МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни «Машини неперервного транспорту»

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри підйомно-
транспортних машин
Протокол № 2 від 08 вересня 2020 р.

Краматорськ 2020

УДК 621.86

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Машини неперервного транспорту» Укл.: М.Ю. Дорохов. – Краматорськ: ДДМА, 2020. – 27 с.

Містять необхідні теоретичні положення, правила з техніки безпеки, перелік устаткування, контрольні питання, вимоги до оформлення звітів. Викладено основи методики дослідження механізмів транспортуючих машин за допомогою сучасних засобів.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри підйомно-транспортних машин
Протокол № 2 від 08 вересня 2020 р.

Електронне навчальне видання

Укладач: М.Ю. Дорохов, доцент

ЗМІСТ

1 Лабораторна робота 1. Визначення фізико-механічних характеристик насипних вантажів…….
2 Лабораторна робота 2. Дослідження коефіцієнта зчеплення стрічки з різними футеровками приводного барабана……
3 Лабораторна робота 3. Дослідження конструкції і роботи стрічкового конвеєра…….

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1
Визначення фізико-механічних характеристик насипних вантажів

1.1 Мета роботи

– ознайомлення студентів з основними фізико-механічними властивостями насипних вантажів і ґрунтів, що мають важливе значення при розрахунку і визначенні параметрів транспортних установок;
– вивчення сучасних методів визначення цих властивостей;
– знайомство з сучасною термінологією;
– придбання практичних навиків за визначенням цих властивостей.

1.2 Основні теоретичні відомості

Фізико-механічні властивості матеріалів роблять вельми істотний вплив на вибір раціонального типу і оптимальних параметрів конвеєра, точність його розрахунку, працездатність і надійність в експлуатації. Визначення характеристик до останнього часу здійснювалося по різним методикам, що приводило до різночитання початкових визначень, серйозних помилок і прорахунків при виборі конвеєрних установок. Більш того, достовірність результатів лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей насипних вантажів і ґрунтів залежить як від правильності відбору зразків, умов їх зберігання і транспортування, так і від методики визначення і точності виміру визначуваних параметрів.

Останніми роками вийшли стандарти та ряд галузевих методик лабораторних досліджень ґрунтів і насипних вантажів, тому при визначенні фізичних властивостей необхідно перш за все керуватися цими матеріалами, що і враховано в даній роботі. Тут приведені деякі нові терміни (густина, об'ємна маса - замість питомої і об'ємної ваги).

Проте у зв'язку з тим, що нового ГОСТу на термінологію по фізико-механічних властивостях грунтів і насипних вантажів стосовно системи СІ поки немає, нові терміни, прийняті в даних вказівках, є вільними і будуть уточнені згодом.

Методика визначення окремих параметрів при цьому висловлена по існуючих ГОСТах, а показники, на які вони не розроблені, – по керівництвах та інструкціях, прийнятих в наукових і виробничих лабораторіях.

1.3 Лабораторне обладнання

При проведенні лабораторної роботи використовується:

– Комплект сит для гранулометричного аналізу;
– Скляні стакани місткістю 50 $см^3$ – 3 шт.;
– Стакани металеві місткістю 200 $см^3$ – 6 шт.;
– Технічні терези з важком з точністю зважування ±0,01 г;
– Скляна воронка – 1 шт.;
– Дерев'яна трамбівка
– Шпатель – 1 шт.;

– Металева лінійка 200...300 мм – 1 шт.;
– Зразки насипних вантажів для дослідження.

1.4 Зміст роботи

При виконанні лабораторної роботи студент знайомиться з основними фізико-механічними властивостями насипних вантажів, вивчає методику визначення параметрів фізичних властивостей представлених зразків матеріалів, засвоює прийняту термінологію.

Користуючись лабораторними установками і певним вимірювальним інструментом, студент самостійно визначає основні фізичні властивості представлених зразків, а саме:

а) густину;
б) об'ємну масу;
в) пористість і коефіцієнт пористості;
г) ступінь густини (відносну густину);
д) гранулометричний склад.

При виконанні роботи студент заповнює журнал, проводить обчислення і побудову кривої гранулометричного складу насипного вантажу.

1.5 Послідовність виконання роботи

Гірські породи (ґрунти) на відміну від інших твердих тіл складаються не тільки з твердих (мінеральних) частинок, але і з пусток, води і газів (повітря), що містяться в породах. Вміст води і газів в одному і тому ж об'ємі породи може змінюватися під впливом різних природних і штучних чинників досить в широких межах. Тому в ґрунтознавстві розрізняють декілька показників маси ґрунту: густину, об'ємну масу скелета ґрунту, об'ємну масу ґрунту в целіку (масу ґрунту з непорушеною структурою і збереженням природної вогкості), об'ємну масу ґрунту при рихлому і щільному складанні й ін.

Далі розглядаються фізичні властивості ґрунтів і насипних вантажів, що мають безпосереднє відношення до вибору транспортних установок.

1.5.1 Щільність

Щільністю ґрунту називається відношення маси твердих частинок m_S до їх об'єму V_S:

$$\rho = \frac{m_S}{V_S}.$$

Чисельно щільність рівна масі одиниці об'єму скелета ґрунту в повітрі за відсутності пір.

Для визначення щільності слід застосовувати мірні судини місткістю не менше 100 мл. Зважування виконують на технічних вагах з точністю до 0,01г.

1.5.2 Об'ємна маса

Об'ємну масу насипного вантажу розрізняють при двох випадках – рихлому і щільному. Об'ємна маса в цих випадках відповідно має мінімальне і максимальне значення.

Визначення об'ємної маси при рихлому складанні:

1 Узяти три добре висушених скляних стакана місткістю 50 см^3 і зважити їх по черзі з точністю до 0,01г;

2 Заповнити стакани до країв досліджуваним ґрунтом (стакани спокійно невеликою цівкою заповнюються ґрунтом з невеликим верхом, потім надлишок навішування видаляють лінійкою, щоб поверхня ґрунту була на одному рівні з краями судини);

3 Зважити стакани з вмістом вантажем з тією ж точністю;

4 Обчислити об'ємну масу в рихлому стані по формулі

$$\rho = \frac{m_1 - m_0}{V},$$

де m_0 – маса порожнього стакана, г;

m_1 – маса стакана з грунтом, г;

V – місткість стакана, см^3.

5 Дані дослідів і розрахунку занести в таблицю 1.1, визначити середнє значення $\rho_р$.

Визначення об'ємної маси при щільному складанні: всі операції за визначенням об'ємної маси при щільному складанні проводяться в тій же послідовності, що і при рихлому, лише заповнення металевих стаканів ґрунтом проводиться невеликими порціями при постійному ущільненні.

Ущільнення проводиться шляхом постукування об бічні стінки стакана і періодичного трамбування ґрунту дерев'яною трамбівкою, або іншими засобами.

Об'ємна маса

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_0}{V},$$

де m_2 – маса стакану з ущільненим ґрунтом.

Таблиця 5.1 – *Визначення об'ємної маси пісків*

Номер досліду (стакана)	Маса, г		Місткість стакана, см^3	Об'ємна маса матеріалу ρ г/см^3	
	Порожнього стакана	Стакана з ґрунтом		За даними досвіду	Середнє значення
Рихлий стан					
1					
2					
3					
Щільний стан					
4					
5					
6					

1.5.3 Гранулометричний склад насипного вантажу

Рихлі гірські породи, а також сипкі матеріали складаються з окремих складових частин різної величини, форми і речовинного складу. Розмір цих частин може змінюватися в широких межах: від декількох метрів до тисячних часток міліметра.

Під гранулометричним (механічним) складом ґрунту або насипного вантажу розуміється відносний вміст в ньому по масі частинок різної величини.

Гранулометричний склад є одним з важливих чинників, що визначають фізичні властивості насипного матеріалу. Від нього залежить ряд параметрів транспортних установок (ширина стрічки конвеєра, швидкість руху рідини при гідротранспортуванні, повітря - при пневмотранспортурованні та ін.).

Для визначення гранулометричного складу порід виконується так званий гранулометричний аналіз, що включає розчленовування ґрунту на групи з близькими по величині частинками - так званим фракціями. Розмір частинок при цьому визначають по діаметру і виражають в міліметрах.

Існує декілька способів визначення гранулометричного складу ґрунтів і мілко кускових матеріалів. Найбільше розповсюдження отримав ситовий метод аналізу складу ґрунтів. Цей аналіз проводиться за допомогою певного набору сит, регламентованих ГОСТ 12536-67.

Стандартний комплект складається з семи сит з наступними розмірами отворів: чотирьох сит з круглими штампованими отворами діаметром 10мм, 5мм, 2мм і 1мм і три сита з мідної або латунної сітки простого плетення з отворами квадратної форми 0,5мм; 0,25мм; 0,10мм

Останні два сита застосовують тільки при ситовому аналізі з промивкою водою, якому звичайно піддають глинисті піски.

Гранулометричний аналіз проводиться в наступному порядку:

1 Підготувати пробу. Для цього узяти з різних місць і глибин 40…50кг досліджуваного ґрунту. Довести ґрунт до повітряного сухого стану. Обережно розтерти крупні грудки у фарфоровій ступі гумовим товкачем, щоб уникнути руйнування окремих зерен.

Розсипати ґрунт на лист і залишити на 1…2 доби.

2 Узяти відповідне навішування. Для цього зразок ретельно перемішати, шпателем або лінійкою розрівняти рівним шаром і двома взаємно перпендикулярними лініями розділити на чотири рівні частини (квадранти); два протилежні квадранти (по діагоналі) залишити як скорочена проба, а два інших видалити. Такий розподіл проби продовжувати до тих пір, поки на листі не залишиться необхідний об'єм досліджуваного ґрунту, приблизно:

– 100 г – для ґрунтів що не містять частинок крупніше 2мм;
– 500 г – для ґрунтів, що містять до 10% частинок крупніше 2мм;
– 1000 г – при змісті частинок крупніше 2мм від 10 до 30%;
– 2000 г – при змісті вказаних частинок більше 30%.

Вміст частинок в мірці визначається візуально.

3 Відібрану пробу зважити на технічних вагах з точністю до 0,01 г, результати зважування записати в журнал.

4 Зважену пробу пропустити через набір сит 10...0,5мм, встановлених, починаючи з найбільшого, в порядку зменшення розміру осередків. Просівання здійснювати до повного сортування частинок.

5 Вміст кожного сита ретельно зважити з точністю до 0,1 г, результати записати в журнал (табл. 1.2).

6 Скласти маси окремих фракцій і порівняти отриману суму з первинною масою узятого для аналізу зразка. Розбіжністю до 0,5% можна нехтувати. Розбіжність більше 0,5% показує, що в ході аналізу допущена якась помилка або значна втрата частинок зразка, в цьому випадку аналіз повинен бути повторений.

Таблиця 1.2 - Дані ситового аналізу

Зразок № _____ Маса проби, г _____

Короткий опис зразка _____

Показники	Фракції ґрунту, мм							
	>10	10…5	5…2	2…1	1…0,5	0,5…0,25	0,25…0,1	<0,1
Маса тари З грунтом, г								
Маса тари, г								
Маса фракції, г								
Зміст фракції %								

7 Результати аналізу виразити у відсотках (з точністю до одиниці) по відношенню до загальної маси проб по фракціях: крупніше 10 мм; від 10 до 5 мм; від 5 до 2 мм; від 2 до 1 мм; від 1 до 0,5 мм.

8 За даними аналізу побудувати сумарну криву гранулометричного складу грунту. При цьому найзручнішою є крива гранулометричного складу, побудована в напівлогарифмічному масштабі, коли по осі абсцис відкладають не діаметри частинок, а їх логарифми або величини, пропорційні логарифмам. Така крива дозволяє наносити зміст дрібних фракцій з достатньою точністю, не подовжуючи криву по осі абсцис.

Для побудови кривої в напівлогарифмічному масштабі (рис. 1.1) по осі абсцис на початку координат ставлять звичайно число 0,001, а потім, приймаючи lg10 рівним довільному відрізку, відкладають цей відрізок в праву сторону три-чотири рази, роблячи відмітки і ставлячи проти них послідовно;0,01; 0,10; 1,00 і 10,00. Відстані між кожними двома мітками ділять на дев'ять частин пропорційно логарифмам чисел 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 і 9.

В першому від початку координат інтервалі виділені відрізки відповідатимуть діаметрам частинок від 0,002 до 0,009 мм, в другому – від 0,02 до 0,09, в третьому – від 0,2 до 0,9 мм, в четвертому – від 2 до 10 мм.

Наприклад, якщо прийняти, що lg10= 1 відповідає відрізку завдовжки 40 мм, то

lg2 = 0,301 відповідатиме відрізку 0,301x40 ≈ 12мм

lg3 = 0,477 - 0,477x40 ≈ 19мм

lg4 = 0,602 - 0,602x40 ≈ 24мм

і т. д.

Вказані відрізки відкладають по осі абсцис від початку координат і від кожної мітки, що обмежує відрізок завдовжки 40 мм.

Результати гранулометричного аналізу, використані для побудови приведеної кривої, характеризуються наступними даними (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Результати гранулометричного аналізу

Окремі фракції		Сукупність фракцій	
Діаметр частинок, мм	Місткість, %	Діаметр частинок, мм	Місткість, %
0,01	1,2	< 0,01	1,2
0,01...0,05	7,3	< 0,05	8,5
0,06...0,25	48,5	< 0,25	57,0
0,26...0,50	32,4	< 0,50	89,4
0,50...1,00	8,2	< 1,00	97,6
1,00...2,00	2,4	< 2,00	100,0

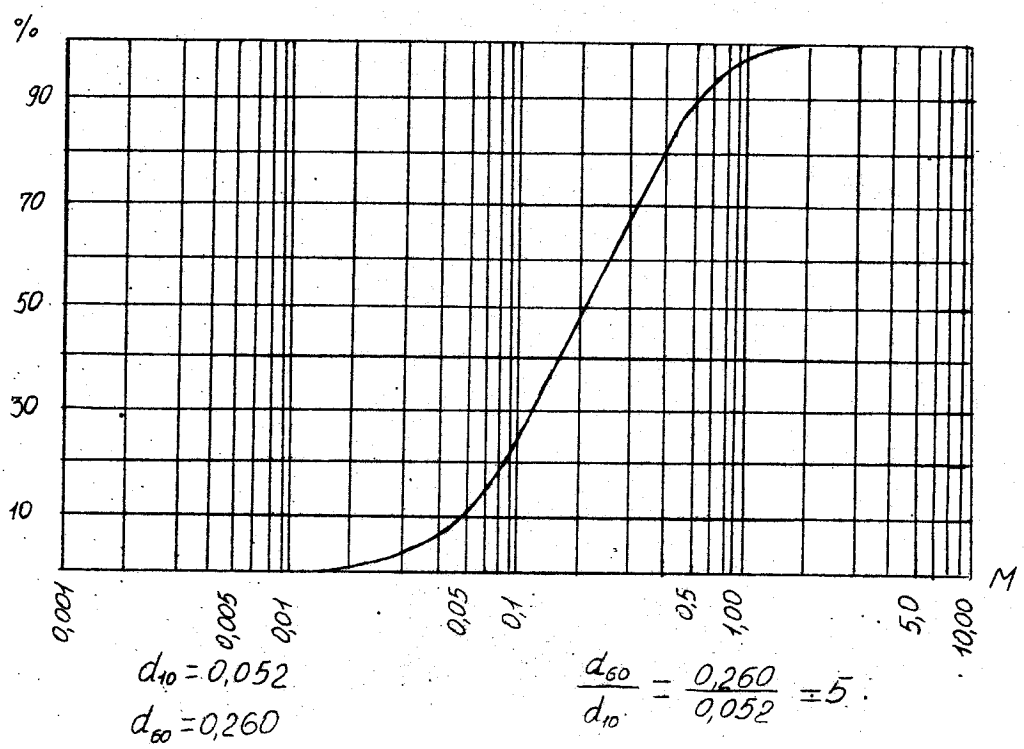


Рисунок 1.1 – Крива гранулометричного складу грунту в напівлогарифмічному масштабі

Сумарні криві механічного складу дають можливість легко знаходити діючий діаметр і "діаметр шістдесяти", а це необхідне для визначення коефіцієнта неоднорідності

$$K_{HO} = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

де під діючим, або ефективним, діаметром частинок d_{10} розуміють розмір частинок, відповідний ординаті 10% на сумарній кривій механічного складу;

під "діаметром шістдесяти" d_{60} розуміють розмір частинок, відповідний ординаті 60% на сумарній кривій механічного складу.

Про ступінь неоднорідності ґрунту можна судити і по характеру кривої механічного складу. Крута крива указує на однорідність ґрунту, полога – на неоднорідність по механічному складу.

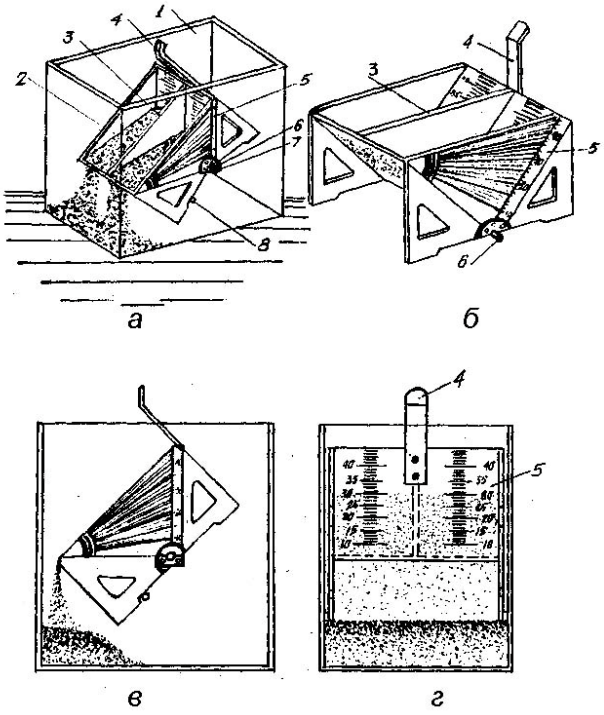
1.5.4 Кут природного укосу

Кут природного укосу має істотний вплив на об'єм вантажу, що транспортується стрічковими і іншими конвеєрами.

Кутом природного укосу називається такий максимально можливий кут нахилу вантажу до горизонтальної площини, при якому насипний вантаж зберігає рівновагу, або кут, під яким розташовується матеріал, що вільно насипається.

Для визначення кута природного укосу зручно користуватися приладом УО конструкції Д. І. Знаменського (рис. 1.2), що представляє прямокутну коробку *1*, усередині якої шарнірно спирається рухомий лоток *2*, внутрішня частина якого розділена перегородкою *3* на дві частини. Лоток має важіль *4*. Коробка і лоток виготовлена з органічного скла, зручного для дослідження ґрунту.

На бічних сторонах лотка нанесена кутова, а на задній - горизонтальна сітка з шкалою *5*, що вказує на величину кута природного укосу. Лоток встановлюється усередині коробки за допомогою осей *6*, які входять в пази підшипників *7*, прикріплених до бічних стінок коробки. Лоток може повертатися усередині коробки на кут 45° і утримується в повернутому положенні упорами *8*.



а – загальний вид приладу; б – поворотна частина; в –- бічна стінка;
г – задня стінка приладу з вимірювальною шкалою

Рисунок 5.2 – Прилад УО Д.І. Знаменского

Визначення кута природного укосу проводиться в наступному порядку:

1 Вийняти лоток *2* з коробки і поставити його на рівну поверхню.

2 Насипати досліджуваний ґрунт в обидві частини лотка.

3 Додати матеріалу в лотку рівну горизонтальну поверхню за рахунок видалення надлишку за допомогою лінійки.

4 Обережно вставити лоток з ґрунтом всередину коробки так, щоб вісь *6* лотка увійшла до пазів підшипників *7*, при цьому важіль *4* лотки повинен спиратися на стінку коробки.

5 Плавно, без поштовхів і струсів, повернути лоток *2* за допомогою важеля *4* на кут 45° до упора *8*. Поворот провести за 5-6 с. При повороті лотка частина ґрунту з лотка висиплеться в коробку, а частина, що залишилася, утворює з нижньою стінкою кут, рівний куту природного укосу.

6 Визначити кут укосу ґрунту в обох частинах лотка по розподілах на його стінках. Відлік провести з точністю до 1°.

Середнє значення відліків по двох частинах лотка занести до таблиці1.4.

Повторити досвід двічі. Розбіжність між повторними визначеннями не повинна перевищувати 1%.

Таблиця 1.4 - Визначення величини кута природного укосу φ

Номер досліду	Опис зразка	Кут природного укосу φ, град		
		По 1-й секції приладу	По 2-й секції приладу	По 3-й секції приладу
1				
2				
3				
Середнє значення				
1				
2				
3				
Середнє значення				
1				
2				
3				

1.5.5 Коефіцієнт тертя

Коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні визначається таким чином.

На плоску поверхню АВ установки (рис. 1.3) насипається матеріал шаром 2-3 мм, і нахил поверхні до горизонту збільшується до тих пір, поки матеріал не почне сповзати по поверхні вниз. По шкалі фіксується кут початку ковзання матеріалу, який може бути прирівняний до кута тертя матеріалу по поверхні у спокої.

По відомому куту тертя визначається коефіцієнт тертя у спокої:

$$f_0 = tg\,\rho.$$

Коефіцієнт тертя сипкого матеріалу, що знаходиться в русі (по похилій площині) f_q, значно менше коефіцієнта тертя у спокої f_0. Орієнтовно можна вважати

$$f_q \approx 0{,}6\, f_0.$$

Для більш точного визначення коефіцієнта тертя матеріалу в русі може бути рекомендований наступний метод.

Поверхня АВ (рис. 1.4) встановлюється під кутом α до горизонту, дещо перевищуючим кут тертя у спокої. Насипний вантаж, що поступає з бункера, рухається з прискоренням по площини АВ і покидає її із швидкістю V. Координати точок перетину траєкторії польоту частинок з опорною поверхнею x і y можуть бути відносно просто заміряні. При прийнятих на рис. 1.4 позначеннях коефіцієнт тертя в русі

$$f_q = \left(1 + \frac{h}{S}\sin\alpha\right) tg\alpha - \frac{x^2}{4yS\cos\alpha}.$$

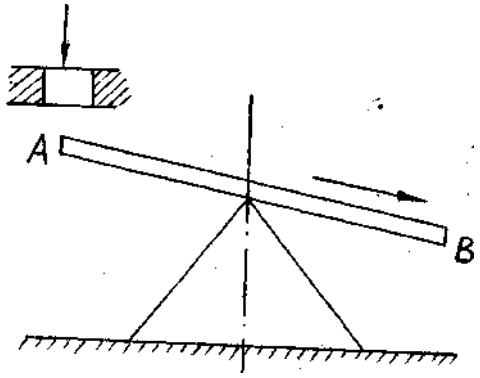


Рисунок 4.3 – Схема установки для визначення коефіцієнта тертя ковзання у спокої

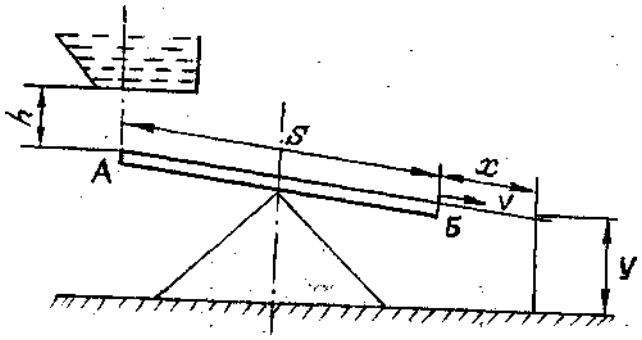


Рисунок 1.4 – Схема установки для визначення коефіцієнта тертя ковзання матеріалів, що сполучаються, в русі

Коефіцієнти тертя f_q і f_0 визначаються за завданням викладача для двох-трьох матеріалів (сталь, дерево і прогумована стрічка) і заносяться до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Дані визначення коефіцієнту тертя

Номер досвіду	По якому матеріалу	Який матеріал	Значення коефіцієнтів при вимірах			Середнє
			1	2	3	
1	По сталі					
2	По сталі					
3	По сталі					
4	По дереву					
5	По дереву					
6	По дереву					
7	По гумовій стрічці					
8	По гумовій стрічці					
9	По гумовій стрічці					

1.6 Зміст звіту

По виконаній лабораторної роботи кожним студентом складається індивідуальний звіт.

Звіт повинен містити:

- мету роботи;
- коротке викладення теоретичних положень;
- опис випробувальної установки;
- визначення основних физико-механічних властивостей досліджуваних матеріалів;
- дані вимірів цих властивостей (табл. 1.1);
- розрахунки об'ємної маси піску;
- схеми визначення кута природного укосу і коефіцієнта тертя;
- визначення величин кутів природного укосу (табл. 1.2) і коефіцієнта тертя (табл.1.5);
- короткий аналіз отриманих результатів.

1.7 Контрольні питання

1 Які існують основні властивості і ознаки насипних вантажів?

2 Що називається об'ємною масою насипного вантажу, в яких одиницях вона вимірюється?

3 Що називається гранулометричним складом насипного вантажу, які існують способи його визначення?

4 Як визначається коефіцієнт тертя сипкого матеріалу, що знаходиться у спокої?

5 Як визначається коефіцієнт тертя сипкого матеріалу, що знаходиться в русі?

6 Як визначається кут природного укосу насипного вантажу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2
Дослідження коефіцієнта зчеплення стрічки з різними футеровками приводного барабана

2.1 Мета роботи:

Вивчення теорії передачі тягового зусилля барабаном конвеєрній стрічці та набуття навичок розрахунку тягового чинника приводу.

2.2 Основні теоретичні відомості

Основний закон тертя гнучких тіл був встановлений в середині XVШ століття членом Петербурзької академії наук Леонардом Ейлером, який розглядав умови рівноваги невагомої нерозтяжної нитки на нерухомому циліндрі.

Для стрічкового конвеєру закон Ейлера має вигляд:

$$S_{нб} = S_{сб} e^{\mu\alpha},$$

де $S_{нб}$ – натягнення набігаючої гілки приводу;

$S_{сб}$ – натягнення збігаючої гілки приводу;

e – підстава натурального логарифма;

μ – коефіцієнта тертя (зчеплення) між стрічкою і барабаном за відсутності ковзання (пробуксовування) стрічки по барабану;

α – кут обхвату стрічкою барабана (в радіанах).

У дійсності стрічка має пружні властивості і має на ділянках з більшим натягом більшу пружну витяжку (деформацію), чим на ділянках з меншим натягом. Оскільки лінійна швидкість обода привідного барабана постійна на дузі обхвату (при жорсткій футеровці) і рівна швидкості стрічки в точці набігання, то виникає відносне переміщення (пружне ковзання) стрічки по привідному барабану у бік, протилежний руху стрічки.

Отже, швидкість стрічки в точці набігання буде більше швидкості стрічки в точці збігання.

Виходячи з цього російськими вченими Н.П.Петровим і Н.Є.Жуковським були введені поняття про дугу спокою і дугу ковзання при обгинанні барабана пружною ниткою.

Очевидно, пружне ковзання матиме місце на тій частині дуги обхвату, де відбувається передача сили тертя. Ця частина дуги обхвату називається «дугою ковзання» з кутом $\alpha_{ск}$.

На решті частини дуги обхвату, званою «дугою відносного спокою» $\alpha_{п}$, зміна натягнення не відбувається, пружне ковзання і передача тертям відсутнє.

Співвідношення величини натягнення стрічки та кутів дуги спокою і ковзання представлене на рисунку 2.1.

Таким чином, для будь-якого значення $S_{нб}$ виконуватиметься співвідношення

$$S_{нб} = S_{сб} \cdot e^{\mu\alpha_{ск}}.$$

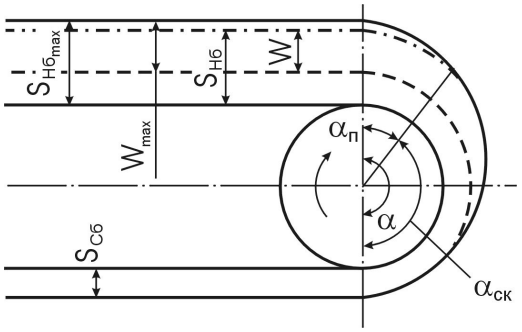


Рисунок 2.1 – Діаграма натягнення стрічки на привідному барабані

Найбільша рушійна сила, яка може бути переданий барабаном на стрічку:

$$W_{max} = S_{нб\,max} - S_{сб} = S_{сб}(e^{\mu\alpha} - 1).$$

З формули видно, що підвищити тягове зусилля можна збільшенням попереднього натягнення нитки $S_{сб}$, коефіцієнта зчеплення μ і кута обхвату α. При збільшенні попереднього натягнення стрічки буде потрібно більш міцна і більш дорога стрічка. Тому переважно йти по шляху забезпечення необхідного тягового зусилля збільшенням коефіцієнта зчеплення μ або кута обхвату α (застосовуються двохбарабанні приводи).

Для пружної стрічки величина окружного зусилля у будь-якому випадку визначається

$$W = S_{НБ} - S_{СБ} = S_{СБ}\left(e^{\mu\alpha_{ск}} - 1\right).$$

Очевидно, коли дуга ковзання рівна всій дузі обхвату, ця формула співпадає з формулою Ейлера.

Дуга відносного спокою указує на величину можливого зростання окружного зусилля на приводі. Так, щоб забезпечити нормальну безпробуксовочну роботу приводу, необхідно за допомогою натягача (регулювання $S_{сб}$) підтримувати задану максимальну величину дуги спокою, тобто заданий запас сил тертя на привідному барабані.

Тяговим чинником приводу називають величину $e^{\mu\alpha_{ск}}$, яка може бути підрахований таким чином:

$$e^{\mu\alpha_{ск}} = \frac{W - S_{сб}}{S_{сб}}.$$

При α = const = 180°= π радіан величина тягового чинника матиме різні значення при різних μ.

Коефіцієнт зчеплення стрічки з приводним барабаном

$$\mu = \frac{1}{\alpha}\ln\frac{W_{max} - S_{СБ}}{S_{сб}}.$$

2.3 Лабораторне обладнання

При виконанні лабораторної роботи використовуються:

1 Стенд для вимірювання коефіцієнта зчеплення стрічки з футеровкою привідного барабана.

2 Знімні футеровки приводного барабана.

Стенд для вимірювання величини коефіцієнта зчеплення стрічки з привідним барабаном (рис. 2.2) складається з наступних частин:

– барабан 1, встановлений на вертикальних стійках;

– стрічка 2, один кінець якої жорстко прикріплений до фундаменту, другий утримується вантажем P_1;

– динамометр 3, для вимірювання зусилля стрічки в точці набігання на барабан;

– важіль 4, прикріплений до торця барабана з навантаженням P_2.

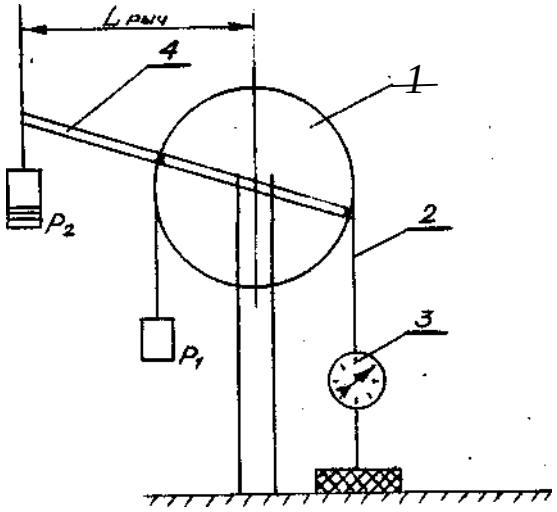


Рисунок 2.2 – Схема лабораторної установки

2.4 Послідовність виконання роботи

1) Вивчити закон передачі тягового зусилля приводним барабаном стрічці.

2) Вивчити пристрій стенду.

3) При сталевій футеровці барабана створювати навантаження P_2 на важелі барабана до тих пір, поки барабан не почне повертатися в підшипниках опор.

4) Заміряти при цьому величину зусилля в стрічці $S_{нб}$ і величину окружного зусилля приводу W.

5) Повторити 2…3 рази пп. 3 і 4.

6) Підрахувати значення коефіцієнта зчеплення μ стрічки з барабаном, що має сталеву футеровку.

7) На поверхню барабана прикріпити футеровку з гуми.

8) Виконати операції пп. 3…6.

9) На поверхню барабана прикріпити футеровку з латуні.
10) Виконати операції пп. 3…6.

2.5 Зміст звіту

Звіт про лабораторну роботу повинен містити:
- найменування та мету роботи;
- схему стенду;
- епюру натягнення стрічки на привідному барабані в двох режимах роботи приводу (при нормальному і граничному навантаженнях);
- таблицю даних експерименту і результатів визначення розрахункових параметрів (табл. 2.1);
- коефіцієнти зчеплення між стрічкою і приводним барабаном з різними футеровками: сталевої, гумової і латунної;
- короткий аналіз отриманих результатів.

Таблиця 2.1 - Результати дослідів

Футеровка барабана	$P_1 = S_{сб}$, Н	P_2, Н	$S_{нб}$, Н	W, Н	μ	$\mu_{ср}$
Сталь						
Гума						
Латунь						

2.3 Контрольні питання

1 По якому закону змінюється натягнення гнучкого елемента на приводному шківі при передачі тягової сили тертям?

2 В чому полягає принципова відмінність між дугою ковзання і дугою спокою?

3 Чому гнучкий елемент прослизає по поверхні шківа на дузі ковзання?

4 Від чого залежить тяговий чинник приводного шківа? Який його математичний вираз?

5 Чим відрізняється реальна конвеєрна стрічка від ідеальної гнучкої нитки, прийнятої в дослідженнях Л.Ейлера?

6 За яких умов виникає прослизання нерухомої стрічки по всій дузі обхвату стрічкою приводного шківа, що обертається?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3
Дослідження конструкції і роботи стрічкового конвеєра

3.1 Мета роботи

– вивчити конструкцію стрічкового конвеєра і його складових частин: приводу, ролікоопір, натягачів;
– визначити експлуатаційну продуктивність;
– вивчити конструкції конвеєрних стрічок по зразках і схемах.

3.2 Основні теоретичні відомості

Стрічкові конвеєри застосовуються для переміщення в горизонтальному і похилому напрямі найрізноманітніших насипних і штучних вантажів. Вони отримали широке розповсюдження для транспортування вугілля, руди, інших корисних копалин в гірничодобувній промисловості, коксу, руди і флюсів в металургії, вхідних матеріалів і формувальних сумішей в ливарних цехах, в зернових продуктів на складах і елеваторах, механізації земляних і будівельних робіт, для міжопераційного переміщення виробів в радіотехнічній, приладобудівної і інших галузях промисловості. Стрічкові конвеєри характеризуються широким діапазоном продуктивності – від декількох десятків до 30000 т/ч. Дальність транспортування може досягати 20000 м.

Стрічковий конвеєр (рис. 3.1) складається з гнучкої нескінченної стрічки, що огинає привідний і хвостовий барабани і підтримуваної на робочій (верхній) і ненавантаженій (нижній) гілках ролікоопорами. Ролікоопори укріплені на спеціальних підтримуючих конструкціях. Рух стрічці передається від привідного барабана, що обертається, силою тертя між нею і поверхнею привідного барабана. Натягнення стрічки забезпечується натягачем. Крім того, до складу стрічкового конвеєра можуть входити завантажувальні і розвантажувальні пристрої, пристрої для очищення стрічки, а також контрольна апаратура.

Конвеєрна стрічка складається з каркаса (основи), що сприймає основне навантаження, гумових обкладань і бортів, що оберігають каркас від дії вологи, тепла, механічних пошкоджень і інших видів руйнування.

По конструкції основи стрічки підрозділяються на 2 групи: стрічки гумовотканинні і стрічки гумовотросові.

Основа гумовотканинних стрічок, званих часто стрічками багатопрокладковими, складається з декількох тканинних прокладок, просочених гумою. Між прокладками є тонкий шар гуми завтовшки 0,2…0,3 мм.

Прокладки виготовляються з бавовняних або синтетичних тканин.

Стрічки для транспортування крупнокускових матеріалів, що піддаються сильним ударам на завантажувальних пунктах, посилюються розрідженою тканиною (брекером), розташованою між каркасом і гумовим обкладанням. Введення брекера значно збільшує опір стрічки пробою.

Обкладання виконуються з натурального і штучного каучуку, а також із спеціальних синтетичних матеріалів (полівінілхлорид, неопрен та ін.). Стрічки з полівінілхлоридовими обкладаннями характеризуються високою вогнестійкістю.

Товщина обкладань приймається залежно від умов експлуатації стрічки в межах 3…6 мм на верхній (робочої) стороні стрічки і 1…3 мм на нижній (неробочої) стороні.

Гумовотросові стрічки мають каркас, утворений одним шаром сталевих тросів, розташованих з певним кроком і оточених еластичною гумою. Для запобігання тросів від пошкоджень в обкладаннях стрічки розміщують брекерну тканину.

Залежно від наявності запобіжних прокладок гумовотросові стрічки виконуються трьох типів.

В стрічках першого типу на гумовотросовому каркасі розташована прокладка з капронової уточної тканини, а в обкладаннях стрічки розміщена брекерна тканина. Наявність тканинних прокладок збільшує опір розриву стрічки уздовж тросів, пробою стрічки і підвищує опір ударним навантаженням. Такі стрічки призначені для транспортування важких абразивних матеріалів: руди, скальних порід, каміння і т.п.

У стрічках другого типу відсутня прокладка з уточної тканини, в обкладаннях розміщена брекерна тканина. Ці стрічки застосовують для транспортування середньокускових вантажів.

Стрічки третього типу не мають тканинних прокладок. Вони призначені для транспортування відносно легких і малообразивних матеріалів: вугілля, породи, солей, коксу, гравію і ін.

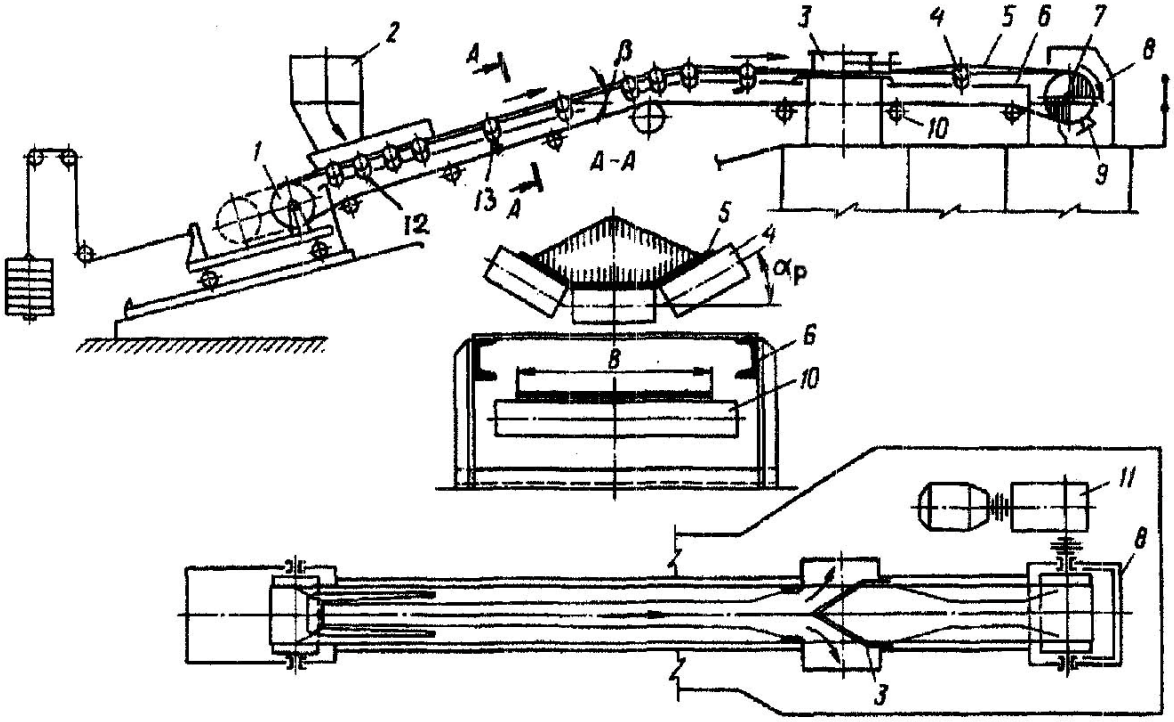
Роликоопори стрічкового конвеєра складаються з роликів, кронштейнів, на яких кріпляться осі роликів, і опорної або підтримуючої планки.

На стрічкових конвеєрах встановлені лінійні і спеціальні роликоопори.

Лінійні роликоопори можна підрозділити на верхні (для вантажної гілки) і нижні (для гілки порожнякової), а спеціальні роликоопори – на перехідні, центруючи, амортизуючи.

Лінійні роликоопори для вантажної гілки конвеєра виконані з трьома роликами, а для порожнякової - однороликовими.

Основними геометричними параметрами роликоопор є: діаметр і довжина роликів, кути нахилу бічних роликів, співвідношення довжин бічних і центрального ролика і їх взаємне розташування.



1 – натяжний барабан; 2 – завантажувальна воронка; 3 – плужків або барабанний розвантажувач; 4 – верхні роликоопоры; 5 – вертикально замкнута стрічка; 6 – станина; 7 – приводний барабан; 7 – розвантажувальна воронка; 9 – очисний пристрій; 10 – нижні роликоопори; 11 – привод; 12 – амортизуючи роликоопори; 13 – центруючи роликоопори.

Рисунок 3.1 – Схема стрічкового конвеєра

Діаметр роликів залежить від ширини стрічки на конвеєрі, насипної маси і кусковатості вантажу, що транспортується.

Довжина всіх роликів роликоопори приймається однаковій.

Лінійні роликоопори для нижньої гілки конвеєра складаються з ролика і кронштейнів, до яких кріпляться осі ролика.

Конвеєри з широкими стрічками обладнуються на нижній гілці двох, а іноді і трьохроликовими опорами.

У двохроликовій опорі ролики встановлюються під кутом 10...12°, що сприяє центруванню ходу стрічки на нижній гілці і дозволяє зменшити довжину роликів.

Перехідні роликоопори призначені для більш плавного переходу стрічки від форми жолоба в лінійній частині конвеєра до плоскої форми на кінцевих барабанах (або навпаки – від плоскої форми до лоткової). Встановлюють ці роликоопори по дві-три в місцях набігання стрічок на барабан і збігання з нього.

Конструктивно перехідні роликоопори відрізняються від лінійних лише змінним кутом нахилу бічних роликів. Під час переходу стрічки від роликоопори з кутом нахилу бічних роликів 30° до барабана встановлюють спочатку ро-

ликоопору, кут нахилу бічних роликів якої складає 20°, а потім ролікоопору з кутом нахилу роликів 10°.

Амортизуючи роликоопори призначені для пом'якшення ударів падаючого на стрічку вантажу.

Став стрічкового конвеєра складається з головної секції, де проводиться розвантаження, вмонтовується привід, апаратура управління, іноді і натягач хвостової секції, лінійних секцій (число їх залежить від довжини конвеєра), перехідних секцій для переходу від лінійних секцій до головної і в деяких конструкціях - телескопічної секції для подовження конвеєра.

Лінійна секція стрічкового конвеєра, що є просторовою металевою конструкцією, складається з подовжніх балок, зв'язаних між собою поперечиною, і вертикальних стійок.

Для виготовлення секцій конвеєра застосовується профільна прокатна сталь.

Привід стрічкового конвеєра призначений для передачі стрічці тягового зусилля і повідомлення їй необхідної швидкості, а також для забезпечення режиму пуску і зупинки конвеєра.

Привідна станція стрічкового конвеєра складається з привідних і неприводних (відхиляючих) барабанів, електродвигуна, редуктора, сполучних муфт, гальмівних і стопорних пристроїв, пристроїв для очищення стрічки від налиплого вантажу, а також пускорегулюючої апаратури.

Електродвигун, редуктор, муфта і гальмо утворюють привідний блок.

Привідні барабани можуть бути як з футеровкою обичайок, так і без неї (на конвеєрах малої потужності). Застосування футеровок обичайок забезпечує краще зчеплення стрічки з барабаном, що сприяє збільшенню тягової здатності приводу. Футеровки виконуються з гуми, поліуретану, можуть бути керамічними і з інших матеріалів. Найбільше розповсюдження отримала гумова футеровка.

Футеровка може бути гладкою або рифленою, з канавками різного перетину або ромбоподібними осередками. Рифлена футеровка сприяє очищенню дрібних частинок породи, що прилипнули до стрічки.

Натяжна станція стрічкового конвеєра забезпечує стрічці натягнення, необхідне для надійної передачі їй тягового зусилля привідними барабанами, а також для ліквідації провисання стрічки між роликоопорами понад величину, що допускається. Крім того, натяжна станція повинна компенсувати витяжку стрічки, що з'являється в процесі її експлуатації.

Розміщують натяжні станції на збігаючий гілці стрічки у привода або в хвостовій частині конвеєра.

Натяжна станція складається з візка з розташованим на ній натяжним барабаном і механізму натягнення, що забезпечує переміщення візка по направляючих і утворюючого натягнення в стрічці. Натяжні станції характеризуються завжди величиною створюваних ними зусиль і ходом натяжного барабана.

По типу механізму натягнення натяжні станції можна підрозділити на наступні види:

1) ручні (гвинтові або з ручними черв'ячними лебідками);
2) вантажні;
3) лебідкові
4) гідравлічні і пневматичні.

3.2.1 Визначення продуктивності конвеєра

Продуктивність стрічкового конвеєра визначається кількістю вантажу, переміщуваного в одиницю часу, і виражається в об'ємних *V*, м^3/год, або в масових *Q*, т/год, одиницях.

Продуктивність стрічкового конвеєра визначається для трьох випадків транспортування: переміщення насипних вантажів безперервним потоком; переміщення насипних вантажів окремими кількостями (порціями); переміщення штучних вантажів. У всіх випадках основними чинниками продуктивності є середня величина кількості вантажу на одиниці довжини вантажонесучого елемента і робоча швидкість переміщення.

Середня кількість вантажу на одиниці довжини вантажонесучого елемента (погонне навантаження) виражається в одиницях об'єму $q_{об}$, л/м, або маси *q*, кг/м, на один погонний метр. Секундна продуктивність виходить множенням погонного навантаження на величину швидкості переміщення *v*, м/с, а годинна – з виразів:

$$V = \frac{3600 q_{об} v}{1000} = 3{,}6 q_{об} v, ,$$

$$Q = 3{,}6\ q v,$$

$$q_{об} = 1000\ F\ \psi,$$

$$q = 1000\ F\ \rho\ \psi,$$

де *F* – площа поперечного перетину вантажу на стрічці, м^2 (рис. 3.2);

ρ – насипна густина матеріалу, що транспортується, т/м^3;

ψ – коефіцієнт наповнення (вважаємо $\psi = 0{,}9$).

Підставивши значення погонного навантаження в попередні вирази, отримаємо:

$$V = 3600\ F\ v\ \psi,$$

$$Q = 3600\ F\ \rho\ v\ \psi.$$

Площа поперечного перетину вантажу *F* залежить:

від ширини стрічки *B*, м;

форми жолобчатості стрічки, створюваної роликоопорами – від числа роликів на одній опорі і кута нахилу роликів до горизонту;

кута природного укосу насипного вантажу $\varphi_д$ в стані руху (табл.1.1). Для прямої роликоопори $F = 0{,}16\ tg\ \varphi_д\ B^2$, для жолобчатої 3-роликові $F = (0{,}16\ tg\ \varphi_д + 0{,}12\ tg\alpha_р)\ B^2$.

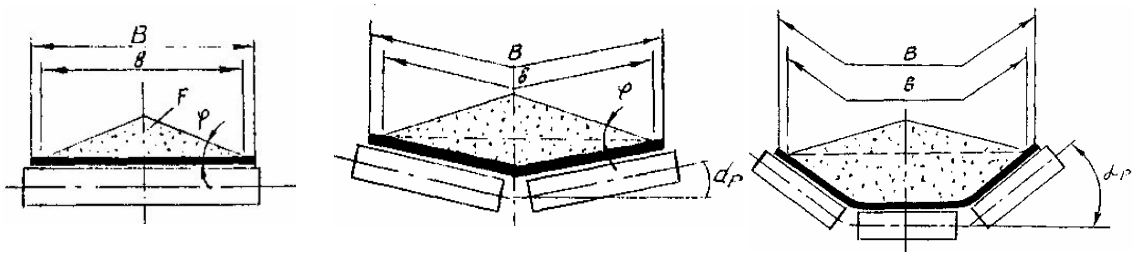
Щоб уникнути обсипання вантажу по краях стрічки, повинні бути вільні поля, тому в розрахунках вважають, що ширина підстави вантажу на стрічці, м:

$$b = 0{,}9\,B - 0{,}05.$$

Таблиця 3.1 - Характеристика насипних вантажів

Номер завдання	Найменування насипного вантажу	Густина, т/м^3	Кут природного укосу в стані спокою φ, ^{o}	Кут природного укосу в русі $\varphi_д$, ^{o}
1	Агломерат свинцевий	3,5	50	30
2	Залізний концентрат	2,6	45	27
3	Боксит	1,8	35	21
4	Вугілля кам'яне	0,85	40	24
5	Ячмінь	0,65	27	16
6	Пісок	1,4	45	20
7	Мів	1,0	30	18
8	Руда	2,1	40	25
9	Кокс	0,4	30	15
10	Щебінь сухий	1,5	35	20

Розрахункові перетини насипного вантажу на плоскій стрічці і стрічці, у якої желобчатість забезпечується двома і трьома роликами, нахиленими до горизонту під кутом $\alpha_р$, показані на рисунку 3.2.



а *б* *в*

а – плоска стрічка; б – двохроликовий жолоб; в – трьохроликовий жолоб

Рисунок 7.2 – Перетин насипного вантажу на стрічці

Потужність приводу стрічкового конвеєра, кВт:

$$P = \frac{K_З \sum W \cdot v}{1000\eta},$$

де $K_З$ – коефіцієнт запасу (в даному випадку $K_З$ =1,2);

v – швидкість стрічки, м/с;

η – КПД приводу (в даному випадку η = 0,95);

$\sum W$ – повний опір руху стрічки горизонтального стрічкового конвеєра малої довжини, Н:

$$\sum W = K(q + 2q_л + q_{р.в} + q_{р.н})\, L_к g w,$$

де K – коефіцієнт, що враховує опір на кінцевих барабанах (для конвеєрів завдовжки до 6 м K= 6);

$L_к$ – довжина конвеєра, м;

g – прискорення сили тяжкості, g= 9,81 м/с^2;

w – коефіцієнт опору пересуванню стрічки (в даному випадку w=0,025);

q – погонна маса вантажу, кг/м:

$$q = \frac{Q}{3{,}6v};$$

$q_л$ – погонна маса стрічки, кг/м:

$$q_л = 1100\ B\ \delta_Л;$$

$\delta_Л$ – товщина стрічки, м;

$q_{р.в}$ і $q_{р.н}$ – погонна маса частин роликів, що обертаються, відповідно на верхній і нижній гілках конвеєра, кг/м:

$$q_{Р.В.} = q\frac{m_{P.B}}{t_{P.B}};$$

$$q_{Р.В.} = q\frac{m_{P.H}}{t_{P.H}},$$

де $m_{р.в}$ і $m_{р.н}$ – маса частин роликів, що обертаються, відповідно на верхній і нижній гілках (в даному випадку $m_{р.в}$ = 0,1 кг; $m_{р.в}$ = 0,06 кг);

$t_{р.в}$ і $t_{р.н}$ – відстань між ролікоопорами відповідно на верхній і нижній гілках конвеєра, м.

3.3 Лабораторне обладнання

При виконанні лабораторної роботи використовуються:

1 Діюча модель стрічкового конвеєра із завантажувальною воронкою.

2 Зразки і схеми конвеєрних стрічок.

3 Вимірювальні інструменти (електросекундомір, лінійка сталева, рулетка, транспортир, пристосування для вимірювання кута нахилу бічних роликів, штангенциркуль, терези, гирі).

4 Матеріал, що транспортується (дрібний щебінь, сухий річковий пісок).

3.4 Послідовність виконання роботи

1) Використовуючи пояснення до роботи, стрічковий пересувний конвеєр і модель стрічкового конвеєра, вивчити загальний пристрій вузлів конвеєра і

їх взаємозв'язок, конструкції приводу і натягача, роликоопор верхньої і нижньої, ставу конвеєра.

При цьому необхідно звернути увагу: на компоновку вузлів приводу; конструкцію вантажного натягача з барабаном на візку; особливості роликоопор верхньої і нижньої гілок конвеєра; пристрій конвеєрного ставу.

2) Вивчити конструкцію стрічок різного типу.

3) Накреслити схему досліджуваного стрічкового конвеєра з позначенням його основних вузлів.

4) Заміряти діаметри приводного і натяжного барабанів, а також ширину B, товщину $\delta_Л$ і довжину $L_Л$ стрічки конвеєра з урахуванням довжини перегинів на кінцевих барабанах.

5) Визначити швидкість руху стрічки v (за допомогою секундоміра або по числу оборотів приводного барабана).

6) Замірити відстань між роликоопорами на верхній і нижній гілках конвеєра, а також кут нахилу бічних роликів.

7) Визначити продуктивність конвеєра по масі і об'єму при переміщенні заданого виду насипного вантажу (з таблиці 1.1), вважаючи ролики верхньої гілки похилими під наступними кутами: 0°, 10°, 20°, 30°, 40°.

8) Експериментально визначити продуктивність конвеєра при переміщенні дрібного щебеню і сухого річкового піску і порівняти її з розрахованою по формулі.

Для цього необхідно узяти порцію вантажу, зважити на вагах і, засипаючи його в завантажувальну воронку, провести транспортування, замірivши час транспортування.

9) Побудувати графік зміни продуктивності за об'ємом залежно від кута нахилу роликів.

10) Визначити необхідну потужність двигуна приводу при роботі конвеєра з найбільшою розрахунковою продуктивністю. Погонне навантаження на стрічку можна визначити шляхом знімання і зважування вантажу з одного погонного метра стрічки.

3.4 Методичні рекомендації

При виконанні роботи слід дотримувати правила техніки безпеки.

Кожний студент при виконанні роботи використовує дані для одного з насипних вантажів (табл.3.1).

3.5 Зміст звіту

Звіт про роботу повинен містити:

- схему стрічкового конвеєра;
- результати вимірів параметрів конвеєра;
- результати вимірів і розрахунку швидкості руху стрічки;

– результати розрахунку продуктивності стрічкового конвеєра і продуктивності, визначеної експериментально;
– графік залежності об'ємної продуктивності від кута нахилу роликів;
– розрахунок необхідної потужності двигуна;
– короткий аналіз отриманих результатів.

3.6 Контрольні питання

1 Які чинники визначають продуктивність стрічкового конвеєра?

2 Як впливає на розрахункову продуктивність конвеєра кут нахилу роликів вантажної гілки конвеєра?

3 Як впливає на розрахункову продуктивність конвеєра кут природного укосу насипного вантажу?

4 Які чинники визначають розрахункову потужність приводу стрічкового конвеєра?

5 Які функції виконує конвеєрна стрічка стрічкового конвеєра?

6 Як визначити погонну масу вантажу на стрічці, знаючи продуктивність конвеєра і швидкість стрічки?

7 Як визначити швидкість стрічки конвеєра, якщо відомий діаметр привідного барабану та частота його обертання?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 **Александров, М. П.** и др. Грузоподъемные машины / М. П. Александров. – М. : Высшая школа, 2000. – 410 с.

2 **Иванченко, Ф. К.** Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин / Ф. К. Иванченко. – К.: Вища школа, 1988. – 424 с.

3 Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. – К. : Основа, П68, 2007. – 312 с. – ISBN 978–966–699–274–4.

4 **Спиваковский, А. О.** Транспортирующие машины/ А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – М. : Машиностроение, 1983. – 487 с.

5 **Шахмейстер, Л. Г.** Теория и расчет ленточных конвейеров/ Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев. – М. : Машиностроение, 1987. – 336 с..

6 **Кузьмин, А. В.** Справочник по расчётам механизмов подъемно-транспортних машин / А. В. Кузьмин, Ф. Л. Марон. – 2-е изд.; перераб. и доп. – Минск : Высшая школа, 1983. – 350с.

7 **Зенков, Р. Л.** Машины непрерывного транспорта / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. – М. : Машиностроение, 1987. – 432 с.

8 Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин : підручник / В. С. Бондарєв [та ін.]. – К. : Вища школа, 2009. – 734 с. : іл. – ISBN 978–966–642–324–8.

9 **Иванченко, Ф. К.** Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф. К. Иванченко. – К. : Вища школа, 1978. – 576 с.