

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

Тема: ГІДРАВЛІЧНИЙ І ПНЕВМАТИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

Мета: вивчення пристрою і принципу дії механічного обладнання установок гідравлічного та пневматичного транспорту; придбання практичних навичок по їх розрахунку.

Час: 2 год.

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

У процесі підготовки до заняття студент в обов'язковому порядку повинен виконати наступні завдання:

- вивчити конспект лекцій;
- опрацювати рекомендовану літературу;
- занести у зошит для практичних робіт відповіді на такі питання:

а) Призначення гідро- та пневмотранспорту.

б) Класифікація гідро- та пневмотранспорту.

– повторити: загальні відомості про транспортування зернових мас та борошна;

– знати: принцип роботи гідро- та пневмотранспорту;

– вміти: виконати розрахунок пневмотранспорту.

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Гідравлічний транспорт

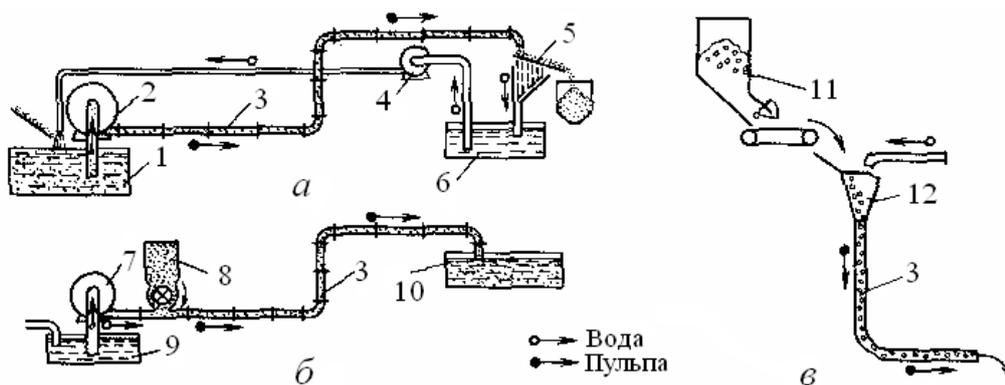
Установки гідравлічного транспорту (рис. 1) служать для переміщення насипного вантажу по трубах і жолобах в струмені рідини (води). Суміш вантажу з водою називається гідросуміш або пульпа. Принцип дії гідравлічних транспортних установок полягає в передачі енергії води, що рухається, часткам насипного вантажу і переміщенні їх з великою швидкістю.

Гідротранспортні установки розділяють на напірні і безнапірні. По жолобах (каналах) пульпа переміщається самопливно у бік руху. По трубопроводах

пульпа переміщається самопливно або під натиском за допомогою насоса: в горизонтальному напрямі, вниз або вгору.

Гідротранспорт застосовується в котельних ТЭС (для прибирання золи, шлаку); на металургійних заводах (для прибирання шлаків); у гірській промисловості (підйом на поверхню вугілля, руди і подача в шахти закладного матеріалу); на збагачувальних фабриках; у хімічній промисловості; у будівництві (переміщення розмитого струменем води ґрунту); у харчовій промисловості (переміщення зерна в мийних машинах).

Перевагами гідротранспортних установок є: компактність трубопроводів; герметичність; висока продуктивність; велика довжина транспортування по складній трасі; простота технічного обслуговування; можливість створювати будь-яку по контурах трасу; автоматизація процесу транспортування; забезпечення завантаження і розвантаження у будь-якій точці траси.



а - з пульпонасосом; б - з водяним насосом і живильником; в - самопливна;
1 - водопровід; 2 - пульпонасос; 3 - пульпопровід; 4 - насос для чистої води; 5 - водовіддільний гуркіт; 6 - резервуар для пульпи; 7 - водяний насос; 8 - бункер з живильником; 9 - резервуар для води; 10 - резервуар для пульпи; 11 - бункер для породи; 12 - воронка змішувача

Рисунок 1 – Схеми гідротранспортних установок.

До недоліків відносяться: обмеження асортименту вантажів (по гранулометричному складу), що транспортуються; підвищений знос трубопроводу; збільшена витрата енергії; потреба у великих кількостях води і небезпека її замерзання в зимових умовах; підвищена вологість в закритих приміщеннях.

Завантажувальні пристрої (живильники) служать для подачі насипного вантажу в трубопровід, який знаходиться під високим тиском. Завантажувальні пристрої не повинні при роботі пропускати воду з трубопроводу, за принципом дії виконуються камерними (найбільше застосування) і безкамерними.

Камерні живильники забезпечують циклічну подачу вантажу, безкамерні - безперервну. Цикл роботи камерних живильників складається з часу наповнення камери, її звільнення і маневрування затворами, що по черзі закриваються і відкриваються. Управління затворами двох секцій камерних живильників, що поруч стоять, виконується таким чином, що в період, коли випускна камера однієї секції заповнюється вантажем, друга розвантажується в трубопровід.

Пульпонасоси використовуються відцентрові і поршневі (при переміщенні неабразивних вантажів). Перевагою поршневих насосів є створення високих тисків; недоліками - швидкий знос, великі габаритні розміри, пульсуюча дія, сприяюча випаданню часток твердих фракцій в трубопровід. По конструкції і принципу дії відцентрові насоси майже не відрізняються від насосів для води.

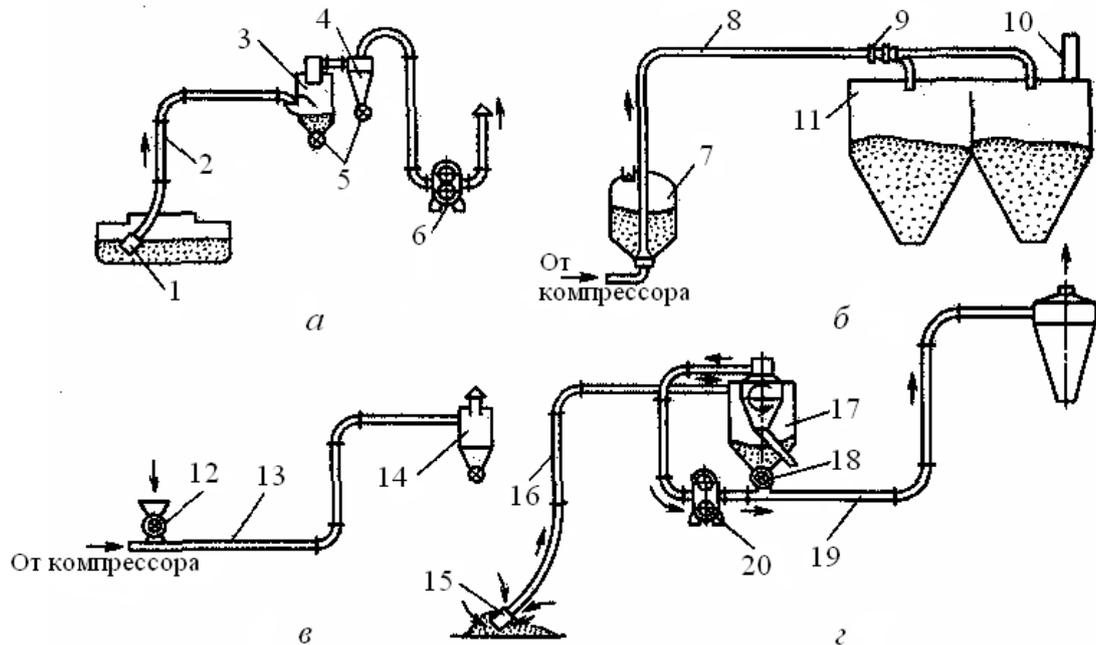
Використовуються одноступінчаті (основний тип), двох- і багатоступінчасті насоси (досить рідкісне застосування).

Основні вимоги, що пред'являються до пульпонасосів: транспортування великих (до 100 мм) шматків вантажу; висока зносостійкість; зручність обслуговування і ремонту. Для збільшення терміну служби швидкозношуваних елементів пульпонасосів застосовують спеціальні сталі і матеріали, армування навулканізованою гумою.

Пневматичний транспорт

Установки пневматичного транспорту служать для переміщення насипних і штучних вантажів по трубах або жолобах в струмені стислого або розрідженого повітря. Установки для насипних вантажів переміщують пилоподібні, порошкоподібні, зернисті і кускові матеріали, а установки для штучних вантажів призначені для транспортування по трубах відправлень (пневмопошта), виробничої документації і дрібних вантажів, укладених в патрони. Рух повітря в трубопроводі створюється нагнітальними або вакуумними насосами.

Установки, що транспортують насипний вантаж в зваженому стані в потоці повітря, розділяють на всмоктуючі (вакуумні), нагнітальні (напірні) і комбіновані (рис. 2).



а - всмоктуюча; б і в – нагнітальні високого тиску; г – всмоктуюче - нагнітальна; 1, 15 - сопло; 2, 8, 13, 16, 19 - трубопровід; 3 - приймальний резервуар-віддільник; 4 - пиловловлюючий циклон; 5, 18 - шлюзові затвори; 6, 20 - повітродувна машина; 7 - камерний живильник; 9 - перемикач; 10 - фільтр; 11 - бункер; 12 - живильник; 14, 17 - віддільник

Рисунок 2 - Схеми пневмотранспортних установок :

Всмоктуючі установки використовуються там, де вимагається забирати насипний вантаж з декількох пунктів і передавати його в один приймальний пункт, наприклад, при вивантаженні зерна з барж в приймальний склад (декілька сопел засмоктують зерно відразу з багатьох відсіків трюму). У всмоктуючих установках вантажі переміщуються під дією розрідженого повітря, вантаж поступає в трубопровід через всмоктуюче сопло, а в кінцевому пункті шлюзується з камери з розрідженим повітрям в зовнішній простір. Машинна частина всмоктуючих установок (повітряний насос і віддільний пристрій) розташована з того боку трубопроводу, в який відбувається транспортування вантажу.

Нагнітальні установки зручні в тих випадках, коли вантаж, що отримується з одного пункту, необхідно розподілити по декількох приймальних точках. У нагнітальних установках вантаж переміщується в струмені стислого повітря. Вантаж поступає в трубопровід за допомогою живильників в трубопровід, що знаходиться під тиском, при цьому "переносна" здатність струменя вища, ніж у всмоктуючих установках із-за перепаду тиску і більшої швидкості струменя. Нагнітальні установки застосовуються для важко переміщуваних вантажів, при транспортуванні на великі відстані або на підйом. Машинна частина розташована з того боку трубопроводу, від якого походить транспортування вантажу.

Пневмоустановка комбінованого типу забирає вантаж з декількох завантажувальних місць і подає одночасно в декілька приймальних пунктів. Вантажі переміщуються під дією розрідженого повітря і в струмені стислого повітря. Машинна частина розташована в проміжній точці трубопроводу. Пневмоустановки комбінованого типу найбільш зручні для розгалуження трубопроводів з обох боків.

Струмінь повітря, що рухається по трубопроводу з великою швидкістю утворює з мілкофракційним вантажем досить однорідну аеросуміш, що заповнює переріз трубопроводу. Частки вантажу переміщуються стрибкоподібно в зваженому стані і ковзанням по нижній стінці труби.

Пневмотранспортні установки для насипних вантажів за принципом дії розділяють на ті, що транспортують вантаж в потоці повітря в зваженому стані і що транспортують вантаж методом аерації, тобто, насичення повітрям сипкого тіла, властивості рідини, що набуває при цьому, і поточного по похилому жолобу під дією сили тяжіння.

В якості повітродувного устаткування в нагнітальних системах використовують компресори, повітродувки і вентилятори, у вакуумних (всмоктуючих) - вакуум-насоси і вентилятори.

Пневмотранспорт широко використовується у будівництві, сільському господарстві, різних галузях промисловості, при проведенні перевантажуваль-

них операцій на залізничному транспорті, в морських і річкових портах, на транспортних перевантажувальних вузлах комплексах.

Установки пневматичного транспорту призначені для переміщення цементу, дрібно- і середньокускового вугілля, подрібненої породи, зерна, солі і інших сухих порошкоподібних і дрібнокускових вантажів.

Основними параметрами пневмотранспортних установок є: продуктивність - до 100 т/год. і довжина транспортування від 100 м до декількох кілометрів.

До переваг відносяться компактність і герметичність системи; відсутність втрат вантажу; складна конфігурація траси; висока надійність; зручність і простота технічного обслуговування із-за зосередження основного устаткування в одному місці; забезпечення розгалужених вантажопотоків; можливість сполучення з технологічним процесом. Недоліками є висока енергоємність; інтенсивне зношування трубопроводів (особливо на ділянках поворотів); обмеження асортименту вантажів, що транспортуються.

Завантажувальні пристрої (живильники) служать для подачі насипних вантажів в нагнітальний трубопровід. Використовуються камерні і безкамерні живильники. Камерні живильники виконуються одно- і двокамерними. У однокамерного живильника, працюючого з подачею повітря вгору, транспортний трубопровід вертикально по осі камери. У нижній конічній частині камери розташовані пористі плитки, через які проходить стисле повітря, аеруючи нижні шари вантажу, що лежать в камері. Аерований матеріал під тиском повітря поступає в трубопровід і рухається по ньому вгору. Камерні живильники не мають деталей, що обертаються в сипкому середовищі, і тому можуть застосовуватися при транспортуванні абразивних матеріалів.

Віддільники служать для відділення насипного вантажу від аеросуміші і розташовуються в кінцевому пункті, а в комбінованих системах в проміжних пунктах установки.

Віддільники є резервуаром, в якому швидкість струменя повітря різко зменшується, вантаж випадає із струменя, збирається на дні резервуару і випускається через затвор. Для ефективнішого відділення часток вантажу усередині

резервуару встановлюють направляючі поверхні з листової сталі, ударяючись об які, струмінь аеросуміші змінює свій напрям. Сприяючи випаданню з неї часток вантажу.

Повітродувні машини виконують відцентровими або поршневыми залежно від тиску і умов роботи.

Відцентрові машини розділяють на вентилятори і турбомашини; поршневі машини є з обертальним рухом робочого органу (ротаційні) і із зворотно-поступальним рухом поршня. Дія відцентрових машин заснована на відцентровому принципі, при якому кінетична енергія струменя повітря перетворюється на потенційну енергію тиску.

За способом створення перепаду тисків пневмотранспортні установки бувають всмоктувального типу – вакуумні (низьконапірні), нагнітальні (високонапірні) і комбіновані (всмоктувально-нагнітальні).

На рис. 3 подана схема всмоктувальної пневмотранспортної установки.

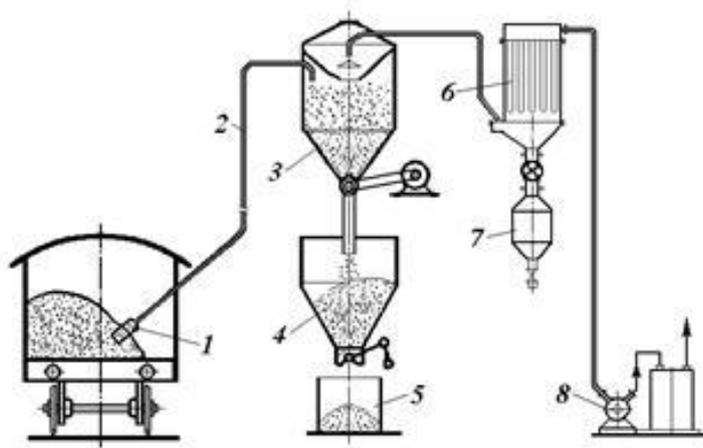
Установка дозволяє переміщувати тонкодисперсні матеріали на відстань до 100 м при використанні розрідження до $(5 - 6)10^4$ Па. За допомогою вакуумнасоса 8 в апаратах установки і транспортних трубопроводах створюється розрідження. При збільшенні розрідження в системі помітно зменшується густина повітря, внаслідок чого знижується його транспортуюча спроможність.

Сипкий матеріал через пневмоприймальне сопло 1 разом із повітрям всмоктується в трубопровід 2 і транспортується в бункер 3, де матеріал осаджується і перевантажується за допомогою секторного живильника в приймальний бункер 4. Запилене повітря потім послідовно проходить через циклон (на рис. 3 не показаний) і рукавний фільтр 6, звільняється в них від пилу, що збирається в збірнику 7. Очищене повітря викидається в атмосферу.

Звичайно такі установки використовують поблизу від переробних цехів переважно для вивантажування сипкої сировини.

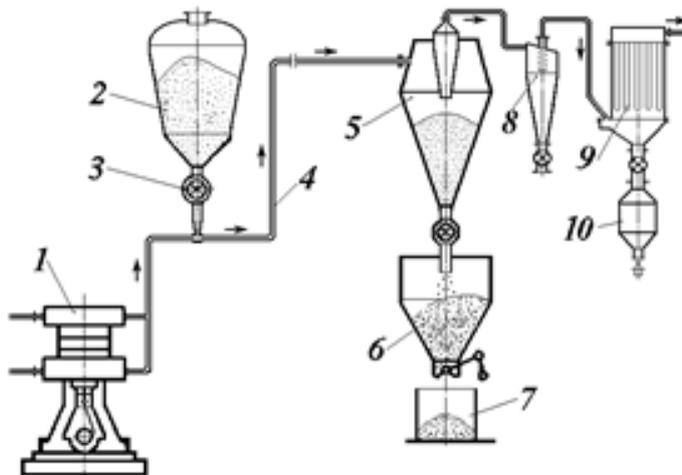
Компресором 1 у напірний трубопровід 4 нагнітається повітря, що рухається в ньому зі швидкістю 2,5 – 8 м/с. З бункера 2 живильником 3 у повітряний потік дозується зернистий матеріал і пневмосуміш транспортним трубопроводом 4 переміщується в розвантажувальний бункер 5, звідки зернистий матеріал

перевантажується в приймальний бункер 6. Запилене повітря звільнюється від пилу в циклоні 8 і в рукавному фільтрі 9, уловлені частинки вивантажуються в збірник пилу 10. Тиск повітря в напірних пневмотранспортних установках значно більший, ніж у всмоктувальних установках, і складає (0,3 – 1,0) МПа при висоті піднімання пневмосуміші до 100 м і концентрації твердої фази в ній складає 10 – 50 кг на кг повітря.



1 – пневмоприймальне сопло; 2 – пневмотранспортний трубопровід; 3 – бункер розвантажувальний; 4 – бункер приймальний; 5 – збірник зернистого матеріалу; 6 – рукавний фільтр; 7 – збірник пилу; 8 – вакуум-насос

Рисунок 3 – Пневмотранспортна вакуумна установка



1 – компресор; 2 – бункер-сховище; 3 – живильник; 4 – напірний транспортний трубопровід; 5 – бункер розвантажувальний; 6 – приймальний бункер; 7 – збірник; 8 – циклон; 9 – рукавний фільтр; 10 – збірник пилу

Рисунок 4 – Пневмотранспортна нагнітальна установка

3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

3.1 Вихідні данні до виконання практичної роботи (дивитись додаток А, таблиця А1)

Розрахунок гідро- і пневмотранспортних установок

Початковими даними для розрахунку є:

- об'ємна або масова продуктивність;
- характеристика вантажу;
- довжина і конфігурація трубопроводу.

За заданими початковими даними визначають основні параметри, що забезпечують стійкий режим транспортування вантажу: швидкість руху середовища (води, повітря), що несе; необхідну кількість води або повітря; діаметр трубопроводу; опори руху суміші на різних ділянках трубопроводу і натиск або тиск для їх подолання; потужність двигуна насосного або повітродувного агрегату.

При визначенні швидкості, натиску або тиску середовища, що несе, основними параметрами являються великість часток і щільність вантажу. Групи великості насипних вантажів :

- кускові ($a > 40$ мм);
- крупнозернисті ($a = 6-40$ мм);
- дрібнозернисті ($a = 2-6$ мм);
- грубодисперсні ($a = 0,15-2$ мм);
- тонкодисперсні ($a < 0,15$ мм).

Розрахунок для тонкодисперсних, грубодисперсних і кускових вантажів має істотні відмінності.

Об'ємну продуктивність пневмо- або гідротранспортної установки стосовно середовища, що транспортується, обчислюють за формулою

$$Q_v = 3600 w_c \cdot S_m, \quad (1)$$

де Q_v – об'ємна продуктивність установки щодо пневмо- або гідросуміші, м³/год;

w_c – швидкість руху середовища, м/с;

S_m – площа поперечного перерізу трубопроводу.

Швидкість руху гідротранспортуючого потоку розраховують щодо швидкості винесення найбільших частинок твердого матеріалу, використовуючи критеріальне рівняння за умови $0,8 < \varepsilon < 0,9$.

Позірну густину суміші, що складається із твердих нерозчинних частинок і середовища (газового або рідкого), визначають за формулою

$$\rho_{\text{сум}} = \rho_c \varepsilon + \rho_m (1 - \varepsilon), \quad (2)$$

де ε – порізність суміші;

$\rho_c, \rho_{\text{сум}}, \rho_m$ – густина транспортуючого середовища, суміші і твердої фаз відповідно, кг/м³, (густина води $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, густина повітря $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$)

За рівнянням (2) можна визначити об'ємну концентрацію суцільної (газової або рідкої) фази відносно об'єму суміші, при цьому

$$\varepsilon = (\rho_m - \rho_{\text{сум}}) / (\rho_m - \rho_p). \quad (3)$$

За рівнянням (3) можна визначити об'ємну концентрацію твердої фази в гідросуміші, при цьому

$$\lambda_{\text{тс}} = (1 - \varepsilon) = (\rho_{\text{сум}} - \rho_c) / (\rho_m - \rho_c), \quad (4)$$

де $\lambda_{\text{тс}}$ – об'ємна концентрація твердої фази в гідросуміші.

У промисловості для полідисперсних сумішей з розміром частинок 0,2 – 2,0 мм залежно від густини і розмірів твердих частинок звичайно приймають $\lambda_{\text{тс}} = 0,15 - 0,4 \text{ м}^3 \text{ тв./м}^3$ гідросуміші.

Для пневмосумішей можна знехтувати густиною газової фази порівняно з густиною твердої фази ($\rho_g < 0,001 \rho_m$), тому

$$\lambda_{\text{нс}} = \rho_{\text{сум}} / \rho_m, \quad (5)$$

де ε – порізність суміші;

$\lambda_{\text{нс}}$ – об'ємна концентрація твердого в пневмосуміші, $\lambda_{\text{т}} = 0,05 - 0,15 \text{ м}^3 \text{ тв./м}^3$ суміші.

Об'ємна продуктивність пневмотранспортної установки відносно пневмоповітряної суміші з урахуванням формул (2) та (5) дорівнює

$$Q_{\text{внс}} = G_m / \rho_m \lambda_{\text{нс}} = G_m / \rho_{\text{сум}} = 3600 \cdot w_c (\pi d_m^2 / 4). \quad (6)$$

Об'ємна продуктивність гідротранспортної установки відносно гідросуміші з урахуванням формул (2) та (4) дорівнює

$$\bullet \quad Q_{vzc} = G_m / \rho_m \lambda_{zc} = 3600 \cdot w_c (\pi d_m^2 / 4). \quad (7)$$

де Q_m – продуктивність установки щодо твердої фази, кг/год.

За рівнянням (6) можна визначити розрахунковий діаметр пневмотранспортного трубопроводу

$$\bullet \quad d_{mnc} = \sqrt{\frac{4G_m}{3600\pi \cdot \rho_{сум} w_c}} = 1,88 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{G_m}{\rho_{сум} w_c}}, \text{ (м)} \quad (8)$$

де G_m – масова продуктивність транспортної установки щодо зернистого матеріалу, кг/год.

Подібним чином за рівняннями (7) визначають розрахунковий діаметр гідротранспортного трубопроводу

$$\bullet \quad d_{mzc} = \sqrt{\frac{4G_m}{3600\pi \cdot \rho_m \lambda_{zc} w_c}} = 1,88 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{G_m}{\rho_m \lambda_{zc} w_c}}, \text{ (м)} \quad (9)$$

де G_m – масова продуктивність гідротранспортної установки щодо твердої фази, кг/год;

λ_{zc} – об'ємна концентрація гідросуміші, визначена за формулою (5).

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

- номер, найменування та мету роботи;
- стислий конспект необхідних теоретичних відомостей;
- вихідні данні за варіантом;
- розрахунки і результати, отримані при виконанні практичної частини.

5 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПІДГОТОВКИ

1. Яке призначення установок гідравлічного транспорту?
2. Яке призначення установок пневматичного транспорту?
3. В яких середовищах можна транспортувати продукт?
4. За якими ознаками класифікуються установки гідро- транспорту?
5. За якими ознаками класифікуються установки пневмо- транспорту?
6. Яке основне механічне обладнання установок гідро- транспорту?
7. Яке основне механічне обладнання установок пневмо- транспорту?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. *Дацишин О. В.* Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / За редакцією О. В. Дацишина. Навчальний посібник. / О. В. Дацишин, А. І. Ткачук, О. В. Гвоздєв та ін. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488с.
2. *Мельник Б. Е.* Технология приемки, хранения и переработки зерна / Б.Е. Мельник, В.Б. Лебедев, Г. А. Винников – М.: Агропромиздат, 1990.
3. *Боуманс Г.* Эффективная обработка и хранение зерна/ Пер. с англ. В. И. Дашевского. / Г.Боуманс – М.: Агропромиздат, 1991. – 608 с.
4. *Платонов П.Н.* Элеваторы и склады. - 3-е изд., перераб. И доп. / П.Н. Платонов, С.П. Пунков, В.Б. Фасман - М.: Агропромиздат, 1987. -319с.
5. *Стародубцева А.И.* Практикум по хранению зерна. -3-е изд., перераб. и доп. / А.И. Стародубцева, В.С. Сергунов - М.: Агропромиздат, 1987. -192с.
6. *Скалецька Л.Ф.* Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: Практикум: Напч.посібник / Л.Ф.Скалецька, Т.М.Духовська, А.М. Сеньков. - К.: Вища школа, 1994.-301с.

Додаток А (обов'язковий)

Таблиця А1 – Вихідні дані до розрахунку

№ п/п	Культура	Масова продуктив- ність G_m , кг/год	Швидкість руху сере- довища w_c , м/с
1	Пшениця	2085	0,55
2	Пшениця	2090	0,75
3	Жито	2095	0,95
4	Ячмінь	3000	1,15
5	Овес	3005	1,35
6	Просо	3010	1,55
7	Люпин	3,15	1,75
8	Кукурудза	2080	1,95
9	Льон	2075	2,15
10	Рис	2070	2,35
11	Горох	2065	2,55
12	Соняшник	20,60	2,75
13	Ячмінь	2055	0,55
14	Овес	2045	0,75
15	Пшениця	2050	0,95
16	Жито	2040	1,15
17	Льон	3005	1,35
18	Кукурудза	3010	1,55
19	Рис	3015	1,75
20	Горох	2080	1,95
21	Соняшник	2005	2,15
22	Просо	2070	2,35
23	Люпин	2065	2,55
24	Кукурудза	2060	2,75
25	Пшениця	2055	1,25

Додаток Б (довідковий)

Таблиця Б1– Об'ємна маса та кут природного схилу різних зернових культур

Культура	Об'ємна маса, кг/м ³	Кут природного схилу, град	Культура	Об'ємна маса, кг/м ³	Кут природного схилу, град
Пшениця	730 – 840	23 – 38	Горох, люпин	750 – 800	24 - 31
Жито	680 – 750	23 – 38	Ячмінь	580 – 700	28 - 45
Рис (нерешетований)	440 – 550	27 - 48	Овес	400 – 550	31 - 54
Кукурудза	680 – 820	30 - 40	Соняшник олійний	400 – 550	31 - 45
Просо	680 – 730	20 - 27	Льон	580 – 680	27 - 34