

«Затверджено»

Навчально методичною комісією ННМІТІ ОНМУ

протокол № 13 від «_31_»_08_ 2026р.

Директор ННМІТІ  проф. О. Каніфольський

ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБОТ

Галузь знань

G «Інженерія, виробництво та будівництво»
шифр і назва галузі знань

Спеціальність

G.11 «Машинобудування»
шифр і назва спеціальності

Спеціалізація –

G11.05 «Транспортні засоби портової інфраструктури»



Одеса 2026 р.

Методичні вказівки розроблено Яременком Володимиром Анатолійовичем – доцентом кафедри «Підйомно-транспортні машини та інжиніринг портового технологічного обладнання» Одеського національного морського університету.

Методичні вказівки розглянуто та схвалено на засіданні кафедри «ПТМ та ІПТО» ОНМУ «_27_» __06 __ 2026 року
(протокол № _1__).

ЗМІСТ

**Лабораторна робота №1. СПЕЦІАЛІЗОВАНИЙ
ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАВАЛЬНИХ ВАНТАЖІВ**

.....

Лабораторна робота №2. ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ВІТАННЯ

.....

**Лабораторна робота №3. ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ
КОЕФІЦІЄНТІВ ОПОРУ НА ПРЯМИХ ДІЛЬНИЦЯХ ПОВІТРЯНИХ
ПРОВОДІВ**

Лабораторна робота №4. ДОСЛІДЖЕННЯ СТРІЧКОВОГО

МЕТАЛЬНИКА.....

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

СПЕЦІАЛІЗИРОВАННИЙ ПЕРЕГРУЗОЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАВАЛОЧНИХ ГРУЗОВ

1. Ціль лабораторної роботи

Ознайомлення зі схемою, складовими елементами та машинами спеціалізованого комплексу з відвантаження на судна навалочних вантажів та його параметрів. Набуття навичок у розрахунку продуктивності, окремих його складових елементів та перевантажувальних машин, а також в аналізі процесу роботи та взаємодії машин.

2. Модель перевантажувального комплексу.

Комплекс представлений його моделлю, до якої увійшли всі складові елементи та машини, а також допоміжні служби та інші приміщення. Комплекс служить для відвантаження на морські судна вугілля, що надходить у напіввагонах.

У тилу території комплексу розташована залізнична станція, що служить для маневрування та накопичення завантажених та порожніх вагонів. На двох передніх нитках колії розташовані два вагоноперекидачі. Склад комплексу складається з трьох розташованих уздовж причалу вантажних галерей, що формують штабелі вантажу, розділені

поперечними відвантажувальними конвеєрними лініями. Під штабелем розташовуються щілинні бункери з поздовжніми (розташованими вздовж причалу) стрічковими конвеєрами та роторними живильниками. Для відвантаження вугілля на морські судна встановлені дві поздовжні причальні галереї, з'єднані з двобарабанными скидками і п'ять причальних судновантажних машин, що переміщуються вздовж них.

Робота комплексу провадиться наступним чином.

Від складу, що прибув на станцію, з вугіллям вагони відчіплюються спеціальним маневровим пристроєм і подаються у вагоноперекидач, в якому розвантажуються і вантаж висипається в бункери, розташовані під вагоноперекидачем. З бункерів вантаж надходить на похилий стрічковий конвеєр, який піднімає його з тунелю і потім переміщає по наземній галереї, де проводиться його автоматичне зважування. Далі вантаж переміщається до поздовжніх вантажних галерей. Якщо здійснюється «прямий» варіант навантаження (за схемою вагон-судно), то від поздовжньої складської галереї вантаж безпосередньо надходить на конвеєри причальних галерей, а потім через судновантажні машини в трюм судна. За складським варіантом навантаження (за схемою вагон-склад) вантаж від поздовжніх складських галерей за допомогою двобарабанных розвантажувальних візків потрапляють в один з вантажних штабелів, розташованих під галереями. Вантаж у штабелях сортується за сортами та кускуватістю. Якщо здійснюється варіант навантаження судів зі складу (за схемою склад-судно), то за допомогою роторних живильників, вантаж забирається з дна щілинного бункера і потрапляє на підземний відвантажувальний поздовжній конвеєр, а потім, минаючи поперечний підземний відвантажувальний конвеєр, переміщається на конвеєри причальних галерей і да.

Можуть здійснюватися варіанти одночасного прийому вантажу від вагоноперекидачів та завантаження судна зі складу. При цьому вантаж може занурюватися на судна одночасно за «прямим» та «складським» варіантами. Схемою передбачається складування та навантаження на судно різних сортів вантажу. Слід знати, що з різними варіантами всі ланки перевантажувального комплексу повинні забезпечувати задану проектну продуктивність навантаження судна. Усі ланки транспортуючих машин і два вагоноперекидачі повинні забезпечити технічну продуктивність трьох судновантажних машин. Виходячи з цієї умови і проводиться проектування та вибір всіх елементів та машин спеціалізованого вантажного комплексу.

3. Методика проведення роботи та розрахункові залежності.

3.1. Ознайомитись з методичними вказівками щодо проведення роботи, пристроєм та елементами моделі вантажного комплексу.

3.2. Викреслити у протоколі частину схеми комплексу (за вказівкою викладача).

3.3. Кожній бригаді викладачем задаються:

- ширина стрічки одного конвеєра, рід та характеристика вантажу (кусковатість та ін);
- Довжина позовжнього та похилого конвеєрів вантажних галерей.

3.4. Визначається:

- продуктивність горизонтального конвеєра;
- Потужність приводу горизонтального конвеєра;
- ширина стрічки похилого конвеєра, що йде від вагоноперекидача, за заданими параметрами: продуктивності (отриманої раніше), куту нахилу конвеєра (рівному граничному куту нахилу конвеєра для розрахункового вантажу);
- циклічність роботи кожного вагоноперекидача T , опр/год для забезпечення отриманої раніше Q , при подачі вагонів вантажомісткістю 60 тонн (чотирьохосних) та 120 тонн (шестіосних).

3.5. Знаходять параметри проміжного бункера, встановленого між поперечним стрічковим конвеєром і позовжнім горизонтальним конвеєром, розрахунок якого було зроблено.

Умова завдання ємності бункера така, що в ньому має бути вдвоє більше тієї кількості вантажу, яка може бути в бункері при аварійній зупинці конвеєра, що завантажує, з урахуванням вільного ходу. Слід задатися часом гальмування до зупинки рівним $t_T = 3 - 4$ с. Тоді маса вантажу m_6 , поміщеного в бункері, дорівнює:

$$m_6 = 2 Q / 3600 t_T, \text{ т} \quad (1)$$

$$\text{Місткість бункера} \quad S_6 = m_6 / p \quad (2)$$

Розраховуємо кути нахилу стінок бункера α за умови $\alpha = p^1 + 10^0$

де ρ^1 - кут тертя вантажу про матеріал бункера і визначається значення найменшого a , м і найбільшого b м розмірів отвору бункера, для забезпечення його пропускної здатності рівної Q . При цьому слід врахувати що найменший розмір a :

$$a = b - (0,10 - 0,15) , \quad \text{м} \quad (3)$$

а найбільший – із умови

$$b^3 - 3 \rho b - 2 q = 0 .$$

3.6. Викреслюється бункер із верхньою призматичною, а нижньою – пірамідальною формами та центральним розташуванням випускного отвору.

4. Для виробництва розрахунків необхідні:

конспект лекцій, довідник.

5. Контрольні питання захисту протоколу лабораторної роботи.

5.1. Перерахувати основні складові елементи комплексу, представленого на схемі.

5.2. Розповісти та показати на схемі послідовність транспортування вантажу за варіантом «вагон-судно».

5.3. Розповісти та показати на схемі послідовність транспортування вантажу за варіантом «склад-судно».

5.4. Розповісти та показати на схемі послідовність транспортування вантажу за варіантом «вагон-склад-судно».

5.5 Розповісти про пристрій судновантажної машини та принцип її роботи.

5.6 Розповісти про влаштування вагоноперекидача і принцип його роботи.

5.7 Розповісти про влаштування щілинного бункера та роторного живильника, про принцип відвантаження вантажу зі складу.

5.8 Як підтримується складі комплексу пірамідальна форма штабеля незалежно від інтенсивності відвантаження через щілинний бункер?

5.9 Влаштування двобарабанного візка, що скидає.

6. Після закінчення роботи

- Оформити та надати до захисту протокол, у якому мають бути:
- Ескіз установки.
- Перелік параметрів, що замірюються, із зазначенням назв вимірюваних величин, їх числових значень і розмірностей.
- Результати розрахунків із зазначенням розрахункових формул, їх вирішення, розмірність.
- Здати інструменти та пристрої, прибрати робоче місце.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ВІТАННЯ

1. Ціль лабораторної роботи

Швидкість повітря, що рухається вгору у вертикальній трубі, при якій частка вантажу, вміщена всередині цієї труби, здійснює коливальний рух або залишається нерухомою, називається швидкістю витання v_v . Ця швидкість залежить від аеродинамічних властивостей частинок вантажу, що є функцією їхньої геометричної форми, розмірів і маси. Швидкість витання можна визначити з рівняння рівноваги частки вантажу масою m

$$mg = \frac{\gamma_v \cdot v_s^2}{2g} \cdot \varphi \cdot f$$

де φ - коефіцієнт опору;

f – площа міделєвого перерізу частинки;

γ_v - щільність повітря;

g - прискорення сили тяжіння,

$$v_s = \sqrt{\frac{2mg^2}{\varphi\gamma_B}}$$

Для частинок кулястої форми

$$v_s = 3,63 \cdot \sqrt{\frac{d\gamma_m}{\varphi\gamma_B}},$$

де: d – діаметр частинки, м;

γ_B і γ_m - відповідно щільність повітря та частки вантажу в кг/м³.

Для частинок неправильної форми об'єму у формулу (1) підставляється значення еквівалентного діаметра

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot \omega}{\pi}}.$$

Розрахункове значення v_s пов'язане з великими труднощами через недостатню вивченість величини коефіцієнта опору φ . У зв'язку з цим значення швидкості витання переважно визначають експериментально. Тому метою цієї лабораторної роботи є експериментальне визначення швидкості витання частинок вантажу та наближене визначення коефіцієнта опору φ .

2. Експериментальна установка

Лабораторна установка складається з вертикальної скляної труби, що злегка розширюється, вентилятора і приладів для вимірювання витрат повітря. При постійній витраті повітря та продуванні ним конічної скляної труби швидкість по довжині труби змінюється. Саме це поглинання використовують у досвіді. У трубу вводяться досліджувані частки вантажу і плавним збільшенням подачі повітря змушують їх витати або здійснювати коливальні рухи навколо

деякого середнього положення, що відзначається візуально. У зазначеному положенні вимірюється зовнішній діаметр труби і, знаючи товщину стінки труби, знаходять внутрішній діаметр труби і відповідну площу поперечного перерізу F .

3. Методика дослідження та розрахункові залежності

3.1. Кількість повітря, що протікає визначається дросельним методом. Для цього в трубопроводі між вентилятором і вимірювальною скляною трубкою встановлена гостра діафрагма, коефіцієнт витрати якої визначений таруванням.

$$\text{Тоді} \quad v_s = \frac{v}{F}$$

Секундна витрата повітря знаходиться за формулою

$$v = 0,785 \cdot \alpha \cdot d_0^2 \cdot \sqrt{\frac{2g}{\gamma_v} \cdot \Delta p} \quad \text{м}^3/\text{с}$$

Де - коефіцієнт витрати діафрагми; d_0 – діаметр дросельного отвору діафрагми; γ_v - щільність повітря; Δp - перепад тиску на дросельній діафрагмі, мм водяного стовпа.

При $\alpha = 0,972$; $d_0 = 20$ мм та $\gamma_v = 1,2$ кг/м

секундну витрату повітря можна визначити за формулою:

$$v = 1,24 \cdot 10^{-3} \sqrt{\Delta p} \quad \text{м}^3/\text{с}$$

При зміні діаметра труби D мм швидкість витання дорівнює

$$v_s = \frac{v}{F} = \frac{1,24 \cdot 10^{-3} \sqrt{\Delta p}}{0,785 \cdot 10^{-6} \cdot D^2} = \frac{1,58 \cdot 10^3 \sqrt{\Delta p}}{D^2} \quad \text{м/с}$$

За отриманим значенням v_s можна з формули (1) визначити значення коефіцієнта опору.

$$\varphi = \frac{13,2 \cdot d \cdot \gamma_m}{v_s^2 \cdot \gamma_B}$$

Отримані значення v_s і φ порівнюють з літературними даними.

3.2. За змістом завдання оформляється протокол, у якому результати експериментального дослідження заносяться до таблиці, наведеної нижче.

Таблиця 1.

Найменоване	Розрахункова формула	Розмірність	Рід вантажу		
Перепад тиску на діафрагмі, Δp	-	мм в. ст.			
Діаметр (унутр.) труби на середньому рівні витання, D		мм			
Швидкість витання, v_s		м/с			
Коефіцієнт опору, φ					

4. Для виробництва вимірів та розрахунків необхідно:

- ☐ Лінійка довжиною 1000 мм.
- ☐ Штангенциркуль.
- ☐ Секундомір.
- ☐ Рахунковий інструмент та фізико-технічний довідковий посібник.

5. Контрольні питання щодо захисту лабораторної роботи

- 5.1. Що таке швидкість витання?
- 5.2. Від яких чинників залежить швидкість витання?
- 5.3. Як влаштовано експериментальну установку?
- 5.4. З якого рівняння визначається швидкість витання?
- 5.5. Як визначити швидкість витання для частинок кулястої форми та з яких передумов складається рівняння?
- 5.6. Як визначити секундну витрату повітря на установці?
- 5.7. Як визначити коефіцієнт опору?

6. Заходи з техніки безпеки

- 6.1. Студент зобов'язаний пройти інструктаж та розписатися в журналі ТВ лабораторії.
- 6.2. Студент зобов'язаний обережно працювати з гирями натяжного пристрою, щоб уникнути їх падіння та травмування оточуючих.
- 6.3. При виявленні випадків сповзання стрічки з барабанів або пошкоджень шарнірного кріплення стрічки, троса натяжного пристрою або приводу стрічки негайно зупинити експеримент і попередити керівника робіт.

7. Після закінчення роботи

- Оформити та надати до захисту протокол, у якому мають бути:
- Ескіз установки.
- Перелік параметрів, що замірюються, із зазначенням назв вимірюваних величин, їх числових значень і розмірностей.
- Результати розрахунків із зазначенням розрахункових формул, їх вирішення, розмірність.
- Здати інструменти та пристрої, прибрати робоче місце.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ОПОРУ НА ПРЯМИХ ДІЛЬНИЦЯХ ПОВІТРЯНИХ ПРОВОДІВ

1. Ціль лабораторної роботи

У методах розрахунку опору на прямолінійних ділянках пневмотранспортних установок приймається, що опір руху суміші $\Delta P_{\text{см}}$ пропорційний опору під час продування трубопроводу чистим повітрям $\Delta P_{\text{в}}$.

$$\Delta P_{\text{см}} = \varepsilon \Delta P_{\text{в}}$$

Для горизонтальних прямолінійних ділянок невеликої довжини величину $\Delta P_{\text{в}}$ можна визначити за такою формулою:

$$\Delta P_{\text{в}} = \lambda L / d \cdot 0.5 \rho v^2 \quad (1)$$

Де λ – безрозмірний коефіцієнт опору;

L та d - відповідно довжина і діаметр ділянки труби, що розглядається;

v - середня швидкість повітря, м/с;

ρ - середня щільність повітря, кг/м³.

Коефіцієнт опору λ залежить від числа Re та відносної шорсткості внутрішньої поверхні трубопроводу. Величина коефіцієнта визначається зазвичай за емпіричними чи напівемпіричними формулами. Дане лабораторне дослідження присвячене експериментальному дослідженню (визначенню) величини та зіставленню отриманого значення з літературними рекомендаціями.

Робота виконується студентами та завершується протоколом, що містить заповнені таблиці за формою, що додається, та виконані розрахунки. До роботи студенти приступають після ознайомлення з правилами техніки безпеки, прийнятими в даній лабораторії.

2. Експериментальна установка.

Лабораторна установка складається з декількох ділянок жорстких та гнучких трубопроводів, в яких повітряний потік створюється коловратними вакуумнасосами.

3. Методика виконання та зміст лабораторної роботи.

Витрата повітря визначається за допомогою нормальної діафрагми, а тиск та перепади – за допомогою рідинних дифманометрів та манометрів. Температура повітря, що протікає, вимірюється термометром, барометричний тиск - барометром.

Вихідною базою для експериментального визначення служить формула (1), з якої отримуємо значення:

$$\lambda = 2 d \Delta P_v / \rho L v^2$$

З цього виразу видно, що для визначення λ , крім безпосереднього вимірювання величин L та d необхідно визначити значення ΔP_v , ρ та v^2 .

Величину ΔP_v можна виміряти під час експерименту безпосереднім вимірюванням тиску на початку і наприкінці досліджуваної ділянки трубопроводу загальною довжиною L . Перепад тиску $\Delta P_v = P_1 - P_2$. В обох випадках вимірюється величина розрідження Па (1 мм ст. Ст. = 10 Па). Для визначення швидкості повітря необхідно знайти витрату повітря в м³/с та переріз трубопроводу. Таким чином, це дослідження складається з 7 частин.

3.1. Визначення геометричних розмірів досліджуваних ділянок трубопроводів (L та d).

3.2. Складання схеми експериментальної установки із зазначенням вимірювальних приладів та пристроїв.

3.3. Визначення витрати повітря в експериментальній установці для 2-3 режимів роботи.

3.4. Визначення швидкості повітря.

3.5. Визначення щільності повітря, що протікає.

3.6. Визначення коефіцієнта опору.

3.7. Порівняння отриманих значень λ із розрахунковими за емпіричними формулами.

3.8. За зазначеним у попередніх пунктах змістом завдання оформляється протокол. При його складанні слід звернути увагу на те, що робота включає паралельне дослідження двох ділянок: одну зі сталевим трубопроводом, а іншу – з гнучкою гумовою неармованою трубою. Усі результати слід внести до табл. 1 та табл. 2.

Таблиця 1

Результати вимірювань та спостережень

Найменування	Позначення	Розмір- ність	Режим			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
Довжина сталевोї ділянки	L	м				
Діаметр труби	$d_c = 0.052$ $d_r = 0,048$	м				
Довжина гумової ділянки		м				
Показання манометра до діафрагми	P^1_d	мм в. ст.				
Показання дифманометра діафрагми		мм в. ст.				
Показання дифманометрів:						
а) який з'єднує початок і кінець ділянки сталевोї труби	ΔP^1_{1-2}	мм в. ст.				
б) який з'єднує початок і кінець ділянки гумової труби	ΔP^1_{3-4}	мм в. ст.				
Температура повітря		$^{\circ}\text{C}$				
Барометричний тиск		мм рт. ст.				

Таблиця 2.

Результати експериментального дослідження

Найменування	№ формул	Розмірність	Номер режиму		
			1	2	3
Абсолютний тиск повітря перед діафрагмою	5	Па			
Щільність повітря, що протікає	4	кг/м ³			
Об'ємна витрата повітря	6	м ³ /с			
Швидкість повітря:					
сталевий трубі	7	м/с			
гумової трубі	7	м/с			
Експериментальне значення λ					
у сталевих трубах					
у гумових трубах					
Число Re					
у сталевих трубах	12				
у гумових трубах					
Розрахункове значення λ для гладкої сталевий труби	8				
Граничне значення для перехідної області	10				
визначення значення для шорсткої труби	9				
Для гладких гумових труб	11				
Відносне відхилення експериментальних та розрахункових величин	13				

Працюючи над складанням протоколу, слід також керуватися такими положеннями та залежностями. Обсяг витрата повітря визначається дросельним способом за допомогою нормальної діафрагми, вмонтованої в одну з ділянок трубопроводу.

Рівняння витрати записується у такому вигляді:

$$g_B = \alpha F_0 \sqrt{20h/\rho_d}, \text{ м}^3, \quad (3)$$

Де α – коефіцієнт витрати для встановленої нормальної діафрагми;

F_0 - площа отвору дросельного приладу (діаметр отвору у встановленій діафрагмі $\delta = 37,4$ мм);

h - перепад стовпів рідини на диференційному манометрі, підключеному до діафрагми (мм при заповненні його водою);

ρ_d - Щільність повітря за станом перед діафрагмою, кг/м³.

Цю величину визначають із рівняння стану

$$\rho_d = P_d/RT, \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$

де P_d – абсолютний тиск повітря за станом перед діафрагмою.

$$P_d = 133,3 P_{\text{бар}} \pm h_0, \text{ Па} \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right), \quad (5)$$

$P_{\text{бар}}$ - показання барометра, мм рт. ст.;

h - перепад тиску в мм ст. ст. на манометрі, підключеному діафрагмі;

R - газова постійна (для повітря $R = 287,1$);

T - абсолютна температура повітря ($T = 273^\circ \text{C}$).

Після встановлення значення F_0 в мм² отримуємо просту розрахункову формулу для секундної витрати

$$g_B = 36 * 10^{-4} \sqrt{h/\rho_d}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

Визначення швидкості повітря її середньому значенні на досліджуваному ділянці визначається залежно від

$$V = \frac{g_B}{F} = 4g_B/\text{Па}^{1/2}, \text{ м/с},$$

Де d - діаметр трубопроводу, м.

При підстановці значення d в мм

$$V = 1,27 * 10^6 g_B / d^2, \text{ м/с} \quad (7)$$

На підставі отриманих величин визначаємо експериментальне значення λ по формулі (2). Нагадуємо, що втрату тиску на ділянці трубопроводу, що досліджується, визначаємо дифманометром, підключеним до початку і до кінця ділянки. Дослідження проводиться для 2 – 3 режимів руху повітря та зміна режиму повітря здійснюється дросельною заслінкою на вході повітря у трубопровід. Отримані експериментальні значення λ порівнюємо з розрахунковими, отриманими з широко поширених формул. Для сталеві труби визначається три значення λ : для гладкої труби за формулою професора Філоненка

$$\lambda_2 = \left(\frac{0,52}{lgRe/8} \right)^2 \quad (8)$$

Для шорстких труб у квадратичних областях перебіг не залежить від Re і визначається лише значенням відносної шорсткості.

$$\lambda_{ш} = \left(\frac{1}{1,14 + 2lgd/L} \right)^2 \quad (9)$$

Для досліджуваного трубопроводу приймається $\Delta = 0,2$ мм.

Квадратний режим настає при $Re > 500 d / \Delta$,

У перехідній області при числі Re , знаходимося в межах

$$\frac{23d}{\Delta} < Re < \frac{500d}{\Delta} \quad (10)$$

λ залежить як від Re , так і від відносної шорсткості і визначається за формулою

$$\lambda_{пер} = 0,1 \left(\frac{1,46\Delta}{d} + 100/Re \right)^{0.25} \quad (11)$$

Значення числа Рейнольдса підраховується за формулою

$$Re = vd/\nu, \quad (12)$$

де d - діаметр трубопроводу, м;

v - швидкість повітря у трубі;

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, величину якого можна прийняти.

$$\nu = 1,5 \times 10^{-5}$$

Отримане з експерименту значення λ для гнучкої ділянки трубопроводу слід зрівняти з розрахунковим значенням за формулою для гладких неармованих труб.

$$\lambda = \frac{0,5}{0,265Re} \quad (13)$$

4. Для проведення замірів і розрахунків необхідні:

- 4.1. Термометр.
- 4.2. Дифманометр.
- 4.3. Штангенциркуль і лінійка.
- 4.4. Конспект лекцій.

5. Контрольні питання для захисту протоколу лабораторної роботи.

- 5.1. Які допущення приймаються при розрахунку протидії на прямолінійних ділянках пневмотранспортних установок?
- 5.2. Від яких величин і факторів залежить коефіцієнт співпротидлення?
- 5.3. Опишіть пристрій експериментальної установки та елементи, з яких вона складається.
- 5.4 Назвіть прилади, що мають у установці, і які розміри їх вимірюються.
- 5.5. В яких величинах вимірюється об'ємний витрата повітря і як його знайти?
- 5.6. Напишіть формулу для секундного витрати повітря.
- 5.7. З яким теоретичним розрахунковим заняттям слід зрівняти експериментальну величину коефіцієнта для гнучкої ділянки трубопроводу?

6. Заходи з техніки безпеки

6.1. Студент зобов'язаний пройти інструктаж та розписатися в журналі ТВ лабораторії.

7. Після закінчення роботи

- Оформити та надати до захисту протокол, у якому мають бути:
- Ескіз установки.
- Перелік параметрів, що замірюються, із зазначенням назв вимірюваних величин, їх числових значень і розмірностей.
- Результати розрахунків із зазначенням розрахункових формул, їх вирішення, розмірність.
- Здати інструменти та пристрої, прибрати робоче місце.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЧКОВОГО МЕТАЛЬНИКА

1. Ціль лабораторної роботи

Стрічкові металіки використовуються в морських портах для завантаження підпалубних просторів морських суден навалочними вантажами (зерно, вугілля, руда та ін.)

Студенти повинні ознайомитися з пристроєм стрічкового барабанного металіка, його роботою та умовами експлуатації, а також набути навичок у розрахунку продуктивності металіка, траєкторії метання різних вантажів та інших характеристик.

2. Експериментальна установка

Установка є модель стрічкового барабанного металіка з нижнім вильотом вантажу (див. мал. 4.1.). металік складається з стрічки, що обгинають кінцеві барабани і двох дисків, в просвіт між якими подається на стрічку вантажу з бункера через заслінку, що регулює подачу вантажу.

Частинки вантажу, що потрапили на вигнуту по колу ділянку стрічки, притискаються до неї під дією відцентрової сили і тому з'являється можливість на відносно короткій ділянці дати вантажу велике прискорення і забезпечити велику швидкість метання, а, відповідно, і дальність польоту частинок, що залишили стрічку. Дальність метання вантажу залежить від швидкості руху стрічки, кута обхвату стрічкою притискних дисків, коефіцієнта тертя вантажу про стрічку та початкової швидкості падіння вантажу на стрічку.

3. Методика дослідження та розрахункові залежності.

3.1. Ознайомитись з умовами цієї інструкції щодо проведення лабораторної роботи, вивчити елементи конструкції металника та основні аналітичні залежності.

3.2. Виміряти: ширину стрічки, B_c , м; відстань між дисками B_D , м; діаметр притискних дисків D , м; кут обхвату стрічкою притискних дисків α_1 , град.; кут відриву вантажу від стрічки, α_2 град; насипна щільність вантажу ρ т/м³ (або масу штучного вантажу); діаметр шківів $D_{ш1}$ на валу ел. двигуна та шківів $D_{ш2}$ на валу дисків; висоту вільного падіння вантажу на стрічку h , м.

3.3. Викреслити в протоколі схему металника та його приводу, а також траєкторію вільного польоту вантажу від металника до відбійного щита. На малюнку вказати всі вимірювані, відповідно до умов завдання, параметри.

3.4. Перед пуском металника попередньо здійснюється завантаження мірної ємності насипним вантажем і визначається сила тяжкості цього вантажу G , н. Повністю закрити заслінку отвору завантажувального бункера. Під столом установки, безпосередньо під отвором приймального бункера, встановлюється приймальна ємність, потім засипається в бункер вантажу з мірної ємності.

3.5. Здійснити запуск металника, після чого відкрити заслінку бункера до першого положення (отвір бункера відкрито наполовину). Потрапив на стрічку металника вантаж прискорюється і, набуваючи запас кінетичної енергії, відривається від неї і переміщається у вільному польоті до відбійного щита, після чого, минаючи відвантажувальний бункер столу потрапляє в приймальну ємність. Одночасно з відкриттям заслінки, одним із студентів за допомогою секундоміра проводиться замір часу t , протягом якого металником буде проведено відвантаження вантажу вагою G . Інші студенти тим часом визначають середнє значення координати y_1 , м метання вантажу в відбійний щит.

3.6. Після повного відвантаження вантажу зупинити установку. Здійснити замір площі отвору F_1 , m^2 завантажувального бункера і відстань точки відриву вантажу від стрічки до відбійного щита x_1 , м.

3.7. Зробити розрахунок:

- Продуктивності металника при заданій площі отвору бункера за формулою

$$Q = 3,6 G/gt, \text{ т/год},$$

де G – маса переробленого вантажу, кг;

t - тривалість роботи металника при викиді вантажу, що визначається за допомогою секундоміра.

- Швидкості закінчення вантажу з бункера, що визначається за формулою:

$$V_B = Q / 3600 F_1 \rho, \text{ м/с}$$

- Швидкості (V_c), з якою вантаж, що падає, стосується стрічки, яка визначається за формулою:

$$V_c = \sqrt{V_K^2 + 2gh}, \text{ м/с}$$

- Початкової швидкості, з якої вантаж починає розгін на стрічці, яка визначається як складова вектора вертикальної швидкості вантажу та швидкості, спрямованої по дотичній до поверхні барабана в точці А:

$$V_H = V_c * \sin(\alpha_1 - \alpha_2), \text{ м/с}$$

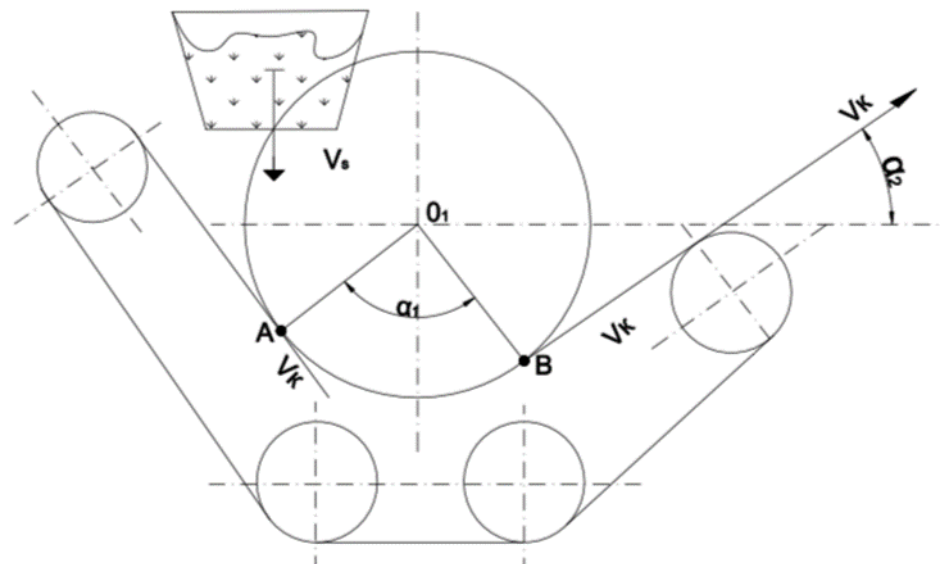
- Дальності польоту частинок вантажу (див. рис 4.1. б), яка може бути визначена за отриманими експериментально параметрами частини x_1 та y_1 кривої вільного польоту вантажу, що є параболою, рівняння її по всій траєкторії польоту частинок при заданих x_1, y_1 та α_2 , і має вигляд:

$$x_2 = \frac{x_1^3 * tg\alpha_2}{(y_1 - x_1 * tg\alpha_2)^2}, \quad \text{м}$$

- Розрахункового значення кінцевої швидкості руху вантажу на стрічці, з якою вантаж відривається від стрічки, що визначається залежністю:

$$V_K = \sqrt{gx_2/\sin 2\alpha_2}, \quad \text{м/с}$$

Проводиться порівняння значень розрахункової швидкості вантажу в точці В зі швидкістю стрічки в цій же точці. Слід зазначити, що з конструюванні металника необхідно задаватися , т.к. за рівності цих швидкостей буде відсутнє переміщення вантажу щодо поверхні стрічки, тобто вантаж буде притиснутий відцентровою силою до стрічки і набере перед відривом швидкість, що дорівнює швидкості стрічки. Як свідчить досвід, нерівність $V_c > V_k$ не призводить до збільшення відстані метання вантажу, лише викликає зростання втрат на тертя між вантажем і стрічкою.



4. Для виробництва вимірів та розрахунків необхідно:

- Лінійка довжиною 1000 мм.
- Штангенциркуль.
- Секундомір.
- Рахунковий інструмент та фізико-технічний довідковий посібник.

5. Контрольні питання для захисту протоколу лабораторної роботи.

5.1. Влаштування стрічкового барабанного метальника.

5.2. За рахунок чого забезпечується велике прискорення вантажу на малому відрізку колії?

5.3. Як розраховується траєкторія вільного польоту вантажу?

5.4. Де застосовуються метальники? Які їх переваги та недоліки перед іншими машинами переміщення сипких вантажів?

5.5. Які бувають схеми металевих машин?

5.6. Як розраховується продуктивність метальника?

5.7. Як розраховується кінцева швидкість частки вантажу на стрічці?

5.8. Як розраховується початкова швидкість вантажу на стрічці?

6. Заходи з техніки безпеки

6.1. Студент зобов'язаний пройти інструктаж та розписатися в журналі ТВ лабораторії.

7. Після закінчення роботи

- Оформити та надати до захисту протокол, у якому мають бути:
- Ескіз установки.
- Перелік параметрів, що замірюються, із зазначенням назв вимірюваних величин, їх числових значень і розмірностей.
- Результати розрахунків із зазначенням розрахункових формул, їх вирішення, розмірність.
- Здати інструменти та пристрої, прибрати робоче місце.

