

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»**

**Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра харчових технологій виробництва й стандартизації
харчової продукції**

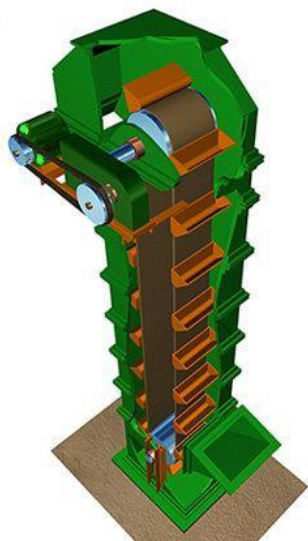
ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

до лабораторно-практичних занять з дисципліни

ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ

**змістовий модуль: «Транспортувальні машини та
навантажувачі»**

*для здобувачів першого бакалаврського рівня
спеціальності 208 Агроінженерія*



м. Кам'янець – Подільський
ЗВО «ПДУ»
2025

УДК 371.67: 378.2(075.8)

ББК 74р я73

Д 87

Укладачі:

ПІДЛІСНИЙ Віталій Володимирович доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції, кандидат технічних наук, доцент

СЕМЕНОВ Олександр Михайлович доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації харчової продукції, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до друку науково-методичною радою закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (протокол № 10 від « 30 » жовтня 2025 року).

Рецензенти:

ДУГАНЕЦЬ Віктор Іванович завідувач кафедри тракторів, автомобілів та енергетичних засобів інженерно-технічного факультету Закладу вищої освіти «Подільський державний університет», доктор педагогічних наук, професор

ЗЕЛЕНСЬКИЙ Олексій Віталійович доцент кафедри математики, фізико-математичного факультету Кам'янець-Подільського Національного університету імені Івана Огієнка, кандидат фізико-математичних наук, доцент

Підлісний В. В., Інструктивно-методичні матеріали до лабораторно-практичних занять з дисципліни «Підйомно-транспортні машини» змістовий модуль: «Транспортувальні машини та навантажувачі» / для здобувачів першого бакалаврського рівня спеціальності 208 Агроінженерія / В. В. Підлісний, О. М. Семенов, Кам'янець-Подільський:, 2025. 88с.

Інструкційно-методичні матеріали призначені для закріплення теоретичних занять та проведення лабораторно-практичних занять здобувачам першого бакалаврського рівня спеціальності 208 Агроінженерія з дисципліни “Підйомно-транспортні машини”.

Розглянуто відомості про тему, мету та послідовність проведення лабораторно-практичного заняття. Подано рекомендації щодо змісту роботи та приведені основні теоретичні положення по темі заняття. Наведено орієнтовну структуру та послідовність виконання роботи. Наведено та детально розписано зміст складання та оформлення звіту по роботі, а також приведені контрольні питання.

© Віталій Володимирович ПІДЛІСНИЙ, 2025

© ЗВО «ПДУ», 2025

З М І С Т

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ	4
ПЕРЕДМОВА	5
<i>Лабораторно-практичне заняття №1.</i>	
Тема: Визначення властивостей насипних вантажів	7
<i>Лабораторно-практичне заняття №2.</i>	
Тема: Вивчення конструкції та дослідження продуктивності стрічкового конвеєра	14
<i>Лабораторно-практичне заняття №3.</i>	
Тема: Розрахунок основних конструктивно-технологічних параметрів роботи стрічкового конвеєра	20
<i>Лабораторно-практичне заняття №4.</i>	
Тема: Вивчення конструкції та визначення коефіцієнта заповнення між скребкового простору похилого скребкового конвеєра	40
<i>Лабораторно-практичне заняття №5.</i>	
Тема: Дослідження процесу транспортування і тяговий розрахунок вертикального ковшового елеватора	49
<i>Лабораторно-практичне заняття №6.</i>	
Тема: Вивчення конструкції та визначення основних параметрів гвинтових конвеєрів	64
<i>Лабораторно-практичне заняття №7.</i>	
Тема: Вивчення основних параметрів роботи та розрахунок пневмотранспортних установок	74
<i>Лабораторно-практичне заняття №8.</i>	
Тема: Вивчення конструкції та особливостей роботи малогабаритних навантажувачів циклічної дії	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення	Розшифровка скорочень
ЛПЗ	Лабораторно-практичне заняття
ДСТУ	Державний стандарт України
ЗВО	Заклад вищої освіти
ОПП	Освітньо-професійна програма
ПТМ	Підйомно-транспортні машини
ТМ	Транспортуючі машини
ККД	Коефіцієнт корисної дії
ТКМ	Технологія конструкційних матеріалів
АПК	Агропромисловий комплекс
ρ	Насипна щільність вантажу
φ	Кут природнього укосу
P	Потужність
n	Частота обертання
u	Передаточне число
W	Питомий опір
B_c	Ширина стрічки
i	Кількість прокладок в стрічці
v	Швидкість
F	Сила
V	Об'єм
H	Висота
q	Лінійна сила тяжіння
L	Довжина конвеєра
β	Кут нахилу конвеєра
g	Прискорення вільного падіння
Q або Π	Продуктивність
η	Коефіцієнт корисної дії
f	Коефіцієнт тертя
ω	Коефіцієнт опору руху

ПЕРЕДМОВА

Використання у все більшому масштабі підйомно-транспортної техніки в системі агропромислового комплексу вимагає вивчення студентами інженерних спеціальностей конструкції, основ проектування, розрахунку і безпечних методів експлуатації цієї групи машин, які базуються на досвіді створення і розрахунку вантажопідйомних і транспортуючих машин загального призначення [1, 5, 7].

Метою вивчення навчальної дисципліни «Підйомно-транспортні машини» є - формування теоретичних та практичних навичок для опанування професійних компетентностей бакалавра, пов'язаних з вивчення конструкцій, розрахунку, проектування, правил безпечної експлуатації вантажопідйомних та транспортуючих машин, а також, методів їх розрахунку і раціонального вибору.

Передумовою для вивчення дисципліни є набуті раніше знання та навички із таких дисциплін як: вища математика, матеріалознавство і ТКМ, теоретична механіка, деталі машин, механіка матеріалів і конструкцій, теорія машин і механізмів, взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання.

Результати навчання вибіркових дисциплін доповнюють програмні результати навчання визначені освітньою програмою «Агроінженерія» та мають додатковий зміст та дозволяють студентам поглиблено вивчати певні напрямки, що визначають майбутню професійну діяльність.

У результаті вивчення вибіркової компоненти «Підйомно-транспортні машини» студент набуває додаткових професійних компетентностей, що дозволяє здобувачам розширити свій кругозір, розвинути критичне мислення та адаптуватися до змін у суспільстві та економіці. Набути навичок розв'язку інженерно-технічних задач, пов'язаних з будовою, та функціонуванням засобів механізації, технологічних процесів виробництва, завантаження, розвантаження та транспортування с.-г. продукції [2,13]. Проектувати технологічні процеси та обґрунтовувати комплекси машин для механізованого виробництва сільськогосподарської продукції; відтворювати деталі та

вузили машин у графічному вигляді відповідно до вимог системи конструкторської документації.

Організовувати раціональне використання наявних в господарствах підйомно-транспортних засобів, розробляти заходи з економічного та безпечного використання наявних вантажопідйомних і транспортуючих машин, вдосконалювати існуючі підйомно-транспортні машини і механізми.

Майбутній бакалавр з агроінженерії повинен знати різні конструкції і будову транспортувальних машин, володіти основами їх розрахунку та проектування, а також знати і чітко дотримуватися правила техніки безпеки як під час проектування так і експлуатації даних машин. Тільки за наявності цих знань можна ефективно експлуатувати машини, а також конструювати нескладні вантажопідйомні, транспортувальні машини, навантажувачі та пристрої цільового призначення і бути кваліфікованим, компетентним та конкурентоспроможним фахівцем в галузі АПК [3, 5, 6, 13].

Лабораторно-практичні заняття є одним з основних видів організації пізнавальної діяльності студентів при вивченні дисципліни „Підйомно-транспортні машини”. Вони призначені для поглибленого вивчення науково-теоретичних основ розрахунку, стійкого опанування методами обґрунтування конструкційних параметрів підйомно-транспортних механізмів на підставі аналізу технологічних процесів, режимів та обсягів транспортних робіт; подальшого розвитку навичок роботи зі спеціальною і додатковою літературою, нормативними документами, набуття практичного досвіду, умінь і навичок технічного експериментування з використанням сучасного лабораторного обладнання, вимірювальних приладів і лабораторних стендів. При виконанні лабораторно-практичних робіт потрібно суворо виконувати вимоги інструкцій з техніки безпеки [13].

Інструктивно-методичні матеріали до лабораторно-практичних занять по дисципліні «Підйомно-транспортні машини» служать для закріплення на практиці знань по теорії, конструкціям і використанню підйомно-транспортних машин, отриманих студентами з навчальних посібників, підручників і лекційного курсу.

Розрахунки слід виконувати в одиницях виміру системи СІ.

Лабораторно-практичне заняття № 1.

Тема: Визначення властивостей насипних вантажів

Мета роботи: - визначити основні механічні властивості насипних вантажів.

- визначити для нього: об'ємну масу, щільність часток, кут природного укосу; коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя піску об поверхню з органічного скла.

Обладнання, прилади, матеріали: ємкість для визначення об'ємної маси насипного вантажу, мірна ємкість (судина) зі шкалою для визначення щільності часток вантажу, установки для визначення кута природного укосу, коефіцієнта зовнішнього і внутрішнього тертя, ваги, пісок річковий дрібний, совок для завантаження піску.

Зміст звіту:

1. Розрахунки об'ємної маси піску і щільності його часток; кута природного укосу піску в стані спокою;
2. Схему лабораторної установки для визначення кута внутрішнього тертя;
3. Табл. 1.1 з даними дослідів і результатами розрахунку коефіцієнта внутрішнього тертя;
4. Діаграму напруженого стану (τ , σ) і одержання по цій діаграмі значення τ_0 для піску;
5. Дані дослідів і результати розрахунку коефіцієнта зовнішнього тертя (1.2);
6. Стислий аналіз отриманих результатів.
7. Висновки по роботі.

Основні теоретичні положення

Насипний вантаж - механічна суміш твердих тіл різної форми і крупності. Його можна розглядати як суцільне середовище, тому до нього застосовне поняття напруги, аналогічне цьому поняттю в механіці суцільних середовищ. У товщі насипного вантажу можуть виникати напруги стиску і дотичні напруження зрізу [14, 15].

Для насипних вантажів характерні наступні зовнішні ознаки і механічні властивості: кусковатість (гранулометричний склад); вологість, абразивність, вибухонебезпечність, самозаймистість, отруйність, липкість, замерзання, об'ємна маса, щільність часток, кут природного укосу; коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього тертя.

Основні з перерахованих ознак і властивостей розглянуті в даній лабораторній роботі.

Послідовність виконання роботи

Об'ємну масу насипного вантажу визначають за допомогою мірної ємкості, у яку насипають вантаж до початку його просипання через краї ємкості. Зайвий вантаж скидають, залишаючи мірну ємкість наповненою до країв і зважують їх. Об'ємну масу визначають за формулою, t/m^3 :

$$\rho_0 = \frac{\sigma - \sigma_0}{V}, \quad (1.1)$$

де σ , σ_0 – відповідно маса ємкості з насипним вантажем і порожньої ємкості, кг;

V – об'єм ємкості, л.

Струшування ємкості при її наповненні піском не допускається.

Дослід повторюють тричі і за середнім значенням результатів зважування знаходять ρ_0 .

Для визначення щільності часток застосовують скляну мірну судину, у яку насипають порцію піску масою G_ϕ і наливають визначений об'єм V_p води, що змочує пісок (рис. 1.1, а). Після збовтування по рисках на судині визначають об'єм отриманої суспензії V_c .

Щільність часток визначають за формулою, t/m^3 :

$$\rho = \frac{G_\phi}{V_c - V_p}, \quad (1.2)$$

Кут природного укосу матеріалу α_n в стані спокою визначають за допомогою порожнього циліндра, встановленого на горизонтальну площину і наповненого вільно насипаним вантажем, у даному випадку – піском [14].

Циліндр повільно, без різких поштовхів, піднімають вертикально вгору. Вантаж, спорожнивши судину, утворить на площині конус (див. рис. 1.1.б). Заміривши діаметр D_k – основи конуса і його висоту h_k знаходять кут природного укосу в стані спокою:

$$\alpha_n = \arctg \frac{2h_k}{D_k}. \quad (1.3)$$

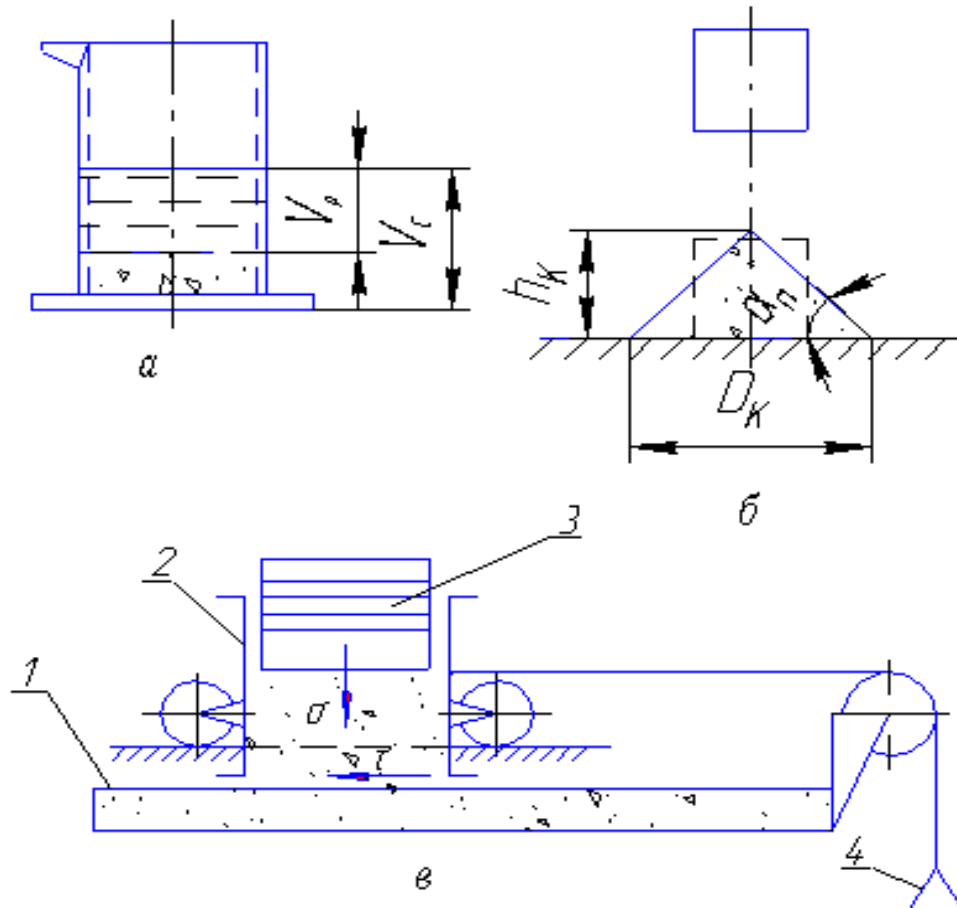


Рисунок 1.1 - Схема для визначення: а – щільності часток; б – природного укосу; в – кута внутрішнього тертя

Кут природного укосу в стані руху $\alpha = 0,6\alpha_n$. Коефіцієнт внутрішнього тертя чисельно дорівнює тангенсу кута внутрішнього тертя (1.6).

Кут внутрішнього тертя визначають за допомогою установки, що показано на рис. 1.1.в. Установка має короб 1, по напрямних якого на роликах переміщується рамка 2, до якої прикріплений сталевий канат. На протилежному кінці каната, перекинутого через блок, підвішена вантажна чашка 4 для гир, необхідних для приведення рамки у рух. При проведенні дослідів короб 1 наповнюють сухим піском до рівня нижньої кромки рамки. Визначену кількість піску засипають також у рамку 2 і на вирівняну поверхню піску встановлюється та чи інша кількість змінних

вантажів 3. Після цього на чашку 4 поступово кладуть гирі доти, поки рамка 2 не почне рухатися. Попередньо до завантаження піску в короб і рамку аналогічним чином визначають опір руху рамки без вантажу.

Дотичне напруження в площині зрізу, Па:

$$\tau = \frac{\sum Q - W_p}{F}, \quad (1.4)$$

де $\sum Q$ – сила ваги вантажної чашки і гир, що знаходяться на ній, Н;

W_p – власний опір руху рамки, що визначають за допомогою дрібних важків, Н;

F – площа поперечного перерізу площини зрізу рамки, м².

Нормальна напруга стиску, Па:

$$\sigma = \frac{P_\epsilon + G_m}{F}, \quad (1.6)$$

де P_ϵ – сила ваги змінних вантажів у рамці, Н;

G_m – сила ваги досліджуваного матеріалу, що знаходиться в рамці до площини зрізу, Н.

При п'ятих різних значеннях змінного вантажу в рамці за формулами (1.4) і (1.5) визначають значення τ і σ . Після зміни кожного вантажу дослід повторюють тричі і результати зводять у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - До розрахунку коефіцієнта внутрішнього тертя

Група дослідів	№ дослідів	$F, \text{ м}^2$	$W_p, \text{ Н}$	$G_m, \text{ Н}$	$P_\epsilon, \text{ Н}$	$\sum Q, \text{ Н}$	$\tau, \text{ Па}$	$\sigma, \text{ Па}$	$\tau_{cp}, \text{ Па}$	$\sigma_{cp}, \text{ Па}$	$\tau_0, \text{ Г}$	$f_{вн}$
1	1											
	2											
	3											
2	4											
	5											
	6											
3	7											
	8											
	9											
4	10											
	11											
	12											

Діаграму напруженого стану насипного вантажу (рис. 1.2) будують за середніми значеннями τ_{cp} і σ_{cp} для кожної з груп дослідів.

Коефіцієнт внутрішнього тертя розраховують за формулою:

$$f_{вн} = \operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau_{cp} - \tau_0}{\sigma_{cp}}, \quad (1.6)$$

де τ_0 – початковий опір зсуву, що визначається за діаграмою напруженого стану насипного вантажу.

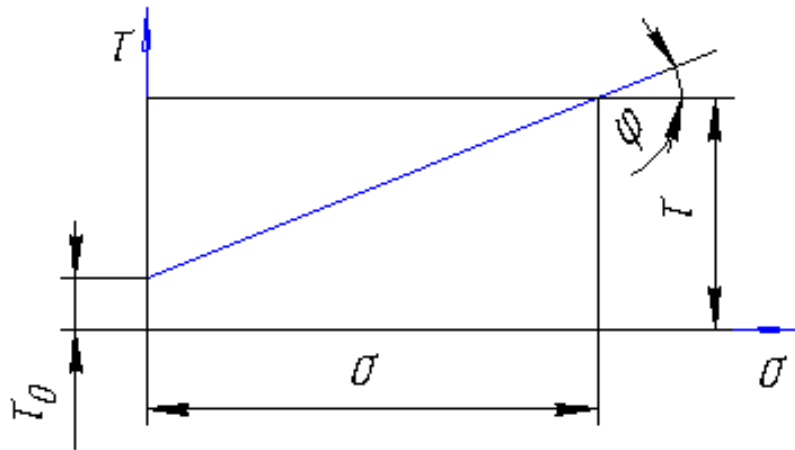


Рисунок 1.2 - Діаграма напруженого стану насипного вантажу

Коефіцієнт зовнішнього тертя чисельно дорівнює тангенсу кута тертя β :

$$f = \operatorname{tg} \beta. \quad (1.7)$$

Схема дослідної установки для визначення кута тертя показана на рис. 1.3.

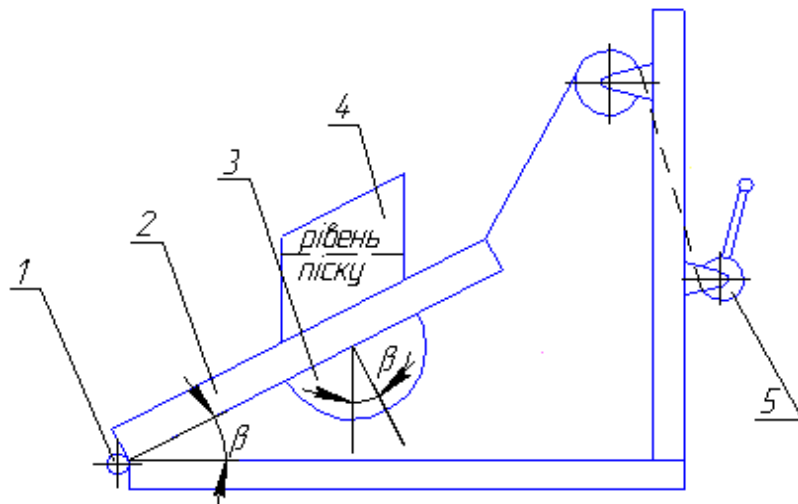


Рисунок 1.3 - Схема установки для визначення коефіцієнта зовнішнього тертя

На похилу площину 2, покриту випробуваним матеріалом, у даному випадку органічним склом, і прикріплену за допомогою шарніра 1 до нерухомої основи, встановлюється короб 4 без дна, заповнений

насипним вантажем – піском, на який кладуть плоскі гирі, що замінюють тиск шарів піску, який повинен лежати зверху. Щоб кромки коробка не терлися об опорну поверхню і не спотворювали результатів дослідів, короб піднімають так, щоб невелика кількість піску виступала з-під його країв. Воротком 5 похилу площину повільно піднімають до того моменту, коли короб з матеріалом почне рухатися [14]. Фіксуючи при цьому за допомогою транспортира 3 кут нахилу площини, визначають по тангенсу цього кута коефіцієнт зовнішнього тертя в стані спокою. Дослід повторюють тричі.

Написати висновки по виконаній роботі.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____

Правила техніки безпеки

1. До виконання лабораторних робіт допускаються викладачем лише ті студенти, які засвоїли основні теоретичні положення лабораторної роботи та підготували заготовку (короткий конспект) для її виконання.

2. Перед виконанням лабораторної роботи отримати у лаборанта необхідні прилади, матеріали, методичні вказівки і т. д. Перевірити наявність приладів і матеріалів згідно з інструкцією до лабораторної установки.

3. Категорично забороняється без дозволу викладача або лаборанта:

- замінювати або переносити прилади від однієї лабораторної установки до іншої;
- приступати до виконання лабораторної роботи, якщо зібрану схему не перевірів лаборант або викладач;
- залишати без нагляду вимірювальні прилади та лабораторні установки;
- користуватися в лабораторії відкритим вогнем.

4. Після закінчення виконання лабораторної роботи повідомити викладача про закінчення експерименту та подати результати на підпис. Здати лаборанту отримані у нього прилади, матеріали, методичні вказівки і т. д.

Контрольні питання

1. Назвіть основні властивості й ознаки насипних вантажів.
2. Чим відрізняється поняття об'ємної маси насипного вантажу від щільності його часток?
3. Одиниці об'ємної маси і щільності насипного вантажу.
4. Як визначається кут природного укосу насипного вантажу?
5. Чим відрізняється коефіцієнт внутрішнього тертя від коефіцієнта зовнішнього тертя матеріалу?
6. Від чого залежить коефіцієнт внутрішнього тертя насипного вантажу?
7. Який зв'язок між кутом і коефіцієнтом внутрішнього тертя насипного вантажу?
8. Який зв'язок між кутом і коефіцієнтом зовнішнього тертя насипного вантажу об поверхню твердого тіла?

Лабораторно-практичне заняття № 2

Тема: Вивчення конструкції та дослідження продуктивності стрічкового конвеєра

Мета роботи: - вивчити конструкцію стрічкового конвеєра;
- виявити фактори, що впливають на його продуктивність.

Обладнання та інструменти: макет двох роликової опори верхньої вітки конвеєра з кутом нахилу роликів, що змінюється, електросекундомір, лінійка сталева, рулетка.

Зміст звіту:

1. Схему стрічкового конвеєра;
2. Результати вимірів параметрів конвеєра;
3. Результати вимірів і розрахунку швидкості руху стрічки;
4. Результати розрахунку продуктивності стрічкового конвеєра;
5. Графік зміни об'ємної продуктивності від кута нахилу роликів;
6. Розрахунок необхідної потужності двигуна;
7. Стислий аналіз отриманих результатів.

Основні теоретичні положення

Стрічкові конвеєри набули широкого застосування у всіх галузях промисловості завдяки своїм високим експлуатаційним якостям: переміщення матеріалу на суцільній несучій поверхні, висока продуктивність, безшумність у роботі; простота конструкції і відносно невелика маса.

Продуктивність стрічкових конвеєрів залежить від ширини і швидкості руху стрічки.

Якщо конвеєр переміщає вантаж зі швидкістю v м/с, а на кожному метрі конвеєра знаходиться маса вантажу q кг/м, то за 1 с конвеєр переміщає вантаж qv кг/с. Продуктивність по масі прийнято виражати в тонно-годинах; якщо помножимо qv на 3600 с/год, одержимо продуктивність у кілограм-годинах, а розділивши на 1000 кг/т, одержимо, т/год [14]:

$$Q = 3,6qv. \quad (2.1)$$

При русі вантажу безупинним потоком постійного перерізу маса вантажу на l м стрічки, кг/м:

$$q = 1000F\rho_0\psi, \quad (2.2)$$

де F – площа поперечного перерізу вантажу на конвеєрі, м² (рис. 2.1);

ρ_0 – об'ємна маса насипного вантажу, т/м³;

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

Продуктивність по масі, т/год:

$$Q = 3600Fu\rho_0\psi. \quad (2.3)$$

Продуктивність по об'єму, м³/год:

$$V = 3600Fu\psi. \quad (2.4)$$

Площа поперечного перерізу вантажу F залежить від ширини стрічки B , м; форми жолобчатості стрічки, створюваної роlikоопорами, тобто від числа роликів на одній опорі і кута нахилу роликів до горизонту; кута природного укосу насипного вантажу α в стані руху (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика насипних вантажів

№ завданн	Найменування насипного вантажу	Об'ємна маса ρ_0 , т/м ³	Кут природного укосу в стані спокою α_n , град	Кут природного укосу в стані руху $\alpha = 0,6\alpha_n$, град
1	Агломерат свинцевий	3,5	50	30
2	Залізний концентрат	2,8	45	27
3	Боксит	1,8	35	21
4	Вугілля кам'яне	0,85	40	24
5	Ячмінь	0,65	27	16

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

$$b = (0,9B - 0,05), \quad (2.5)$$

Розрахункові перерізи насипного вантажу на плоскій стрічці і стрічці, у якої жолобчатість забезпечується двома роликами, нахиленими до горизонту під кутом γ , показані на рис. 2.1 [14].

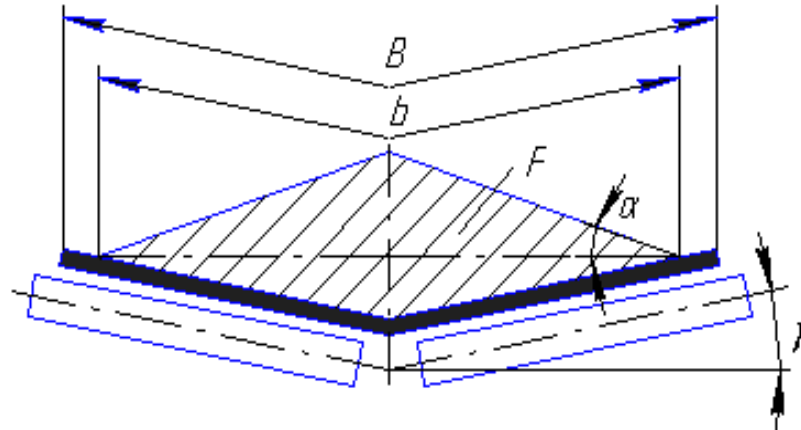


Рисунок 2.1 - Переріз насипного вантажу на стрічці:
а – плоскій; б – жолобчастій

Потужність приводу стрічкового конвеєра, кВт:

$$P = \frac{k_3 \sum W u}{1000 \eta_p}, \quad (2.6)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу (у даному випадку $k_3 = 1,2$);

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

$$\sum W = k \left(q + 2q_c + q_p' + q_p'' \right) L_k g w, \quad (2.7)$$

де u – швидкість стрічки, м/с;

η_p – ККД планетарного редуктора (у даному випадку $\eta_p = 0,95$);

k – коефіцієнт, що враховує опір на кінцевих барабанах (для конвеєрів довжиною до 6м $k = 6$);

q – погонна маса вантажу, кг/м:

$$q = \frac{Q}{3,6u}, \quad (2.8)$$

де q_c – погонна маса стрічки, кг/м:

$$q_c = 1100 B \delta_c, \quad (2.9)$$

де δ_c – товщина стрічки, м;

q_p' і q_p'' – погонна маса обертових частин роликів відповідно на верхній і нижній вітках конвеєра, кг/м:

$$q_p' = \frac{G_{рол}'}{t_{рол}'}; \quad (2.10)$$

$$q_p'' = \frac{G_{рол}''}{t_{рол}''}. \quad (2.11)$$

де $G_{рол}'$ і $G_{рол}''$ – маса обертових частин роликів відповідно на верхній і нижній вітках (у даному випадку $G_{рол}' = 4$ кг; $G_{рол}'' = 3,5$ кг), кг;

$t_{рол}'$ і $t_{рол}''$ – відстань між роликоопорами відповідно на верхній і нижній вітках конвеєра, м;

L_k – довжина конвеєра, м;

g – прискорення сили тяжіння, ($g = 9,81$ м/с²);

w – коефіцієнт опору пересуванню стрічки (у даному випадку $w = 0,025$).

Стрічковий конвеєр. На несучій рамі 6 конвеєра (рис. 2.2) змонтовані роликові опори верхньої 5 і нижньої 4 віток. Натяжний барабан 1 із гвинтовими натяжними пристроями 2 встановлений у головній (по ходу стрічки) частині конвеєра, а приводний барабан 7 – у хвостовій. Конвеєрна гумовотканинна стрічка 3 замкнута відносно кінцевих барабанів і утворює жолоб на вантажній вітці конвеєра [14].

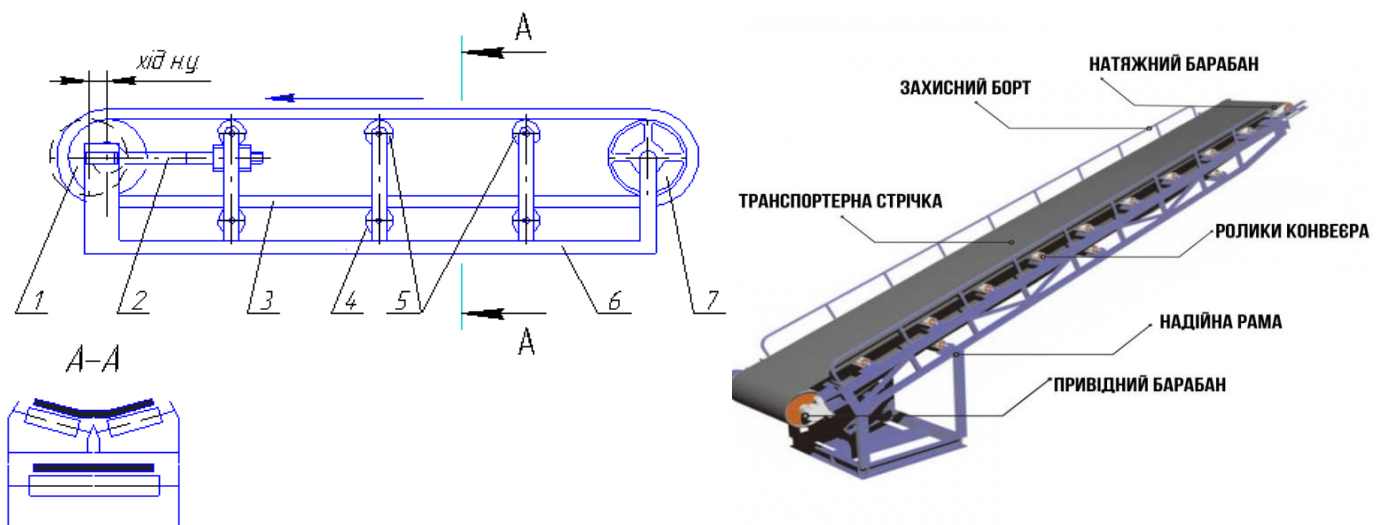


Рисунок 2.2 - Схема стрічкового конвеєра

Мотор-барабан конвеєра (рис. 2.3) складається з корпусу барабана, електродвигуна, вал якого з'єднаний з центральним зубчастим колесом планетарного редуктора 5. Обертання передається на великі сателіти 4. Сателіти 2, обкатуючись по нерухомому зубчатому вінці 1, обертають водило 3 і з'єднаний з ним корпус приводного барабана 7.

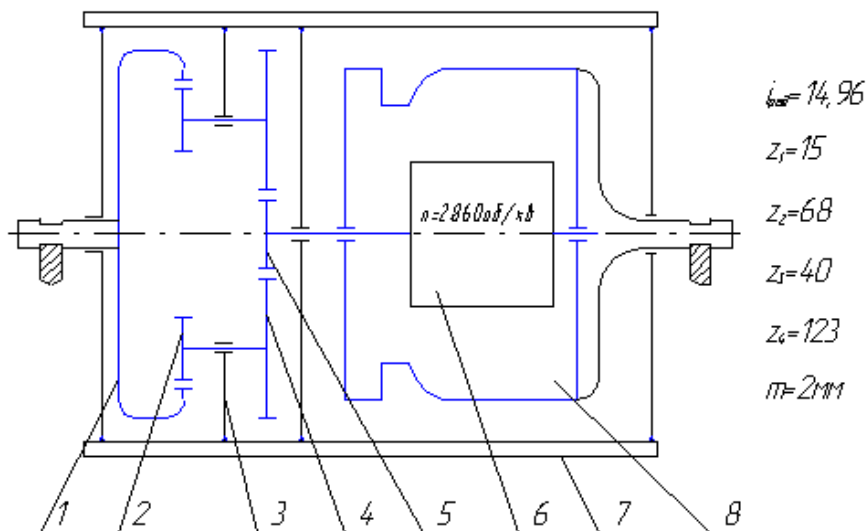


Рисунок 2.3 - Схема мотор-барабана

Послідовність виконання роботи

1. Накреслити схему досліджуваного стрічкового конвеєра.
2. Заміряти діаметр приводного барабана.
3. Визначити число обертів приводного барабана.
4. Заміряти довжину стрічки конвеєра з урахуванням довжини перегинів на кінцевих барабанах, ширину стрічки B і її товщину δ_n .
5. Заміряти відстань між роликові опорами на верхній і нижній вітках конвеєра.
6. Визначити швидкість стрічки аналітично й експериментально за допомогою рулетки і секундоміра.
7. Визначити продуктивність конвеєра по масі й об'єму при переміщенні заданого виду насипного вантажу, вважаючи ролики верхньої вітки нахиленими під такими кутами, град: 0, 10, 20, 30, 40.
8. Побудувати графік зміни продуктивності по об'єму в залежності від кута нахилу роликів.
9. Визначити необхідну потужність двигуна привода при роботі конвеєра з найбільшою розрахунковою продуктивністю.

10. Написати висновки по виконаній роботі.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____

Правила техніки безпеки

Оскільки в даній роботі об'єктом дослідження є діючий швидкісний стрічковий конвеєр, при виконанні роботи необхідно виконувати правила техніки безпеки.

Після детального ознайомлення з даною інструкцією проводять необхідні виміри і виконують розрахунки, передбачені змістом роботи.

Кожен студент при виконанні роботи використовує дані для одного з насипних вантажів (див. табл. 2.1).

Якщо в процесі виконання роботи виявляються деякі поломки вимірювальних приладів, негайно доповідати керівникові занять. Самостійно усувати неполадки приладів категорично заборонено.

Після закінчення виконання лабораторної роботи повідомити викладача про закінчення експерименту та подати результати на підпис. Вимкнути з мережі прилади. Здати лаборанту отримані у нього прилади, матеріали, методичні вказівки і т. д.

Контрольні питання

1. Які фактори визначають продуктивність стрічкового конвеєра?
2. Як впливає на розрахункову продуктивність конвеєра кут нахилу роликів вантажної вітки конвеєра?
3. Як впливає на розрахункову продуктивність конвеєра кут природного укосу насипного вантажу?
4. Які фактори визначають розрахункову потужність привода стрічкового конвеєра?
5. Як визначити погонну масу вантажу на стрічці, знаючи продуктивність конвеєра і швидкість стрічки?
6. Які функції виконує конвеєрна стрічка стрічкового конвеєра?
7. Як визначити швидкість стрічки конвеєра, якщо відомий діаметр приводного барабана і частота його обертання?

Лабораторно-практичне заняття № 3

Тема: Розрахунок основних конструктивно-технологічних параметрів роботи стрічкового конвеєра

Мета роботи: ознайомитися з будовою конвеєрних стрічок та встановити вплив технічних параметрів конвеєра на його роботу, та освоїти методику розрахунку основних технічних параметрів стрічкового конвеєра, а також поглибити і закріпити теоретичні знання, отримати практичні навички проведення розрахунку.

Обладнання та інструменти: макет стрічкового конвеєра, електросекундомір, лінійка сталева, рулетка, штангенциркуль.

Зміст звіту:

1. Тема, мета, опрацювання основних теоретичних положень;
2. Вихідні дані та розрахункова схема конвеєра;
3. Результати розрахунків параметрів стрічкового конвеєра;
4. Схеми барабана, роликів опор та натяжного пристрою;
5. Стислий аналіз отриманих результатів.
6. Написати висновок по виконаній роботі.

Основні теоретичні положення

Стрічкові конвеєри застосовують для переміщення в горизонтальному або похилому напрямі сипких і кускових, а також масових штучних вантажів. Кут нахилу конвеєра ρ (або ділянки конвеєра) до горизонту залежить в основному від коефіцієнта тертя між вантажем і стрічкою під час руху (отже, від матеріалу стрічки і характеру її поверхні), форми стрічки (плоска або жолобчаста), кута природного укосу вантажу (для насипних вантажів), способу завантаження і швидкості переміщення. Конвеєри, у яких кут β менший від кута тертя ρ між вантажем і стрічкою, належать до пологих (пологонахилених). При $\beta > \rho$ конвеєр називається крутонахиленим.

Стрічкові конвеєри розрізняють за призначенням:

- загального призначення: для горизонтального і похилого переміщення вантажу (з гладкою та рифленою стрічкою).

- спеціального призначення: для зернової, харчової та іншої промисловості.

За способом вивантаження стрічкові конвеєри різняться:

- скиданням вантажу з головного барабану.
- плужковими або механічними скидачами.

Схема стрічкового конвеєра і його основних елементів наведена на рис. 1. В комплект конвеєра окрім його основних вузлів входять: апаратура управління, контролю і сигналізації; пристрій для очистки стрічки та інші пристрої.

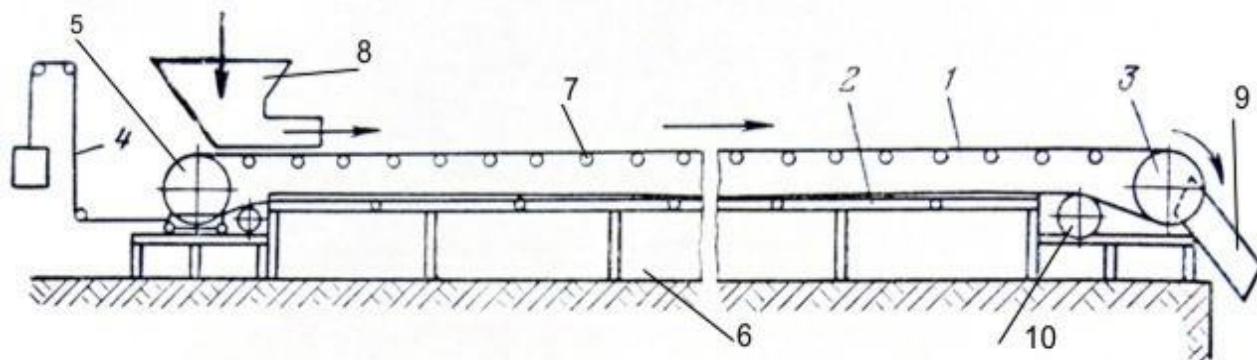


Рисунок 3.1 - Схема стрічкового конвеєра

1 – стрічка конвеєра, 2 – роликовий став, 3 – приводний барабан, 4 – натяжний пристрій, 5 – натяжний барабан, 6 – конвеєрний став, 7 – ролики з опорами робочої гілки, 8 – завантажувальний пристрій, 9 – розвантажувальний пристрій, 10 – відхиляючий барабан

Транспортуюча стрічка – основний тяговий та вантажонесучий елемент. Це найбільш дорогий і найменш довговічний елемент конвеєра. Виготовляють стрічки з бавовняних тканин (бельтингів) прогумованих і не прогумованих, синтетичних матеріалів та сталі.

Прогумовані стрічки застосовують для транспортування таких сипких матеріалів: зерно, борошно, коренебульбоплоди, пісок, мінеральні добрива та інші матеріали (рис. 3.2,а).

Гумово-тросові стрічки виготовляють без тканинних прокладок або з ними (рис. 3.2,б). Ці стрічки застосовують для транспортування великошматкових та інших специфічних вантажів [14].

Для підвищення лінійної щільності вантажу застосовують стрічки з бортами (рис. 3.2,д), а для збільшення кута транспортування, стрічки виготовляють з виступами, ребрами і фасонними накладками (рис. 3.2,в,г,є,з), що запобігають сповзанню вантажу. Для транспортування

пиловидних і ядовитих вантажів застосовують трубчасту стрічку з механічною застібкою (рис. 3.2,ж)

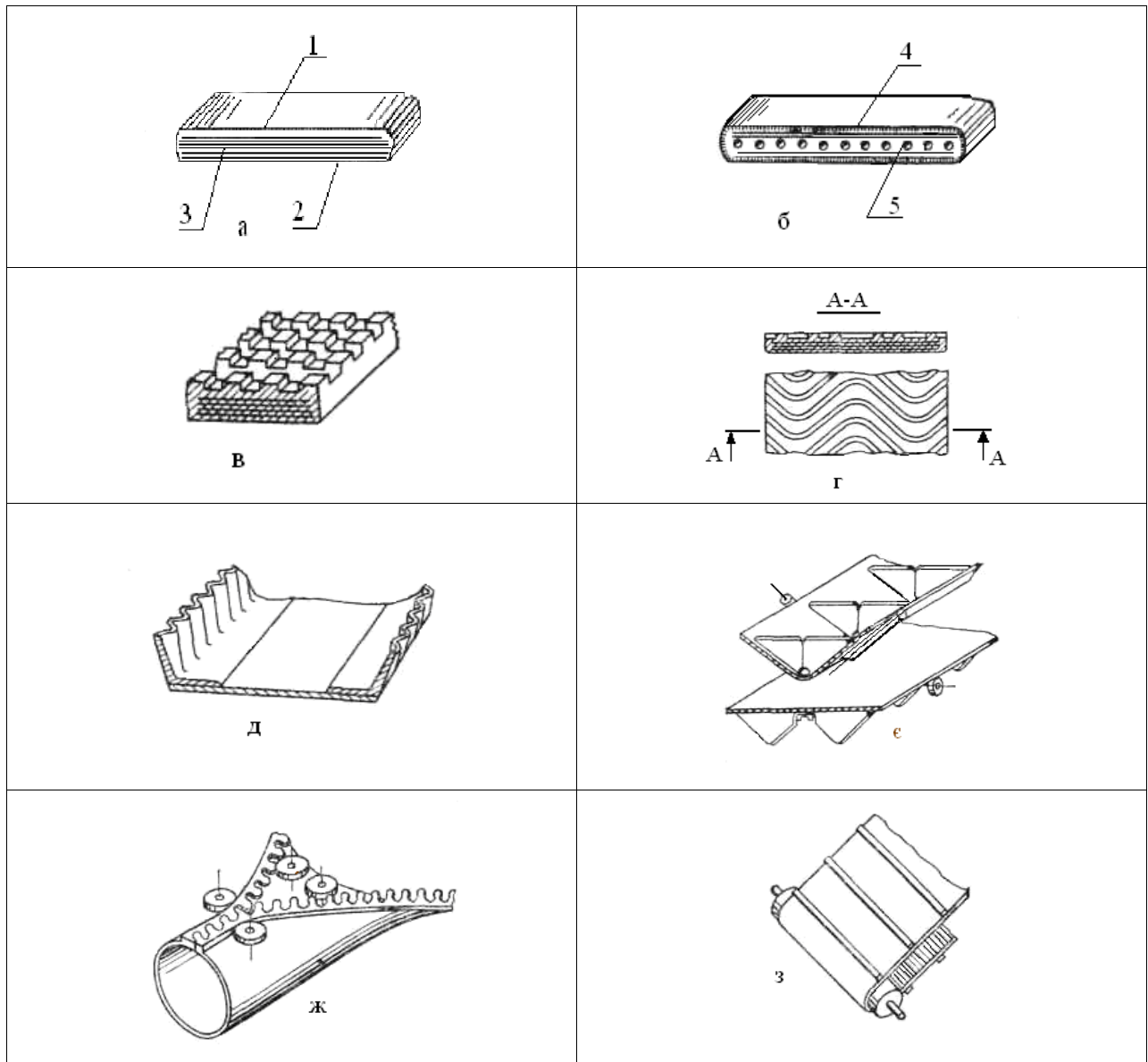


Рисунок 3.2 - Схеми різновидів конструкцій транспортуючих стрічок

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| 1 - робоча сторона; | 3, 5 - прокладки та тросики; |
| 2 - опорна сторона; | 4 - захисна тканина. |

Ролики, на які спирається верхня вітка умовно називається робочими, а ролики, на які спирається нижня ненавантажена (холоста вітка), називають холостими. В окремих випадках застосовують бокові (дефлекторні) направляючі ролики, які утримують стрічку від бокового зсування з барабанів. Верхні (робочі) ролики бувають прямі для плоскої форми стрічки та жолобоподібні для жолобоподібної форми стрічки. Причому, останні можуть спиратися на два, три, або п'ять роликів.

Нижні холості роликові опори поділяють на прямі одно роликові, складні циліндричні, дискові та жолобоподібні (двох роликові).

Відстань між роликовими опорами на верхній робочій вітці стрічки вибирають в залежності від характеристики транспортованих вантажів. На нижній вітці відстань між роликовими опорами приймають 2...2,5 рази більшою ніж у верхньої, але не більше 3,5 метрів.

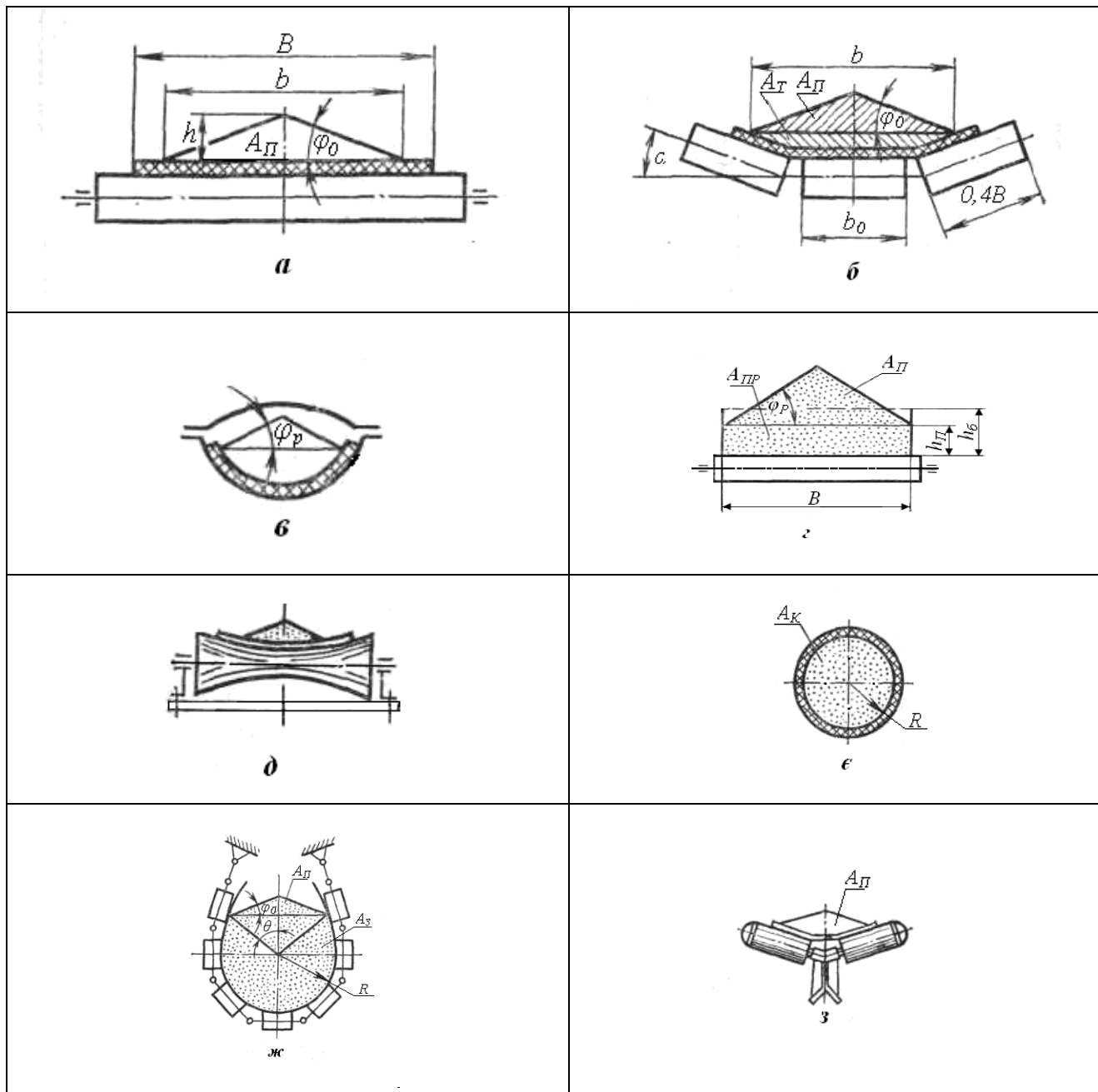


Рисунок 3.3 – Види та розміщення роликових опор

Продуктивність конвеєра може бути об'ємна ($m^3/год$), масова ($t/год$, $кг/с$) або штучна ($шт/с$, $шт/год$).

В практиці найбільш часто використовують масову продуктивність. Якщо робоча частина стрічки спирається на плоский настил (рис. 3.4) або на рівні роликові опори (стрічка плоска), то продуктивність конвеєра визначають за залежністю (3.1) [14].

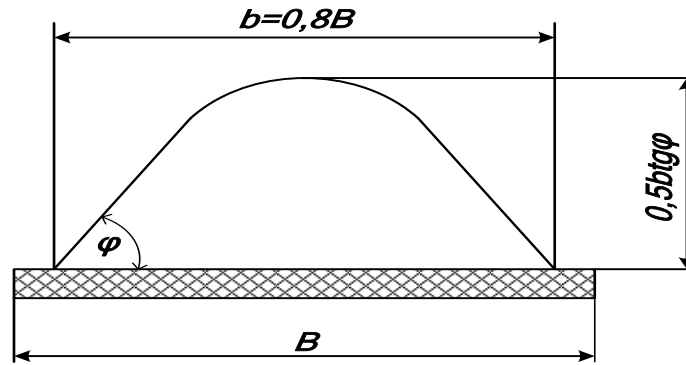


Рисунок 3.4 – Схема розміщення вантажу на стрічці, що спирається на плоский настил

$$Q = 0,16C_0 \cdot B^2 \cdot v_c \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.1)$$

де Q - продуктивність стрічкового конвеєра, кг/с ;

C_0 - коефіцієнт, що враховує притуплення вершини шару вантажу та нахил конвеєра до горизонту;

B - ширина стрічки, м ;

v_c - швидкість стрічки, м/с ;

φ - кут природного ухилу вантажу, що розміщується на рухомій стрічці;

γ - об'ємна маса (щільність) вантажу, який необхідно транспортувати, кН/м^3 .

Послідовність виконання роботи

1. Викреслюється розрахункова схема стрічкового конвеєра.
2. Виписуються вихідні дані згідно варіанту.
3. Приймається тип стрічки гумо тканинної (тканина прогумована), що складається з декількох шарів (прокладок), бавовняної тканини або синтетичної, з'єднаних між собою шарами гуми та покриту з усіх сторін гумою згідно табл. Д4.

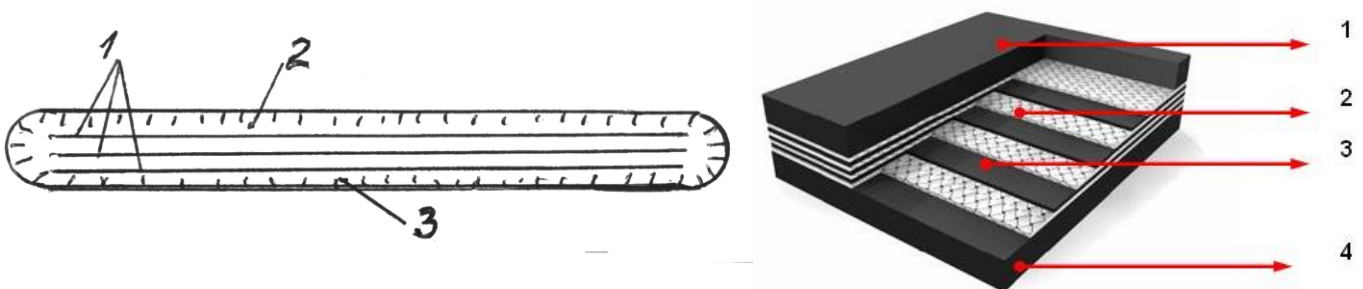


Рисунок 3.5 - Схема перерізу гумо тканинної стрічки

1 – прокладки; 2 – верхня обкладка; 3 – нижня обкладка.

4. При транспортуванні сипких вантажів використовуємо жолобчасту форму стрічки за допомогою трьох роликів опор, крайні нахилені під кутом $\alpha_p = 20^\circ$.

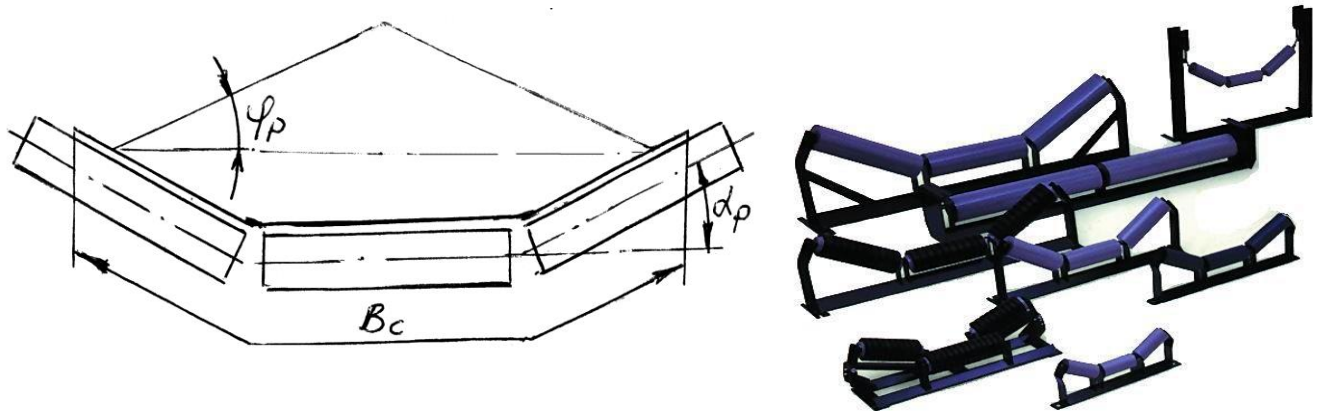


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема трьох роликової опори

5. З табл. Д1 вибираємо кут φ природного укосу вантажу в стані спокою.

6. Визначаємо кут природного укосу φ_p вантажу в стані руху:

$$\varphi_p \approx 0,35\varphi$$

7. Визначаємо необхідну ширину стрічки, м

$$B_c = 1,1 \left(\sqrt{\frac{\Pi}{K_n \cdot v \cdot j \cdot K_\beta}} + 0,05 \right), \quad (3.2)$$

де Π – задана продуктивність, m^3/h ;

v – швидкість руху стрічки, m/s ;

j – щільність вантажу, t/m^3 ;

K_n – коефіцієнт площі поперечного перерізу вантажу на стрічці, який залежить від кутів φ та φ_p - вибирається по табл. Д2;

K_β – коефіцієнт, що залежить від кута β нахилу конвеєра до горизонту, приймається згідно табл. Д3.

Згідно ДСТУ 7306:2013, або Д6 приймаємо ширину стрічки, щоб табличне значення було більше або рівне визначеному по формулі:

$$B_{c \text{ табл}} \geq B_c$$

8. Визначається лінійна сила тяжіння вантажу, N/m

$$q_g = \frac{\Pi g}{3,6v}, \quad (3.3)$$

де Π – задана продуктивність, m^3/h ;

$g=9,81$ – прискорення вільного падіння, m/s^2 ;

v – швидкість руху стрічки, м/с.

9. Визначається наближене значення лінійної сили тяжіння стрічки q_c , Н/м згідно табл. 4.13.[4], або Д8.

10. Визначається наближене значення лінійних сил тяжіння, Н/м обертових частин роликів опор верхньої (робочої) q_{pv} та нижньої (холостої) q_{ph} віток конвеєра згідно табл. Д8.

11. Визначаємо відстань між верхніми роликівими опорами l_{pv} в залежності від ширини стрічки та щільності матеріалу по табл. Д9.

12. Визначаємо силу натягу стрічки в характерних точках конвеєра. Сила натягу визначається методом обходу по контуру. Траса розбивається на однорідні ділянки по точкам перегину. Точки спряження ділянок нумеруються. Точка номер 1 ставиться в точці збігання стрічки з приводного барабана. Наступні номери точок розставляються по напрямку руху стрічки до точки набігання стрічки на приводний барабан.

Для прикладу візьмемо схему конвеєра з позначеними точками.

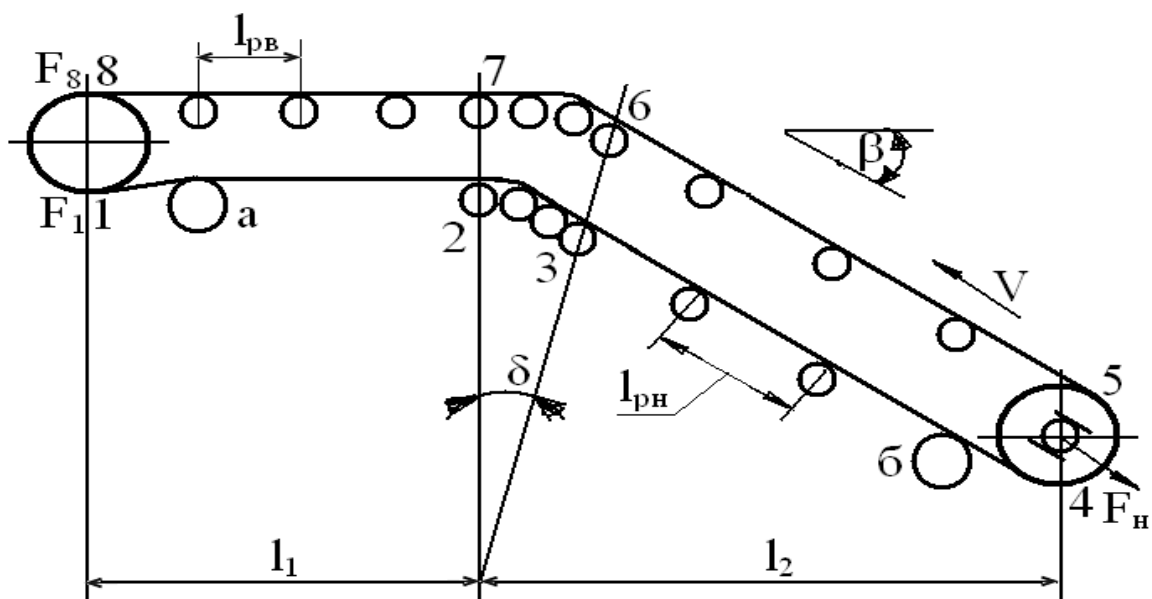


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема конвеєра

Опором у відхиляючих барабанах (а, б) завдяки малому куту обхвату їх стрічкою можна знехтувати.

Сила натягу стрічки в точках:

Точка 1:

$$F_1 = F_{3б},$$

де $F_{3б}$ – сила натягу в збігаючій вітці з приводного барабана.

Точка 2:

$$F_2 = F_1 + (q_c + q_{ph}) l_1 \omega,$$

де ω - коефіцієнт опору руху, приймається згідно С.131, [4]:

$$\omega=0,025...0,035.$$

Точка 3:

$$F_3 = F e^{\omega \delta},$$

де e - основа натурального логарифма; $e=2,72$,

δ - кут обхвату, радіан ($\delta \approx \beta$).

Точка 4:

$$F_4 = F_3 + (q_c + q_{pn}) l_2 \omega - q_c l_2 \operatorname{tg} \beta,$$

Точка 5:

$$F_5 = K_{nn} F_4,$$

де $K_{nn} = 1,05...1,07$ – коефіцієнт втрат на приводному барабані при куті обхвату 180° . У випадку, коли кут обхвату 90° , коефіцієнт $K_{nn} = 1,03...1,05$.

Точка 6:

$$F_6 = F_5 + (q_c + q_s + q_{ps}) l_2 \omega + (q_c + q_s) l_2 \operatorname{tg} \beta,$$

Точка 7:

$$F_7 = F_6 e^{\omega \delta},$$

Точка 8:

$$F_8 = F_7 + (q_c + q_s + q_{ps}) l_1 \omega = F_{наб},$$

Достатність зчіплення стрічки з барабаном по формулі Ейлера

$$F_{наб} = F_3 e^{\alpha \mu} \text{ або } F_8 = F_1 e^{\alpha \mu},$$

де μ - коефіцієнт тертя стрічки з гумовою обкладкою та приводним барабаном, табл. 4.6, [4];

α - кут обхвату стрічкою приводного барабана, радіан;

$\alpha = \alpha^\circ \pi / 180^\circ$, радіан, α° - кут обхвату в градусах (на схемі),

$e=2,72$ – основа натурального логарифма.

Згрупувавши в виразі для F_8 усі члени, які мають F_1 , можна отримати:

$$F_1 e^{\alpha \mu} = k' F_1 + A,$$

де k' та A – величини, що визначались як коефіцієнт та сили опору.

З виразу (2) отримаємо натяг збігаючої вітки стрічки біля приводного барабана [2, 12]:

$$F_1 = A / e^{\alpha \mu} - k',$$

Після цього, підставивши значення F_1 , можна отримати сили натягу стрічки в усіх інших точках.

Отримані сили в характерних точках використовують для визначення числа прокладок стрічки, для визначення колової сили на приводному барабані, для визначення сили натягу натяжного барабана.

13. Визначення числа прокладок стрічки при

$$F_{max} = F_{наб} = F_8 ,$$

$$Z_{np} \geq k F_{max} / F_{pl} B_c ,$$

де $k=9...11$ – коефіцієнт запасу міцності стрічки при розтягу;

F_{pl} – міцність тканини 1мм ширини однієї прокладки, Н/мм, табл. Д5;

B_c – ширина стрічки, мм.

Отримане значення кількості прокладок округляємо по табл. Д6.

14. Визначення основних розмірів барабанів:

– діаметр приводного барабана

$$D_{бпр} \geq k_{б} Z_{np} ,$$

де $k_{б}$ – коефіцієнт, що вибирається в залежності від назви тканини прокладок з табл. Д10.

– діаметр натяжного барабана

$$D_{бн} \approx (0,8...1,0) D_{бпр} .$$

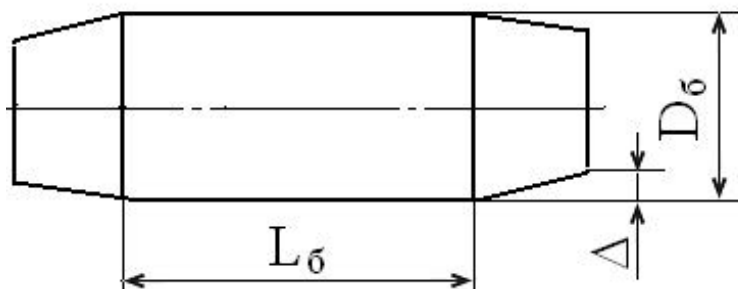


Рисунок 3.8 – Розрахункова схема барабана

– діаметр відхиляючого барабана

$$D_{бвідх} \approx (0,65...0,8) D_{бпр} ,$$

– стрілка опуклості поверхні

$$\Delta = 1,5...3 \text{ мм} ,$$

– довжина барабана

$$L_{б} = B_c + (100...200) \text{ мм} .$$

15. Визначення основних розмірів роликів опор.

Верхня роликів опора має жолобчасту форму з трьох роликів, а нижня - пряма.

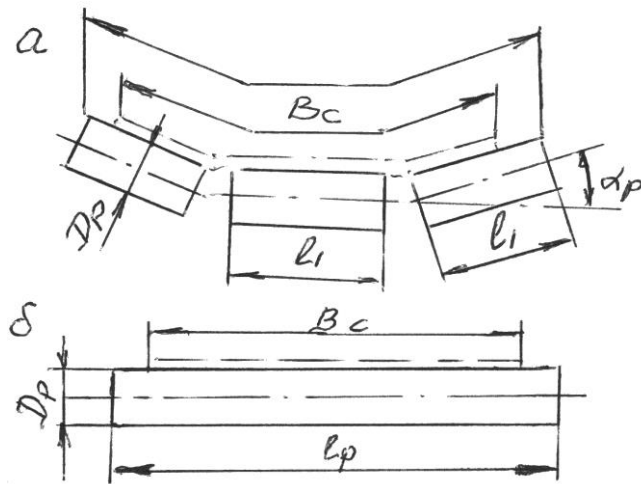


Рисунок 3.9 – Розрахункова схема роликів опор
а - верхня; б – нижня.

Роликові опори складаються з роликів, встановлених на стояках (кронштейнах). Корпус ролика виготовляється з сталевий (газовий) труби. По торцям труба розточується, вставляються штамповані або литі маточини і кінці труби завальцьовують. Ролик встановлюють на осях через шарикопідшипники. Для захисту підшипників від пилу та бруду використовують сальники (ущільнювачі), для ущільнення, виготовлених із штампованих пластмасових або резинових кілець [12, 14].

Основні розміри роликів та розміщення вибрати з табл. Д9, Д11, Д12.

16. Визначення сили для забезпечення натягу стрічки:

$$F_n = F_4 + F_5.$$

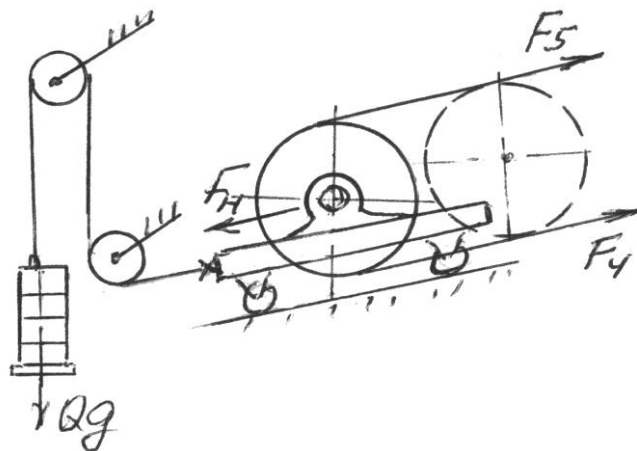


Рисунок 3.10 - Схема вантажного натяжного пристрою
Необхідна маса вантажу:

$$m = F / \eta_{\text{бл}}^3 g ,$$

де $\eta_{\text{бл}} = 0,98$ – ККД нерухомих блоків;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

Гвинтовий пристрій по силі F_n розраховується в деталях машин.

17. Визначення колової (тягової) сили на приводному барабані:

$$F_t = F_{наб} - F_{зб} = F_8 - F_1,$$

Значення сили F_t та V використовують для розрахунку привода в деталях машин.

18. Написати висновки по виконаній роботі.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____

Правила техніки безпеки

Оскільки в даній роботі об'єктом дослідження стрічковий конвеєр, при виконанні роботи необхідно виконувати правила техніки безпеки.

Після детального ознайомлення з даною інструкцією проводять необхідні виміри і виконують розрахунки, передбачені змістом роботи.

Кожен студент при виконанні роботи використовує дані для одного з насипних вантажів (див. табл. 2.1).

Якщо в процесі виконання роботи виявляються деякі поломки вимірювальних приладів, негайно доповідати керівникові занять. Самостійно усувати неполадки приладів категорично заборонено.

Після закінчення виконання лабораторної роботи повідомити викладача про закінчення експерименту та подати результати на підпис. Вимкнути з мережі прилади. Здати лаборанту отримані у нього прилади, матеріали, методичні вказівки і т. д.

Контрольні питання

1. Які види стрічкових конвеєрів Ви знаєте?
2. Яке пристосування використовується в якості тяглого органу, його параметри?
3. Яку форму стрічки використовують при транспортуванні сипких вантажів?
4. З чого складаються роликові опори?
5. Як визначається сила, що забезпечує натяг стрічки?
6. В яких випадках стрічкові конвеєри забезпечуються гальмами?

7. Які завантажувальні і розвантажувальні пристрої можливо застосовувати на стрічковому конвеєрі?
8. Які вантажі транспортуються із застосуванням стрічкового конвеєра?
9. Які завантажувальні і розвантажувальні пристрої можливо застосовувати на стрічковому конвеєрі?
10. Які вантажі транспортуються із застосуванням стрічкового конвеєра?



Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку

Вихідні величини	Позначення та одиниці виміру	Номер варіанту									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Продуктивність	$\Pi, \text{т/год}$	400	450	500	550	480	510	600	550	450	400
2. Кут нахилу	β°	6	10	14	16	20	8	12	18	10	16
3. Вантаж, що транспортується		3	2	4	1	2	3	5	1	4	5
4. Швидкість транспортування	$v, \text{м/с}$	3,0	2,2	1,6	2,7	1,8	3,5	1,5	2,0	1,2	0,8

Вантаж, що транспортується: 1 – борошно

2 – картопля

3 – пісок

4 – пшениця

5 – земля

$\gamma = 9,0 \text{ кН/м}^3$;

$\gamma = 6,0 \text{ кН/м}^3$;

$\gamma = 14,0 \text{ кН/м}^3$;

$\gamma = 6,5 \text{ кН/м}^3$;

$\gamma = 12,0 \text{ кН/м}^3$;

Додатки до лабораторно-практичного заняття №3

Таблиця Д1 - Характеристика транспортуючих матеріалів

Матеріал	Об'ємна щільність γ в т/м³	Кут природного укосу в стані спокою ϕ в град.
Антрацит дрібний сухий	0,8...0,95	45
Гіпс дрібно кусковий	1,2...1,4	40
Глина дрібнокускова суха	1,0...1,5	50
Гравій	1,5...1,9	30...45
Земля суха	1,2	30...45
Земля формовочна	1,25...1,3	30...45
Зола суха	0,4...0,6	40...50
Вапняк дрібнокусковий	1,2...1,5	40...45
Вапняк крупний	1,6...2,0	45
Камінь бутовий	1,6...2,0	45
Кокс	0,36...0,53	35...50
Тирса дерев'яні	0,16...0,32	40
Пісок сухий	1,4...1,9	30...45
Руда залізна	2,1...2,4	30...50
Торф кусковий сухий	0,65...0,78	30...45
Вугілля кам'яне рядове	0,65...0,78	30...45
Цемент:		
- портландський	0,9...1,3	43
- шлаковий	0,9...1,3	43
Шлак кам'яновугільний	0,6...0,9	30...50
Щебінка	1,4...2,0	30...45

Таблиця Д2 - Значення коефіцієнта K_n

Показники	Форма стрічки									
	Плоска		Жолобчата на двох роликів опорі		Жолобчата на трьохроликовій опорі					
Кут нахилу бічних роликів α_p в градусах	—		15		20		30		36	
Кут природного укусу сипкого вантажу на стрічці φ_p в градусах	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
Коефіцієнт K_n	240	325	450	535	470	550	550	625	585	655

Таблиця Д3

Кут нахилу β°	12	14	16	18	20
Коефіцієнт K_β	0,97	0,95	0,92	0,89	0,85

Таблиця Д4 - Типи гумотканинних стрічок загального призначення (ДСТУ 7306:2013)

Тип	Призначення
1	Транспортування високоабразивних крупнокускових вантажів (куски розміром до 500мм).
2P	Транспортування абразивних середньокускових вантажів (куски розміром до 350мм).
2	Транспортування абразивних, малоабразивних та неабразивних середньо- та дрібнокускових вантажів (куски розміром до 150мм).
3	Транспортування малоабразивних та неабразивних дрібнокускових (куски розміром до 80мм), сипких та штучних вантажів.
4	Транспортування дрібно кускових (куски розміром до 80мм), сипких та штучних вантажів.

Таблиця Д5 - Тканини, що використовуються для виготовлення конвеєрних гумотканинних стрічок (ДСТУ 7306:2013)

Міцність тканини по основі F_{p1}, Н/мм	Марка тканини з ниток	
	Комбіновані	Поліамідні
65	БКНЛ-65; БКНЛ-65-2	—
100	БКНЛ-100	ТК-100; ТА-100
150	БКНЛ-150	ТК-150; ТА-150
200	—	ТК-200
300	—	ТК-300; ТА-300
400		ТК-400; ТА-400

Примітка: БКНЛ – бельтинг (бавовна) з комбінованих ниток з лавсаном; Т – тканина; К – капронова; А – анідна.

**Таблиця Д6 - Кількість гумовотканинних прокладок в
конвеєрних стрічок (ДСТУ 7306:2013)**

Ширина стрічки, мм	Т и п с т р і ч к и														
	1			2Р				2			3	4			
	Номінальна міцність прокладок на 1мм ширини, Н/мм (F_{pl})														
	400	300	200	400	300	200	150	200	150	100	55	100	55	100	55
500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3...5	—	3...5	1...2	1...2
650	—	—	—	—	—	—	—	—	3...4	3...5	3...6	3...4	3...6	1...2	1...2
800	—	—	3...6	—	3...5	3...6	3...6	3...6	3...6	3...8	3...8	3...5	3...8	1...2	1...2
1000	—	3...6	4...6	3...5	3...6	3...6	3...8	3...6	3...8	3...8	3...8	3...6	3...8	1...2	1...2
1200	3...6	3...6	4...6	4...6	3...6	4...7	4...8	4...7	4...8	3...8	3...8	3...6	3...8	1...2	1...2
1400	4...7	4...6	—	5...8	5...8	—	5...8	—	5...8	4...8	4...8	—	4...8	—	—

Таблиця Д7 - Категорія абразивності деяких вантажів

Категорія абразивності вантажів	В И Д В А Н Т А Ж У
неабразивний	тирса, тріски, штучні пакетовані вантажі
малоабразивний	вугілля (кам'яне, буре); земля формовочна, пісок, гравій, цемент, глина та ін.
абразивний	гірські породи (руди), кокс, вапняк, щебінка та ін.
високоабразивний	міцні гірничі породи

Таблиця Д8 - Наближені значення лінійних сил тяжіння (Н/м) стрічки q_c та обертальних частин роликів опор верхньої (робочої) q_{pv} та нижньої (холостої) q_{ph} віток конвеєра

Ширина стрічки B_c, мм	q_c	q_{pv}	q_{ph}
500	46	82	27
650	60	96	40
800	80	192	70
1000	140	222	85
1200	170	266	122
1400	200	320	170

Таблиця Д9 - Відстань між роликотопорами на робочій верхній вітці l_{pv} (м) стрічкового конвеєра

Ширина стрічки B_c, мм	Щільність вантажу γ, т/м³				
	До 0,8	0,81...1,6	1,61...2,0	2,1...2,5	Більше 2,5
500	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2
650	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2
800	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
1000	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
1200	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
1400	1,3	1,2	1,2	1,2	1,0

Таблиця Д10 - Найменші значення коефіцієнта K_ϕ для визначення діаметра приводного барабана

Тканини тягових прокладок прогумованих конвеєрних стрічок	Коефіцієнт K_ϕ
БКНЛ-65; БКНЛ-65-2	125
БКНЛ-100; ТА-100; ТК-100	140
БКНЛ-150; ТА-150; ТК-150	150
ТК-200	160
ТА-300; ТК-300	200
ТА-400; ТК-400	250

Примітка: БКНЛ – бельтинг з комбінованих ниток бавовни з лавсаном; Т – тканина; К – капронова; А – анідна.

Таблиця Д11 - Основні розміри роликів опор стрічкових транспортерів

Ширина стрічки B_c , мм	Діаметр ролика D_p , мм	Довжина роликів, мм		Кут нахилу бічних роликів α_p , мм
		l_p	l_1	
400	63; 89; 108	500	160	10; 20; 30
500	63; 89; 108	600	200	10; 20; 30
650		750	250	
800	63; 89; 108; 133; 194; 219; 245	950	315	10; 20; 30
1000	89; 108; 159; 194; 219; 245	1150	380	10; 20; 30; 45
1200		1400	465	
1400	108; 159; 194; 219; 245	1600	530	
1600		1800	600	

Таблиця Д12 - Дані для вибору діаметра роликів робочої вітки гумовотканинної транспортерної стрічки

Діаметр ролика D_p , мм	Ширина стрічки B_c , мм	Насипна щільність матеріалу γ , т/м ³ не більше	Швидкість руху стрічки v , м/с не більше
63	300...800	1,0	1,25
89	400...650	1,60	2,0
	800		2,5
108	400...650	2,0	
	800...1200	1,6	
133	800...1200	2,0	
159	800...1200	3,15	4,0
	1400	2,0	3,15

Таблиця Д13 - Рекомендована кількість роликів в роликовій опорі

Ширина стрічки B_c , мм	Кількість роликів в роликовій опорі	
	Робочої верхньої вітки	Неробочої нижньої вітки
до 300	1	1
400...500	2 або 3	1
650 та більше	3	1 або 2

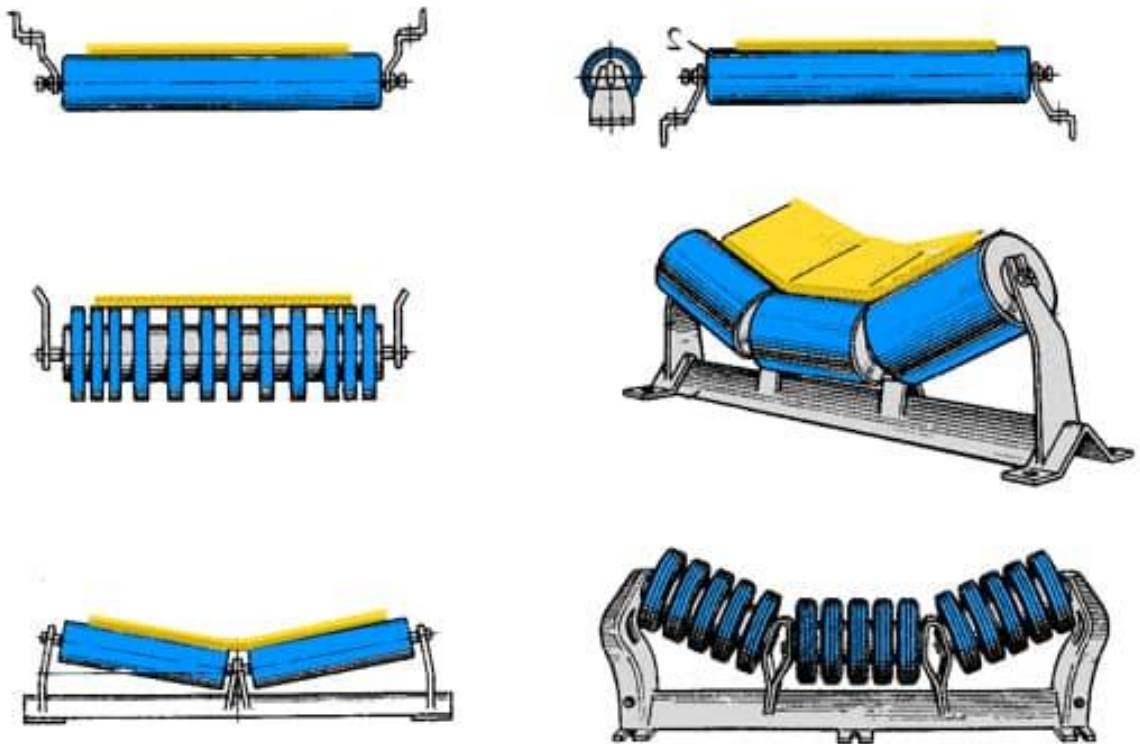


Рисунок схеми роликових опор

Лабораторно-практичне заняття № 4

Тема: Вивчення конструкції та визначення коефіцієнта заповнення між скребкового простору похилого скребкового конвеєра

Мета роботи: ознайомились з конструкцією похилого скребкового конвеєра, навчитися практичним шляхом проводити заміри основних конструктивних параметрів скребкового конвеєра та розраховувати конструктивно-технологічні параметри його роботи.

Обладнання та інструменти: при виконанні лабораторної роботи застосовується наступне устаткування: діюча модель скребкового конвеєра з завантажувальним пристроєм. Вимірювальні інструменти (секундомір, лінійка, сталева рулетка, ваги). Матеріал, що транспортують (дрібний щебінь, сухий пісок, зерно пшениці).

Зміст звіту:

Звіт повинен містити наступні розділи: тема, мета роботи, схему конвеєра, ескіз поперечного перерізу жолоба, результати вимірів параметрів конвеєра, результати розрахунку занесені в журнал роботи, певної експериментально, короткий аналіз проведеної роботи.

Основні теоретичні положення

Скребкові конвеєри застосовують для транспортування різних пиловидних, зернистих і кускових дуже сипких вантажів, а також гарячої золи і шлаку. Вони непридатні для транспортування крихких, вологих, липких, тужавних і спікливих вантажів. Особливо поширені скребкові конвеєри в вуглевидобувній промисловості, на збагачувальних фабриках, на підприємствах хімічної промисловості. Геометричні схеми конвеєрів різноманітні, що дає змогу транспортувати вантажі в горизонтальній і похилій площинах.

Скребкові конвеєри мають різні конструктивні типи залежно від форми і висоти скребка: з високими і низькими суцільними скребками; з контурними (фігурними) скребками; з круглими суцільними скребками.

Продуктивність скребкових конвеєрів досягає $50 - 350 \text{ кг/год}$, а конвеєрів з низькими скребками – 700 кг/год , довжина досягає $60 - 100 \text{ м}$. Швидкість ходової частини дорівнює $0,16 - 0,4 \text{ м/с}$, а завантажувальних конвеєрів – $0,5 - 1,0 \text{ м/с}$.

Основною характеристикою скребкового конвеєра є схема його траси із зазначенням розмірів довжини і висоти по ділянках, продуктивності, ширини скребка.

Скребкові конвеєри з високими суцільними скребками звичайно конструюють вертикально-замкненими з переміщенням вантажу по горизонталі, під кутом $0,525-0,7 \text{ рад}$ до горизонту, у похило-горизонтальному і горизонтально-похилому напрямках. В двох останніх схемах слід передбачати два або один тяговий ланцюг, які мають опорні котки для напрямлення ходової частини на зворотних ділянках траси.

Параметри нормалізованих скребкових конвеєрів з прямокутними скребками по типу, розроблені ВНДПТМашем, наведено в табл. 4.1.

При транспортуванні великокускових вантажів віддають перевагу ящиковим скребкам, бо в цьому випадку немає тертя між вантажем і стінками нерухомого жолоба і заклинення частин вантажу між ними і скребками. Це зменшує опір переміщенню ходової частини конвеєра.

Швидкості можна брати: $v = 0,1-1,0 \text{ м/с}$ при ширині скребків $B = 200 - 320 \text{ мм}$; $v = 0,5 - 0,63 \text{ м/с}$ при $B = 400 - 1200 \text{ мм}$.

Тяговим елементом є ланцюг пластинчастий втулково-роликовий за ДСТУ 13568:2006 при ширині скребків $B \leq 300 - 400 \text{ мм}$ або два ланцюги – при $B > 300 - 400 \text{ мм}$. У дволанцюгових конвеєрах тягові ланцюги слід розміщувати по боках скребків; ланцюги своїми котками повинні спиратися на бічні напрямні. У одноланцюговому конвеєрі ланцюг розміщують посередині ширини скребка, над ним або під ним.

Форма скребків може бути трапецеподібною, півкруглою або прямокутною. Виготовляти скребки потрібно з сталей товщиною $3 - 8 \text{ мм}$ і, в разі потреби, встановлювати ребра жорсткості.

Жолоб конвеєра звичайно зварний, з листової сталі товщиною $4 - 6 \text{ мм}$, з формою поперечного перерізу, яка відповідає формі скребків. Застосовують штамповані і дерев'яні жолоби при малоабразивних вантажах (зерно, тирса і т. п.). Жолоб повинен складатися з секцій довжиною $3 - 6 \text{ м}$; між скребком і стінками жолоба передбачається зазор $5 - 15 \text{ мм}$ в кожний бік.

Привод – редукторний; його встановлюють біля кінцевої зірочки. В передаточних механізмах середнього і важкого типів доцільно

встановлювати запобіжну муфту граничного моменту або зрізний шрифт.

Натяжний пристрій – гвинтовий або пружинно-гвинтовий; хід натяжки – не менше 1,6 кроку ланцюга.

Таблиця 4.1 – Основні параметри скребкових конвеєрів з високими суцільними скребками

Розмір скребка, мм		Крок скребка, мм, a_c	Тип скребка	Крок ланцюга, мм, t_n	Кількість тягових ланцюгів	Продуктивність у m^3/god при горизонтальному транспортуванні з швидкістю 0,5 м/с	Найбільші розміри кусків вантажу, мм	
Ширина, В	Висота, h_c						Рядового a'	Сортового a'
200	100	320	Консольний і симетричний	160	1	30	50	30
250	125	320		160	1	50	60	40
320	160	500		250	1	60	80	50
400	200	500		250	2	100	180	120
500	200	640	Ящиковий	320	2	125	220	150
650	250	640		320	2	200	300	200
800	250	640		320	2	250	300	220
1000	320	800		400	2	400	350	300
1200	400	800		400	2	630	400	350

Визначення ширини і висоти жолоба. Форма розміщення і кількість вантажу попереду скребка залежить від фізико-механічних властивостей вантажу, що транспортується. Ці величини для вантажів з різними характеристиками слід брати експериментальне. Розрахунок виконують наближено по узагальненому коефіцієнту заповнення жолоба: $\psi = 0,5 - 0,6$ - для легкосипучих вантажів;

$\psi = 0,7 - 0,8$ - для кускових.

Коефіцієнт співвідношення ширини $B_{жс}$ і висоти жолоба $h_{жс}$ беруть як:

$$K = B_{жс} / h_{жс} = 2,4 - 4,0.$$

Робочу висоту жолоба визначають за рівнянням:

$$h_{\text{жс}} = \sqrt{\frac{Q_B}{3600 \cdot K \cdot v \cdot \gamma_B \cdot C \cdot \psi}}, \quad (4.1)$$

де C – поправочний коефіцієнт, величину якого можна брати залежно від кута нахилу конвеєра β до горизонту: при $\beta < 0,175$ рад $C = 1$; при $\beta = 0,175 - 0,35$ рад $C = 1,0 - 0,85$; при $\beta = 0,35 - 0,525$ рад $C = 0,85 - 0,65$; менші значення C – для легко-сипких вантажів, а більші – для малосипких.

Конструктивну висоту скребка h_c беруть залежно від засобу його кріплення до ланцюга і розмірів, звичайно на 25 – 50 мм більшою, ніж висота жолоба. Крок скребоків a_c повинен бути парним кроку ланцюга t_l або при парних ланках – двом крокам ланцюга; звичайно $a_c \approx (3 - 6) \cdot h_c$. Підраховану ширину жолоба $B_{\text{жс}}$, а також крок скребоків a_c треба перевірити за гранулометричним складом вантажу, виходячи з найбільшого типового куска вантажу a' , а саме:

$$B_{\text{жс}} \geq m \cdot a'; \quad (4.2)$$

$$a_c \geq 1,5 \cdot a'. \quad (4.3)$$

Для дволанцюгових конвеєрів при сортованому вантажі $m = 3 \dots 4$ і рядовому вантажі $m = 2 \dots 2,5$; для одноланцюгових конвеєрів відповідно $m = 5 \dots 7$ і $3 \dots 3,5$, тому що ланцюг, який проходить посередині, погіршує умови завантаження і розвантаження конвеєра.

Визначення натягів у тягових ланцюгах і потужності двигуна. Опір скребкового конвеєра визначають по окремих ділянках. Коефіцієнт опору переміщенню вантажу від тертя по дну і стінках жолоба приблизно можна брати: для вугілля з великими кусками $\omega'_1 \approx 0,7 - 1,0$; для дрібного вугілля і пилу $\omega'_1 \approx 0,6 - 0,7$, для інших вантажів $\omega'_1 \approx 1,1 \cdot \mu$, де μ – коефіцієнт тертя вантажу по жолобу. Для ящикових скребоків можна брати $\omega'_1 \approx \mu$, тому, що тертя між вантажем і бічними стінками жолоба немає.

Коефіцієнт опору руху ланцюга з ходовими котками на підшипниках ковзання $\omega'_e \approx 0,1 - 0,13$, залежно від умов роботи; для ланцюгів без котків, що переміщуються при наявності тертя ковзання, $\omega'_e \approx 0,25 - 0,4$.

Погонне навантаження від сил тяжіння ланцюгів і скребоків треба визначати за каталогами заводів-виробників або наближено за відношенням:

$$q_0 \approx K_c \cdot B_c, \text{ Н/м} \quad (4.4)$$

де B_c – ширина скребка, м;

K_c – емпіричний коефіцієнт: для одноланцюгових конвеєрів $K_c = 900 - 200 H$; для дволанцюгових $K_c = 1500 - 2500 H$; більші значення стосуються конвеєрів з ланцюгами підвищеної міцності і ящикових дволанцюгових конвеєрів.

Початковий натяг ланцюга S_0 (рис. 4.1, б) обчислюємо з умов стійкості скребка за формулою:

$$S_0 \geq 19,1 \cdot W \cdot h / t_{\text{л}}, \quad (4.5)$$

де W – опір переміщенню вантажу, який розміщується між скребками, H ;

h – висота прикладання сили опору W до скребків, яка повинна дорівнювати висоті скребка h_c для кускових вантажів або $0,8 h_c$ для зернистих, м;

$t_{\text{л}}$ – крок ланки ланцюга, м.

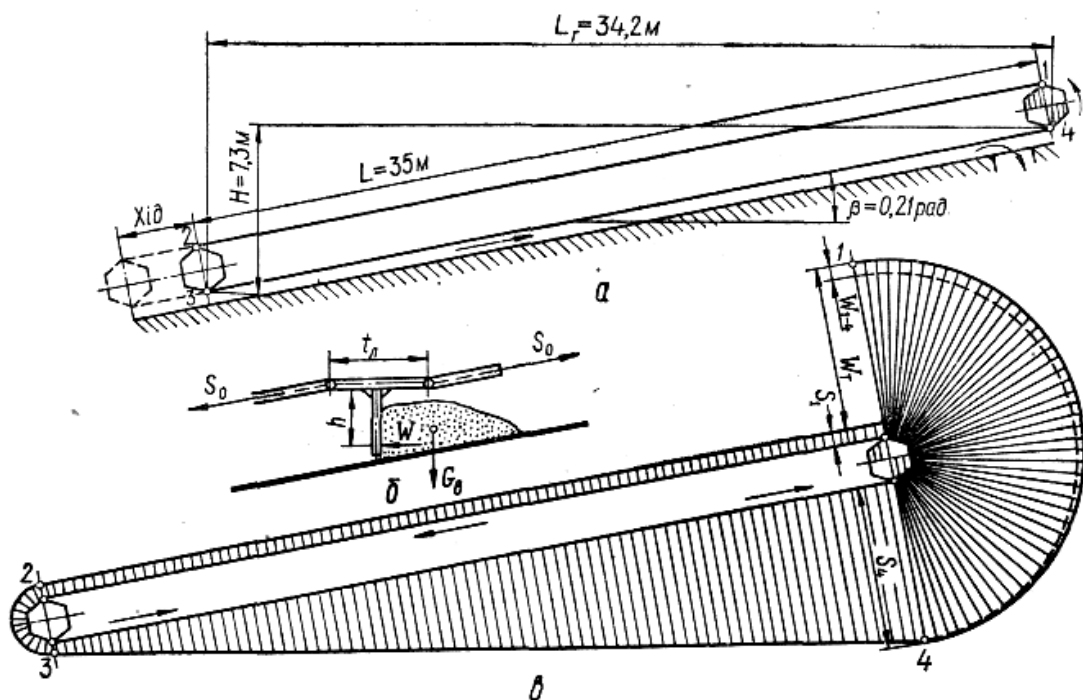


Рисунок 4.1 - Скребковий конвеєр:

*а – розрахункова схема; б – схема зусиль, які діють на високий скребок;
в – діаграма натягу ланцюга.*

Звичайно $S_0 = 3000 - 10000 H$. Необхідність підвищення початкового натягу є певним недоліком конвеєрів з високими скребками.

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись з конструкцією похилого скребкового конвеєра (похилий конвеєр транспортера макет, що є в аудиторії).
2. Провести виміри основних параметрів: довжини і та кута нахилу конвеєра β , ширина B_c , висоти h_c і кроку скребків t_c , кроку ланцюга t_l , кількості зубців ведучої зірочки z .
3. Задатися продуктивністю $Q_{ж}$ живильника похилого конвеєра (прийняти продуктивність горизонтального конвеєра).
4. Заміряти кількість обертів вала ведучої зірочки n , $хв^{-1}$.

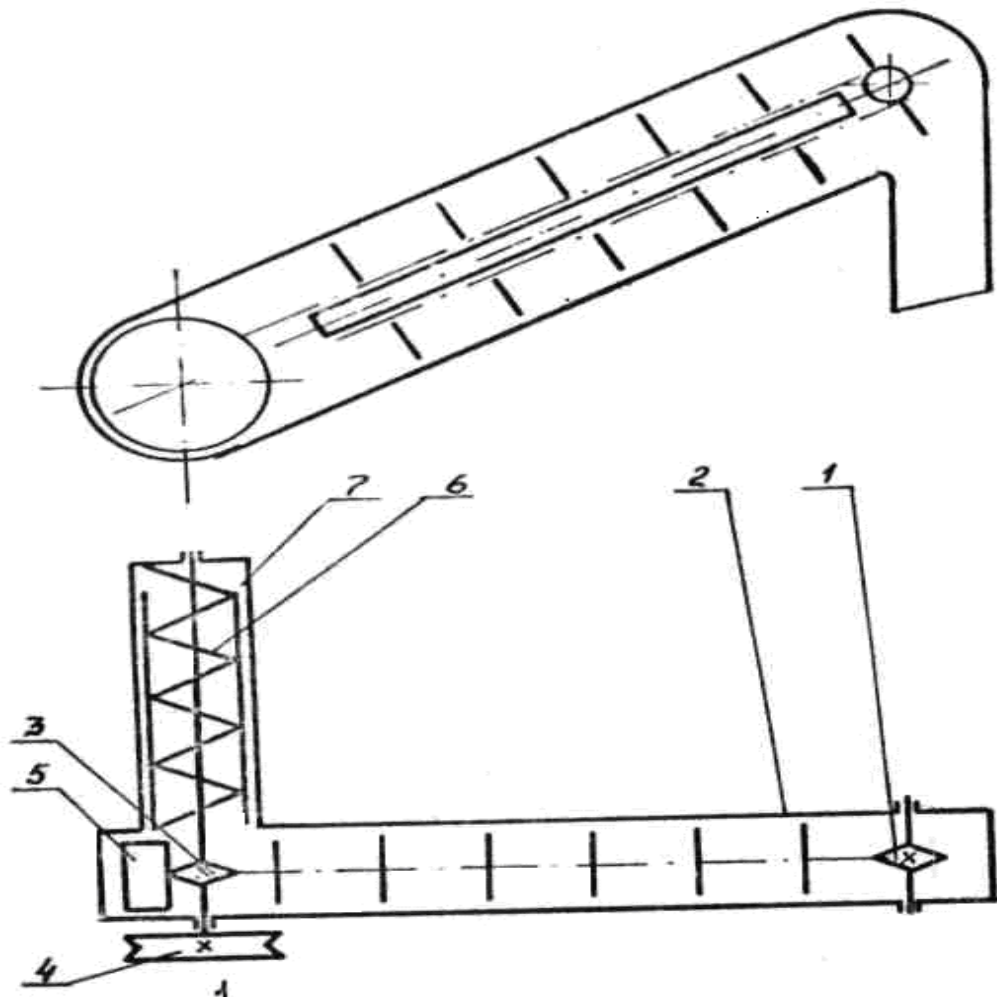


Рисунок 4.2 - Схема похилого скребкового конвеєра

1 – зірочка направляюча; 2 – конвеєр скребковий; 3 – зірочка ведуча; 4 – шків приводний; 5 – скребок; 6 – гвинт; 7 – живильник гвинтовий.

5. Визначити швидкість тягового ланцюга, $м/с$:

$$v_l = \frac{t_l \cdot z \cdot n}{60},$$

де t_l – крок тягового ланцюга, $м$;

z – кількість зубців ведучої зірочки.

6. Визначити об'єм матеріалу V_m (m^3), який знаходиться перед скребком похилого конвеєра, $Q_{жс} = Q_{П}$:

$$V_m = \frac{Q_{жс} \cdot t_c}{3,6 \cdot v_l \cdot \gamma},$$

де $Q_{П}$ – продуктивність похилого конвеєра, $m/год$;

$Q_{ж}$ – продуктивність живильника, $m/год$;

t_c – крок скребків, m ;

v_l – швидкість ланцюга, m/c ,

γ – густина матеріалу, $кг/м^3$ (за варіантом).

7. Визначити теоретичний коефіцієнт заповнення скребкового конвеєра:

$$\psi_T = \frac{V_m}{V_c},$$

де V_c - об'єм міжскребкового простору, m^3 .

$$V_c = B_c \cdot h_c \cdot t_c,$$

8. В дійсності продуктивність $Q_n > Q_{жс}$, тому необхідно визначити фактичну продуктивність $Q_{ф.П.}$ ($m/год$) та $\psi_{ф.П.}$ похилого конвеєра.

$$Q_{ф.П.} = 3,600 \cdot B_c \cdot h_c \cdot v_l \cdot \gamma \cdot \psi_T \cdot c,$$

де B_c – довжина скребка, похилого конвеєра, m ;

h_c – висота скребка, m ;

ψ_T - теоретичний коефіцієнт заповнення міжскребкового простору;

c - коефіцієнт, що враховує вплив кута підйому конвеєра, при $\beta=45^\circ C=0,35$;

9. Тоді:

$$V_{м.ф.} = Q_{ф.П.} \cdot t_c / 3,6 \cdot v_l \quad \text{і} \quad \psi_{м.ф.} = V_{м.ф.} / V_c$$

Таблиця 4.2 – Журнал роботи

Вихідні дані	Позначення	Розмірність	Величина
1	2	3	4
Продуктивність горизонтального конвеєра	Q_{Π}	$m/год$	
Вантаж, що транспортується			
Густина вантажу	γ	$кг/м^3$	
Результати вимірів і даних з довідника			
Скребковий конвеєр:			
Довжина конвеєра	L	$м$	
Кут нахилу	β	$град$	
Кількість обертів вала ведучої зірочки	n	$хв^{-1}$	
Тяговий ланцюг та скребок:			
Довжина скребка	b	$м$	
Висота скребка	h	$м$	
Крок скребка	t_c	$м$	
Крок ланцюга	t_l	$м$	
Кількість зубців ведучої зірочки	z		
Результати розрахунків:			
Швидкість ланцюга по жолобу живильника	v_l	$м/с$	
Продуктивність конвеєра фактична	$Q_{ф.п.}$	$м/год$	
Об'єм вантажу перед скребком	V_m	$м^3$	
Об'єм простору між скребками	V_c	$м^3$	
Теоретичний коефіцієнт заповнення конвеєра	ψ_T		
Фактичний об'єм вантажу перед скребком	$V_{м.ф.}$	$м^3$	
Фактичний коефіцієнт заповнення конвеєра	$\psi_{ф.п.}$		

10. Написати висновки по виконаній роботі.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____

Правила техніки безпеки

Правила техніки безпеки при роботі зі скребковим конвеєром включають перевірку справності захисних огорожень, натягу ланцюга та наявності заблокованих пускових пристроїв перед початком роботи. Забороняється спрямовувати стрічку рукою, очищати конвеєр під час роботи або транспортувати людей, а ремонтні роботи дозволені лише після зупинки, відключення та блокування конвеєра.

Вимоги техніки безпеки вивішуються в лабораторії на видному місці. Нижче приведені деякі з них:

- кожний студент повинен дотримуватись правил техніки безпеки і не допускати їх порушення товаришами;
- забороняється перехід з одного місця на інше під час занять;
- студенти повинні негайно повідомляти викладача про будь-яке порушення правил техніки безпеки або травматизм;
- вмикати машину в роботу дозволяється тільки після дозволу викладача та в його присутності;

Якщо в процесі виконання роботи виявляються деякі поломки вимірювальних приладів, негайно доповідати керівникові занять. Самостійно усувати неполадки приладів категорично заборонено.

Контрольні питання

1. Призначення та галузі застосування скребкових конвеєрів?
2. Як класифікуються скребкові конвеєри?
3. Як визначається ширини і висоти жолоба?
4. Які форми скребків ви знаєте із чого їх виготовляють?
5. Як визначається теоретичний коефіцієнт заповнення скребкового конвеєра?
6. Що таке фактична продуктивність і як вона визначається?
7. Назвіть основні параметри скребкових конвеєрів з високими суцільними скребками.
8. Як визначається натяг у тягових ланцюгах скребкового конвеєра?

Таблиця Вихідні дані для визначення коефіцієнта заповнення між скребкового простору похилого скребкового конвеєра.

Технічні величини	Позначення та одиниці виміру	Номер варіанту									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Продуктивність живильного транспортера	$Q, \text{ m}^3/\text{год}$	5	6	6,5	7	8	7	6	5	7,5	6,5
2. Вантаж, що транспортується		3	2	4	5	2	3	5	1	4	5
3. Довжина похилого транспортера	$L, \text{ м}$	4	5	6	7	8	9	8	7	6	5
4. Кут нахилу	β^0	6	7	8	9	10	11	12	13	12	11
5. Кількість обертів приводної зірочки	$n, \text{ хв}^{-1}$	160	150	130	110	140	120	115	170	140	120
6. Ширина скребка вантажу	$B_c, \text{ мм}$	120	130	140	150	120	130	140	150	120	130
7. Висота скребка	$h_c, \text{ мм}$	30	40	50	60	40	50	60	70	50	60
8. Крок скребоків	$t_c, \text{ мм}$	100	126	80	100	126	160	200	100	80	200
9. Крок ланцюга	$P_{\text{л}}, \text{ мм}$	50	63	80	100	63	80	100	50	80	100
10. Кількість зубів приводної зірочки	Z	11	9	8	7	11	9	8	13	7	9

1. Вантаж, що транспортується: 1 – овес $\gamma = 4,0 \text{ кН/м}^3$;
 2 – гречка $\gamma = 6,0 \text{ кН/м}^3$;
 3 – горох $\gamma = 8,0 \text{ кН/м}^3$;
 4 – пшениця $\gamma = 7,0 \text{ кН/м}^3$;
 5 – земля $\gamma = 12,0 \text{ кН/м}^3$;
2. $n = 100 \dots 180 \text{ хв}^{-1}$ (через 20).

Тема: Дослідження процесу транспортування і тяговий розрахунок вертикального ковшового елеватора

Мета роботи: - вивчити будову та принцип роботи кошового елеватора, типи ковшів та їх основні розрахункові параметри;
- навчитися практичним шляхом визначати основні конструктивні параметри ковшового елеватора, його продуктивність та потужність приводу.

Обладнання та інструменти: Комплектуючі елементи ковшового елеватора (зразки, макети), штангенциркуль, метрова лінійка (рулетка), набір ключів та інструментів, калькулятор.

Зміст звіту:

1. Описати призначення, будову і роботу ковшового елеватора.
2. Накреслити ескіз вертикального ковшового елеватора з нанесенням розрахункових розмірів.
3. Виконати необхідні виміри, проставити розмірності.
4. Відповідно до послідовності виконання роботи визначити розрахункові величини вертикального ковшового елеватора
5. Побудувати графік функції $h_{\Pi} = f(n)$.
6. Оформити звіт та зробити висновки по роботі.

Основні теоретичні положення

Елеваторами називають машини безперервної дії, які призначені для переміщення насипних (рідше поштучних) вантажів у вертикальному або крутопохилому (понад 60° до горизонту) напрямі. Основні частини елеватора: стрічка або ланцюг, ковші, привод, натяжний, пристрій.

Елеватори можна класифікувати за такими ознаками:

— за типом вантажонесучого органу — ковшові, поличні та колискові. Ковшові — для транспортування насипних вантажів: пило подібних, зернистих (цемент, борошно, зерно, пісок, торф, вугілля, різні

хімікати) та кускових, рідше рідин. Колиски підвішують до ланцюгів, і вони можуть розвантажуватися в будь-якому місці низхідної вітки, що неможливо в поличному, де ковші прикріплені до ланцюга нерухомо; поличні та колискові – для піднімання поштучних вантажів (ящиків, бочок, рулонів та ін.);

- за типом тягового органу – стрічкові і ланцюгові з одним або двома ланцюгами;

- за кутом установлення – вертикальні та крутопохилі;

- за швидкістю руху ковшів – тихохідні до $1,25$ м/с, швидкохідні до 4 м/с, а в спеціальних, швидкість досягає 7 м/с. У тихохідних елеваторах розвантаження ковшів гравітаційне, в швидкохідних – відцентрове;

- за розміщенням ковшів на тяговому органі – з розставленими та зімкненими ковшами. Перші використовують для дрібнофракційних матеріалів і часто виконують їх швидкохідними. Елеватори із зімкненими ковшами – тихохідні з самопливним розвантаженням, їх використовують для піднімання крупнокускових і абразивних вантажів; завантажуються ковші насипанням.

Ковшові елеватори мають такі технічні показники: продуктивність до 600 м³/год, висота підйому до 60 м; швидкість до 4 м/с і більше (до 7 м/с для добре сипких матеріалів з використанням спеціальних ковшів).

Елеватор (рис. 4.1, а) складається із замкнутого тягового органу – стрічки 3 (ланцюга), яка обгинає приводний 1 та натяжний 5 барабани (або зірочки). До стрічок або ланцюгів прикріплені ковші 2, які завантажуються матеріалом у нижній частині елеватора 6 автоматично, а розвантажуються крізь вікно 7 у верхній частині елеватора. На нижньому барабані (зірочках) встановлено натяжний механізм 4.

Привод елеватора (рис. 5.1, б) складається з двигуна, редуктора, муфти, зупинника (гальма), барабана (зірочки). Робоча вітка похилого стрічкового елеватора підтримується роликів опорами, а в ланцюгових – опорними роликами або напрямними шинами.

Переваги елеваторів: невеликі габаритні розміри перерізів і в плані; підйом вантажу на значну висоту (до 60 м); простота і надійність конструкції, можливість забезпечення герметичності. Ковшові елеватори використовують здебільшого для піднімання легких, не липких, добре сипких, не кускових вантажів. Крім того, їх застосовують

для суміщення операцій транспортування з технологічними, наприклад сушінням у зернових елеваторах.

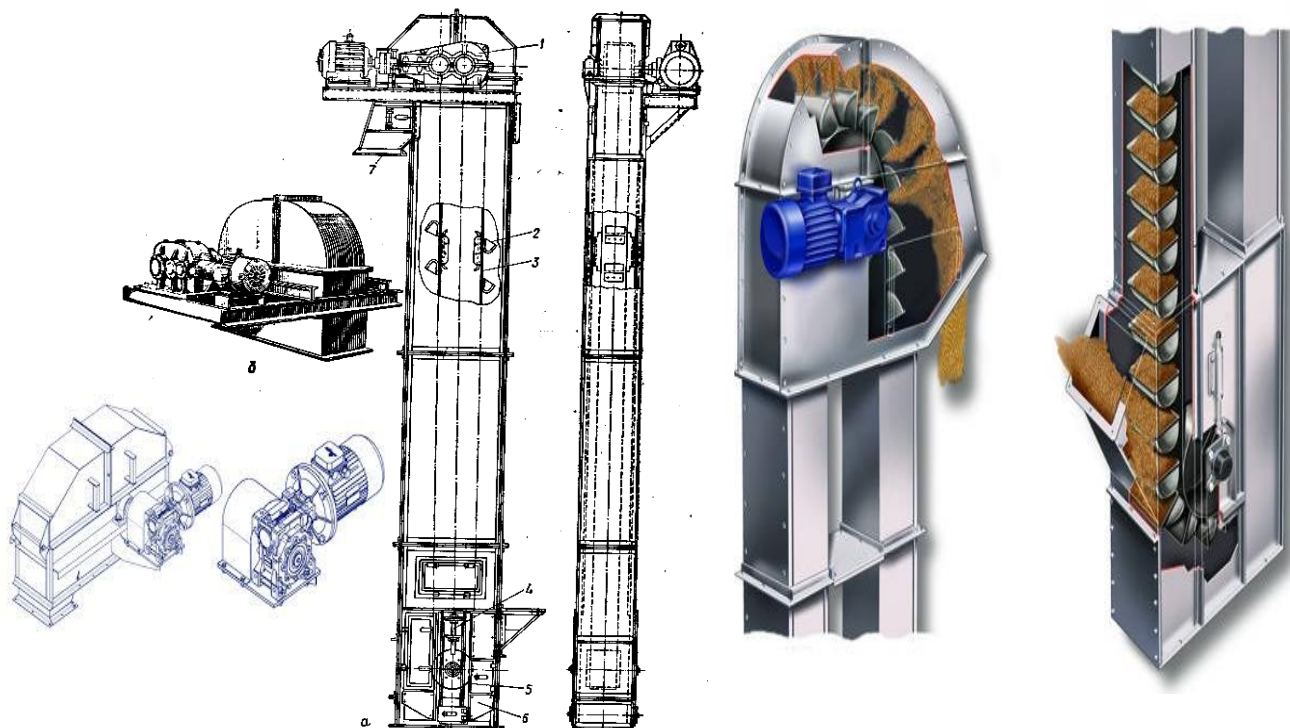


Рисунок 5.1 - Стрічковий елеватор

Ковші. В елеваторах для насипних матеріалів застосовують напівкруглі розставлені (дрібні і глибокі) і зімкнуті (гострокутні й округлені трапецеїдальні) ковші (рис. 5.2).

Дрібні напівкруглі ковші (рис. 5.2, а) використовують для транспортування сипучих матеріалів, що мають малу рухливість (порошкова крейда й ін.); глибокі напівкруглі ковші (рис. 5.2, б) — для добре сипучих матеріалів (піску, цементу, щебеню та ін.), гострокутні (рис. 5.2, в) для середньо і крупно шматкових матеріалів (крупного щебеню та ін.). Закруглені трапецеїдальні ковші (рис. 5.2, г) застосовують для транспортування тих же матеріалів, що і гострокутні, але при більшій продуктивності і при бічному кріпленні до тягового елемента. Гострокутні і трапецеїдальні ковші встановлюють на тяговому елементі впритул один до другого; вони мають бортові напрямні для матеріалу, що висипаючись при розвантаженні скачується по передній стінці перед розташованим перед ним ковшем. Задні стінки цих ковшів мають висоту, рівну чи кратну кроку ланцюгового тягового елемента.

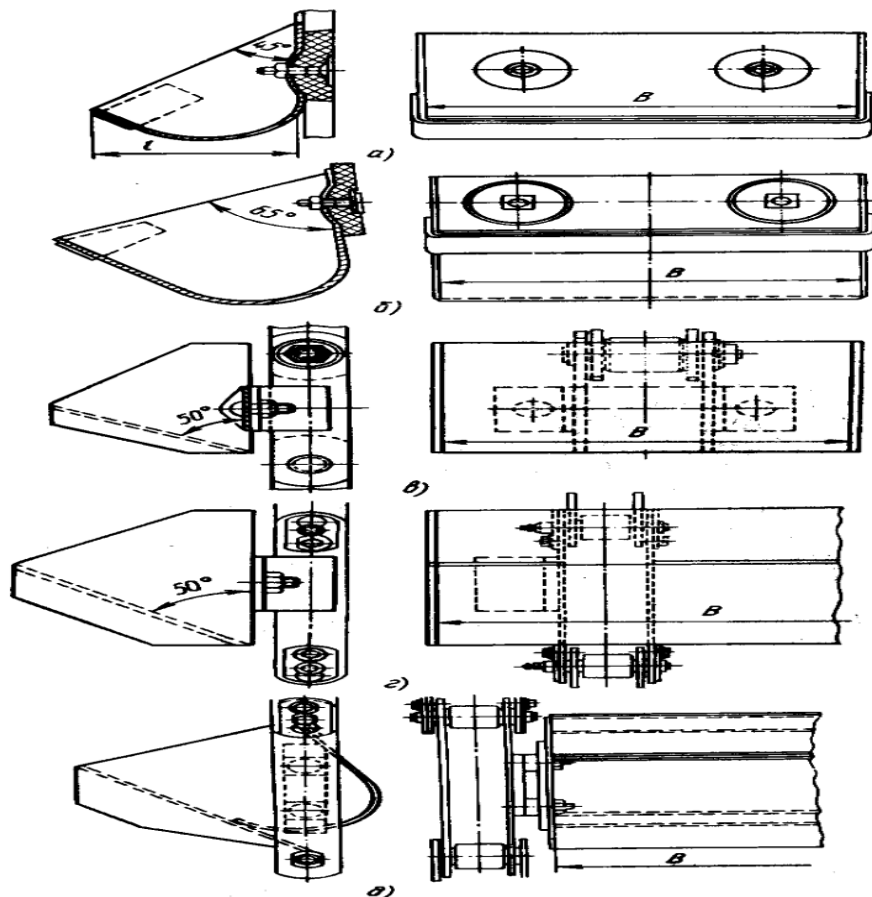


Рисунок 5.2 - Ковші: а – півкруглий маленький; б – півкруглий глибокий; в, г – гострокутні; д – заокруглений трапецеїдальний

Розрахунковим параметром є лінійна місткість ковша:

$$q = i/t,$$

де i — місткість ковша, л;

t — крок ковшів, м.

Ковші прикріплюють до тягового елемента задніми стінками, до стрічок - болтами з потайними голівками, до ланцюгів — куточками на болтах чи заклепках.

Ковші зварюють з листової сталі товщиною 2...6 мм, робочу кромку, яка зачерпує, підсилюють зварюванням до неї смуги з твердої зносостійкої сталі.

Тяговий елемент. У стрічкових елеваторах як тяговий орган використовуються гумовотканинні стрічки за ДСТУ 7306:2013 шириною, що перевищує на 25...50 мм ширину ковша. Число прокладок у стрічці визначається розрахунком. Діаметри барабанів обчислюють як і для стрічкових конвеєрів. Можна застосовувати і гумовотканинні ремені (для малих елеваторів)

Ковші характеризуються місткістю і габаритними розмірами (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Основні параметри ковшів

Ширина ковша, мм	Розставлені напівкруглі			Зімкнуті		
	Крок, мм	Глибокі	Дрібні	Крок, мм	Гострокутні	Закруглені
		і, л			і, л	
100	200	0,2	0,1	160	0,65	—
125	320	0,4	0,2	200	1,3	—
160	320	0,6	0,35	200	2,0	—
200	400	1,3	0,75	250	4,0	6,4
250	400	2,0	1,4	320	7,8	14,0
320	500	4,0	2,7	400	—	28,0
400	500	6,3	4,2	500	—	60,0
500	630	12,0	6,8	630	—	118,0
650	630	16,8	11,5	630	—	148,0

У ланцюгових елеваторах як тяговий елемент використовують ланцюги за ДСТУ EN 818-7:2014 із кроком *100...630 мм*. Для ковшів шириною до 250 мм застосовується один ланцюг, при більшій ширині — два. Розміри ланцюгів розраховують. Число зубів зірочок приймають рівним 6...20.

Натяжний пристрій. У стрічкових і ланцюгових елеваторах натяжні пристрої (тільки гвинтові) встановлюють у башмаку; хід пристрою 0,2...0,5 м відповідає 1,0...1,5 кроку ланцюга в ланцюговому елеваторі і 0,01...0,02 довжини стрічкового елеватора, тому що при великому переміщенні натяжного барабана в башмаку поступово накопичується матеріал і ускладнюється завантаження елеватора.

Зусилля натягу приймають мінімальним, тому що при вертикальному розташуванні тягового елемента і ковшів їхня власна вага забезпечує достатній натяг.

Привід. Механізм приводу розміщаються на голівці — верхній частині елеватора. Барабан чи зірочки приводяться електродвигуном через двоступінчастий редуктор. При великих передаточних числах застосовують додаткову зубчасту, рідше — клинопасову передачу.

Запобіжні пристрої. Для утримання тягового органа з ковшами від падіння при обриві і від зворотнього ходу при випадковому вимиканні двигуна застосовують зупинники зворотнього ходу.

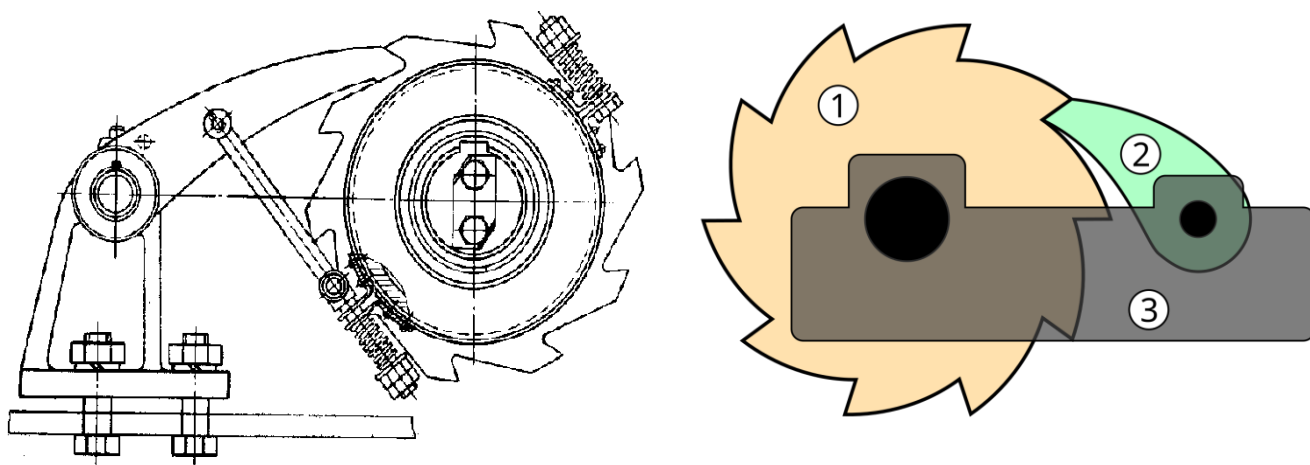


Рисунок 5.3 - Запобіжний храповий зупинник

У стрічкових елеваторах використовують зупинники храпового типу (рис. 5.3), установлені на ведучому валу барабана. При наявності відкритих крупномодульних передач можна застосовувати валикові зупинники у виді вільно насадженого на проміжному валу і затягнутого пружиною повідця, що заклинюється при зворотньому ході між шестернями.

У ланцюгових елеваторах, крім зупинника зворотнього ходу, використовують утримувачі ланцюгів, які обриваються, однобічні поворотні кулачки, що взаємодіють із шарнірами ланцюга.

При спрацьовуванні запобіжних пристроїв, зв'язані з ними ричажні кінцеві вимикачі привода елеватора, виключають електродвигун.

Визначення продуктивності і потужності привода ковшових елеваторів Продуктивність ковшового елеватора визначається за приведеною раніше формулою:

$$P_m = 3,6v\rho\epsilon/t,$$

Причому, коефіцієнт наповнення ковшів ϵ може бути прийнятий у залежності від матеріалу і типу ковшів у межах 0,5...0,9 (менші для крупно шматкових матеріалів).

Виходячи з цієї формули визначають розподілену місткість ковшів, за якою і вибирають ківш, що характеризується шириною і типом.

При транспортуванні кускових матеріалів максимального розміру a_{max} повинний бути правильно обраний виліт ковша:

$$\ell > \xi_{max},$$

де ξ — коефіцієнт, що характеризує число з групи найбільших шматків (необхідно приймати $\xi = 2$ при $c < 10\%$; $\xi = 2,5$ при $c = 11...25\%$; $\xi = 3,25$ при $c = 26...50\%$. $\xi = 4.5$ при $c = 51...80\%$).

Перетворюючи базову формулу для визначення потужності привода:

$$N = 0,0027 \Pi_m H + 0,0027 \Pi_m L_{\Gamma} w_c + 0,02 q_T v w_c$$

Позначаючи кут нахилу елеватора до горизонту β , необхідну потужність (кВт) привода можна визначити за формулою:

$$N = 0,0027 \Pi_m (1 + \omega_c \operatorname{ctg} \beta + 7,4 q v \omega_c \operatorname{ctg} \beta / \Pi_m) + 367 k / H.$$

У вертикальних елеваторах у зв'язку з тим, що $\beta = 90^\circ$, другий і третій члени перетворюються в нуль; з іншого боку, консольне розташування вантажу і ковшів щодо тягового елемента значно збільшує витрату енергії на тертя. На зачерпування матеріалу також витрачається енергія, пропорційна квадрату швидкості тягового елемента. Тому попередню формулу представимо у вигляді:

$$N = 0,0027 \Pi_m H [1 + \omega_c \operatorname{ctg} \beta + q_T (7,4 \operatorname{ctg} \beta + A) v / \Pi_m + c v^2 / H].$$

Для стрічкових елеваторів $\omega_c \approx 0,07$, для ланцюгових $\omega_c \approx 0,11$. Коефіцієнт A можна прийняти для стрічкових елеваторів рівним 1,5, для ланцюгових із закругленими ковшами 1,1 і з гострокутними ковшами 0,85. Коефіцієнт, що характеризує втрати на зачерпування, приймають рівним 0,25 для сипучих порошкоподібних і зернистих матеріалів і 0,65 для дрібних і середньо шматкових матеріалів.

Для попередніх орієнтованих розрахунків маса елементів елеватора, що рухаються:

$$q_m = k_k \Pi_m,$$

де $k_k \approx 0,45$ для стрічкових елеваторів, $k_k \approx 0,6$ для одно ланцюгових і $k_k \approx 0,9$ для двох ланцюгових елеваторів.

Для забезпечення нормальної роботи елеватора електродвигун повинен мати запас потужності:

$$N_{\text{дв}} = 1.25 N / \eta_m.$$

Розрахунковий натяг тягового елемента елеватора визначають так само, як для стрічкових і пластинчастих конвеєрів, причому для ланцюгових з обліком динамічного навантаження.

Розвантаження ковшів елеваторів. Процес розвантаження ковшів елеваторів підкоряється загальним закономірностям, але має свої особливості. Під час вертикального чи похилого підйому на матеріал діє тільки сила ваги, і він розташовується в ковші довільно, у межах кута природного укосу в русі. При повороті відносно верхнього барабана чи верхньої зірочки виникає відцентрова сила, під дією якої матеріал може зміщатися до зовнішньої крайки ковша (рис. 5.4). Продовживши лінію дії рівнодіючої T сили ваги mg вантажу і відцентрової сили $m\omega^2 R$ до перетинання з вертикаллю, одержимо подібні трикутники OAD і BAE .

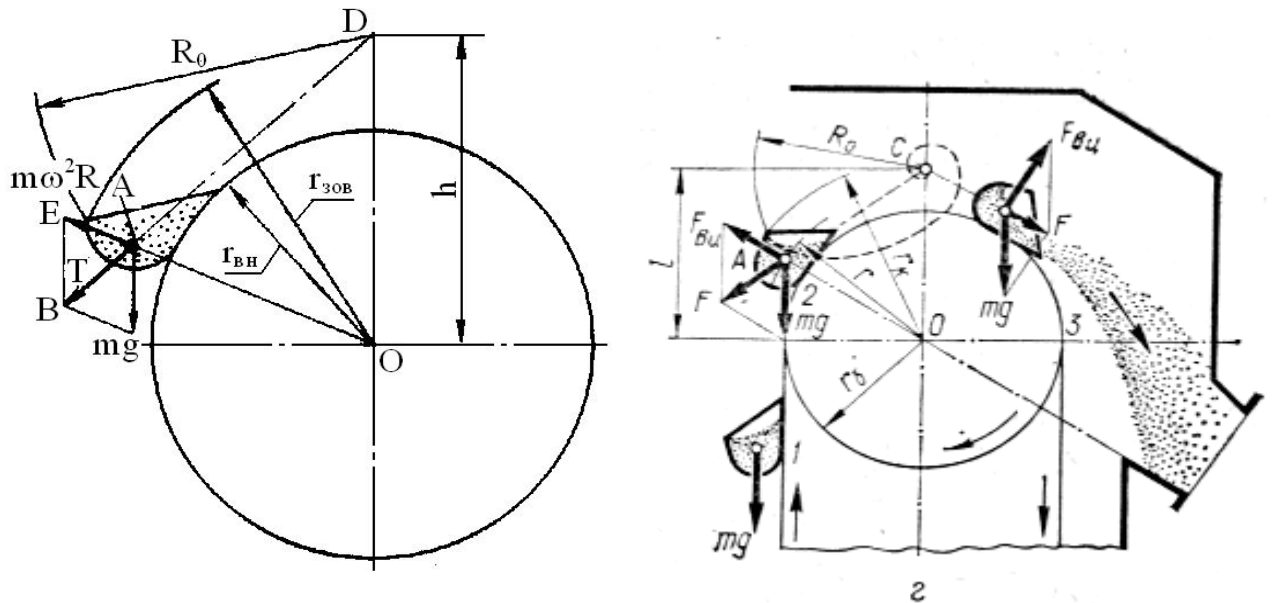


Рисунок 5.4 - Схема руху матеріалу в ковші при розвантажуванні
Отже:

$$OD/OA = mg/(m\omega^2 R) = g/(\omega^2 R).$$

Тому, що:

$$OA = R, \text{ а } \omega = \pi n/30, \text{ то } OD = h = 895/\pi^2.$$

Відрізок h при даній кутовій швидкості залишається постійним у процесі обходу ковшем чи барабана зірочки і називається полюсною відстанню.

Поверхня матеріалу в ковші розташовується під кутом природного укосу в русі до нормалі, проведеної до лінії AD , і являє собою логарифмічну спіраль, обумовлену рівнянням:

$$R = R_0 e^{+f\lambda},$$

де R_0 — радіус, проведений з полюса до крайки ковша;

f — коефіцієнт внутрішнього тертя;

λ — поточний кут.

Це дозволяє побудувати лінії рівня матеріалу в ковші, установити можливий коефіцієнт його заповнення і визначити характер руху матеріалу в ковші при його розвантаженні. З детального аналізу процесу випливає:

1) при набіганні ковша на верхній барабан чи зірочку висипання матеріалу можливе тільки через зовнішню крайку ковша, і для запобігання зворотного опадання матеріалу у висхідну гілку елеватора досить, щоб матеріал не рухався до зовнішньої крайки ковша в момент наскоку його на верхній барабан;

2) при подальшому русі ковша й обгинання ним верхнього барабана чи зірочки, у випадку, коли $h > r_{нар}$, весь матеріал у ковші може переміщатися тільки до внутрішньої стінки і, отже, буде мати місце гравітаційне розвантаження; при $h < r_{вн}$ матеріал може переміщатися тільки до зовнішньої стінки і, отже, буде мати місце відцентрове розвантаження; при $r_{вн} < h < r_{нар}$ частина матеріалу буде переміщатися до зовнішньої, а частина до внутрішньої стінки, і буде мати місце змішане відцентрово-гравітаційне розвантаження. Відповідно до цих міркувань і конструюється розвантажувальний вузол елеватора.

Послідовність виконання роботи

1. Вивчити конструкцію, ковшового елеватора (норії), привода, способу завантаження ковшів, замалювати схему і записати в таблицю характеристики.

2. В залежності від властивостей вантажу, що транспортується (відповідно до завдання) вибрати тип елеватора, тип ковшів, коефіцієнт їх заповнення, швидкість руху стрічки (рис. 5.5).

3. Визначити лінійний об'єм ковшів, л/м:

$$\frac{V}{t_k} = \frac{\Pi}{3,6v\rho\psi} = \frac{54}{3,6 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 0,6} = 15,15152 \text{ л/м};$$

де V - геометрично корисний об'єм ковша, л;

t_k - крок ковшів, м;

Π - продуктивність елеватора, т/год;

ρ - щільність вантажу, т/м³;

ψ - середній коефіцієнт наповнення ковшів;

v - швидкість стрічки, м/с.

Привод

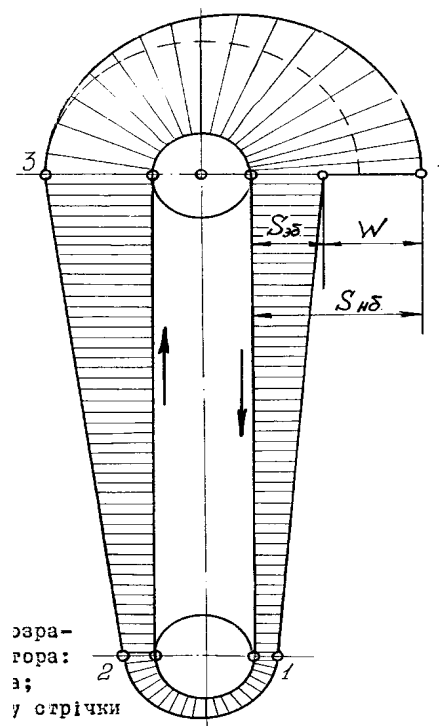
He

3 4

2 1

а

б



а - схема елеватора; б - діаграма натягу стрічки

Ширина ковша B_k , мм	Ширина стрічки B , мм	Крок ковшів	М	
		t_k , мм	V , л	V/t_k , л/м

$$\psi_y = \frac{\Pi}{3,6\nu\rho V} t_k,$$

$$\Psi_y = \frac{54}{3,6*1,5*1,1*12,0} * 0,63 = 0,47727,$$

Умова виконується: $0,477 < 0,6$;

5. Прийняти, на основі вибраної ширини стрічки (згідно завдання), з рекомендованого діапазону більшу кількість прокладок i в тяговому елементі елеватора: $i = 4$;

6. Обчислити радіус привідного барабану, мм:

$$R = (63 \div 75) i \quad R = 70 \cdot 4 = 280 \text{ мм};$$

Отриманий результат округляємо до найближчого розміру із ряду: 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500 мм. $R = 250$ мм;

7. Знайти частоту обертання барабану (об/хв), при швидкості стрічки v :

$$n = 30 v / \pi R,$$

$$n = 30 \cdot 1,5 / 3,14 \cdot 0,25 = 57,32484 \text{ об/хв.};$$

8. Визначити полюсну відстань, та побудувати графік функції $h_{\Pi} = f(n)$:

$$h_{\Pi} = \frac{R^2 \cdot g}{v^2}, \text{ м}$$

$$h_{\Pi} = \frac{0,25^2 \cdot 9,81}{1,5^2} = 0,27 \text{ м.}$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с^2 .

9. Дослідити характер розвантаження ковшів в залежності від частоти обертання барабана. Із збільшенням частоти обертання полюсна відстань зменшується, а відцентрова сила зростає у порівнянні з силою тяжіння.

При зменшенні частоти обертання барабана вплив сили тяжіння на характер розвантаження зростає. Аналіз отриманого результату показує місце знаходження полюсу h_{Π} та дає характеристику процесу розвантаження: при $h_{\Pi} < r_a$ (полюс знаходиться в середині окружності барабану – відцентрове розвантаження);

при $h_{\Pi} > r_a$ (полюс знаходиться на зовні окружності барабана, що проходить через зовнішні кромки ковшів, - гравітаційне розвантаження);

$r_6 < h_{\Pi} \leq r_a$ має місце змішаний характер розвантаження ковшів.

$$r_a \approx l + \delta + r_6,$$

де l – виліт ковша, мм;

δ – товщина стрічки, мм;

r_6 – радіус барабана, мм;

r_a – радіус зовнішньої кромки ковша, мм.

10. Визначити лінійні навантаження, Н/м :

- маси тягового елемента:

$$q_o = (m_c + m_k t_k) g,$$

де m_c - лінійна маса стрічки, кг/м;

m_k - маса ковша, кг;

t_k - крок ковшів, м.

При орієнтовних розрахунках:

$$m_c = \frac{m_{C-300}}{0,3} \cdot B \cdot i,$$

$$m_c = \frac{0,6}{0,3} \cdot 0,6 \cdot 4 = 4,8 \text{ кг/м},$$

де: $m_{C-300} = 0,6 \div 0,7$ кг/м - лінійна маса умовної стрічки з 1-єю прокладкою шириною 0,3 м: $m_{C-300} = 0,6$ м;

B - ширина стрічки, м;

i - кількість прокладок;

$$m_k = \rho_k \cdot h \left[V \left(\frac{1}{H} + \frac{1}{2B_k} \right) + 2B_k H \right],$$

$$m_k = 7800 \cdot 0,004 \left[12 \cdot \left(\frac{1}{0,3 \cdot 0,63} + \frac{1}{2 \cdot 0,5} \right) + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \right] = 2364,71238 = 2,36 \cdot 10^3 \text{ кг}.$$

де: V - об'єм ковша, м^3 : $V = 12,0 \text{ м}^3$;

B_k - ширина ковша, м: $B_k = 0,5$ м;

h - товщина стінок ковша ($h = 0,003 \dots 0,006$ м); $h = 0,004$ м;

H - висота ковша (для глибоких та мілких ковшів $H = (2,5 \dots 3,0)$ - t_k ; для інших типів - $H \approx t_k$): $H = 0,3 \cdot 0,63 = 0,189$;

ρ_k - щільність матеріалу ковша, кг/м^3 (для сталі - $\rho_k = 7800 \text{ кг/м}^3$);

$$q_o = (4,8 + 2364,71 \cdot 0,63) \cdot 9,81 = 14661,70521 = 14,6 \cdot 10^3 \text{ Н/м},$$

- **матеріалу, що транспортується:**

$$q_{\epsilon} = \frac{P \cdot g}{3,6 \cdot v},$$

$$q_{\epsilon} = \frac{54 \cdot 9,81}{3,6 \cdot 1,5} = 98,1 \text{ Н/м}$$

- **на завантаженій гілці:**

$$q = q_o + q_{\epsilon}, q = 14661,70521 + 98,1 = 14759,80521 = 14,75 \text{ Н/м};$$

11. Визначити мінімальний натяг (точка І на рис. 4.5, б) стрічки елеватора S_0 , H , враховуючи, що для забезпечення запасу по зчепленню приймають $S_0 \geq 500 \text{ Н}$:

$$S_0 \geq \frac{H \cdot (q - q_0 e^{\mu \alpha}) + W_{on}}{e^{\mu \alpha} - \xi},$$

де H - висота підйому вантажу, м: $H=27$;

W_{on} - опір наповненню ковшів вантажем, Н;

e – основа натурального логарифму; μ – коефіцієнт тертя, $\mu = 0,3$; $\alpha = 180^\circ$, $e^{\mu \alpha} = 2,57$;

ξ - узагальнений коефіцієнт опору на барабані (при куті обхвату 90° - $\xi = 1,02 \div 1,03$; при куті обхвату 180° - $\xi = 1,03 \div 1,07$): $\xi = 1,05$;

$$W_{on} = k_{чep} q_6 = 2,0 * 98,1 = 196,2$$

де: $k_{зач}$ - коефіцієнт зачерпування, Н (по завданні);

$$S_0 \geq \frac{27 * (14,75 - 14661,7 * 2,85) + 196,2}{2,85 - 1,05} = -626457,425, -626457,425 < 500H;$$

12. Обчислити натяг стрічки в набігаючій $S_{нб}$ (точка 3 на рис. 4.5, б) і збігаючій $S_{зб}$ (точка 4) гілках, Н:

$$S_{нб} = \xi S_0 + W_{on} + q H_e, S_{зб} = S_0 + q H.$$

$$S_{нб} = 1,05 * 500 + 196,2 + 14,75 * 27 = 1119,45 \text{ Н},$$

$$S_{зб} = 500 + 14,75 * 27 = 898,25 \text{ Н};$$

13. Визначити міцність тканини прокладок S_p (Н/м ширини стрічки) і вибрати матеріал тягового каркасу стрічки:

$$S_p \geq \frac{k \cdot S_{нб}}{B \cdot i},$$

$$S_p \geq \frac{10 \cdot 1119,45}{0,6 \cdot 4} = 46643,75 = 4,6 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$$

де k - коефіцієнт запасу міцності стрічки (для ковшових елеваторів $k = 10$);

B - ширина стрічки, м;

i - кількість прокладок.

14. Розрахувати колове зусилля на приводному барабані з врахуванням втрат на ньому, Н:

$$W = (S_{нб} - S_{зб}) \xi = (1119,45 - 898,25) * 1,05 = 232,26 \text{ Н};$$

15. Визначити необхідну потужність приводного двигуна елеватора та вибрати електродвигун, кВт:

$$P = \frac{W \cdot v \cdot K_3}{1000 \cdot \eta},$$

де K_3 – коефіцієнт запасу міцності, $K_3 = 1,25$;

η – ККД приводу,

$$\eta = \eta_n \cdot \eta_l \cdot \eta_{nid};$$

η_n – ККД пасової передачі, $\eta_n = 0,95$;

η_l – ККД ланцюгової передачі, $\eta_l = 0,9$;

η_{nid} – ККД пари підшипників кочення, $\eta_{nid} = 0,99$.

де k_{zan} - коефіцієнт запасу ($k_{zan} = 1,23 \div 1,25$): $k_{zan} = 1,25$;

η - ККД приводного механізму ($\eta = 0,85 \div 0,88$): $\eta = 0,85$.

$$N = \frac{1,25 \cdot 232,26 \cdot 1,5}{1000 \cdot 0,85} = 0,51234;$$

За каталогом вибираємо електродвигун.

16. Написати висновки по виконаній роботі.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____

Правила техніки безпеки

Перед лабораторно-практичним заняттям обов'язково пройти інструктаж, одягти спецодяг (халат, окуляри, рукавиці), перевірити справність обладнання та підготувати робоче місце, прибравши зайве. Під час роботи виконуйте всі заміри та експерименти тільки за дозволом викладача, дотримуйтеся правил безпеки при роботі з електричними приладами та засобами, не вмикайте прилади без дозволу викладача. Після завершення роботи приберіть робоче місце, вимкніть обладнання та ретельно вимийте руки.

Контрольні питання

1. За якими ознаками класифікують елеватори?
2. Зробити порівняльний аналіз елеваторів і конвеєрів.
3. Які є способи завантаження та розвантаження елеваторів?
4. Які умови відцентрового розвантаження елеватора?
5. Від яких параметрів залежить продуктивність елеватора?
6. Як визначити потужність привода елеватора?
7. Як визначити натяг стрічки та ланцюга елеватора?
8. Як побудувати діаграму натягу ланцюга елеватора?
9. Які конструкції натяжних пристроїв елеватора?
10. Чим визначаються конструктивні особливості ковшів?

Таблиця 4.3 - Вихідні дані для тягового розрахунку вертикального ковшового елеватора

Технічні величини	Позначення та одиниці виміру	Номер варіанту									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Продуктивність елеватора	$\Pi, \text{ т/год}$	54	60	50	65	70	54	65	50	70	75
2. Вантаж, що транспортується		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
3. Швидкість стрічки	$v, \text{ м/с}$	2,0	1,5	3,0	2,5	1,0	1,4	0,9	1,2	0,8	1,3
4. Ширина стрічки	$B_{ст}, \text{ мм}$	150	175	125	150	175	200	300	450	800	150
5. Місткість ковша	i_k	1,0	1,2	0,5	1,0	1,3	1,8	3,6	7,6	8,3	1,0
6. Маса ковша	$m, \text{ кг}$	0,6	0,68	0,5	0,7	0,75	1,4	1,8	3,4	3,76	0,6
7. Виліт ковша	$l, \text{ мм}$	125	130	90	125	125	125	150	175	185	125
8. Ширина ковша	$B_k, \text{ мм}$	125	150	100	125	150	160	260	390	360	125
9. Крок ковша	t_k	160	180	160	180	210	210	260	320	320	180
10. Товщина стрічки	$\delta, \text{ мм}$	6	6	6	6	8	8	8	9	9	9
11 Висота підйому	$H, \text{ м}$	5	6	7	8	9	10	9	8	7	6
12. Коефіцієнт зачерпування	$k_{зач}, \text{ м/Н}$	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	2,0

Вантаж, що транспортується: 1 – овес $\rho = 4,0 \text{ кН/м}^3$;
2 – гречка $\rho = 6,0 \text{ кН/м}^3$;
3 – горох $\rho = 8,0 \text{ кН/м}^3$;
4 – пшениця $\rho = 7,0 \text{ кН/м}^3$;

Лабораторно-практичне заняття № 6

Тема: Вивчення конструкції та визначення основних параметрів гвинтових транспортерів

Мета роботи: - вивчити будову та принцип роботи гвинтового транспортера, типи гвинтів та способи їх виготовлення;
- визначити основні параметри транспортера його продуктивність та потужність приводного електродвигуна;

Обладнання та інструменти: для вивчення надається три гвинтові транспортери, різні типи гвинтів, стенд із заготовками гвинтових поверхонь, штангенциркуль, лінійка, набір гайкових ключів, ватметр, ваги, місткість для вантажу.

Зміст звіту:

1. Намалювати кінематичну схему транспортера.
2. Записати параметри транспортера в табл. 5.
3. Записати розрахунок продуктивності гвинтового транспортеру.
4. Записати розрахунок параметрів диска заготовки шнека та виконати її ескіз.
5. Визначити продуктивність шнекового транспортера лабораторним шляхом.

Положення заслінки	0	0,25h	0,5h	0,75h	h
Продуктивність, кг\с					
Продуктивність, т\год					
Продуктивність, л\с					
Продуктивність, м ³ \год					

6. Результати розрахунків занесені в журнал роботи.
7. Аналіз результатів роботи.

Основні теоретичні положення

Гвинтові транспортери (шнеки) широко використовуються в сільськогосподарському машинобудуванні на мобільних і стаціонарних машинах. За допомогою таких транспортерів переміщують сипкі, шматкові, в'язкі, пластичні, рідкі матеріали та різні суміші.

Гвинтові транспортери крім транспортування вантажів одночасно можуть виконувати різні технологічні операції. У сільськогосподарських машинах використовують вмонтовані гвинтові транспортери зернозбиральні комбайни, завантажувачі сухих кормів, завантажувачі сівалок, кормозмішувачі і кормороздавачі, зерносушарки та інші).

Транспортери бувають горизонтальні, пологопохилі, крутопохилі та вертикальні.

На рис. 6.1. наводиться кінематична схема гвинтового транспортера, який складається з жолоба 1, в якому розміщують гвинт, до складу якого входить вал 2 та гвинтова поверхня 3. Вал 2 опирається на кінцеві 4 та проміжну опору 5.

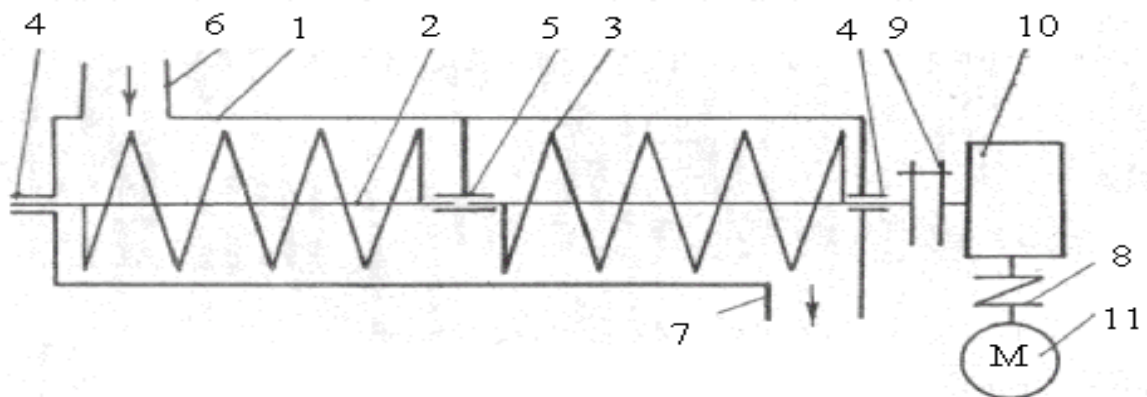


Рисунок 6.1 - Кінематична схема гвинтового транспортера
1- жолоб; 2 – вал; 3 – гвинтова поверхня; 4 – опора кінцева; 5 – опора проміжна (підвісна); 6 – вікно завантажувальне; 7 – вікно вивантажувальне; 8 – муфта пружна; 9 – муфта жорстка компенсуюча; 10 – редуктор черв'ячний; 11 – електродвигун.

Підвісні (проміжні опорні) підшипники застосовують в транспортерах тоді, коли довжина гвинта перевищує 3м.

Транспортований матеріал подається через вікно 6, а виходить через вікно 7.

Привід транспортера має дві муфти (пружну 8 та жорстку компенсуючу 9), черв'ячний редуктор 10 і електродвигун 11.

Вертикальний та похилий гвинтові транспортери мають для привода електродвигуни та клинопасові передачі. У вертикального транспортера є живильник та заслінка для регулювання подачі транспортованого вантажу до витків шнека.

Крім того, вертикальний транспортер укомплектовано розподілювачем, за допомогою якого можна направляти транспортований вантаж у приймальний бункер або в посуд для контрольного зважування при визначенні продуктивності.

Гвинтові транспортери мають такі переваги над іншими машинами безперервної дії:

- проста будова і просте обслуговування;
- невисока вартість (порівняно з транспортерами, що мають гнучкий тяговий орган);
- зручність проміжного завантажування та розвантажування;
- відсутність втрат вантажу при закритому жолобі;
- компактність.

Але одночасно гвинтові транспортери мають такі недоліки:

- перетирання вантажу, що перемішується, внаслідок тертя його об стінки кожуха, об гвинтову поверхню шнека та об сам вантаж;
- подрібнення вантажу між жолобом та шнеком;
- велика витрата енергії, що викликається тертям та перемішуванням вантажу в процесі транспортування.

Визначення критичної частоти обертання шнеків. Для тихохідних шнеків робоча частота обертання менше критичної тобто транспортований шнеком матеріал здійснює коливально-поступальний рух і надто не перемішується та не підкидається транспортуючою поверхнею шнека.

Критичну частоту обертання визначають за такою залежністю:

$$n_{кр} = \frac{A}{\sqrt{D}} ; \quad (6.1)$$

де A - числовий коефіцієнт, який має постійне значення для конкретного матеріалу (табл. 6.1),

D - діаметр шнека, м

Таблиця 6.1.

Параметр	Назва транспортованого вантажу			
	зерно, борошно, січка, тирса	гній, торф, крейда	вугілля, сіль, коренеплоди, картопля	цемент, попіл, мінеральні добрива, отрутохімікати
A	65	50	45	30

Для швидкохідних шнеків робоча частота обертання в декілька разів перевищує критичну $n_p > n_{кр}$ і її можна вибрати з таблиці 6.2.

Таблиця 6.2.

Транспортований вантаж	Діаметр шнека, D_0 , мм	Робоча частота обертання шнека, n_p , об/хв
Горизонтальні шнеки		
Зерно, комбікорм, висівки	50...300	60...300
Напіврідкі кормові суміші та гній	150...200	100...300
Картопля, коренеплоди	200...400	20...60
Гній, добрива, пісок	250...300	60...80
Силос, різана солома, тирса	200...400	80...200
Хлібна маса, сіно, солома, трава	400...600	200...300
Вертикальні шнеки		
Зерно, мінеральні добрива	60...250	200...1000
Висівки, комбікорм, борошно із сіна	150...250	150...400
Кормові суміші	150...250	150...600
Картопля	250...400	100...200
Силос	250...400	100...250
Гній рідкий (вологість $W=85...95\%$)	200...300	800...1300

Визначення продуктивності гвинтових транспортерів аналітичним шляхом. Продуктивність тихохідного гвинтового транспортера можна визначити за такою залежністю:

$$Q = 125(D^2 - d^2) \omega_{гв} \Psi C \gamma; \text{ кг/с.} \quad (6.2)$$

Продуктивність швидкохідного гвинтового транспортера визначають за формулою:

$$Q = 250(D^2 - d^2)v_n \psi C_0 \gamma ; \text{ кг/с.} \quad (6.3)$$

де D - зовнішній діаметр шнека, м;

d - діаметр вала шнека, м;

ω - кутова швидкість вала шнека, рад/с;

$p_{\text{св}}$ - крок гвинтової навивки шнека, м;

ψ - коефіцієнт заповнення міжвиткового простору;

γ - щільність (об'ємна маса) вантажу, кг/м^3 .

Коефіцієнт заповнення вантажем міжвиткового простору приймають залежно від типу та властивостей транспортованого вантажу з таких рекомендацій:

- для вертикальних транспортерів: $\psi = 0,3...0,5$;
- для крутопохилих транспортерів: $\psi = 0,4...0,6$;
- для швидкохідних горизонтальних і пологопохилих транспортерів: $\psi = 0,5...0,7$;
- для горизонтальних і пологопохилих тихохідних транспортерів: $\psi = 0,25...0,48$;

Менші значення слід приймати при наявності проміжних опор.

C - коефіцієнт, що враховує кут нахилу транспортера до горизонту (див. табл. 3.3);

C_0 - коефіцієнт, що враховує осипання транспортованого вантажу через зазори між гвинтом і кожухом. Причому, менші значення приймають для вертикальних транспортерів, що перемішують легко сипучі вантажі.

v_n - швидкість поступального руху вантажу, м/с.

$$v_n = v_0 \cos(\alpha_0 + \rho); \quad (6.4)$$

тут: $v_0 = \frac{P_{\text{гв}} n}{60}$ - швидкість поступального руху робочої поверхні шнека за зовнішнім діаметром;

α_0 - кут підйому гвинтової лінії шнека за діаметром, по якому проходить центр тиску вантажу на гвинтову поверхню,

$$\alpha_0 = \arctg \frac{P_{\text{гв}}}{\pi D_0}, \text{ град.} \quad (6.5)$$

Значення D_0 слід приймати залежно від коефіцієнта заповнення.

ρ - кут тертя вантажу об поверхню шнека, рад;

$$\rho = \arctg f ; \quad (6.6)$$

де f - коефіцієнт тертя вантажу об матеріал гвинтової поверхні шнека під час руху,

$$f = 0,7f_0,$$

f_0 - коефіцієнт тертя вантажу об матеріал гвинтової поверхні шнека в стані спокою, (див. табл. 6.5).

Значення коефіцієнта C для тихохідних гвинтових транспортерів

Таблиця 6.3.

	Кут нахилу транспортера до горизонту				
	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 5^\circ$	$\beta = 10^\circ$	$\beta = 15^\circ$	$\beta = 20^\circ$
Коефіцієнт C	1	0,9	0,8	0,7	0,63

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись із короткими даними про гвинтові транспортери, що наведені в цих методичних вказівках.

2. Вивчити будову гвинтового транспортера, запропонованого викладачем для вивчення.

3. Накреслити кінематичну схему транспортера. На схемі вказати потужність і частоту обертання вала електродвигуна, передаточне число трансмісії (передача гнучким зв'язком або редуктор) довжину транспортера, кількість опор.

4. Визначити зовнішній діаметр шнека, крок навивки, кут нахилу транспортуючої спіралі до горизонту.

5. Визначити критичну кутову швидкість і визначити тип транспортера (тихохідний або швидкохідний).

6. Визначити теоретичну продуктивність.

7. Визначити (якщо можливо) дійсну продуктивність. Для цього спочатку з дозволу викладача запустити шнековий транспортер при закритій заслінці, потім відкрити заслінку на 0,25 її ходу і після досягнення рівномірного ходу. перевести важіль розтрубу в положення для контрольного замірювання продуктивності і одночасно включити секундомір.

Після однократного вивантаження вантажу в спеціальну місткість перевести важіль розтрубу в початкове положення, при якому вантаж буде рухатись по замкненому колу.

Таблиця 6.4 – Журнал роботи

Назва параметра	Позначення	Розмірність	Величин а
ЕЛЕКТРОДВИГУН			
Номінальна потужність	$P_{\text{ном}}$	кВт	
Номінальна частота обертання вала	$n_{\text{ном}}$	об\хв	
ТРАНСМІСІЯ	тип		
- Редуктор	и		
Передаточне число	тип		
- Передача гнучким зв'язком	и		
Передаточне число			
ШНЕК			
Тип			
Напрям спіралі	D	м	
Зовнішній діаметр	d	м	
Діаметр вала	$p_{\text{гв}}$	м	
Крок навивки	L	м	
Довжина	Z	шт	
Кількість опор	$Z_{\text{пр}}$	шт	
В тому числі проміжних	β	град	
Кут нахилу транспортера до горизонту	$n_{\text{шн}}$ $n_{\text{кр}}$	РОЗРАХУ ВАТИ	
Частота обертання шнека			
Критична частота обертання шнека	ψ	НАЗНАЧИ ТИ	
Матеріал транспортований	γ		
Коефіцієнт заповнення міжвиткового простору	c		
Питома маса вантажу			
Коефіцієнт продуктивності, що враховує осипання вантажу через зазори між кожухом і гвинтом	c_0		
Коефіцієнт продуктивності, що враховує кут нахилу до горизонту			

Вимкнути подачу струму до електродвигуна привода. Виконати зважування контрольного забору вантажу і повторити досліди при 0,5...0,75 та повному відкриванні заслінки.

8. Розрахувати параметри диска - заготовки витка шнека.

9. Внести пропозиції щодо покращення роботи гвинтових транспортерів.

10. Написати висновки по виконаній роботі.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____

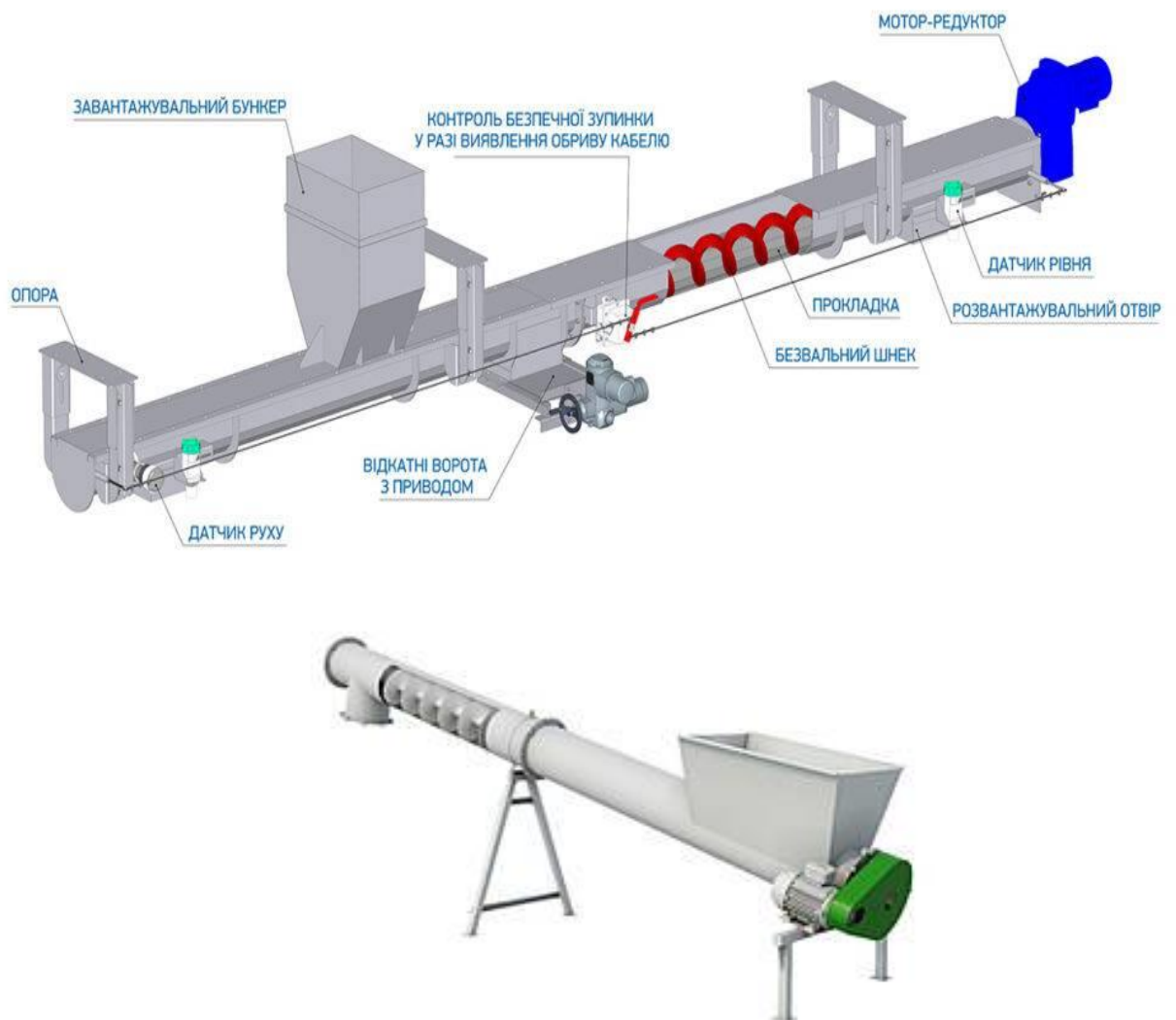
Правила техніки безпеки

1. Бути уважними і дисциплінованими, точно виконувати вказівки викладача.
2. Не починати виконувати роботу без дозволу викладача.
3. Розміщуйте прилади, матеріали, обладнання на своєму робочому місці так, щоб запобігти падінню або перекиданню.
4. Перед виконанням роботи необхідно уважно вивчити її зміст і виконання.
5. Під час проведення дослідів не допускайте граничних навантажень вимірювальних приладів. Працюючи з приладами будьте обережні.
6. Стежте за справністю всіх кріплень у приладах і пристроях. Не доторкайтесь до обертових частин машин і не нахиляйтесь над ними.
7. Не залишайте робочого місця без дозволу викладача.

Контрольні питання

1. В яких сільськогосподарських машинах використовують вмонтовані шнеки?
2. Як визначається критична частота обертання шнека?
3. Які гвинтові транспортери називають тихохідними?
4. Які способи виготовлення шнеків широко використовують у сільськогосподарському машинобудуванні?
5. Як можна виготовити гвинтову поверхню шнека з листової сталі?

6. Для яких вантажів використовують суцільні шнеки?
7. Які технологічні операції можна виконувати одночасно з транспортуванням лопатевими та фасонними шнеками?
8. Як класифікують гвинтові транспортери залежно від кута нахилу осі гвинтової поверхні до горизонту?
9. Які способи завантаження гвинтової поверхні вантажем використовують у практиці машинобудування?
10. Назвіть недоліки гвинтових транспортерів, які стримують їх застосування?
11. Як зміниться критична частота обертання шнека, якщо діаметр його збільшити від 100мм до 400мм?
12. В яких межах змінюється коефіцієнт заповнення міжвиткового простору для різних типів транспортерів?



Додаток до лабораторно-практичного заняття № 6

Таблиця 6.5 - Основні характеристики деяких сільськогосподарських вантажів

Назва вантажу	Щільність (об'ємна маса)	Кут природног о укусу в спокої	Коефіцієнт тертя спокою по:		
			сталі	дереву	гумі
Борошно	450...640	57	0,65	0,70	0,75
Буряки, коренеплоди	470...700	35	0,50	0,54	0,57
Висівки, комбікорм	180...440	38	0,31	0,35	0,50
Жито	680...790	35	0,58	0,62	0,66
Гній (вологість 80%)	300...400	50	0,85	0,94	0,99
Горох	800...820	25	0,25	0,27	0,36
Гречка	600...690	45	0,53	0,57	0,60
Картопля	650...730	35	0,51	0,55	0,58
Коноплі (насіння)	550...600	27	0,38	0,41	0,44
Кукурудза (зерно)	700...750	35	0,58	0,62	0,66
Кукурудза (качани)	330...470	35	0,35	0,40	0,65
Льон (насіння)	550...660	35	0,34	0,37	0,40
Овес	400...500	35	0,58	0,68	0,75
Просо	750...850	29	0,40	0,43	0,46
Пшениця	700...830	35	0,50	0,54	0,57
Рис	600...900	45	0,53	0,56	0,60
Сіно в тюках	280...300	-	0,35	0,37	0,40
Сіно та солома	100...170	-	0,31	0,33	0,35
Силос кукурудзяний (вологість 75%)	400...500	50	0,73	0,78	0,83
Соняшник (насіння)	420...450	45	0,51	0,54	0,58
Ячмінь	650...750	35	0,58	0,62	0,66

Лабораторно-практичне заняття № 7

Тема: Вивчення основних параметрів роботи та розрахунок пневмотранспортних установок

Мета роботи: вивчити будову і принцип дії пневмотранспортної системи, його призначення і основні технічні характеристики, навчитися визначити діаметр повітряного трубопроводу для транспортування борошна; встановити тиск повітря у компресорі та обчислити його продуктивність; визначити габарити гвинтового пневматичного агрегата живлення.

Обладнання та інструменти: макет пневмотранспортної установки, електросекундомір, лінійка сталева, рулетка, набір ключів та інструментів.

Зміст звіту:

1. Описати призначення і конструктивні особливості пневмотранспорту.
2. Описати призначення і конструктивні особливості додаткових пристроїв системи пневмотранспорту.
3. Розрахувати швидкість транспортування борошна.
4. Розкрити поняття вагової концентрації суміші.
5. Описати систему пневматичної механізації транспортування борошна на борошномельному виробництві.

Основні теоретичні положення

Пневматичний транспорт – це система для переміщення матеріалів під дією повітряного потоку. Він широко використовується на підприємствах текстильної промисловості для транспортування розпушеної бавовни від автоматичних постачальників до бункерів чесальних машин, а також для транспортування відходів борошномельного виробництва. Пневмотранспорт вбудований у технологічний ланцюг виробництва борошна.

Вибір окремих систем пневмотранспорту та їх кількість обумовлюється кількістю матеріалу, який транспортується, його особливостями, прийнятою схемою установки, довжиною системи, її розгалуженістю та ін.

До складу пневмотранспорту входить відцентровий вентилятор, трубопроводи для переміщення матеріалу, завантажувальний пристрій, приймальний пристрій, швидкісний конденсор для відокремлення волокнистого матеріалу, фільтр для очищення повітря.

Відцентрові вентилятори різних конструкцій використовуються у пневмосистемах в якості спонукальних пристроїв (створюють потік повітря) для руху жмуків бавовни. Вентилятор має колесо із 6-7 лопатями, через які вільно проходить волокнистий матеріал. Для руху матеріалу вентилятор створює тиск до 5 кПа .

Трубопроводи збирають з круглих сталевих труб товщиною $0,7 \text{ мм}$ і довжиною до 3 м , які з'єднуються за допомогою фланців. Діаметр труб залежить від продуктивності системи і швидкості руху повітря і зазвичай складає $80 - 280 \text{ мм}$. Біля поворотів трубопроводів передбачають оглядові вікна.

Швидкісний конденсор призначений для транспортування волокнистого матеріалу і часткового видалення пилу, дрібних сміттєвих домішок і пуху. Частота обертання конденсора $100-120 \text{ хв}^{-1}$, продуктивність (пропускна спроможність) – до 800 кг/год .

В системах пневмотранспорту переміщується суміш повітря і матеріалу. У відповідних пристроях системи матеріал видаляється, а повітря з пухом і пилом потрапляє для очищення на фільтри. Після очищення відпрацьоване повітря частково потрапляє у цех (рециркулює), тому воно не повинно вміщувати більше 30% пилу від гранично допустимої концентрації. Фільтри представляють собою комбінацію сітчастого фільтра і дванадцяти рукавного фільтра з механізмом для обтрушування рукавів.

Швидкість транспортування матеріалу, м/с :

$$\nu = \frac{V}{F}, \quad (7.1)$$

де V – об'єм повітря, який рухається, $\text{м}^3/\text{с}$;

F – площа поперечного перерізу трубопроводу, м^2 .

Послідовність виконання роботи

1. Накреслити розрахункову схему пневмотранспортної установки.

Таблиця 7.1 Вихідні дані

Варіант	Продуктивність, $\Pi_{техн}$, $m/год$	Габаритні розміри, м			Варіант	Продуктивність, $\Pi_{техн}$, $m/год$	Габаритні розміри, м		
		L_{z1}	$L_{\delta 1}$	L_{z2}			L_{z1}	L_1	L_2
1	25	100	10	50	16	40	95	15	90
2	30	95	15	55	17	45	100	20	50
3	35	90	20	60	18	50	70	25	55
4	40	85	25	65	19	55	75	10	60
5	45	80	10	70	20	60	80	15	65
6	50	75	15	75	21	65	85	20	70
7	55	70	20	80	22	70	90	25	75
8	60	100	25	85	23	75	95	10	80
9	65	95	10	90	24	80	100	15	85
10	70	90	15	50	25	85	80	20	90
11	75	85	20	55	26	90	85	25	50
12	80	80	25	60	27	40	90	10	55
13	85	75	10	65	28	45	100	15	60
14	90	70	15	70	29	40	70	20	65
15	25	80	25	75	30	30	80	25	70

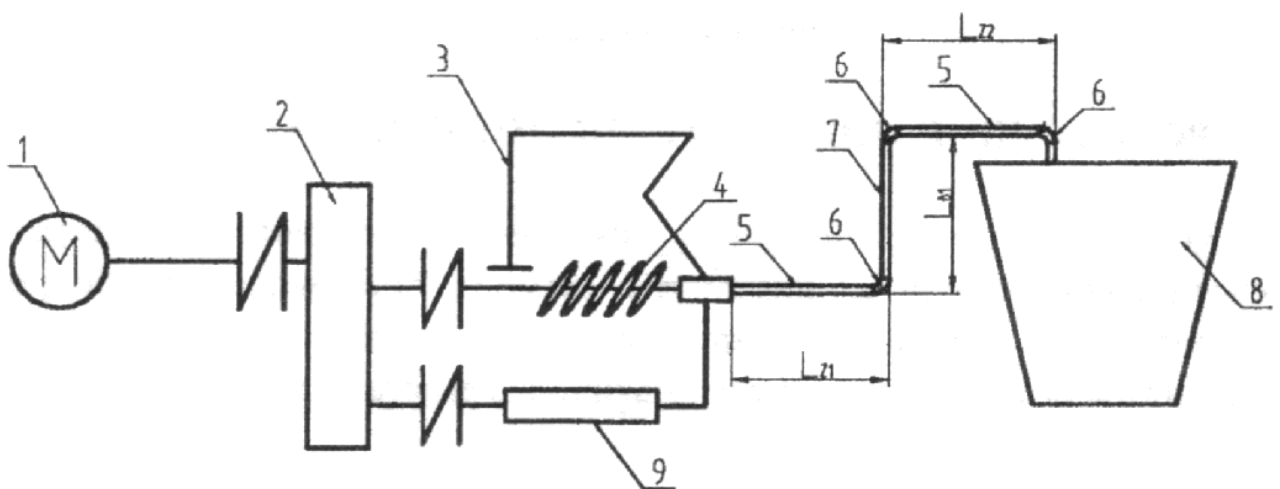


Рисунок 7.1 - Схема пневмотранспортного пристрою:

1 – двигун; 2 – редуктор; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – живильник; 5 – горизонтальні трубопроводи; 6 – коліно; 7 – вертикальний трубопровід; 8 – бункер; 9 – двоходовий перемикач

2. Визначити діаметр повітряного трубопроводу.

Зведена (розрахункова) довжина транспортування, м:

$$L_{зв} = \Sigma L_z + \Sigma L_{\theta} + \Sigma L_{ек} + \Sigma L_{ен}, \quad (7.2)$$

де (рис. 7.1) ΣL_z – сума довжин горизонтальних ділянок (поз. 5);

ΣL_{θ} – сума довжин вертикальних ділянок (поз. 7);

$\Sigma L_{ек}$ – сума довжин еквівалентних коліну (поз. 6, для коліна з кутом повороту 90^0 $L_{ек} = 7 \dots 8$ м);

$\Sigma L_{ен}$ – сума довжин еквівалентних перемикачам трубопроводів ($L_{ен} = 8$ м).

Коефіцієнт концентрації суміші μ вибрати за дослідною кривою (рис. 7.2, а) графіка залежності μ від L для нагнітальних установок, швидкість v_{θ} – за графіком (рис. 7.2, б) залежно від $L_{зв}$.

3. Внутрішній діаметр трубопроводу, м:

$$d_{\theta} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\theta}}{\pi \cdot v_{\theta}}}, \quad (7.3)$$

Розрахунок витрат повітря, м³/с:

$$Q_{\theta} = \frac{\Pi_{техн}}{4,5 \cdot \mu}, \quad (7.4)$$

де $\Pi_{техн}$ – загальна продуктивність ділянки, т/год (за табл. 7.1).

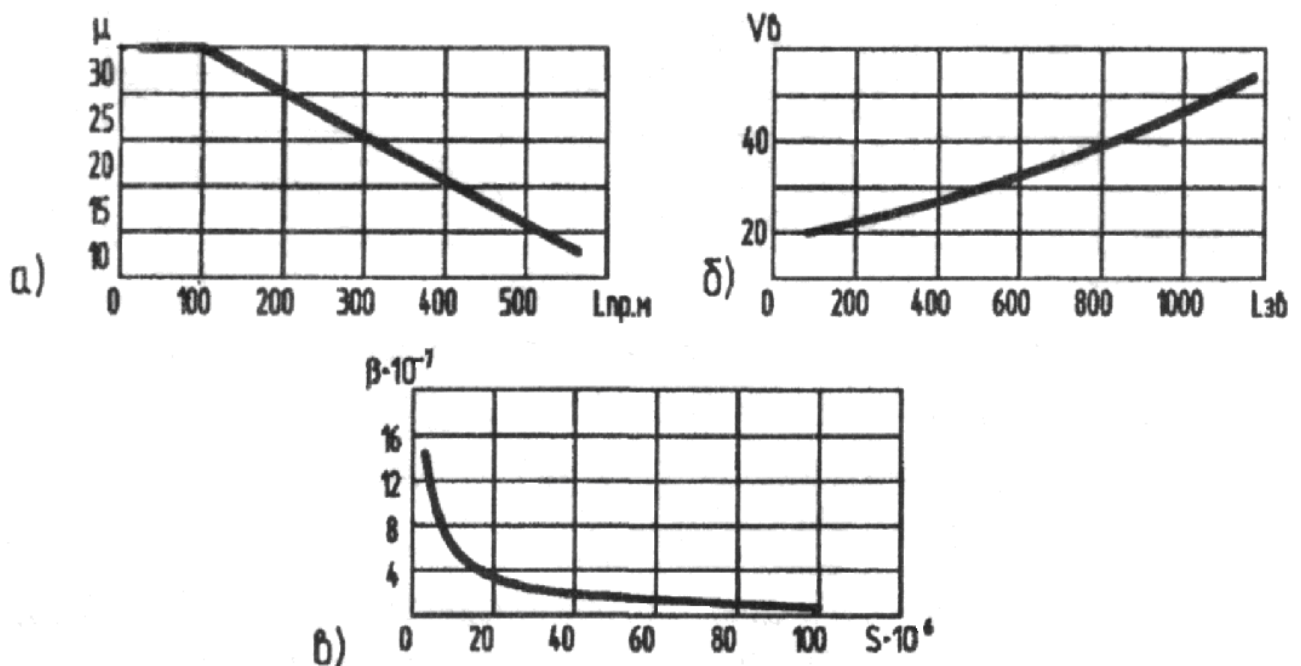


Рисунок 7.2 - Залежності параметрів пневмотранспортера цементу:

а – концентрації маси від довжини трубопроводу; б – швидкості повітря від довжини трубопроводу; в – коефіцієнта β від S

5. Тиск повітря на початку транспортного трубопроводу, $Па$:

$$P_H = \left(\sqrt{1 + S \cdot \beta} + \frac{\sum L \cdot \beta \cdot \mu}{10^6} \right) \cdot 10^5, \quad (7.5)$$

де β і S – коефіцієнти, які характеризуються умовами проходження повітря у трубопроводі; коефіцієнт β визначається за графіком (рис. 7.2, в):

$$S = \mu \frac{L_{\Sigma} \cdot V_6^2}{d}, \quad (7.6)$$

де ΣL_6 – висота транспортування, $м$;

γ_6 – питома вага повітря у нагнітальному трубопроводі, яка приблизно становить $18 Н/м^3$.

6. Тиск повітря у трубопроводі біля компресора, $МПа$:

$$P_k = P_H \cdot k_{\Pi} + P_{\Pi}, \quad (7.7)$$

де $k_{\Pi} = 1,2$ – коефіцієнт втрат у завантажувальному пристрої;

$P_{\Pi} = 0,03 МПа$ – втрати тиску у трубопроводі, який йде від компресора.

7. Продуктивність компресора, $м^3/с$:

$$P_{к.техн} = \frac{\pi \cdot d_6^2 \cdot V_6 \cdot k_H}{4}, \quad (7.8)$$

де $k_H = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує нещільності у з'єднаннях трубопроводу.

8. Гвинтовий агрегат живлення підбирається за внутрішнім діаметром трубопроводу, розрахованим в п. 4.

Таблиця 7.2 - Технічні характеристики гвинтових пневматичних агрегатів живлення

Показники	Діаметр гвинта агрегату, $мм$		
	150	200	250
Діаметр трубопроводу, $мм$	125	175	200
Продуктивність для цементу, $т/год$	25-30	35-80	80-160
Споживана потужність, $кВт$	35-50	60-120	150-200
Частота обертання двигуна, $об/хв$	1000		
Витрати повітря, $м^3/хв$	3,0	3,5	4,0
Тиск стиснутого повітря, $МПа$	0,3	0,3	0,4
Розрахункова довжина, $м$	150	200	300
Розрахункова висота підймання, $м$	25	30	30

9. Написати висновки по виконаній роботі.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____

Правила техніки безпеки

Забороняється без дозволу викладача вмикати обладнання та установки, користуватись приладами, які не використовуються для виконання даної лабораторної роботи, а також переносити прилади з місця на місце. При виявленні несправності негайно повідомити про це викладача, або когось із допоміжного персоналу кафедри, хто знаходиться в аудиторії.

Загалом необхідним є обов'язкове виконання всіх правил техніки безпеки та пожежної безпеки, які передбачені державними стандартами та інструкцією по університету.

Порушення правил техніки безпеки може призвести до нещасних випадків і веде за собою адміністративну та кримінальну відповідальність.

Чітке дотримання цих правил – це запорука вашої безпеки та безпеки ваших товаришів.

Контрольні питання

1. Призначення пневмотранспорту.
2. Принцип роботи пневмотранспорту.
3. Від чого залежить величина діаметра трубопроводу?
4. Від чого залежить швидкість транспортування матеріалу?
5. Переваги пневматичного транспортування вантажів.

Лабораторно-практичне заняття № 8

Тема: Вивчення конструкції та особливостей роботи малогабаритних навантажувачів циклічної дії

Мета роботи: - вивчити призначення, будову, технічні характеристики різних навантажувачів циклічної дії і способи виконання робіт з їх використанням;
- навчитися визначати технічну продуктивність навантажувача.

Обладнання та інструменти: - електронавантажувач типу ЕП-103, зразки різних вантажів, секундомір, рулетка, набір ключів та інструментів.

Зміст звіту:

1. Схема навантажувача із зазначенням основних вузлів і технічних параметрів.
2. Графік робочого циклу навантажувача.
3. Розрахунок продуктивності навантажувача.
4. Аналіз результатів розрахунків.
5. Висновки по роботі.

Основні теоретичні положення

Навантажувачі періодичної (циклічної) дії призначені для навантаження в транспортні засоби і складського переміщення штучних вантажів. В залежності від властивостей вантажу, що перевантажується, навантажувачі можуть бути обладнані вилами, грейфером, крановою стрілою, різного виду захоплювальними пристроями, затискачами та ін.

Для роботи всередині вагонів і складів закритого типу необхідні малогабаритні навантажувачі, що володіють високою маневреністю. Навантажувачі характеризуються наступними параметрами: розмірами (шириною B , B' , довжиною l), радіусом повороту (R), висотою підйому вантажу (n), максимальною висотою підняття каретки (h_1), висотою навантажувача з максимально піднятою кареткою (h_2),

вантажопідйомністю, робочими швидкостями, продуктивністю, стійкістю і масою. Габаритні розміри (рис. 8.1) і радіус повороту визначають маневреність навантажувача, можливість проходу його в двері складів, вагонів, а також ширину проїздів на складах між штабелями вантажів.

Робочими швидкостями навантажувача, визначальними в основному його продуктивність, є: швидкість пересування з вантажем і без, швидкість підйому і опускання вантажу, швидкість нахилу рами вантажопідйомника і т.д.

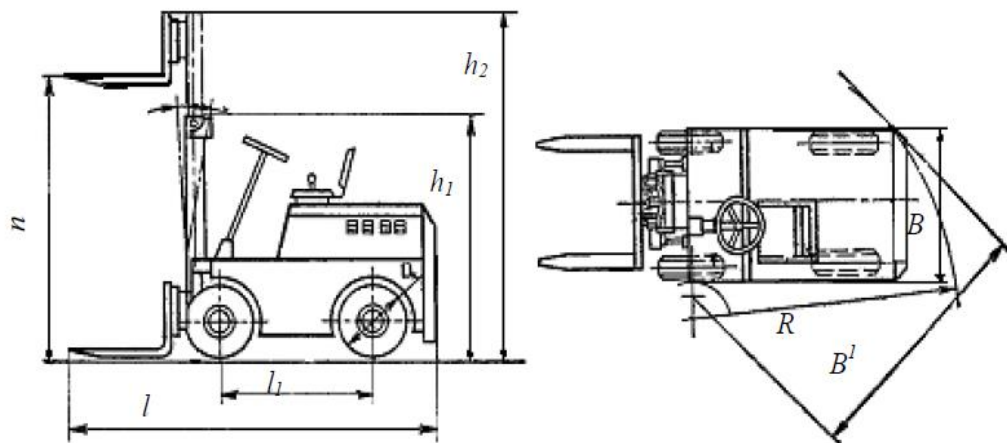


Рисунок 8.1 - Схема електронавантажувача з основними габаритними розмірами

Конструкцію чотириколісного навантажувача вивчимо на прикладі моделі ЕП-103 (рис. 8.2). На рамі 19 навантажувача жорстко закріплений провідний міст 10, обидва ходових колеса якого отримують обертання від електродвигуна 13 за допомогою механічного диференціала. Задній міст 17 подрессорен до рами 19 і обладнаний двома колесами, керованими водієм навантажувача за допомогою рульового колеса 2, черв'ячного редуктора 6, рульової тяги 18 і рульової трапеції, тяги якої кінематично зв'язують обидва колеса. Рама 1 вантажопідйомника консольно змонтована над ведучим мостом за допомогою двох шарнірів 9 і забезпечена двома циліндрами 8 нахилу її вперед або назад. Вертикально рухома каретка 11 вантажопідйомника оснащена закріплюються на ній вантажозахоплювальними пристроями, наприклад, вилами 12. На навантажувачі змонтована гідростанція, що містить електродвигун 15, гідронасос 14, гідро розподільну апаратуру 4, управління якою здійснюється водієм допомогою рукоятки 3.

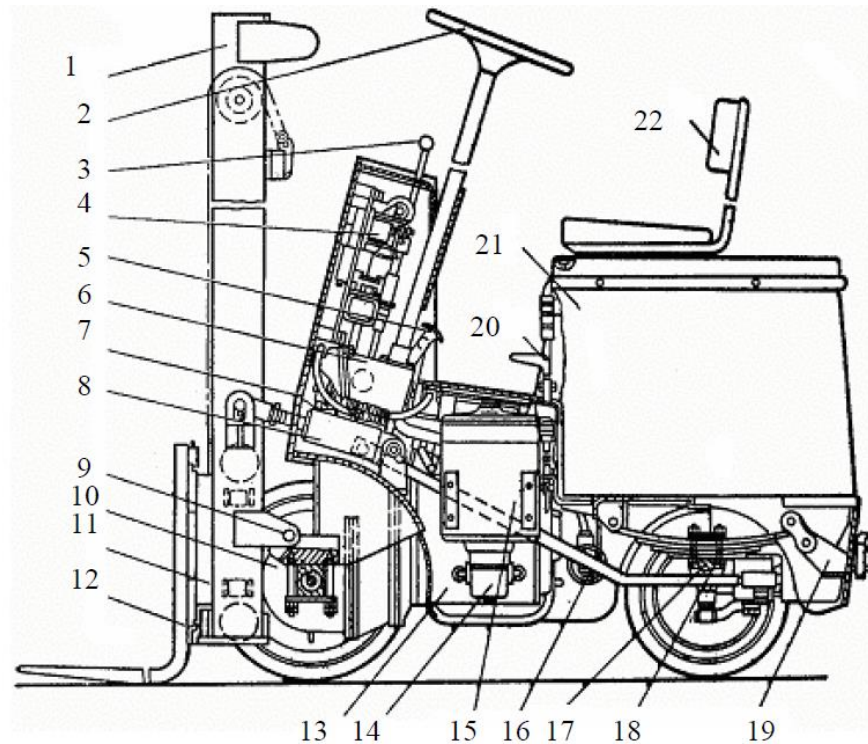


Рисунок 8.2 - Загальний вигляд електронавантажувача типу ЕП-103

У відсіку 7 також встановлена апаратура електро керування. На рамі над заднім мостом змонтована акумуляторна батарея 21, пусковий опір 16. Сидіння водія 22 закріплено на верхній кришці батареї. Навантажувач обладнаний ножним гальмом з приводом від педалі 5 і ручним гальмом 20. Навантажувач ЕП-103 випускається трьох модифікацій, що відрізняються параметрами вантажопідйомника, розрахованого на максимальну висоту підйому вантажу відповідно 1,8; 2,8 і 4,5 м. Для роботи в вагонах призначений навантажувач з висотою підйому вантажу 1,8 м.

Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з пристроєм і призначенням різних типів навантажувачів циклічної дії. Вивчити технічні параметри і основні характеристики електронавантажувача на прикладі моделі ЕП-103.

Вивчити основні типи змінних вантажозахоплювальних пристосувань до навантажувачів.

2. Вивчити основи технологічного процесу при переробці тарно пакувальних вантажів за допомогою навантажувачів. Для одного з можливих варіантів (навантаження, вивантаження з вагонів, автомобілів, сортування) провести хронометражні спостереження за елементами робочого циклу навантажувача і скласти графік такого

циклу без суміщення операцій. Зразок таблиці спостереження і графіка циклу наведено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 - Дані для побудови графіка циклу роботи навантажувача

Найменування операцій (Елементів циклу)	Тривалість операції, с				Час, с							
	Спостереження				10	20	30	40	50	60	70	80
	1	...	10	середнє								
1 Захват вантажу												
2 Підйом вантажу в транспортне положення												
3 Нахил рами												
4 Пересування навантажувача з вантажем												
5 Вирівнювання рами												
6 Опускання вантажу												
7 Звільнення вантажу												
8 Підймання захоплювального пристрою без вантажу												
9 Нахил рами												
10 Пересування навантажувача												
11 Вирівнювання рами												
12 Опускання захоплю вального пристрою												
РАЗОМ $T_{\text{ц}}, t_{\text{ц}}$												

3. За визначеним значенням тривалості циклів (з суміщенням $T_{\text{ц}}$ і без суміщення операцій $t_{\text{ц}}$) визначити коефіцієнт суміщення операцій в робочому циклі зі співвідношення:

$$\varphi = T_{\text{ц}} / t_{\text{ц}}.$$

4. Розрахувати технічну продуктивність навантажувача:

$$Q_{\text{тех}} = 3600 G_{\text{зр}} / T_{\text{ц}},$$

де $G_{\text{зр}}$ - маса вантажу, переміщеного за один цикл, т.

5. Визначити змінну виробіток навантажувача:

$$Q_{\text{см}} = 7 Q_{\text{тех}} K_{\text{вр}},$$

де 7 - тривалість робочої зміни, год;

$K_{\text{вр}}$ - коефіцієнт використання машини за часом, для навантажувачів можна прийняти $K_{\text{вр}} = 0,75$.

6. Далі слід зіставити розраховане значення $Q_{\text{см}}$ з нормою виробітку з ЕНВ [2] і в разі значної розбіжності пояснити причину цієї розбіжності.

7. Написати висновки по виконаній роботі.

Роботу виконав _____

Роботу прийняв _____

Правила техніки безпеки

1. Перед виконанням лабораторної роботи отримати у лаборанта необхідні прилади, матеріали, методичні вказівки і т. д. Перевірити наявність приладів і матеріалів згідно з інструкцією до лабораторної установки.

2. Категорично забороняється без дозволу викладача або лаборанта:

- вмикати в мережу з напругою 220В або 380В лабораторні установки;

- залишати без нагляду вимірювальні прилади та лабораторні установки;

- користуватися в лабораторії відкритим вогнем, крім спиртівок.

3. Якщо в процесі виконання роботи виявляються деякі поломки вимірювальних приладів, негайно доповідати керівникові занять. Самостійно усувати неполадки приладів категорично заборонено.

4. Після закінчення виконання лабораторної роботи повідомити викладача про закінчення експерименту та подати результати на підпис. Вимкнути з мережі прилади. Здати лаборанту отримані у нього прилади, матеріали, методичні вказівки і т. д.

Контрольні питання

1. Назвіть призначення навантажувачів періодичної дії.
2. Якими основними параметрами характеризуються навантажувачі?
3. Назвіть конструкцію чотириколісного навантажувача моделі ЕП-103.
4. Як розраховується технічна продуктивність навантажувача?
5. Як визначається змінний виробіток навантажувача?



Електронавантажувач ЕП-103КВ



Електронавантажувач ЕП-103КО

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондарев В. С., Дубинець О. І., Колісник М. П. та ін. Підйомно-транспортні машини: розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник з грифом МОН України Київ: Вища шк., 2009. 734 с.: іл.
2. Вікович І. А. Транспортні навантажувально-розвантажувальні засоби. Підручник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018. 678 с.
3. Григоров О.В., Петренко О.В. Вантажопідйомні машини. - Навчальний посібник. - Харків: НТУ «ХП», 2006. - 299 с.
4. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання. Навчальний посібник / В. О. Малащенко [та ін.]. Рівне : НУВГП, 2017. 346 с.
5. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.
6. Козуб Ю. Г., Маслійов С. В. Підйомно-транспортні машини. Підручник. Старобільськ: ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2018. 277 с.
7. Коруняк П. С., Баранович С. М., Власюк І. В., Швець О. П. Підйомно-транспортні машини: Лабораторний практикум. 2-е видання, виправлене і доповнене. Львів: ЛНАУ, 2014. 107с.
8. Любін М. В. Механізація транспортуючих робіт. Частина 2. Транспортуючі машини без тягового органу: Навчальний посібник / М. В. Любін – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. – 228 с.
9. Малащенко В. О., Стрілець В. М., Стрілець О. Р., Новіцький Я. М. Практикум з дисципліни "Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання": Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2018. 227 с.
10. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Підйомно-транспортні машини» частина 1: «Транспортуючі машини» з галузі знань – 20 «Аграрні науки та продовольство», Спеціальністю – 208 «Агроінженерія», освітнього ступеня – «Бакалавр» – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 100 с.
11. Методичні підходи для покращення самостійної роботи студентів з дисципліни “Використання техніки в АПК” / В. В. Підлісний, О. М. Семенов, В. М. Сірант // Професійно-прикладні дидактики. 2016. № 1. С. 131 – 138.
12. Особливості розрахунку приводних барабанів стрічкових вертикальних елеваторів / Н. М. Фідровська, І. М. Лук'янов //

Машинобудування. - 2015. - № 15. - С. 64-70. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mashbud_2015_15_11

13. Підлісний В. В., Інструктивно-методичні матеріали до лабораторно-практичних занять з дисципліни «Підйомно-транспортні машини» за розділом: «Вантажопідйомні машини» / для здобувачів першого бакалаврського рівня спеціальності 208 “Агроінженерія” / В. В. Підлісний, О. М. Семенов, Кам’янець-Подільський:, 2024. 88с.

14. Підйомно-транспортні машини. Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник для підготовки фахівців із напрямку 6.100202 «Процеси машини та обладнання агропромислового виробництва» // І. М. Бендера, О. Я. Стрельчук, В. В. Підлісний та ін. / За редакцією: І. М. Бендери та О. Я. Стрельчука, Кам’янець-Подільський: ФОП Сисин Я. І., 2014. 368 с.

15. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. Київ : Вища шк., 2009. 734 с.

16. Практикум з дисципліни «Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання». 2-ге видання. Навчальний посібник Львів: «Новий Світ-2000», 2024. 227 с.

17. Слепужніков Є. Д. Визначення динамічних навантажень при пересуванні вантажного візка мостового крана / Є. Д. Слепужніков // Машинобудування : зб. наук. пр. Харків : Укр. інж.-пед. акад., 2015. Вип. 16. С. 34–37.

18. Технологічне обладнання переробних та харчових виробництв. Лабораторний практикум для студентів інженерних спеціальностей [Текст] / [І. М. Бендера, О. М. Семенов, О. Я. Стрельчук, та ін.]. Кам’янець – Подільський : Абетка, 2008. 120 с.

19. ДСТУ EN 1554:2012 Стрічки конвеєрні. Випробування тертям на барабані (EN 1554:1998, IDT).

20. ДСТУ EN 14973:2012 Стрічки конвеєрні для підземного устаткування. Вимоги щодо електричної та пожежної безпеки (EN 14973:2006 +A1:2008, IDT).

21. ДСТУ ISO 252-1:2005 Стрічки конвеєрні з тканинним каркасом. Міцність зчеплення між складниками. Частина 1. Методи випробування (ISO 252-1:1999, IDT).

Навчальне видання

ПІДЛІСНИЙ Віталій Володимирович
СЕМЕНОВ Олександр Михайлович

ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ
до лабораторно-практичних занять з дисципліни
ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ МАШИНИ
змістовий модуль: «Транспортувальні машини та
навантажувачі»
для здобувачів першого бакалаврського рівня
спеціальності 208 Агроінженерія

У.д.а. 3,5. Тираж 25 прим.