно

$$Q' + Q''(\frac{l}{\omega \cos(\beta) - 1}) \quad (59)$$

Де Q' та Q'' - опорне та прольотне значення Q .

Слід підкреслити, що кут підйому вагонетки менше кута нахилу дотичній до траєкторії руху; отже, при однаковій траєкторії рух по гнучкому шляху зажадає менших тягових зусиль, ніж за жорстким шляху.

Це відбувається завдяки частковій акумуляції потенційної енергії вагонетки натяжним вантажем несучого каната; при збільшенні ваги натяжна вантаж піднімається, а при наближенні вагонетки до опори опускається, піднімаючи її і зменшуючи тягове зусилля. аналогічне явище відбувається і при канаті з закріпленими кінцями за рахунок зміни потенційної енергії його. Зі збільшенням провисання зростає натяг каната і його потенційна енергія; при зменшенні провисання натяг зменшується і канат, стискаючись, піднімає вагонетку. Різниця між кутами γ і ε буде зменшуватися зі збільшенням числа вагонеток в прольоті, так як хід натяжної вантажу (або зміна натягу каната) стане менше.

4 ХОДОВА ЧАСТИНА САМОХІДНОГО ВАГОНУ КАНАТНОЇ ДОРОГИ

4.1 Гусеничного типу.

Самохідного вагона підвісної канатної дороги (рис.16) містить раму з веденим 2 і ведучим 3 колесами, на яких встановлена замкнутий приводний ланцюг 1 з канатними зачепленнями 4. Кожен з канатних зачеплень, виконаний з двома важелями, шарнірно установленими на ланцюгу 1, і підпружинений штифтом, встановленим на ланцюгу з можливістю зворотно-поступального переміщення і взаємодії одним своїм кінцем одночасно з обома ричагами, а іншим з зубами 11 на колесах.

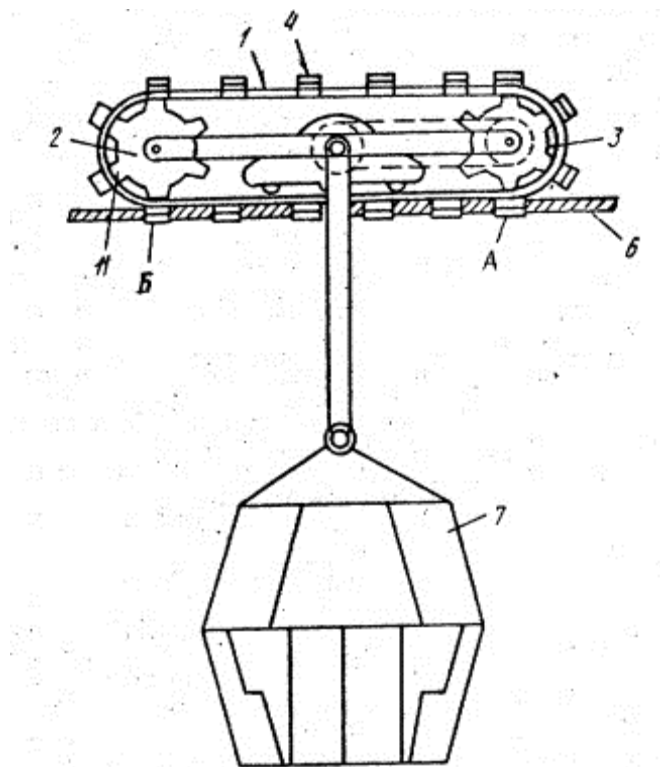


Рис.16 Ходова частина самохідного вагона підвісної канатної дороги.

Привід відноситься до підвісного канатному транспорту. зокрема до ходових частин самохідного вагона підвісних канатних доріг (ПКД).

Відомо саморушаний транспортний засіб, підвішений на канаті за допомогою гусениць, що приводяться в рух силовими вузлами. До гусениць

шарнірно прикріплені важелі, шарнірно пов'язані між собою з'єднувальною ланкою. Іншими кінцями важелі шарнірно зчеплені з корпусом гідроциліндра.

Відома також візок для ПКД ходова частина якої забезпечена гусеницями, виконаними в вигляді обвідної зірочки замкнутого шарнірного ланцюга, взаємодіючим з несучим канатом, ланки ланцюга забезпечені шарнірно-важельними захватами, стискають несучий канат під дією ваги візка і вантажу, що перевозиться.

Ходова частина самохідного вагона ПКД містить раму з ведучим і ведомими колесами, на яких встановлений замкнутий приводний ланцюг з канатними захопленнями, кожен з яких виконаний з двома важелями, шарнірно закріпленими на ланцюгу, і штифтом, встановленим на останній. Для замикання важелів враховані планки, ширина яких менше, ніж ширина важелів, а для запобігання перекидання важелів є стрічка, остання служить також для забезпечення рівномірності натиску на гальмівні і прокладочні колодки уздовж затискних важелів.

Однак відома ходова частина недостатньо надійна в експлуатації, оскільки необхідна наявність значної кількості взаємодіючих деталей, і оскільки для кожного з двох важелів необхідно один штифт, потрібна великі зусилля для розкриття захоплень, так як воно відбувається окремим додатком підсилення на кожен важіль.

Підвищення надійності в експлуатації ходової частини самохідного вагона ПКД досягається наявністю рами з ведучим і веденим колесами, на яких встановлений замкнутий приводний ланцюг з канатними захопленнями, кожен з яких виконаний з двома важелями, шарнірно закріпленими на ланцюгу. І штифтом, встановленим на останній, штифт кожного захоплення встановлений з можливістю зворотно-поступального переміщення і взаємодії одним своїм кінцем одночасно з обома важелями, а іншим кінцем - з натискними елементами виконаними на згаданих колесах, а також підпружинені до ланцюга.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Ходова частина самохідного вагона ПКД складається з гусениці, виконаної у вигляді нескінченного шарнірного (втупочно-роликового) ланцюга 1, що обгинає зірочки 2 і 3, одна з яких є провідною (в даному випадку зірочка 3).

З ланками втулочно-роликового ланцюга 1 з'єднані канатно-затискні елементи 4. враховуючі шарнірно-важільні захоплення 5, стискаючі несучий канат 6 ПКД під дією ваги візка і вантажу, що перевозиться (вагон) 7. Кінці захоплень 5 посаджені в шарнірних гніздах корпусу 8 елементів 4. Над захватами 5 розташовані підпружинені штовхачі 9, вставлені в отворах листів 10 гусеничного ланцюга 1 з можливістю взаємодії з зубами 11 зірочок 2 і 3 Корпуси 8 елементів 4 пов'язані взаємодією болтових з'єднань з листами 10 гусеничного ланцюга 1.

Вагонетки канатної дороги, яка містить ходову візок, до якої прикріплено підвіска з кузовом, замком, що відрізняється тим, що, з метою забезпечення повного спорожнення кузова, кінці підвіски забезпечені накладками, а кузов виконаний з двома стулками, що мають похилі бічні стінки і шарнірно з'єднаними з накладками, при цьому вісь шарніра, що з'єднує кожен стулку кузова з підвіскою, розташована в проміжку між лініями дії сили ваги стулки кузова і складової сили ваги вантажу, нормальної до похилій нижній стінці стулки кузова, а замок являє собою встановлену на стулці засувку, довжина якої перевищує найбільша відстань між відкритими стулками, і забезпечений штирем, встановленим на іншій стулці і взаємодіє з засувкою. До систем підвісних канатних доріг на практиці пред'являються підвищені вимоги з точки зору виконання необхідних виробничо-технічних показників і безпеки їх роботи. Поліпшення останніх в свою чергу пов'язано з подальшим структурним і параметричним вдосконаленням схем і конструкцій механізмів підвіски і приводних пристроїв.

4.2 Ходова частина самохідного вагону з колесами та роликом

Ходове колесо складається з осі, на яку надіта втулка з ребордою посередині. На втулці по краях реборди встановлені підшипники, на яких розташована маточина. Підшипники підібгані кришками, з'єднаними з маточиною болтами. На маточині встановлено бандаж, виконаний коротше маточини. Бандаж виконаний з підібганий бічними щоками, що мають по діаметру маточини, якими посаджені на неї і глибина яких забезпечує зазор між торцями заплічок і маточини. Бічні щоки з'єднані болтами з маточиною. Верхні поверхні бічних сторін і бандажа виконані криволінійними і в сукупності утворюють профіль у вигляді симетричною пологої западини, що має по осі профілю невелике полого поглиблення.

Для досягнення поставленої мети було проведено дослідження за таких умов:

- ділянка каната в зоні взаємодії з колесами вагона є абсолютно жорсткою та прямолінійною (це є справедливим з огляду на те, що її довжина, зазвичай, не перевищує 2...3 % від довжини прогону);

- кут нахилу траси обмежується максимальним значенням кута підйому несучого каната (кут нахилу дотичної до кривої провисання каната) з умови зчеплення коліс вагона з канатом.

4.3 Способи підвищення кута підйому траси канатної дороги.

Як засіб підвищення кута підйому траси пропонується використання системи притискних роликів, які встановлюються безпосередньо біля приводних коліс ходового обладнання вагона. Притискаючи канат, вони створюють додаткове навантаження, яке збільшує силу зчеплення коліс з несучим канатом.

Розглянемо два варіанти конструкції ходового обладнання:

до модернізації – без притискних роликів;

після модернізації – з притискними роликами.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Умова, яка описує можливість руху вагона на підйом:

$$F_{зч} + W_{тр} = W_{ухл}$$

де $F_{зч}$ – сила зчеплення коліс вагона з канатом; $W_{тр}$ – опір від тертя в підшипникових вузлах та тертя кочення коліс вагона по несучому канату; $W_{ухл}$ – опір від руху вагона на підйом.

Після виконання математичних перетворень з використанням відомих формул (зокрема, які використовуються для розрахунку рейкового ходового обладнання) отримуємо залежності кута підйому траси від параметрів ходового обладнання канатної дороги з самохідними вагонами:

- до модернізації

$$\alpha = \arctg(\phi + A)$$

де $\phi = 0,18$ – коефіцієнт зчеплення коліс з канатом; $A = 0,011$ – коефіцієнт, який враховує тертя в підшипниках та тертя кочення коліс по канату (залежить від коефіцієнта тертя в підшипниках коліс, коефіцієнта тертя кочення коліс по канату, внутрішнього діаметра підшипників коліс та діаметра коліс);

- після модернізації

$$\sin(\alpha) - \cos(\phi + A) = k(\phi + A)$$

де k – коефіцієнт додаткового навантаження, при якому додаткове навантаження від притискаючих роликів $N_1 = kmg$, де m – маса вагона; g – прискорення вільного падіння.

Аналізуючи отримані функціональні залежності, можна дійти висновку про те, що величина кута підйому траси канатної дороги залежить від таких параметрів:

- коефіцієнт зчеплення коліс з канатом;
- коефіцієнт додаткового навантаження;
- діаметрів коліс та їх підшипників;
- коефіцієнта тертя в підшипниках коліс;

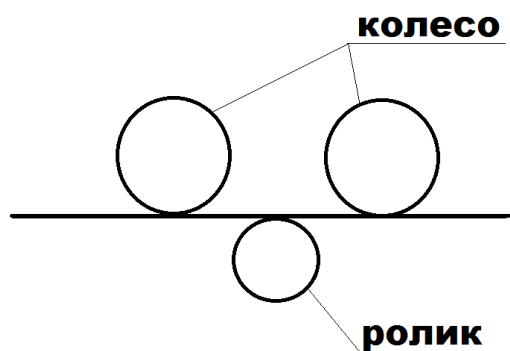
					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- коефіцієнта тертя кочення коліс по канату.

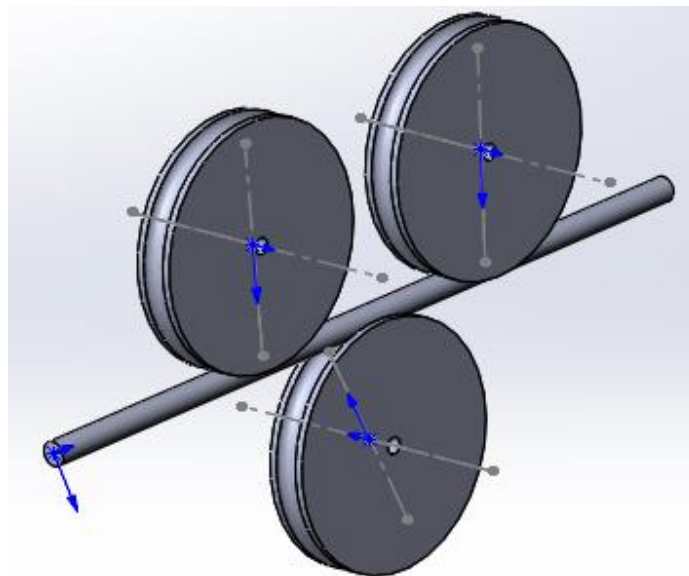
Дослідження показали, що найбільший вплив на величину кута підйому траси мають перші два параметри. Коефіцієнт зчеплення коліс з канатом визначається властивостями каната та футерівки коліс і в межах даної роботи приймається за аналогами, а зміна коефіцієнта додаткового навантаження реалізується за рахунок використання системи притискних роликів.

4.4 Схеми ходового обладнання. Переваги і недоліки.

1) Через притискний ролик збільшується сила тертя, тому кут підйому у цього варіанта більше ніж у третього.



Варіант 1, схема

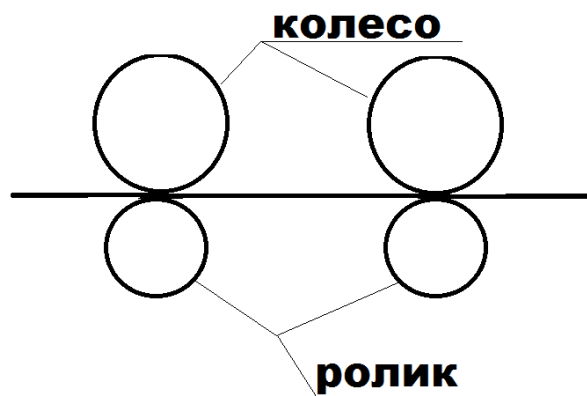


Варіант 1, 3д зображення

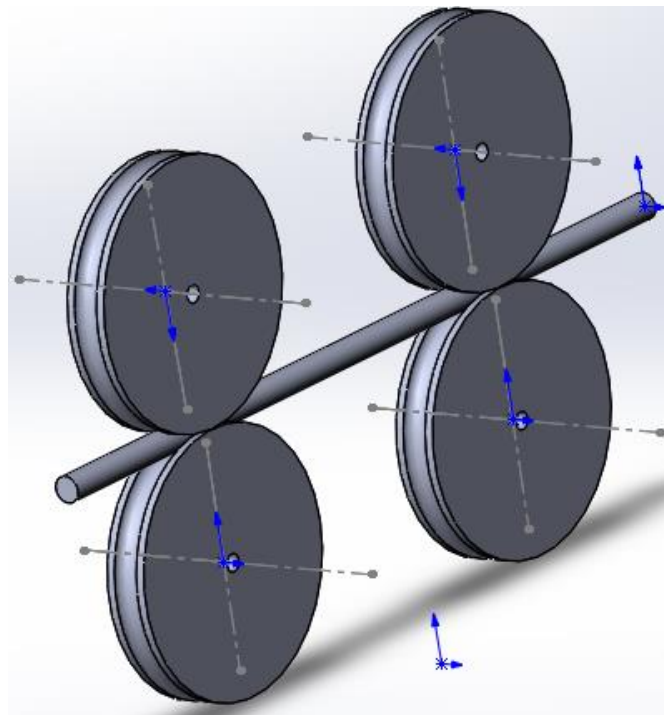
Переваги та недоліки:

- + Велика площа контакту, зачеплення.
- + Великий кут підйому.
- Мала швидкість переміщення.
- Великий знос каната та поликів.
- Велика сила тертя, від цього нагрівання.

2) Через притискні ролики збільшується сила тертя, тому кут підйому у цього варіанта більше ніж у третього.



Варіант 2, схема

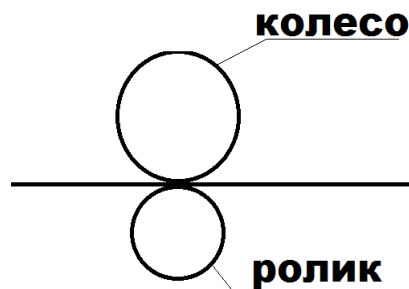


Варіант 2, 3д зображення

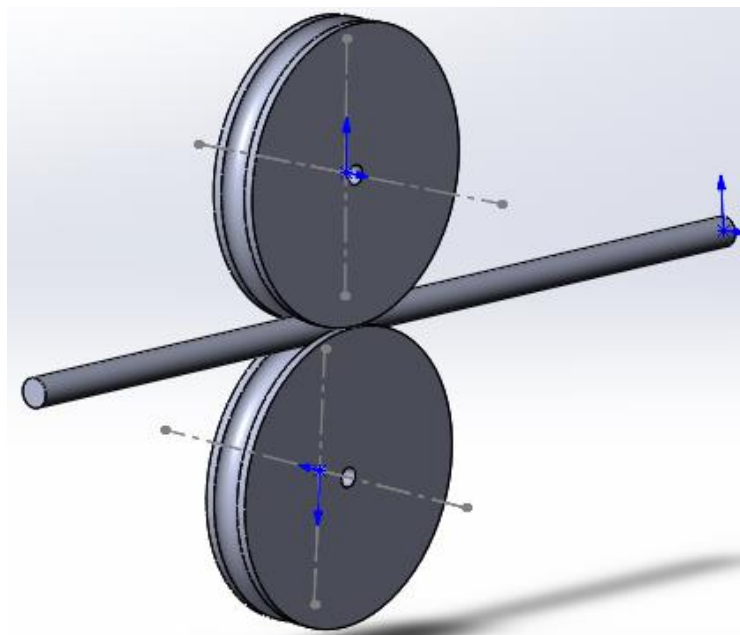
Переваги та недоліки:

- + Відносно малий знос канату та роликів.
- + Малий опір при переміщенні.
- + Швидкість переміщення більше, через менше деформування канату.
- + Вища вантажопідйомність порівняно з третім варіантом.
- Менша площа контакту роликів з канатом, порівняно з першим варіантом.
- Більше габарити, так як, в конструкції біле притискних роликів.
- Велика матеріалоемність.

3) Через те, що в даному варіанті найменша сила тертя у нього і найнижчий кут підйому траси канатної дороги



Варіант 3, схема



Варіант 3, 3д зображення

Переваги та недоліки:

- + Простота конструкції.
- + Велика швидкість, за рахунок малого зчеплення, опору руху.
- Менша вантажопідйомність.
- Малий кут підйому, так як, мала сила зчеплення.
- Мала площа контакту роликів з канатом.
- Нестійка конструкція, при поривах вітру буде хитатись, та отримувати зайві навантаження.

4.5 Загальні вимоги до конструкції ходового обладнання

- простота конструкції;
- малий знос канату та роликів;
- велика площа контакту, зачеплення;
- великий кут підйому;
- стійкість конструкції;
- малий опір при переміщенні.

4.6. Вплив параметрів ходового обладнання на кут підйому траси канатної дороги з самохідними вагонами.

Умовою руху на підйом є

$$F_{зч} > W,$$

де $F_{зч}$ - сила зчеплення;

W – опір руху.

Роблячи математичні перетворення з формулою отримуємо:

$$F_{зч} + W_{тр} = W_{укл}$$

$$\varphi \times N + N \times A = mg \sin(\alpha)$$

$$N(\varphi + A) = mg \sin(\alpha).$$

До модернізації:

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$N = mg \cos(\alpha)$$

$$\varphi \times mg \cos(\alpha) = -mg \cos(\alpha) \times A + mg \sin(\alpha)$$

$$\varphi \times mg = -mg \times A + mg \times tg(\alpha)$$

$$tg(\alpha) = A + \varphi,$$

де A - коефіцієнт, який враховує тертя в підшипниках та тертя кочення коліс по канату (залежить від коефіцієнта тертя в підшипниках коліс, коефіцієнта тертя кочення коліс по канату, внутрішнього діаметра підшипників коліс та діаметра коліс) і $A = \frac{fd + 2\mu}{D_k} \times k_p$.

Маємо

$$\alpha = \arctg\left(\frac{fd + 2\mu}{D_k} \times k_p + \varphi\right),$$

де f - коефіцієнт тертя в підшипниках коліс;

d - діаметр цапфи;

μ - коефіцієнт тертя кочення колеса по канату;

D_k - діаметр колеса ;

k_p - коефіцієнт, враховуючий опір від тертя реборд о канат;

φ - коефіцієнт зчеплення.

1) Підставляючи значення та змінюючи параметр – діаметр колеса ми отримуємо такий результат:



Графік 1. Залежність кута підйому від діаметра колеса

По графіку видно, що діаметр колеса впливає на кут підйому траси несуттєво.

2) Підставляючи значення та змінюючи параметр – діаметр цапфи ми отримуємо такий результат:



Графік 2. Залежність кута підйому від діаметру цапфи

По графіку видно, що діаметр цапфи впливає на кут підйому траси несуттєво.

Після модернізації:

$$N = mg \cos(\alpha) + N',$$

де N' - зусилля притискання роликом

$$(mg \cos(\alpha) + N')(\varphi + A) = mg \sin(\alpha)$$

$$(mg \cos(\alpha) + kmg)(\varphi + A) = mg \sin(\alpha)$$

$$(\cos(\alpha) + k)(\varphi + A) = \sin(\alpha)$$

$$\cos(\alpha) \times (\varphi + A) + k \times (\varphi + A) = \sin(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) - \cos(\alpha)(\varphi + A) = k(\varphi + A)$$

$$\sin(\alpha) = \cos(\alpha)(\varphi + A) + k(\varphi + A)$$

$$\sin^2(\alpha) = [(\varphi + A)(\cos(\alpha) + k)]^2$$

$$\sin^2(\alpha) = (\varphi + A)^2 (\cos^2(\alpha) + 2k \cos(\alpha) + k^2)$$

$$1 - \cos^2(\alpha) = (\varphi + A)^2 \cos^2(\alpha) + 2k(\varphi + A)^2 \cos(\alpha) + (\varphi + A)^2 k^2$$

$$[(\varphi + A)^2 + 1] \cos^2(\alpha) + 2k(\varphi + A)^2 \cos(\alpha) + (\varphi + A)^2 k^2 - 1 = 0$$

Нехай

$$a = [(\varphi + A)^2 + 1]; b = 2k(\varphi + A)^2$$

$$c = (\varphi + A)^2 k^2 - 1$$

Тоді

$$a \cos^2(\alpha) + b \cos(\alpha) + c = 0$$

$$\cos(\alpha) = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Не підходить, так як

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} < 0$$

З цього:

$$\cos(\alpha) = \frac{-2k(\varphi + A)^2 + \sqrt{4k^2(\varphi + A)^4 - 4[(\varphi + A)^2 + 1][(\varphi + A)^2 k^2 - 1]}}{2[(\varphi + A)^2 + 1]}$$

$$D = b^2 - 4ac =$$

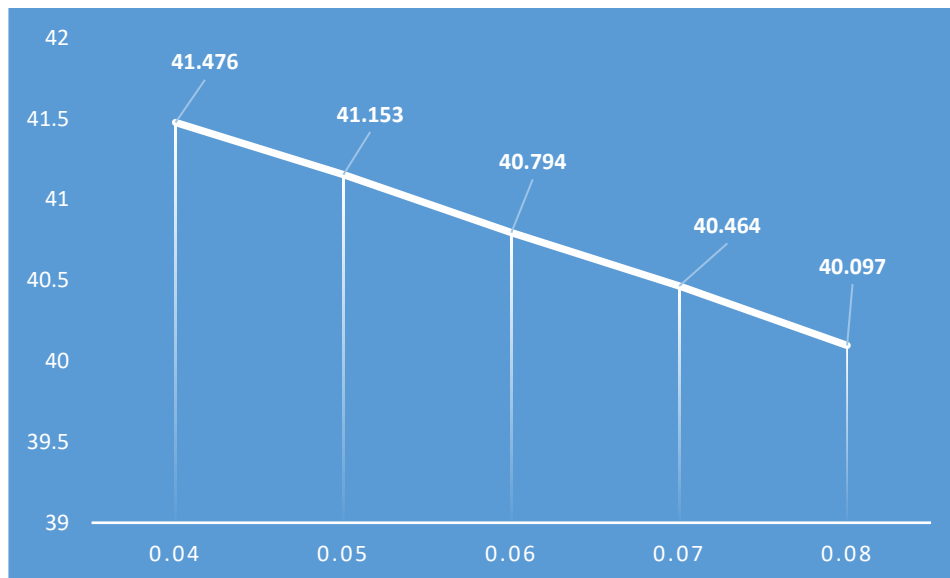
					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$\begin{aligned}
&= 4k^2(\varphi + A)^4 - 4[(\varphi + A)^2 + 1] \times [(\varphi + A)^2 k^2 - 1] = \\
&= 4k^2(\varphi + A)^4 - 4(\varphi + A)^2 [(\varphi + A)^2 k^2 - 1] - 4[(\varphi + A)^2 k^2 - 1] = \\
&= 4k^2(\varphi + A)^4 - 4k^2(\varphi + A)^4 + 4(\varphi + A)^2 - 4(\varphi + A)^2 k^2 + 4 = \\
&= 4[(\varphi + A)^2 - (\varphi + A)^2 k^2 + 1] \\
\cos(\alpha) &= \frac{-2k(\varphi + A)^2 + \sqrt{4[(\varphi + A)^2 - (\varphi + A)^2 k^2 + 1]}}{2[(\varphi + A)^2 + 1]} \\
\cos(\alpha) &= \frac{-k(\varphi + A)^2 + \sqrt{(\varphi + A)^2 - (\varphi + A)^2 k^2 + 1}}{(\varphi + A)^2 + 1}
\end{aligned}$$

Маємо:

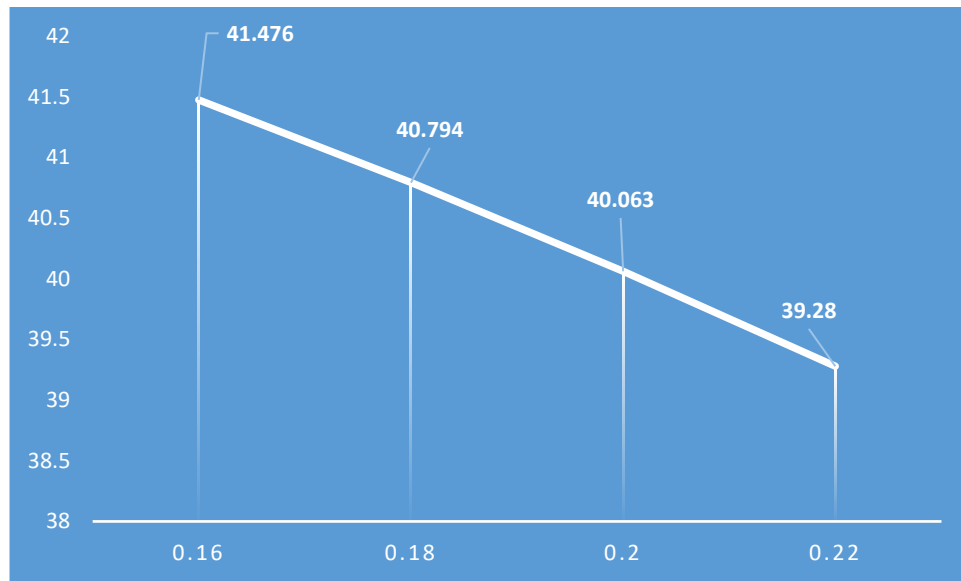
$$\alpha = \arccos \frac{-k(\varphi + A)^2 + \sqrt{(\varphi + A)^2 - (\varphi + A)^2 k^2 + 1}}{(\varphi + A)^2 + 1}.$$

3) Підставляючи значення та змінюючи параметр – коефіцієнт, який враховує тертя в підшипниках та тертя кочення коліс по канату (залежить від коефіцієнта тертя в підшипниках коліс, коефіцієнта тертя кочення коліс по канату, внутрішнього діаметра підшипників коліс та діаметра коліс) ми отримуємо такий результат:



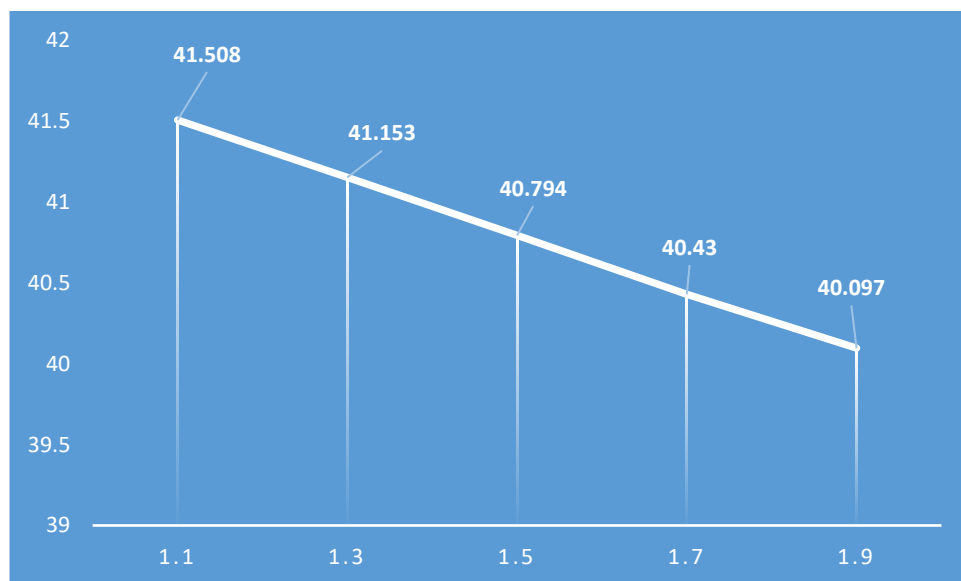
Графік 3. Залежність кута підйому від коефіцієнту, який враховує тертя в підшипниках та тертя кочення коліс по канату

4) Підставляючи значення та змінюючи параметр – коефіцієнт зчеплення ми отримуємо такий результат:



Графік 4. Залежність кута підйому від коефіцієнту зчеплення

5) Підставляючи значення та змінюючи параметр – коефіцієнт, враховуючий опір ми отримуємо такий результат:



Графік 5. Залежність кута підйому від коефіцієнту, враховуючий опір

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки праці під час будування обладнання.

Загальні вимоги:

- Канатні дороги, їх обладнання мають відповідати вимогам Технічного регламенту канатних доріг, цих Правил, стандартів, чинних нормативно-правових актів, санітарних норм і правил, проектній документації, затвердженій у встановленому порядку.

- Ризики від впливу основних видів небезпеки (додаток 1 до цих Правил), що можуть статися за нормальних умов експлуатації і в разі порушення нормальних умов експлуатації канатної дороги, які становлять загрозу для пасажирів і працівників, повинні бути унеможливлені або зведені до мінімуму за рахунок виконання під час проектування запобіжних заходів, спрямованих на унеможливлення прогнозованих ризиків та забезпечення безпеки під час експлуатації канатної дороги [13].

- Конструкція канатної дороги має забезпечувати:

безпеку перевезення з урахуванням її типу, особливостей ландшафту, метеорологічних та інших факторів середовища, у якому канатна дорога експлуатується;

- У з'єднаннях елементів канатної дороги (болтових, шпонкових, шліцьових тощо) має бути унеможливлене їх самовільне розгвинчування або роз'єднування.

- Кріпильні вироби та їх механічні властивості, що застосовуються для складання, мають відповідати вимогам чинних стандартів.

- Нерухомі осі, які є опорою окремих складових частин канатної дороги, мають бути надійно закріплені від можливого їх переміщення [14].

- металоконструкціях канатної дороги, що розташовані просто неба, мають передбачатися відповідні конструктивні заходи проти накопичування в

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

них вологи. Закриті перерізи повинні бути захищені від внутрішньої корозії і мати отвори для виходу дренажних вод у відповідних точках.

- Під час розроблення обладнання канатної дороги маса одного пасажирів приймається не менше:

на канатних дорогах, призначених для перевезення виключно чи частково пасажирів, що займаються зимовими видами спорту, - лижників або сноубордистів (далі - лижники), - 80 кг, з яких маса його спорядження - 5 кг;

- на канатних дорогах, призначених для перевезення виключно пішоходів, - 75 кг.

- Швидкість руху транспортного засобу на лінії канатної дороги не повинна перевищувати норми.

- для відкритих транспортних засобів - 5,0 м/с.

- Швидкість руху транспортного засобу на станції канатної дороги не повинна перевищувати норми [15].

- Під час вибору мінімальних інтервалу часу та відстані між транспортними засобами кільцевих канатних доріг мають бути враховані завантаження на лінії і вимоги до посадки та висадки на станціях (порядок посадки, висадки, шляхи підходу, відходу пасажирів тощо).

- На кільцевих канатних дорогах з транспортними засобами, що відчіплюються, рух відчеплених транспортних засобів на станції має контролюватися автоматично.

- У разі неправильного руху одного з відчеплених транспортних засобів автоматичний контрольний пристрій має забезпечити, щоб:

зайнятий відкритий транспортний засіб не наблизився ближче ніж на 0,5 м до транспортного засобу, що перебуває попереду (безпечна відстань);

ударна швидкість закритого транспортного засобу в транспортний засіб, що перебуває попереду, не перевищувала 1,0 м/с [16].

- Має бути автоматичний контрольний пристрій.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- Для крісельних канатних доріг з фіксованими затискачами інтервал часу між транспортними засобами має бути не менше $(4+n/2)$ с, якщо пасажир підходить до транспортного засобу спереду (з фронту) і якщо транспортуються тільки лижники (n - кількість сидінь крісла, приймається не більше ніж 6).

Якщо пасажир здійснює посадку в транспортний засіб спереду (з фронту) з істотною зміною напрямку, тобто під кутом 30° або більше - для лижників і аж до кута 90° щодо напрямку посадки - для пішоходів, то інтервал має бути збільшений як мінімум до $1,5 \times (4+n/2)$ с [17].

- Швидкість вітру, за якої допускається робота канатної дороги, має бути зазначена в паспорті канатної дороги. У разі відсутності таких даних швидкість вітру, за якої допускається експлуатація канатної дороги, не повинна перевищувати для одноканатних доріг 15 м/с, для двоканатних - 20 м/с.

- З метою забезпечення надійності прилягання каната на опорі слід дотримуватися таких умов:

у разі підвищення натягу несучого та несуче-тягового каната на 40% або наявності вітрового тиску знизу значенням до 500 Н/м^2 навантаження на опорний башмак або роликовий балансир має залишатися позитивним;

навантаження від несуче-тягового каната на роликовий балансир за найбільш несприятливих умов нормальної експлуатації канатної дороги має бути не менше 2000 Н, а на підтримувальний ролик - не менше 500 Н. Ці значення навантажень допускається зменшити у два рази за наявності в балансірі притискних роликів, які утримують канат від випадання з роликів балансира;

у разі перебування під верхнім роликовим балансиrom зайнятого крісла (кабіни) навантаження від каната на балансир має залишатися позитивним [18].

- На канатних дорогах мають використовуватися транспортні засоби.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- Запас міцності (відношення тимчасового опору матеріалу до напруги від максимальних статичних навантажень) несучих деталей кабін і крісел має бути не менше 5,0, а інших - не менше 2,0. Деталі, що сприймають динамічні навантаження, повинні бути перевірені розрахунком на міцність від утомленості.

- Складові частини транспортних засобів, доступні для людей, не повинні мати гострих країв або виступних елементів, зокрема на передніх кромках і нижніх частинах крісел [19].

- Кабіни мають бути сконструйованими так, щоб у разі раптового зіткнення під час руху зі складовими частинами канатної дороги або іншими нерухомими перешкодами пасажирів не могли з них випасти.

- Якщо дію подовжніх і поперечних сил, що виникають у разі удару, сприймають захисні перила всередині кабін ([додаток 10](#) до цих Правил), мають бути витримані такі вимоги до них:

у разі перевезення пасажирів стоячи кабіна вздовж зовнішньої і проміжної (між відділеннями) стін має бути споряджена поручнем заввишки не менше 0,15 м із центром від рівня підлоги кабін від 1,0 м до 1,2 м і поперечиною заввишки не менше 0,04 м, розташованою нижче поручня на відстані не більше 0,4 м;

у разі перевезення пасажирів сидячи обличчям до стіни кабіна вздовж зовнішньої і проміжної (між відділеннями) стін має бути споряджена поручнем заввишки не менше 0,04 м із центром від рівня підлоги кабін від 0,6 м до 0,8 м.

- Зовнішня поверхня кабін повинна бути оснащена відповідними захисними поручнями та/або бамперами (відбійними брусами) [20].

- Транспортні засоби, призначені для перевезення пасажирів в інвалідних колясках, повинні бути завширшки не менше 0,8 м та оснащені принаймні однією точкою кріплення.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

- Табличка "Не палити" і відомості про допустиму місткість (кількість пасажирів) та корисне навантаження в кілограмах мають бути в кожному відділенні кабіни.

- Розміри кабіни визначаються з розрахунку навантаження в 4500 Н/м^2 у разі перевезення пасажирів стоячи. Якщо завантаження кабіни контролюється приладами перед кожним відправленням, це значення може бути зменшене до 3500 Н/м^2 .

- Якщо кабіна призначена для одночасного перевезення пасажирів стоячи та сидячи, кількість пасажирів має визначатися відповідно до правил, зазначених у [додатку 11](#) до цих Правил. Крім того, для пасажирів, що стоять, мають бути передбачені ручки, поручні або стійки [21].

- У разі перевезення пасажирів стоячи колиски (кошики) повинні мати панель (суцільну чи сітчасту) заввишки не менше 1,1 м над підлогою, а в разі перевезення пасажирів сидячи - не менше 0,35 м над сидінням.

- Вікна, що відчиняються, мають бути розсувними або відчинятися тільки всередину. Якщо вікна не відчиняються, у кабіні мають бути передбачені відповідні вентиляційні пристрої.

Вікна мають бути розташовані на відстані не менше ніж 1,1 м над підлогою та влаштовані так, щоб сфера діаметром 0,2 м не змогла би пройти через відчинене вікно.

- Підлога кабін повинна бути неслизькою та мати певні точки водного дренажу.

- Для транспортування речей мають використовуватися спеціальні контейнери. Ці елементи можуть бути підвішені до кабіни. Вони повинні бути сконструйовані таким чином, щоб їх уміст не міг випасти. Допустиме навантаження повинне бути позначене на контейнерах і на точках підвішування.

- Кабіни маятникових канатних доріг місткістю більше ніж 80 пасажирів мають бути розділені на відділення (купе).

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- У кабіні маятникової канатної дороги має бути передбачене місце для провідника, яке має бути позначеним і мати площу поверхні не менше 0,4 м².

У кабіні для більше ніж 80 пасажирів місце для провідника має бути розташоване на піднесеній платформі.

- Дах кабіни маятникової канатної дороги та робоча платформа евакуаційного транспортного засобу повинні витримувати зосереджене навантаження не менше 1,0 кН на площі 200×200 мм і загальне навантаження 2,5 кН.

- Кабіна маятникової канатної дороги має бути оснащена люком на дах і драбиною для виходу на дах. Драбина має бути легкодоступною пасажирам з позиції стоячи на підлозі та бути закріпленою від зсуву. Люк на дах має давати змогу проходження крізь нього сфери діаметром 0,6 м. Кришка люка на дах кабіни повинна відчинятися назовні.

- У кабіні двоканатної маятникової дороги має бути передбачена система кріплення обладнання для спускання пасажирів униз, функціонування якої повинне бути простим та надійним.

- Якщо на канатній дорозі передбачений евакуаційний транспортний засіб, то кабіна має бути оснащена додатковими дверима в торцях або торцевими вікнами завширшки не менше 500 мм і заввишки не менше 1500 мм для безпечного переходу пасажирів з кабіни в евакуаційний транспортний засіб.

- Частини даху, що є доступними для пасажирів під час аварійно-рятувальних робіт і працівникам під час контролю, мають бути виготовлені з матеріалу, що унеможливорює ковзання.

- Кабіни мають бути оснащені дверима із замком, що унеможливорює спонтанне відчинення дверей.

- Двері кабін повинні відчинятися всередину або бути розсувними.

- Якщо керування дверима відбувається автоматично, слід дотримуватися таких вимог:

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

зусилля зачинення на кромках дверей не повинне перевищувати в середньому 150 Н на останніх 150 мм руху;

кромки дверей мають бути вкриті м'якою оббивкою.

- Двері та їх замки мають витримувати такі самі зусилля, як і стіни кабіни.

- Габаритна висота дверей кабіни має бути не менше 2,0 м. У кабінах канатних доріг безперервного руху, що перевозять не більше восьми пасажирів, ця висота може бути зменшена до 1,5 м.

- Автоматичні двері кабін з провідником повинні уможливлювати ручне відчинення у разі відмови приводу [22].

- Двері кабін без провідника мають відповідати таким вимогам:

унеможливлювати ручне відчинення, у тому числі під час аварійно-рятувальних робіт;

кабіни, що перевозять пасажирів стоячи, мають бути обладнані пристроєм, здатним обмежувати відчинення дверей до 0,6 м.

- Оздоблення стін, стелі та підлоги кабін канатних доріг має бути виконано з негорючих матеріалів.

- На підвісці кабіни двоканатної маятникової дороги має бути влаштована робоча платформа для огляду візка кабіни та несучого каната.

- Крайні траверси візка кабіни маятникової канатної дороги повинні мати запобіжні щоки, що унеможливлюють сходження візка з несучого каната і упора в разі наїзду на станційні буфери. Розмір щік (від верху каната вниз) повинен бути не менше двох діаметрів несучого каната.

- Кабіни двоканатних маятникових доріг з одним тяговим канатом повинні бути обладнані вловлювачем автоматичної дії, який у разі обриву тягового каната захоплює несучий канат. Уловлювач повинен мати ручний привід, розміщений у кабіні, і вимикач, що вимикає привід канатної дороги в разі спрацьовування вловлювача.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

- Конструкція вловлювача повинна забезпечувати регулювання зусилля затискання каната колодками. Гальмівне зусилля вловлювача повинне забезпечувати гальмування кабіни на максимальному похилі з уповільненням не більше 3 м/с^2 . Гальмівний шлях повинен зазначатись у паспорті канатної дороги.

- Уловлювач може не встановлюватися, якщо кабіна в разі обриву тягового каната не може дійти самокатом до нижньої станції і швидкість кабіни під час проходження опор не перевищить допустиму.

- Крісла повинні мати спинки, підлокітники з кожного боку, захисні поперечки (штанги) та підніжки для того, щоб пасажирів не могли випасти, якщо їх поведінка відповідає встановленим нормам, визначеним власником у правилах користування канатною дорогою.

- Крісла повинні унеможливити захоплення пасажирів (їх спорядження, частин тіла, одягу тощо) під час злізання з них.

- Захисні поперечки мають бути такими, щоб сфера діаметром b (не більше $0,25 \text{ м}$) не могла випасти із сидіння шляхом викочування з нього, згідно з [додатком 12](#) до цих Правил. Відстань a від захисної поперечки в закритому положенні до сидіння має бути не менше $0,20 \text{ м}$.

- У всіх випадках навантаження (без подовжнього розгойдування) поверхня сидіння крісла повинна бути нахиленою назад під кутом α_s від $5^\circ 40'$ ($0,1 \text{ рад}$) до 20° ($0,35 \text{ рад}$) до горизонталі. Глибина сидіння t має бути від $0,45 \text{ м}$ до $0,50 \text{ м}$.

- Ширина сидіння крісла для кожного пасажирів має бути принаймні:

$0,5 \text{ м}$ - для одного або двох пасажирів один біля одного;

$0,45 \text{ м}$ - для більше ніж двох пасажирів один біля одного.

- Для крісел з більше ніж чотирма місцями індивідуальне розділення сидінь повинне розпізнаватися пасажирів. Проміжні підлокітники забороняються.

- Кожне крісло має бути обладнане спинкою з висотою h не менше 0,35 м і зазором e між нею та сидінням не більше 0,15 м згідно з додатком 12 до цих правил.

- Висота підлокітників має бути від 0,15 м до 0,25 м над поверхнею сидіння.

- Захисні поперечки під час зачинення повинні рухатися над головами пасажирів. Захисні поперечки можуть бути обладнані підніжками.

- Статична дотична сила, яку необхідно прикласти до ручки, щоб опустити захисну поперечку, не повинна перевищувати 100 Н.

- Ковпаки захищених крісел повинні бути сконструйовані так, щоб не обмежувати поле зору пасажирів у закритому чи відкритому положенні.

- Захисна поперечка повинна зачинятися незалежно від ковпака. Відчинення захисної поперечки автоматично має призводити до відкривання ковпака. Відкривання ковпака на лінії не повинно разом з ним відчиняти захисну поперечку.

- Статична дотична сила на ручці для переміщення ковпака не повинна перевищувати 100 Н.

-. Кожний ковпак повинен мати табличку, яка інформуватиме пасажирів, як діє ковпак у разі автоматичного чи ручного керування ним, а також табличку "Не палити".

- Транспортні засоби мають бути пронумеровані: кабіни, колиски (кошики) - ззовні (спереду та ззаду), а крісла - на передньому та зворотному боці спинки.

- Канатна дорога має бути оснащена головним і зворотним приводами. Необхідність резервного приводу на додаток до головного та зворотного має бути визначена на основі експлуатаційних вимог до канатної дороги.

- Головний привід має забезпечувати плавний запуск і рух в обох напрямках незалежно від навантаження та безперервну роботу у найбільш несприятливих умовах навантаження з максимально допустимою швидкістю.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- Швидкість головного приводу повинна плавно регулюватися в усьому діапазоні між мінімальним і максимальним допустимими значеннями.

- Відхилення від установленної швидкості не повинно перевищувати $\pm 5\%$.

- Зворотний привід має бути розрахований на час роботи, не менший триразової тривалості максимально необхідного часу для повернення всіх транспортних засобів зі швидкістю руху не менше 0,5 м/с.

- Зворотний привід має бути відокремлений від головного приводу і не залежний від нього. Привідний шків повинен легко від'єднуватися від головного приводу та підключатися до зворотного приводу.

- Джерело енергії зворотного приводу має бути незалежним від джерела головного приводу.

- Зворотний привід має бути сконструйований так, щоб операції повернення були завершені не менше ніж за півтори години з моменту виходу з ладу головного приводу.

- Зворотний привід має бути забезпечений усіма захисними пристроями, що необхідні для безпечного повернення транспортних засобів на необхідній швидкості.

- На кільцевій канатній дорозі з транспортними засобами, що відчіплюються, пристрої для переміщення транспортних засобів на станції повинні бути влаштовані таким чином, щоб вони були здатні працювати зі зворотним приводом.

- Крім того, для зворотного приводу мають бути виконані такі умови: можливість запуску зворотного приводу протягом 15 хвилин;

помилки з боку оператора зворотного приводу (неправильний напрям руху) не повинні призводити до перевантаження механічних частин або затискачів;

можливе продовження роботи зворотного приводу в разі виходу з ладу будь-якого пульта дистанційного керування.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

- Принаймні один з приводів (головний або зворотний) має забезпечувати роботу канатної дороги під час проведення технічного обслуговування.

- Резервний привід повинен забезпечувати не менше половини швидкості головного приводу. Резервний привід повинен бути здатним запускатися із середнім прискоренням не менше $0,1 \text{ м/с}^2$ за найбільш несприятливих умов завантаження. До резервного приводу також застосовуються вимоги пункту 11.2 глави 11 розділу II цих Правил.

- Двигуни внутрішнього згоряння повинні бути стаціонарними установками та забезпечені батарейним живленням стартера.

- Кінцеві позиції муфт повинні бути механічно зафіксовані.

- Привід канатної дороги має забезпечувати пересування транспортного засобу з ревізійною швидкістю не більше $0,5 \text{ м/с}$.

- Коефіцієнт запасу надійності зчеплення k тягового, несуче-тягового канатів з привідним шківом повинен бути не менше 1,25 за найбільш несприятливих умов завантаження канатної дороги (з урахуванням сил інерції під час пуску і гальмування).

- Контроль швидкості має здійснюватися пристроями, що забезпечують необхідну точність контролю.

- На приводі канатної дороги має бути передбачений захист від перевищення номінальної швидкості на 15%. Спрацьовування цього захисту повинно приводити в дію аварійне гальмо.

- За наявності більше одного привідного шківа із самостійними приводами повинна бути забезпечена їх синхронна робота.

- Прискорення (уповільнення) на привідному шківі під час пуску (зупинки) канатної дороги не повинне перевищувати значень, наведених у додатку 14 до цих Правил.

- Привід канатної дороги має бути оснащений двома незалежними автоматично діючими колодковими, дисково-колодковими або дисковими гальмами нормально закритого типу:

робочим - на валу двигуна або на вхідному валу редуктора;

аварійним - на валу або на ободі привідного шківa.

- Для канатних доріг із самогальмуванням і швидкістю до 3 м/с установлення аварійного гальма і засобів контролю швидкості не обов'язкове.

- Кожне гальмо (робоче, аварійне) повинне розвивати гальмівний момент не менше 1,25 статичного моменту в найбільш важких умовах навантаження.

- Аварійне гальмо повинне спрацьовувати у випадках, передбачених проектом.

- Опори повинні мати огорожені робочі платформи для технічного обслуговування опорних башмаків і роликів балансирів, крім того, опори маятникових канатних доріг повинні мати огорожені проходи для виходу працівників з кабіни на опору.

- Робочі платформи, проходи, їх настил, отвори для доступу на робочу платформу мають відповідати вимогам чинних стандартів з урахуванням вимог пунктів 13.3 і 13.4 глави 13 розділу II цих Правил.

- Робочі платформи мають бути завширшки не менше 0,5 м і виконані таким чином, щоб було уможливлено безпечно досягнути обладнання, що підлягає технічному обслуговуванню, і безпечно провести роботи в максимально ергономічній позиції. Похил робочих платформ не повинен перевищувати 10%; якщо поздовжній похил перевищує 10%, робоча платформа має бути східчастою. 1.95. Настил робочих платформ і проходів виконується з металу або інших міцних матеріалів. Настил улаштовується всією довжиною та шириною робочої платформи та проходу.

Металевий настил має унеможливлювати ковзання (просічено-витяжні, рифлені, перфоровані сталеві листи тощо).

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Для доступу на робочі платформи опори мають обладнуватися драбинами або сходами чи драбинами зі східцями.

Вибір засобів доступу на опори має здійснюватися відповідно до вимог чинних стандартів.

- Драбини і драбини зі східцями мають починатися від поверхні землі.

Драбини мають обладнуватися пристроями захисту від падіння, що забезпечують застосування пристроїв зупинення падіння під час підймання (опускання) всією висотою опори, відповідно до вимог чинних стандартів.

- Робочі платформи та проходи, розташовані на опорах і станціях, а також сходи та драбини зі східцями, призначені для доступу на опори та станції, мають бути огорожені перилами, що відповідають вимогам чинних стандартів. Якщо перила неможливо встановити з усіх боків робочої платформи, то має бути передбачена огорожа на протилежному боці робочого місця та на торцях.

- У разі доступу на робочу платформу з драбини через люк захист від падіння в люк має здійснюватися кришкою або перилами з хвірткою відповідно до вимог чинних стандартів, а в разі доступу через проріз у перилах - хвірткою.

- Легкодосяжні частини механізмів, що рухаються, мають бути закриті закріпленими металевими знімними огорожами, що допускають безпечний огляд і технічне обслуговування. Огородженню підлягають:

зубчасті, ланцюгові та черв'ячні передачі;

з'єднувальні муфти з болтами та шпонками, що виступають, а також усі муфти і вали, розташовані в місцях проходу працівників.

- На кожному тяговому канаті маятникової канатної дороги (якщо канатів більше одного) установлюється командоапарат або інший прилад, що забезпечує зниження швидкості кабін перед наближенням до станцій, контроль зниження швидкості і зупинку.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

- На пульті керування маятникової канатної дороги повинні бути встановлені показчик швидкості та показчик положення кабін. Показчик положення кабін і командоапарат повинні мати коригувальний пристрій, що забезпечує точність інформації про фактичне положення кабін.

- На станціях маятникової канатної дороги встановлюються буферні пристрої. У разі небезпеки наїзду візка кабін на буфер повинен спрацювати аварійний вимикач і має накладатися аварійне гальмо.

- У зонах для посадки і висадки на пульті керування у машинному залі повинні бути встановлені вимикачі для аварійної зупинки канатної дороги.

- Перед зонами для посадки і висадки кільцевої канатної дороги з фіксованими затискачами можуть установлюватися вимикачі (додатково до аварійних) для короткочасного зменшення швидкості в межах, передбачених проектом.

- На кільцевій канатній дорозі з фіксованими затискачами мають установлюватися пристрої для автоматичної зупинки канатної дороги, якщо пасажир проїхав зону висадки.

- На станції або опорі з найбільшим впливом вітру повинен бути встановлений прилад, що вимірює швидкість вітру та подає сигнал про перевищення припустимої швидкості вітру на пульт керування канатної дороги.

- Приводи канатної дороги повинні мати блокування, яке унеможливорює пуск дороги в роботу від резервного чи зворотного приводів при ввімкненому головному приводі, і навпаки.

- На роликових балансирах кільцевих канатних доріг повинні бути передбачені блокувальні пристрої, що зупиняють канатну дорогу в разі зміщення каната від осі ролика до реборди до його спадання.

5.2 Дії працівників в аварійних ситуаціях.

1) Пожежа - неконтрольоване горіння, що заподіює матеріальний збиток, шкоду життю і здоров'ю громадян, інтересам суспільства і держави. Основні причини пожежі: несправності

електрообладнання і мережах, порушення вимог технологічних регламентів проведення вогневих робіт, недотримання заходів пожежної безпеки (куріння, розведення відкритого вогню, застосування несправного обладнання тощо), необережне поводження з вогнем.

Основні небезпечні фактори пожежі: теплове випромінювання, висока температура, отруйний вплив продуктів горіння (окис вуглецю та ін.), зниження видимості при задимленні.

2) Вибух - це горіння, що супроводжується звільненням великої кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу. Вибух призводить до утворення та поширенню ударної хвилі з надлишковим тиском, що надає механічний вплив на навколишні предмети. Основні вражаючі фактори вибуху: повітряна ударна хвиля і осколкові поля, утворені уламками зруйнованих об'єктів, технологічного обладнання, вибухових пристроїв.

- При загрозі вибуху слід лягти на живіт, захищаючи голову руками, подалі від вікон, зашкленних дверей, проходів, сходів.

- Якщо стався вибух, вжити заходів до недопущення пожежі та паніки, надати першу допомогу потерпілим.

- Кожен працівник при виявленні осередку загоряння або ознак горіння (задимлення, запах гару, підвищення температури тощо) повинен :

- негайно повідомити про це за телефоном «**101**» (пожежна служба) , при цьому назвати найменування об'єкта, місце пожежі, а також своє прізвище;

- вжити заходів щодо евакуації людей, гасіння пожежі та збереження матеріальних цінностей

- Особи, уповноважені володіти, користуватися або розпоряджатися майном, керівники та посадові особи університету, а також особи, призначені

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

в установленому порядку відповідальними за забезпечення пожежної безпеки, після прибуття до місця пожежі повинні:

- продублювати повідомлення про виникнення пожежі за телефоном «101», оперативно довести до відома керівництва, чергової служби університету;

- у разі загрози життю людей негайно організувати їх порятунок, використовуючи наявні сили і засоби;

- перевірити включення в роботу автоматичних систем протипожежного захисту (оповіщення людей про пожежу, пожежогасіння, протидимного захисту);

- при необхідності, відключити електроенергію (за винятком систем протипожежного захисту), зупинити роботу систем вентиляції в аварійному і суміжних з ним приміщеннях, виконати інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі і задимлення приміщень;

- припинити всі роботи в будівлі крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідації пожежі;

- видалити за межі небезпечної зони працівників, що не беруть участь у гасінні пожежі, евакуацію проводити відповідно з планами евакуації та інструкціями з евакуації людей з будівлі;

здійснити загальне керівництво з гасіння пожежі до прибуття підрозділів пожежної охорони;

забезпечити дотримання вимог безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі;

одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей;

організувати зустріч підрозділів пожежної охорони і надати допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку загоряння;

повідомити підрозділи пожежної охорони, що залучаються для гасіння пожежи та проведення пов'язаних з ними першочергових аварійно -

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

рятувальних робіт, про небезпечні, вибухові, хімічнонебезпечні речовини, що зберігаються на об'єкті.

- При евакуації: приміщення які горять і задимлені місця проходити швидко, затримавши подих, захистивши ніс і рот вологою щільною тканиною. У сильно задимленому приміщенні пересуватися поповзом або пригнувшись, в прилеглому до підлоги просторі повітря зберігається чистим довше.

- Якщо на людині загорівся одяг, необхідно допомогти скинути його, або згасити: накинути покривало і щільно притиснути. Якщо доступ повітря обмежений, горіння швидко припиниться. Не допускати, щоб людина в палаючому одязі бігла.

- Після прибуття пожежного підрозділу керівник університету, або особа яка його заміщає:

інформує керівника гасіння пожежі про конструктивні і технологічні особливості об'єкта, прилеглих будівель та споруд;

повідомляє відомості, необхідні для ліквідації пожежі;

після ліквідації пожежі приймає рішення про подальшу експлуатацію приміщень і доводить інформацію до відома евакуйованих працівників і студентів [23].

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ВИСНОВОК

Встановлено залежність кута нахилу траси канатної дороги від характеристик механічного обладнання вагонів. Параметри ходового обладнання впливають на кут підйому траси канатної дороги несуттєво.

Більш підходящими схемами будуть с двома притискними роликами и двома колесами або с двома колесами та одним притискним роликом, так як вони мають більше переваг.

Після модернізації (з притискним роликом) кут підйому траси канатної дороги значно підвищився.

Виявлений ряд переваг підвісної канатної дороги та причин що до доцільності використання канатних доріг з самохідними вагонами у порівнянні з іншим міським транспортом.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ПОСИЛАННЯ

1. Концепция инновационной системы городского транспорта «КАНАТНОЕ МЕТРО ГОРОДА БРЯНСКА» / А.В. Лагереv, И.А. Лагереv, А.А. Короткий, А.В. Панфилов / URL: http://www.mnto32.ru/wp-content/Info/2014/Kanatnoe_metro_32.pdf 3 с.
2. Городская канатная дорога / Короткий А.А., Павленко А.В., Маслов В.Б., Короткий Д.А., / URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37502059> 3 с.
3. Пат. RU 2269443 Мобильная подвесная канатная дорога/ Короткий А.А., Хальфин М.Н., Маслов В.Б., Кинжибалов А.В. и др.: Заявл. 06.04.2005 г.; опубл. 10.02.2006 г., Бюл. № 4. 4 с.
4. ПБ 10-559-03 «Правило устройства и безопасной эксплуатации пассажирских подвесных и буксировочных дорог» 5 с.
5. Вестник: Чудаев А. 20 городских канатных дорог потенциально можно построить в РФ до 2025 года [Электронный ресурс] / А.Чудаев // Вестник. – 2014. – 30 декабря(№15). – Ростов-на-Дону: МедиаЮг, 2014. – Режим доступа: <http://www.vestnikstroy.ru/upload/iblock/4ad/4ad55b38ffe8caa9373a3ebf64f5f7fe.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. 5 с.
6. Пат. RU 2287444 Подвесная канатная дорога/ Короткий А.А., Хальфин М.Н., Маслов В.Б., Кинжибалов А.В. и др.: Заявл. 06.04.2005 г.; опубл. 20.11.2006 г., Бюл. № 32. 5 с.
7. РТМ 24.095.02 «Дороги подвесные канатные пассажирские с неотцепляемыми креслами. Основные требования к проектированию». 6 с.
8. Горнолыжные курорты Франции [Электронный ресурс] // Visitalps: туристский портал. URL: <http://www.visitalps.ru/countries/france> (дата обращения: 12.11.2020). 6 с.
9. Каменева, В.В. Транспортная составляющая инфраструктуры туризма // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 8. 8 с.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

10. Дукельский А. И. «Подвесные канатные дороги и кабельные краны» 1966р. 8 с.
11. Беркман М. Б. «Подвесные канатные дороги» 1984р. 9 с.
12. Иванченко Ф. К. «Расчет грузоподъемных и транспортирующих машин» 1978р. 13 с.
13. Мушик Э., Мюллер Ф. Методы принятия технических решения. // Пер. с нем. М.: Мир, 1990. 43 с.
14. Кодекс цивільного захисту України [із змінами], -К., 2012.; 43 с.
15. Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010 К.,- 2010. 44 с.
16. Порядок проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, профзахворювань і аварій на виробництві Постанова Кабінету Міністрів України від 17.04.2019 р. № 337 - К., 2019. 44 с.
17. Постанова Кабінету Міністрів України від 01.08.1992 р. № 442 Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці. 45 с.
18. НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. 45 с.
19. НАПБ. В. 01.010-97/510 Правила пожежної безпеки на залізничному транспорті. 45 с.
20. Короткий А.А., Маслов В.Б., Кинжибалов А.В. и др. Оценка и управление риском пассажирских канатных дорог // Изв. вузов . — 2008, № 1. 46 с.
21. Короткий А.А., Маслов В.Б., Кинжибалов А.В. и др. Повышение безопасности пассажирских канатных дорог на основе оценки риска несчастного случая при эвакуации людей // Безопасность труда в промышленности. — 2008, № 6. 46 с.
22. Короткий А.А., Маслов В.Б., Кинжибалов А.В. и др. Пассажирская канатная дорога особо опасный и технически сложный объект капитального строительства // Безопасность труда в промышленности. — 2007, № 11. 48 с.

					ДПТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

23. Державні будівельні норми України ДБН В.1.2-4-2006 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту. 49-58 с.

					ДІТ. 48 0000. 000. МРПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		