

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Ковальчук Віктор Васильович**

**УДК 631.31**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Обґрунтування пристрою з гнучким спіралью-винтовим  
робочим органом для видалення пташиного посліду**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ В.В. Ковальчук

**Керівник роботи**

**Р.С. Грудовий**

к.т.н., ст. викладач

**Житомир – 2021**

## АНОТАЦІЯ

**Ковальчук Віктор Васильович. Обґрунтування пристрою з гнучким спірально-винтовим робочим органом для видалення пташиного посліду. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі, на підставі аналізу технічних засобів механізації прибирання пташиного посліду та гноївки, розроблено маловитратний по енергії пристрій, з гнучким спірально-гвинтовим робочим органом.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що форми та види забірної частини значно (до  $\pm 5\%$ ) впливають на подачу (продуктивність) та питомі енерговитрати пристрою. Виявлено вплив фізико-механічних властивостей пташиного посліду на подачу (продуктивність) та енерговитрати. Збільшення в'язкості досліджуваного матеріалу від  $\nu = 4,48$  мм<sup>2</sup>/с до  $\nu = 28,9$  мм<sup>2</sup>/с веде до збільшення як подачі (продуктивності) так і питомих енерговитрат до 10 %. Встановлено, що коефіцієнт осьового відставання досліджуваного матеріалу (посліду) від осьової швидкості гвинтової поверхні робочого органу при вертикальному заповненні кожуха пристрою для переміщення пташиного посліду дорівнює  $K\varphi = 0,3 \dots 0,4$ , при похилих трасах ( $\gamma = 10 \dots 20$ ) коефіцієнт  $K\varphi = 0,6 \dots 0,7$ . Найменші питомі енерговитрати забезпечуються за частоти обертання робочого органу  $n = 1500 \dots 3500$  хв<sup>-1</sup>.

У процесі досліджень пристрою для переміщення пташиного посліду у виробничих умовах встановлено, що використання у виробництві забезпечує порівняно з аналогом НШ-50-1 зменшення матеріаломісткості до 25 %, зниження енергоємності у 2 рази, а капітальних витрат більш ніж у 3 рази.

*Ключові слова: послід, спірально-гвинтовий робочий орган, видалення, транспортування, енерговитрати.*

## ANNOTATION

**Kovalchuk Victor Vasilyevich. Substantiation of a Device with a Flexible Spiral-Screw Working Body for Removing Bird Droppings.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's thesis, based on the analysis of technical means of mechanization of bird droppings and manure removal, a low-energy device with a flexible spiral-screw working body was developed.

Experimental studies have shown that the shapes and types of the intake part significantly (up to  $\pm 5\%$ ) affect the supply (performance) and specific energy consumption of the device. The influence of physical and mechanical properties of bird droppings on supply (productivity) and energy consumption is revealed. Increasing the viscosity of the test material from  $v = 4.48 \text{ mm}^2/\text{s}$  to  $v = 28.9 \text{ mm}^2/\text{s}$  leads to an increase in both supply (productivity) and specific energy consumption up to 10%. It is established that the coefficient of axial lag of the investigated material (manure) from the axial velocity of the helical surface of the working body at vertical filling of the casing of the device for moving bird droppings is  $K_\varphi = 0.3...0.4$ , at inclined tracks ( $\gamma = 10...20$ ) coefficient  $K_\varphi = 0.6...0.7$ . The lowest specific energy consumption is provided at the speed of the working body  $n = 1500...3500 \text{ min}^{-1}$ .

In the process of research of the device for moving bird droppings in production conditions it was found that the use in production provides compared to the analogue NSh-50-1 reduction of material consumption up to 25%, reduction of energy consumption by 2 times and capital costs by more than 3 times.

*Key words: manure, spiral-screw working body, removal, transportation, energy consumption.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ІСНУЮЧІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ЗБИРАННЯ ГНОЮ ТА ПОСЛІДУ. КЛАСИФІКАЦІЯ ГНОЄПРИБИРАЛЬНИХ ЗАСОБІВ.....	8
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	14
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** На етапі розвитку сільського господарства України, її продукція не повною мірою є конкурентоспроможною. Однією з причин цього є висока собівартість продукції, зокрема птахівництва. Засоби механізації виробничих процесів, пов'язаних із прибиранням та утилізацією пташиного посліду, є енергоємними та металомісткими.

Останнім часом для видалення та утилізації пташиного посліду робляться спроби використання більш сучасних технічних засобів зі спірально-гвинтовими робочими органами, що мають підвищену універсальність, простоту конструкції та низьку вартість порівняно з існуючими аналогами. Однак ширше їх впровадження в сільськогосподарське виробництво стримується недостатньою вивченістю питань, що стосуються вибору конструктивних і режимних параметрів технічних засобів для переміщення пташиного посліду, взаємодії робочих органів з матеріалом, що переміщується у варіантах «насос» або «транспортер», фізичної сутності переміщення матеріалу в горизонтальних і вертикальних напрямки.

Використання спірально-гвинтових насосно-транспортуючих робочих органів у технічних засобах переміщення пташиного посліду є перспективним напрямком птахівництва.

**Мета та завдання дослідження** Метою цієї роботи є зниження енерго- та матеріаломісткості засобів механізації переміщення пташиного посліду з гнучким спірально-гвинтовим робочим органом шляхом обґрунтування їх конструктивно-режимних параметрів.

Завдання досліджень:

1. Проаналізувати технічні засоби з механізації видалення пташиного посліду;
2. Розробити гнучкий спірально-гвинтовий робочий орган для видалення пташиного посліду;

3. Провести експериментальні дослідження.

**Об'єкт дослідження** – процес видалення пташиного посліду.

**Предмет дослідження** – закономірність впливу якісних характеристик видалення пташиного посліду від конструктивно-режимних параметрів гнучкого спірального-гвинтового робочого органу.

**Методи дослідження.** Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних та виробничих умовах з урахуванням стандартних і розроблених методик. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Грудовий Р. **Ковальчук В.** Аналіз технічних засобів переміщення пташиного посліду. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2021. С. 60-62.

2. **Ковальчук В.** Дослідження подачі посліду спіральним-гвинтовим робочим органом. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 204-206.

3. **Ковальчук В. В.** Стенд для проведення досліджень процесу переміщення пташиного посліду. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 30-31 березня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 249-250.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє розроблений гнучкий спіральний-гвинтовий робочий орган.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 39 сторінок комп'ютерного тексту, містить 29 рисунків та 2 таблиці.

## РОЗДІЛ 1

### ІСНУЮЧІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ЗБИРАННЯ ГНОЮ ТА ПОСЛІДУ. КЛАСИФІКАЦІЯ ГНОЄПРИБИРАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Аналіз стану питання з механізацією технологічних процесів збирання, навантаження, розвантаження (внесення добрив у ґрунт) гною і пташиного посліду в Україні показує, що є безліч варіантів технологічних схем і засобів механізації. Існуючі системи та машини досить далекі від досконалості, є складними за конструкцією, матеріало- та енергоємністю, досить дорогі за вартістю.

Деякі існуючі схеми технологічного процесу прибирання, видалення, зберігання, утилізації гною та пташиного посліду на фермах та комплексах наведені на рис. 1.1 відповідно, гноєприбиральні та послідоприбиральні технічні засоби на рис. 1.2.

Спіральний гвинт великого кроку (з кутом підйому гвинтової лінії 20...30°), що обертається в кожусі (трубі), для випадку транспортування високов'язких рідких і напіврідких сільськогосподарських матеріалів можна в першому наближенні віднести до водопідйомних машин (наприклад, насосів), що є групою гідравлічних машин, які передають рідині отриману ззовні енергію.

Згідно з існуючою в науці та техніці термінологією – насос машина, яка створює потік рідкого середовища.

Існує досить велика кількість різних типів насосів та конструктивних виконань їх робочих органів (рис. 1.3 та 1.4).

За способом підведення енергії розрізняють насоси з підведенням: механічної, потенційної та кінетичної енергії.



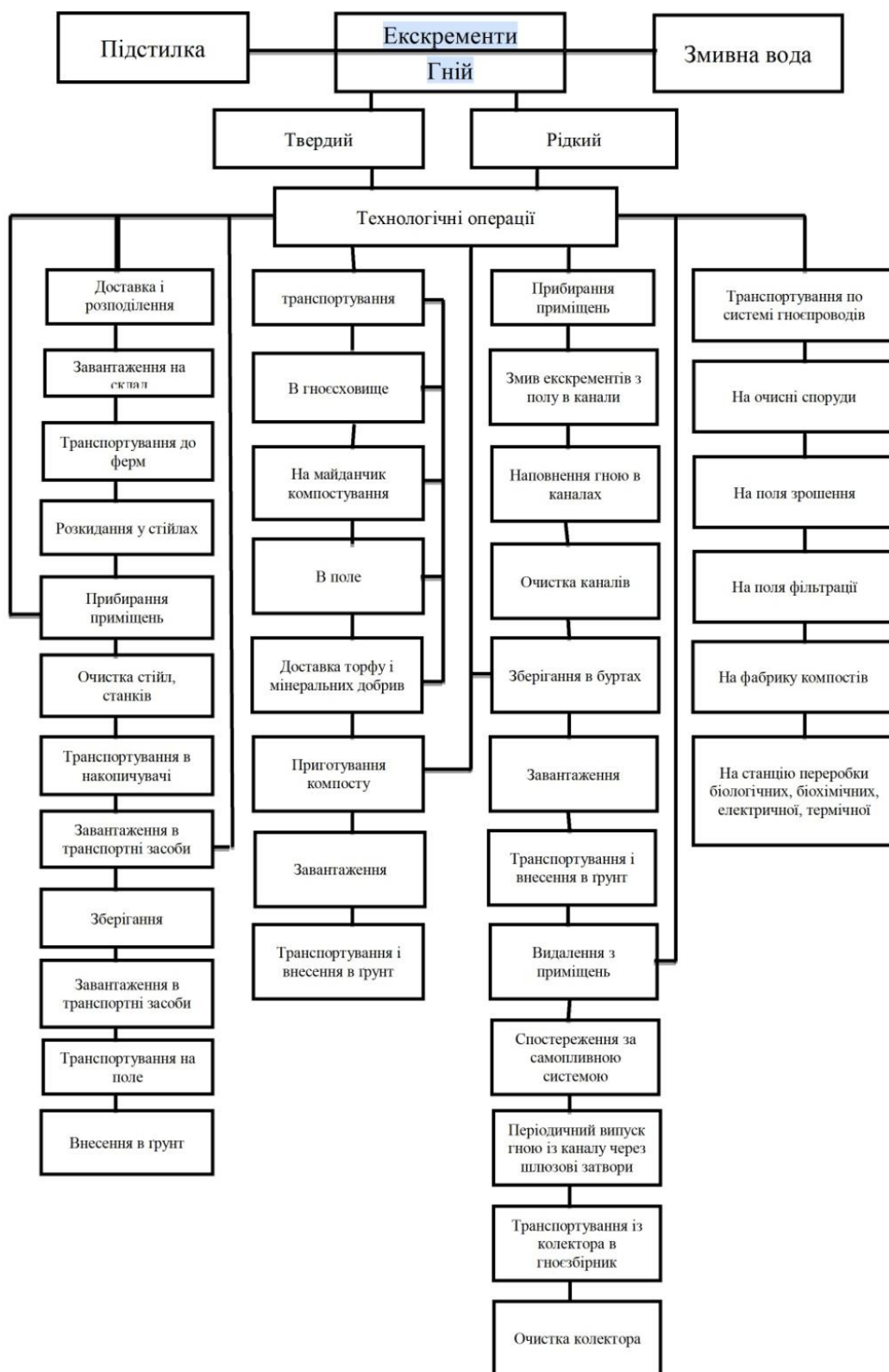


Рис. 1.1 Схеми технологічного процесу збирання, видалення, зберігання, утилізації гною та посліду на фермах (комплексах)

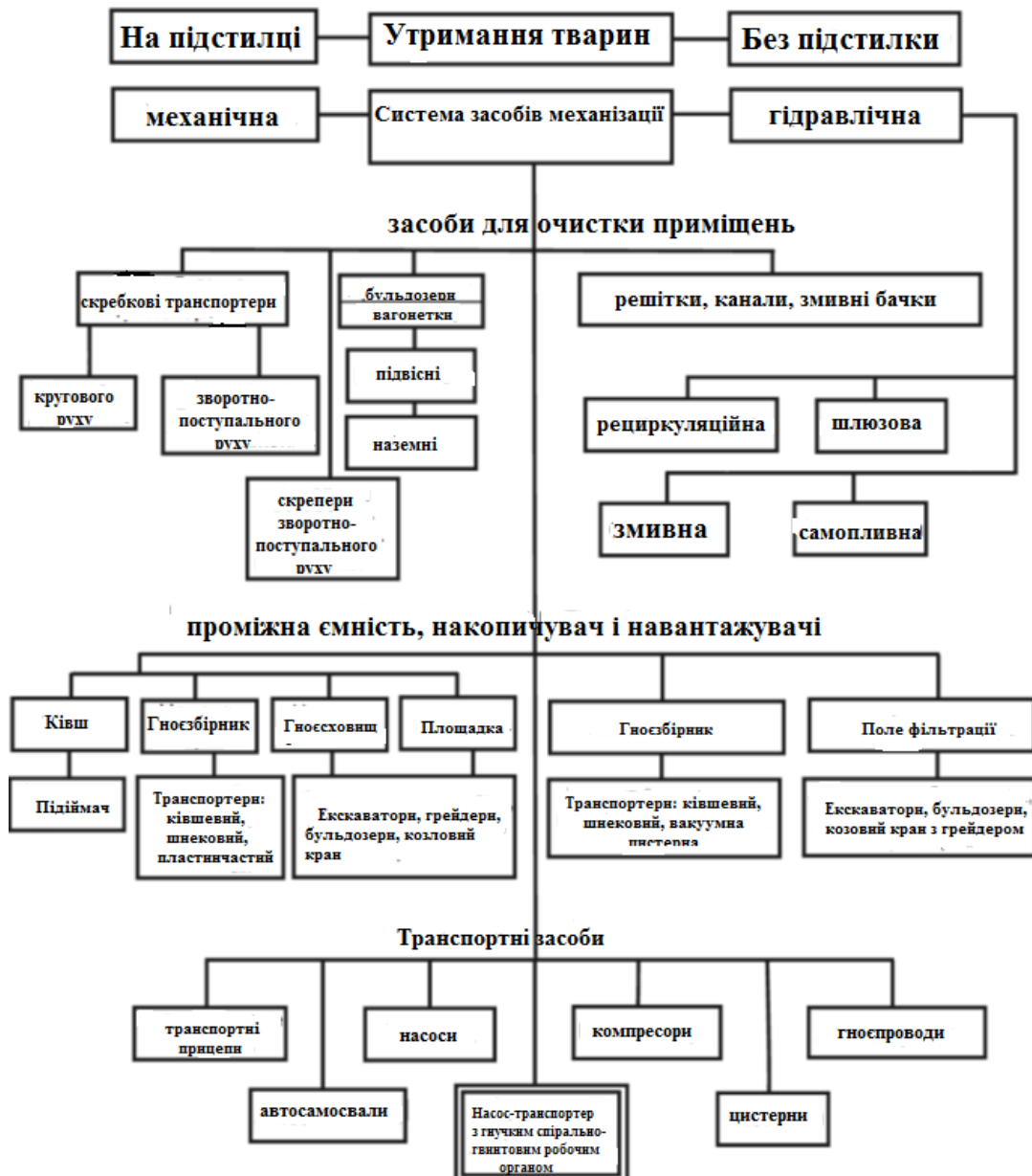


Рис. 1.2. Класифікація гноєприбиральних та послідоприбиральних технічних засобів.

До насосів, що одержують зовні потенційну або кінетичну енергію, укладену в рідкому або газоподібному середовищі, належать струменеві насоси, пневматичні водопідійомники (ерліфти та ін), тарани. До насосів, що працюють за принципом підведення механічної (електричної) енергії, відносяться об'ємні (поршневі, роторні та ін.), динамічні, лопатеві (відцентрові, осьові), діагональні.

За принципами роботи та конструкції робочих органів насоси поділяються на об'ємні та динамічні.

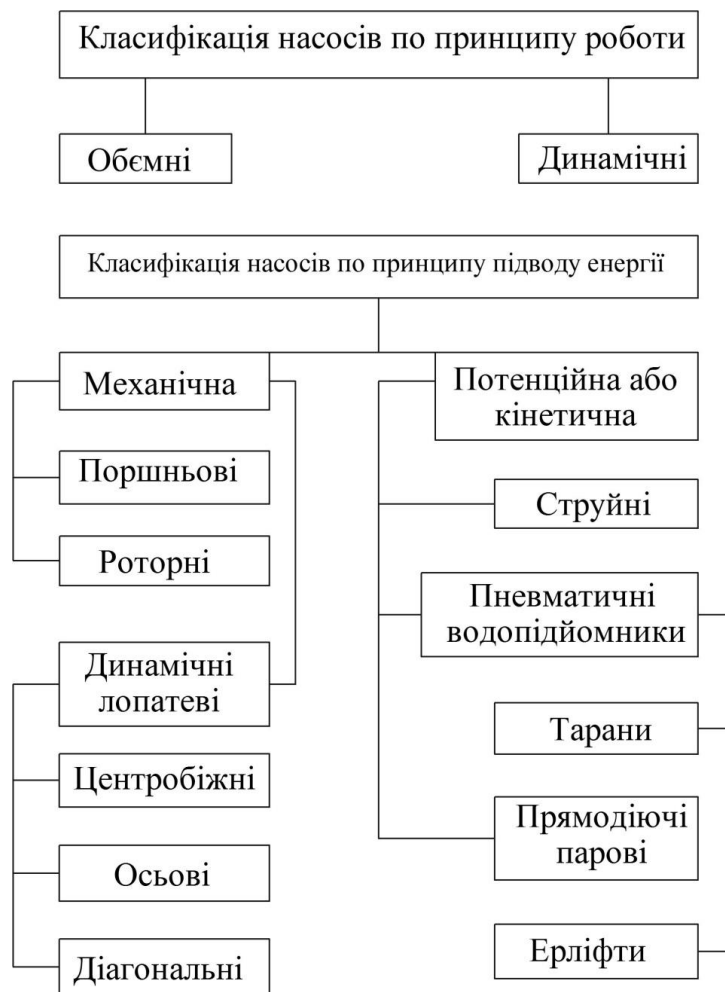


Рис. 1.3. Класифікація насосів



Рис. 1.4. Класифікація об'ємних насосів

Принцип роботи об'ємного насоса полягає в тому, що рідина переміщається шляхом періодичної зміни об'єму камери, почергово зеднаної з входом і виходом насоса. Рідина при цьому подається певними порціями (об'ємами).

Принцип роботи динамічного насоса: рідина переміщається під силовим впливом у камері, що постійно сполучається з входом та виходом насоса (наприклад, вихрові насоси).

Сутність робочого процесу вихрового насоса (насоса тертя) у першому наближенні полягає в тому, що частинки рідини в комірках робочого колеса при його швидкому обертанні захоплюють за рахунок тертя інші частинки рідини, розташовані в бічних і по периметрі колеса спеціальних каналах в корпусі насоса, що забезпечує розвиток тангенціальних швидкостей у рідині з одночасним утворенням та руйнуванням вихорів (вихровий ефект) та дія на рідину відцентрових сил (відцентровий ефект). Внаслідок цього складного процесу рідина отримує тиск. Часткову аналогію з вихровими насосами тертя мають і спіральні-гвинтові насосні пристрої.

У загальному вигляді існуючі насоси мають таку класифікацію: динамічні (лопатеві), об'ємні, тертя, з використанням енергії потоку зовнішнього середовища, капілярні та інші.

Класифікація об'ємних насосів: поршневі та плунжерні; роторні (шестеренні); крильчасті; капілярні; стрічкові; шнурові водопідйомники; водопідйомні колеса (ковшові); черпакові водопідйомники (чигірі, норії та ін.).

Класифікація динамічних насосів: лопатеві (відцентрові, діагональні, осьові); вихрові (тертя); струменеві (ежектор, інжектор, гідроелеватор, таран); повітряні водопідйомники (ерліфти); вібраційні та ін.

Відцентрові насоси класифікуються: за кількістю коліс (одноколісні східчасті, багатоколісні, з послідовним рухом води); по напору: (низьконапірні 20...25 м., середньонапірні 20...60 м., високонапірні понад 60 м.); за способом

підведення води на колесо (з одностороннім підведенням, з двостороннім підведенням); за розташуванням валу (горизонтальні, вертикальні).

### **Висновки по розділу**

В першому розділі магістерської роботи представлено існуючі технологічні схеми прибирання гною та посліду, а також запропоновано класифікацію гноєприбиральних засобів.

## РОЗДІЛ 2

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження процесу переміщення рідких, напіврідких матеріалів (пташиного посліду) спіральньо-гвинтовим робочим органом проводилося на стенді, схема якого представлена рис. 2.1.

Стенд включає три ємності: 1 - компенсатор, 2 - основна ємність, 8 - вимірювальна ємність, а також завантажувальне вікно 3, спіральний гвинт 4, кожух 5, підшипникове пристрій 6, електродвигун 7, кран 9.

Привідний пристрій 6 і 7 дозволяє змінювати частоту обертання спіральнього гвинта 4 в межах від  $800 \dots 5000 \text{ хв}^{-1}$  за допомогою зміни діаметрів шківів або частоти обертання вала електродвигуна. Матеріалом кожуха є поліетиленові труби внутрішнім діаметром  $Dk = 20 \dots 100 \text{ мм}$ .

Для наочності вимірювання товщини обертання в кожусі шару рідкого матеріалу було виготовлено експериментальну установку з нижнім розташуванням приводного пристрою.

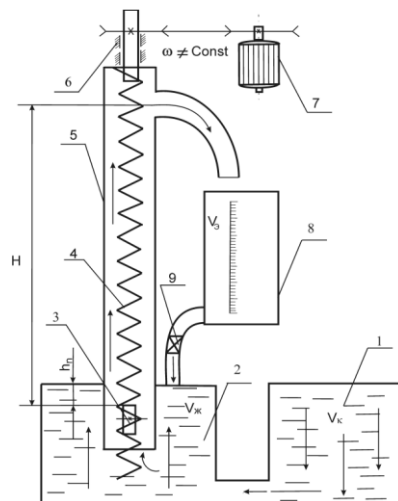


Рис. 2.1 – Схема експериментального стенду: 1 – компенсатор; 2 – ємність; 3 – вікно; 4 – спіральний гвинт; 5 – кожух; 6 - підшипниковий пристрій; 7 – двигун; 8 – вимірювальна ємність; 9 – кран

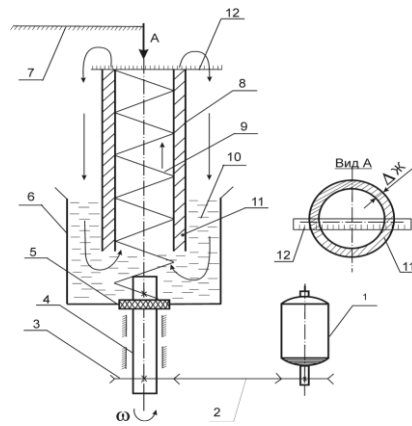


Рис. 2.2. Схема експериментального стенду визначення товщини шару рідкого матеріалу: 1 – двигун; 2 – ремінь; 3 – шків; 4 - підшипниковий пристрій; 5 – сальниковий пристрій; 6 – ємність; 7 – майданчик спостереження; 8 – кожух (труба); 9 - експериментальний спіральний гвинт; 10 – рідкий матеріал; 11 - рідкий матеріал, що обертається; 12 – масштабна лінійка.

Для встановлення залежності основних параметрів робочого процесу, зокрема подачі (продуктивності) та енерговитрат від конструктивних параметрів забірною пристрою були обрані наступні види (форми) вікна (рисунок 2.3): а - спіральний гвинт на 1 ... 2 витка виходить від кожуха; б - спіральний гвинт знаходиться на 0,5 ... 1 виток усередині кожуха; - рідкий матеріал входить і з торця кожуха, і з периферійних вікон (1, 2, 3 і 4 вікна) різного поперечного перерізу залежно від діаметра кожуха ( $D_k = 20 \dots 100$  мм)

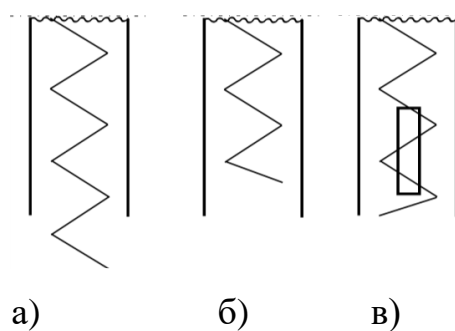


Рис. 2.3. Види забору рідкого матеріалу

Матеріалом для дослідження служили: вода, соняшникова олія, послід пташиний рідкий і напіврідкий, послід з тирси.

Щільність досліджуваних рідин замірялося ареометром (ДСТУ) при температурі випробувань з подальшим приведенням до щільності при 20°C, щільність посліду з підстилкою визначалася приладом типу «Пурка».

Температура рідкого матеріалу визначався ртутним термометром типу СП - 27 (ДСТУ) з абсолютною похибкою показань  $\pm 0,5\%$ .

Вологість і щільність напіврідкого посліду вимірювалися за допомогою сушильної печі, коефіцієнт внутрішнього тертя приладом «Трибометр», липкість – липкостемером.

Кінематична в'язкість визначається віскозиметр ВУ – 200 (ДСТУ), з абсолютною похибкою вимірювання  $\pm 0,2\%$ .

Були використані такі параметри установок:

1. Внутрішній діаметр кожуха  $Dk = 20...100$  мм;
2. Діаметр спірального гвинта  $d_n = 15...95$  мм;
3. Діаметр дроту спірального гвинта  $\delta = 3...8$  мм;
4. Крок спірального гвинта  $S = 20...100$  мм;
5. Висота подачі рідкого матеріалу  $H = 1...6$  м;
6. Частота обертання спірального гвинта  $n = 1000 \dots 5000$  хв-1;
7. Матеріал дроту спірального гвинта Ст.65 Г.

Загальні види деяких виготовлених приладів для визначення фізико-механічних властивостей пташиного посліду та дослідно-експериментальних установок наведено на рисунках 2.4.....2.13.

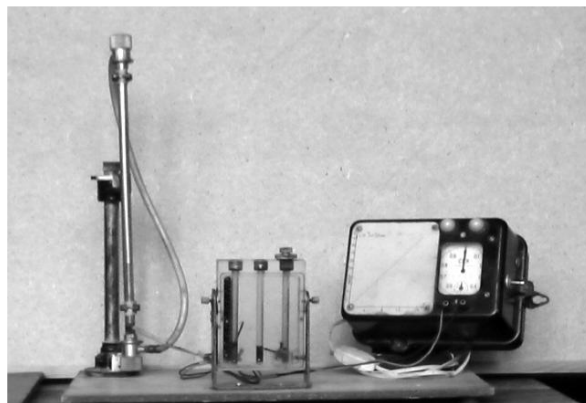


Рис. 2.4. Віскозиметр конструкції Н. П. Філімонова



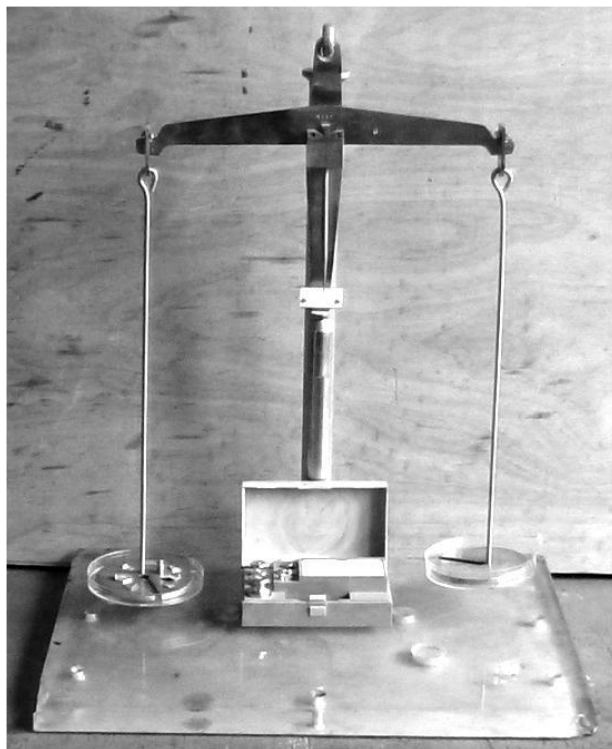


Рис. 2.5. Загальний вигляд липкостемера



Рис. 2.6. Момент відриву пластини липкостемера від рідкого пташиного посліду



Рис. 2.7 Пурка з послідом у суміші з підстилкою з тирси.



Рис. 2.8 Трибометр у процесі досліджень

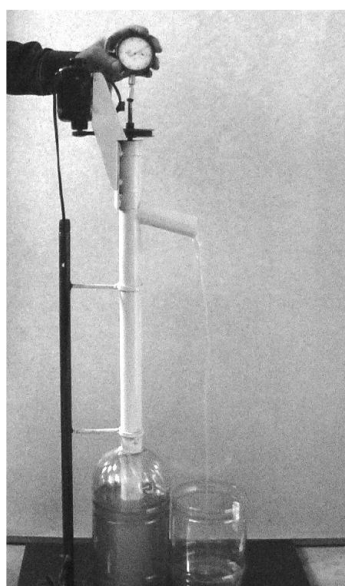


Рис. 2.9. Дослідний насос для в'язких рідин



Рис. 2.10. Варіант завантажувального вікна

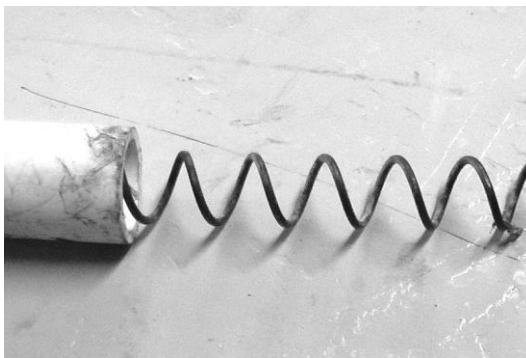


Рис. 2.11. Варіант забору матеріалу з торця



Рис. 2.12. Пристрій для переміщення напіврідкого посліду



Рис. 2.13. Пристрій для переміщення пташиного посліду в суміші з тирсою

### **Висновки по розділу**

В другому розділі магістерської роботи представлено обладнання та розроблена методика для проведення досліджень.

### РОЗДІЛ 3

#### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для визначення залежності подачі (продуктивності) від частоти обертання спірального гвинта та конструктивного виконання пристрою було проведено дослідження на експериментальних установках, параметри яких наведені у таблиці 3.1.

Встановлено, що при підйомі води температурою 20 °С на висоту 1650 мм насос із  $Dk = 88$  мм,  $S = 70$  мм,  $d_H = 76$  мм,  $d_C = 68$ , мм,  $d_v = 60$  мм,  $\Delta = 6$  мм,  $\delta = 8$  мм, подача (продуктивність) при  $n = 2520$  хв<sup>-1</sup> за 4 досліди склала  $(12900 + 16642 + 13680 + 14160)/4 = 14460$  кг/год, при  $n = 3400$  хв<sup>-1</sup>, відповідно, 21600 кг/год.

Таблиця 3.1 – Параметри експериментальних установок

№ п/п	$D_k$ , мм	$d_H$ , мм	$d_C$ , мм	$d_v$ , мм	$S$ , мм	$\delta$ , мм	$H$ , м	$\gamma_v$ , град	$n$ , хв <sup>-1</sup>	$\Delta$ , мм
1	88	76	68	60	70	8	1,65	90	2000	6
2	38	35	31	27	35	4	1,1	90	1300	1,5
3	50	45	41	37	40	4	1,1	90	1340	2,5
4	45	35	31	27	35	4	1,3	90	1360	5,0
5	50	45	37	29	40	8	5,74	90	1800	2,5
6	26,5	25,5	22,5	19,5	26	3	1,85	90	2000	0,5
7	92	84	76	68	62	8	2,6	90	1700	4,0
8	84	66	58	50	70	8	4,5	90	2200	9,0
9	93	82	74	66	80	8	3,0	90	2900	5,5
10	32	30	27	24	22	3	0,75	90	1000	1,0
11	36	32	29	26	18	3	1,8	90	2500	2,0
12	40	36	32	28	35	4	2,72	90	2750	2,0
13	50	45	37	29	40	8	2,6	40	1400	2,5
14	27,5	25	22	19	25	3	2,8	90	6000	1,25
15	27,5	25	22	19	35	3	2,8	90	6000	1,25
16	27,5	25	22	19	45	3	2,8	90	6000	1,25
17	50	43	35	27	40	8	6,0	90	1970	3,5

За вертикального підйому на висоту  $H = 1,1$  м насосом  $Dk = 38$  мм,  $d_H = 35$  мм,  $d_C = 31$  мм,  $d_v = 27$  мм,  $S = 35$  мм,  $\delta = 4$  мм,  $\Delta = 1,5$  мм встановлено, що подача (продуктивність) збільшується від 595 кг/год до 1190 кг/год (в 2 рази) зі збільшенням частоти обертання від  $n = 1800$  хв<sup>-1</sup> до  $n = 3300$  хв<sup>-1</sup> (в 1,83 рази), загальна потужність приводу збільшується від  $N = 0,25$  кВт до  $N = 0,5$  кВт.

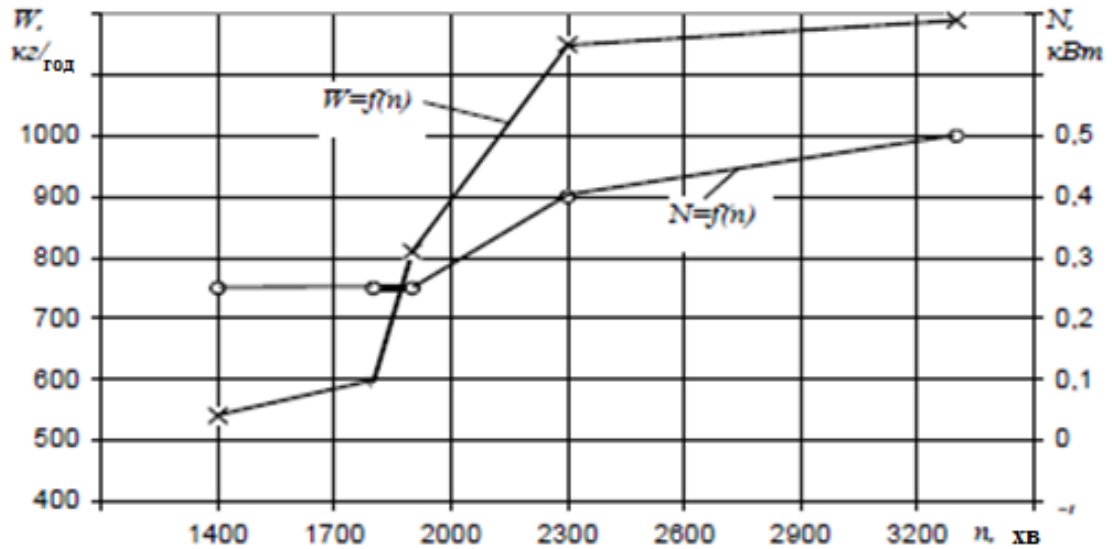


Рис. 3.1. Залежність подачі (продуктивності)  $W$  та питомих енерговитрат  $N_y$  від частоти обертання спірального гвинта  $n$ :  $D_K, d_H, d_C, d_B, S = 38, 35, 31, 27, 35$  мм,  $\delta = 4$  мм,  $\Delta = 1, 5$ ;  $H = 1,1$  м;  $\vartheta_{ZII} = 1,05$  м/с ( $n = 1800$  хв<sup>-1</sup>);  $\vartheta_{ZM} = 0,35$  м/с;  $K\vartheta = 0,36$ .

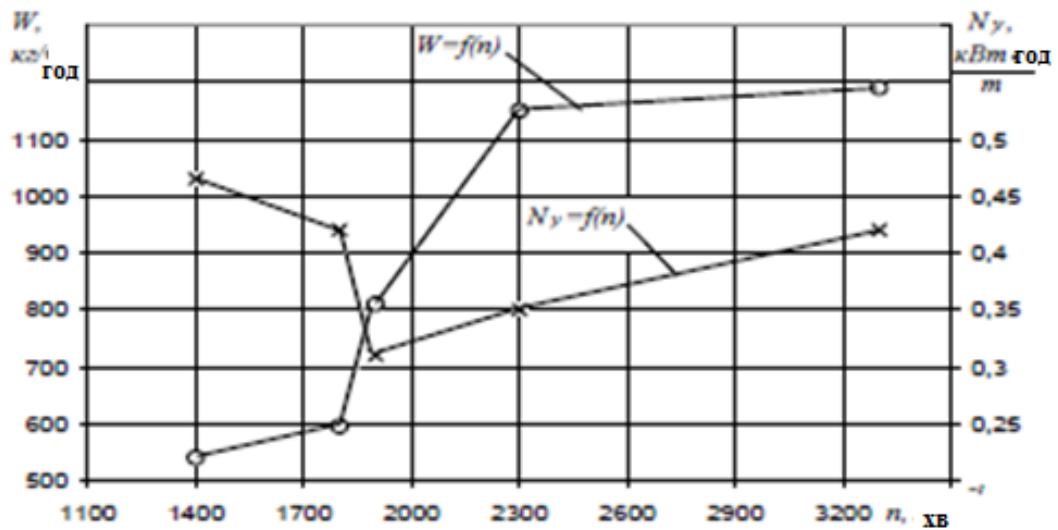


Рис. 3.2. Залежність подачі (продуктивності) пристрою  $W$  та питомих енерговитрат  $N_y$  від частоти обертання  $n$  спірального гвинта:  $S = d = 35$  мм,  $Dk = 38$  мм

Таблиця 3.2 – Залежність подачі (продуктивності)  $W$  та питомих енерговитрат  $N_y$  від частоти обертання  $n$  спірального гвинта

$n, \text{хв}^{-1}$	$\vartheta_{ZII}, \text{м/с}$	$\vartheta_{ZM}, \text{м/с}$	$K\vartheta$	$W, \text{кг/ч}$	$N, \text{кВт}$	$N_y, \text{кВт}\cdot\text{год/т}$
1400	0,84	0,37	0,44	540	0,25	0,465
1800	1,08	0,37	0,34	595	0,25	0,42
1900	1,14	0,4	0,35	810	0,25	0,31
2300	1,38	0,5	0,36	1150	0,4	0,35
3300	1,97	0,6	0,3	1190	0,5	0,42

Випробування пристрою з частотою обертання спірального гвинта  $n = 1340 \text{ хв}^{-1}$  для відпрацьованого олії щільністю  $\rho = 932 \text{ кг/м}^3$  насосом з параметрами  $D_k = 50 \text{ мм}$ ,  $d_H = 45 \text{ мм}$ ,  $d_C = 41 \text{ мм}$ ,  $d_B = 37 \text{ мм}$ ,  $S = 40 \text{ мм}$ ,  $\delta = 4 \text{ мм}$ ,  $\Delta = 2,5 \text{ мм}$ ,  $H = 1,1 \text{ м}$  встановлено:

- тривалість підйому масла  $t = 3,5 \text{ с}$ ;
- осьова швидкість олії  $\vartheta_{ZM} = H / t = 1,1 / 3,5 = 0,314 \text{ м / с}$ ;
- осьова швидкість гвинтової поверхні спірального гвинта  $\vartheta_{ZII} = S \cdot n / 60 = 0,04 \cdot 1340 / 60 = 0,895 \text{ м/с}$ ;
- коефіцієнт осьового відставання  $K\vartheta = \vartheta_{ZM} / \vartheta_{ZII} = 0,372$ ;
- подача (продуктивність)  $W = 466 \text{ кг/год} = 0,506 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Зазначається, що за  $n = 1340 \text{ хв}^{-1}$ ,  $D_K = 50 \text{ мм}$ ,  $d_H = 45 \text{ мм}$ ,  $\delta = 4 \text{ мм}$  вода при температурі  $20^\circ\text{C}$  перекачується через малу в'язкість порівняно з відпрацьованим маслом. Кінематична в'язкість олії дорівнювала за результатами триразового виміру тривалості закінчення масла за віскозиметром  $t_1 = 455 \text{ с}$ ,  $t_2 = 435 \text{ с}$ ,  $t_3 = 368 \text{ с}$ , або:

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{255 + 435 + 356}{3} = 419 \text{ с}$$

$\nu = C \cdot t_{cp} = 0,02993 \cdot 419 = 1,25 \text{ Сст (мм}^2/\text{с)}$ , де  $c = 0,02993$  постійна віскозиметра (при  $r = 1,2 \text{ мм}$ ).

В'язкість води при  $t = 20^\circ\text{C}$  становить  $1,01 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Експериментами встановлено, що подача (продуктивність) барди вологістю  $90,16\%$ , щільністю  $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$  при температурі  $20^\circ\text{C}$  спірально-

гвинтовим насосом  $d = S = 35$  мм;  $\delta = 4$  мм; висоті підйому  $H = 1,3$ ;  $D_k = 45$  мм; становить  $W = 450$  кг/год,  $N=0,1$  кВт.

При цьому осьова швидкість спірального гвинта  $\vartheta_{ZII} = S \cdot n / 60 = 0,795$  м/с, осьова швидкість руху матеріалу  $\vartheta_{ZM} = H/t = 1,3/4 = 0,324$  м/с. При цьому частота обертання спірального гвинта  $n = 1360$  хв<sup>-1</sup>, тривалість підйому матеріалу до патрубку, що випускається  $t = 4$  с, коефіцієнт осьового відставання матеріалу  $K\vartheta = \vartheta_{ZM} / \vartheta_{ZII} = 0,324/0,795 = 0,408$ .

Випробування пристрою з частотою обертання спірального гвинта  $n = 1800$  хв<sup>-1</sup> для підйому води густиною  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> на висоту  $H = 5,74$  м при  $D_k = 50$  мм,  $d_H = 45$  мм,  $S = 40$  мм,  $\delta = 8$  мм, з кутом підйому гвинтовий спіральний гвинт  $\alpha = \text{arctg } S/\pi d_c = \text{arctg } 40/\pi \cdot 40 = 17^\circ 45'$  встановлено (забір торцевий, з виходом з кожуха половини витка):

- подача (продуктивність) в середньому  $[(914 + 944 + 841 + 919) / 4] = 904$  кг / год;

- об'єм кожуха  $V_k = \pi D_k^2 H / 4 = 0,25 \cdot 11200$  см<sup>3</sup>;

- можлива маса води у кожусі  $G_k V_k = 11,2$  кг;

- кількість води, що зменшується через наявність спірального гвинта

$G_n 0,75\pi \delta^2 H \rho = 0,88$  кг;

- можлива кількість води в кожусі  $G_e = G_k - G_n = 10,32$  кг;

- кількість води у кожусі – фактичне  $G_E = 5,4$  кг;

- коефіцієнт наповнення кожуха водою  $K_F = G_e / G_e = 0,523$ ;

- тривалість підйому води  $t_e = 23$  с;

- осьова швидкість руху води  $\vartheta_{z.m.} H/t = 0,25$  м/с;

- осьова швидкість гвинтової поверхні спірального гвинта  $\vartheta_{z.n.} S n/60 = 1,2$  м/с;

- коефіцієнт осьового відставання води  $\vartheta_K = \vartheta_{ZM} / \vartheta_{ZII} = 0,208$ .

Експериментальними дослідженнями пристрою з  $D_k = 26,5$  мм,  $d_H = 25,5$  мм,  $S = 26$  мм,  $\delta = 3$  мм,  $n = 2000$  хв<sup>-1</sup> при висоті підйому  $H = 1,85$  м, встановлено:

- подача (продуктивність)  $W = 103$  кг / год;

- осьова швидкість води  $\vartheta_{z.m.} = H/t_e = 1,85/7,5 = 0,247$  м/с;
- осьова швидкість гвинтової поверхні  $\vartheta_{zII} = S \cdot n / 60 = 0,868$  м/с;
- коефіцієнт осьового відставання  $K\vartheta = 0,286$ .

Дослідженнями процесу підйому рідкого матеріалу (вода при  $t = 10^\circ\text{C}$ ) зі зменшеним кроком гвинтової лінії спірального гвинта  $S = 62$  мм, при  $d_n = 84$  мм ( $S/d_n = 62/84 = 0,74$ ),  $\delta = 8$  мм,  $H = 2,6$  м,  $\Delta = 4$  мм,  $n = 1700$  хв<sup>-1</sup>,  $D_k = 88$  мм.

- тривалість підйому рідкого матеріалу  $t_e = 3$  с;
- осьова швидкість спірального гвинта  $\vartheta_{zII} = S \cdot n / 60 = 0,062 \cdot 1700 / 60 = 1,75$  м / с;
- осьова швидкість рідкого матеріалу  $\vartheta_{zM} = H/t_E = 0,86$  м/с;
- коефіцієнт осьового відставання  $K\vartheta = \vartheta_{zM} / \vartheta_{zII} = 0,49$ ;
- кут підйому гвинтової лінії:  $\alpha = \text{arctg } S / \pi d_c = \text{arctg } 62 / \pi \cdot 76 = 14^\circ 35'$ .

З цього випливає, що із зменшенням кута нахилу гвинтової лінії спірального гвинта та збільшенням в'язкості води (кінематичної) від  $\nu = 1,01$  мм<sup>2</sup>/с при  $t = 20^\circ\text{C}$  до  $\nu = 1,31$  мм<sup>2</sup>/с при  $t = 10^\circ\text{C}$ , осьова швидкість рідкого матеріалу збільшується.

Дослідженнями варіанта компоновки установки  $D_k = 84$  мм,  $S = 70$  мм,  $d_n = 66$  мм,  $\delta = 8$  мм,  $H = 4,5$  м,  $n = 2000$  хв<sup>-1</sup> с збільшеним зазором  $\Delta = (D_k - d_n) / 2 = 9$  мм встановлено:

- подача (продуктивність)  $W = 2200$  кг / год;
- осьова швидкість спірального гвинта  $\vartheta_{zII} = S \cdot n / 60 = 0,07 \times 2200 / 60 = 2,56$  м/с;
- осьова швидкість рідкого матеріалу  $\vartheta_{zM} = H / t_E = 4,5 / 12 = 0,376$  м / с;
- коефіцієнт осьового відставання  $K\vartheta = \vartheta_{zM} / \vartheta_{zII} = 0,147$ ;
- кут нахилу гвинтової лінії  $\alpha = \text{arctg } S / \pi d_c = 22^\circ 10'$ .

Аналіз показників показує, що збільшення зазору до  $\Delta = 9$  мм між внутрішньою поверхнею кожуха і зовнішньою поверхнею гвинтової лінії веде до зниження швидкості осьового переміщення рідкого матеріалу і відповідно до подачі (продуктивності) пристрою.



Компонування пристрою  $H = 3$  м з  $D_k = 93$  мм,  $d_H = 82$  мм,  $\delta = 8$  мм,  $S = 75$  мм,  $n = 2900$  хв<sup>-1</sup> дозволяє отримати:

- подачу (продуктивність)  $W = 13$  т / год;
- осьову швидкість рідкого матеріалу  $\vartheta_{ЗМ} = 1$  м/с;
- осьову швидкість спірального гвинта  $\vartheta_{ЗП} = 3,62$  м/с;
- коефіцієнт осьового відставання  $K\vartheta = 0,278$ ;
- коефіцієнт наповнення кожуха  $K_F = 0,56$ .

Встановлено, що зменшення висоти підйому рідкого матеріалу та збільшення підпору рідкого матеріалу в забірній частині кожуха покращує показники робочого процесу. Дослідженнями пристрою за  $H = 1,4$  м,  $D_k = 88$  мм,  $d_H = 73$  мм,  $n = 2310$  хв<sup>-1</sup>,  $\delta = 8$  мм,  $\alpha = 17^\circ 40'$ ,  $S = 65$  мм встановлено:

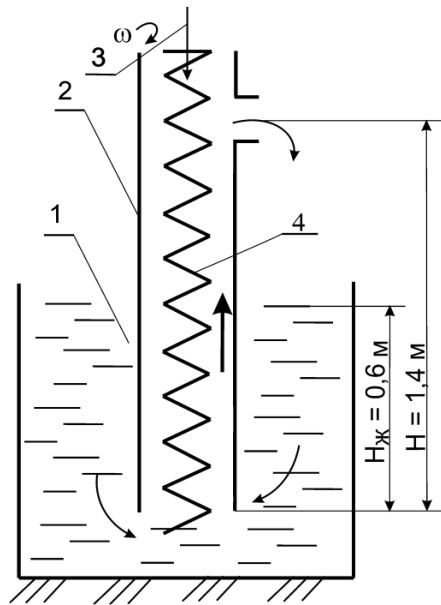


Рис. 3.3. Схема пристрою з підпором рідкого матеріалу у забірній частині:  
1 – рідкий матеріал; 2 – кожух; 3 – привід; 4 – спіральний гвинт

- подача (продуктивність)  $W = 18,9$  т / год;
- осьова швидкість рідкого матеріалу  $\vartheta_{ЗМ} = 1$  м/с;
- осьова швидкість спірального гвинта  $\vartheta_{ЗП} = 1,93$  м/с;
- коефіцієнт осьового відставання  $K\vartheta = 0,52$ .

Дослідженнями пристрою для переміщення олії на висоту  $H = 0,75$  м,  $D_k = 32$  мм,  $d_H = 30$  мм,  $\delta = 3$  мм,  $S = 22$  мм,  $\Delta = 1,0$  мм,  $n = 1000$  хв<sup>-1</sup> (рисунок 3.3) встановлено:

- подача (продуктивність)  $W = 240$  кг / год;
- осьова швидкість спірального гвинта  $\vartheta_{z\Pi} = 0,37$  м/с;
- осьова швидкість олії  $\vartheta_{zM} = 0,19$  м/с;
- коефіцієнт осьового відставання  $K\vartheta = 0,515$ ;
- потужність приводу  $N = 0,09$  кВт;
- питомі енерговитрати  $N_y = N/W = 0,376$  кВт·год/т.

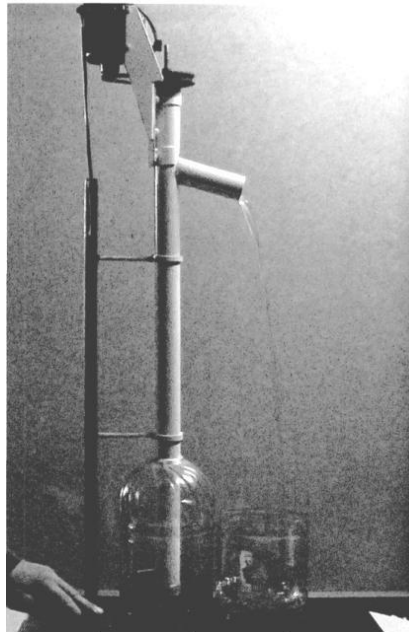


Рис. 3.4. Загальний вигляд експериментальної установки для переміщення олії:  $D_k = 32$  мм,  $d_H = 30$  мм,  $S = 22$  мм,  $n = 1000$  хв<sup>-1</sup>,  $W = 240$  кг/год.

Порівняльні випробування установки різних рідких матеріалів (вода і кефір) проводилися на установці, схема якої наведено малюнку.

У забірній частині кожуха є вікно розміром 30x20 мм, з торця виходить 1 виток спірального гвинта.

Пристрій складається з електродвигуна 1 вузла кріплення спірального гвинта 2 вивантажного вікна 3 мірної ємності 4 кожуха 5 спірального гвинта 6 ємності 7.

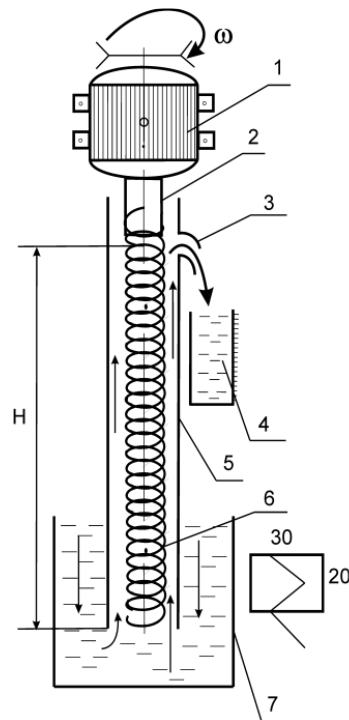


Рис. 3.5 Схема пристрою

Технічна характеристика:

1	Частота обертання, $\text{хв}^{-1}$ ( $n$ ).....	– 2500
2	Потужність приводу, кВт ( $N$ ).....	– 0,27
3	Діаметр кожуха, мм ( $D_k$ ).....	– 36
4	Діаметр спірального гвинта, мм ( $d_n$ ).....	– 32
5	Крок спірального гвинта, мм ( $S$ ).....	– 18
6	Діаметр дроту, мм ( $\delta$ ).....	– 3
7	Маса, кг ( $G$ ).....	– 12
8	Висота підйому, м ( $H$ ).....	– 1,8

Дослідженнями встановлено:

- подача (продуктивність) води  $t = 20^\circ \text{C}$  становить 375 кг / год;
- подача (продуктивність) кефіру  $W = 720$  кг / год;
- коефіцієнт осьового відставання води  $K\vartheta = 0,1$ ;
- коефіцієнт осьового відставання кефіру  $K\vartheta = 0,133$ ; що підтверджує

кращу переміщення більш жирною і в'язкою рідкого матеріалу.

З метою перевірки конструктивно-режимних параметрів, встановлених на основі теоретичних та експериментальних досліджень, виробничі дослідження

спірально-гвинтових робочих органів для переміщення пташиного посліду проводилися у трьох варіантах:

- переміщення рідкого посліду (жижі) для приготування біогумусу;
- переміщення напіврідкого пташиного посліду зі сторонніми органічними включеннями в умовах птахофабрики;
- переміщення (транспортування) напівсухого пташиного посліду в суміші з підстилкою тирсою, що використовується в умовах утримання (відгодівлі) курчат на птахофабриці;

Принципова схема робочого процесу першого варіанту пристрою для подачі жижі з метою отримання біогумусу наведена на малюнку 3.6.

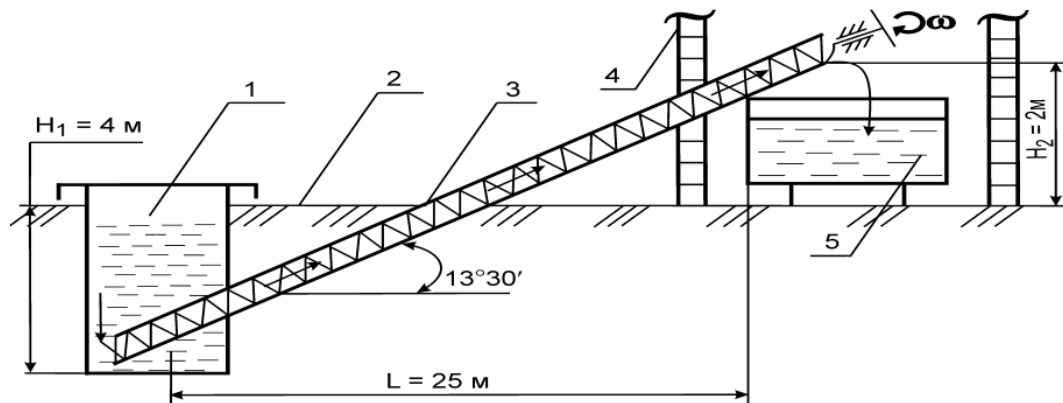


Рис. 3.6. Схема завантаження бродильних ємностей: 1 – жижа; 2 – поверхня ґрунту; 3 – насос-транспортер; 4 – приміщення; 5 – бродильна ємність для отримання біогумусу та біогазу

Технічна характеристика:

1. Подача (продуктивність), кг/год..... 700
2. Діаметр кожуха, мм..... 50
3. Діаметр спірального гвинта, мм..... 45
4. Діаметр дроту спірального гвинта, мм..... 8
5. Крок спірального гвинта, мм..... 40
6. Частота обертання спірального гвинта, хв<sup>-1</sup> ..... 750
7. Маса спірального гвинта, кг..... 32
8. Потужність приводу, кВт..... 1,2

Відповідно до технологічного процесу отримання біогумусу, добова подача жижи у велику ємність становить 10 т/год, і кількість рідини, що підживлюється, повинна бути в межах до 1 т/год.

Дані вимоги технологічного процесу достатньо забезпечуються розробленим пристроєм.

При технологічній необхідності частота обертання спірального гвинта змінюється зміною шківів приводного пристрою, при цьому з досліджень відомо, що подача (продуктивність) змінюється від частоти обертання спірального гвинта (до 2000 хв<sup>-1</sup>) прямопропорційної залежності.

Другий варіант виробничих досліджень проводився за умов птахофабрики з використанням пристрою, загальний вигляд якого наведено на рисунку. Пташиний послід надходить з пташника (загалом) в напіврідкому стані з безліччю включень у вигляді скребкового транспортера.

Робочий процес здійснюється наступним чином: пристрій забірною частиною кожуха опускається в колодязь – накопичувач; до влаштування підводиться транспортний засіб; включається привід спірального гвинта у обертальний рух; спочатку починається вивантаження більш рідкої фази пташиного посліду, далі починається подача посліду більшої фракції (з включеннями).

Технічна характеристика пристрою:

1. Висота (довжина), м..... 6
2. Діаметр кожуха, мм..... 100
3. Діаметр спірального гвинта, мм..... 90
4. Крок спірального гвинта, мм..... 80
5. Діаметр дроту спірального гвинта, мм ..... 8
6. Частота обертання спірального гвинта, хв<sup>-1</sup>..... 1500
7. Потужність приводу, кВт..... 2,2
8. Маса спірального гвинта, кг..... 10
9. Маса двигуна та рами, кг..... 60

10. Кожух – тонкостінний твердий поліетилен. рис.3.7.



Рис. 3.7. Загальний вигляд пристрою для переміщення напіврідкого та рідкого пташиного посліду

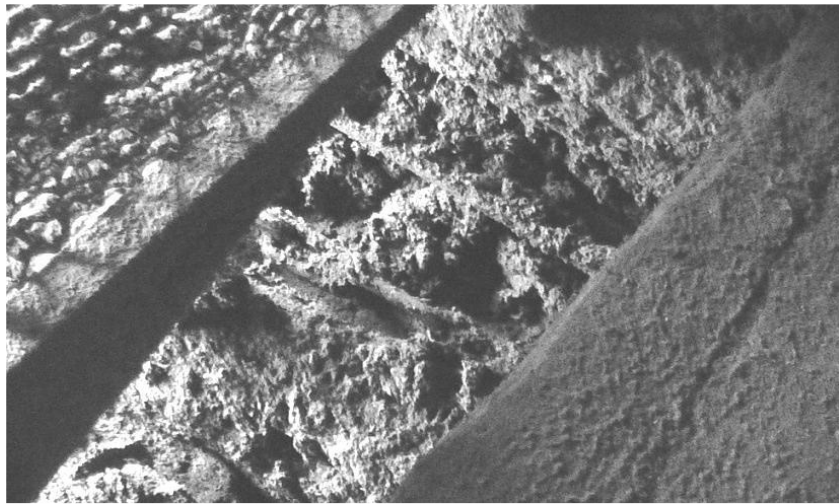


Рис. 3.8. Пташиний послід, що надходить у колодязі – накопичувачі від скребкового транспортера



Рис. 3.9. Момент монтажу пристрою у помітній ямі птахофабрики



Рис. 3.10. Процес вивантаження напіврідкого посліду у транспортний засіб



Рис. 3.11. Процес вивантаження посліду, змішаного з органічними включеннями (пір'я, відходи відгодівлі, шкаралупа)

Для проведення досліджень за третім варіантом для пташиного посліду з підстилкою тирсою було виготовлено пристрій зі збільшеним діаметром поліетиленового кожуха, загальний вигляд якого наведено на рисунку 3.11.

Дослідження щодо переміщення суміші посліду з тирсою в напівсухому стані при одноразовому пропуску матеріалу показали стійку працездатність пристрою.

Однак після триразового пропуску того самого матеріалу відбувається подрібнення і суміш нагрівається, що веде до злипання суміші. Вологість подібної суміші становила 40%. Густина пташиного посліду сухого підстилкового з тирсою дорівнювала  $\rho = 530 \text{ кг/м}^3$ .

Технічна характеристика пристрою:

- 1. Довжина, м..... 3,1
- 2. Діаметр кожуха, мм..... 130
- 3. Діаметр спірального гвинта, мм..... 96
- 4. Крок спірального гвинта, мм..... 90
- 5. Діаметр дроту, мм.....8
- 6. Частота обертання спірального гвинта, хв<sup>-1</sup>....700
- 7. Потужність приводу, кВт..... 0,4
- 8. Подача (продуктивність), м<sup>3</sup>/год.....3

Встановлено, що надмірне збільшення зазору між зовнішнім діаметром спірального гвинта  $d_n$  та внутрішнім діаметром кожуха  $D_k$ , що становить:

$$\Delta = \frac{D_k - d_n}{2} = \frac{130 - 96}{2} = 17, \text{ мм},$$

веде до зависання та злипання посліду, а також підвищення температури суміші.



Рис. 3.12. Загальний вид виробничої установки для переміщення суміші посліду з тирсою

### Висновки по розділу

У процесі досліджень пристрою для переміщення пташиного посліду у виробничих умовах встановлено, що використання у виробництві забезпечує порівняно з аналогом НШ-50-1 зменшення матеріаломісткості до 25 %, зниження енергоємності у 2 рази, а капітальних витрат більш ніж у 3 рази.



## ВИСНОВКИ

На підставі аналізу технічних засобів механізації прибирання пташиного посліду та гноївки, розроблено маловитратний по енергії пристрій, з гнучким спіральсько-гвинтовим робочим органом. При переміщенні рідкого і напіврідкого посліду, а також суміші посліду з підстилкою з тирси пристрій забезпечує подачу (продуктивність) в діапазоні  $1 \dots 10 \text{ м}^3 / \text{год}$ , висоту вертикального підйому до 6 м, довжину похилої траси в 25 м.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що форми та види забірної частини значно (до  $\pm 5 \%$ ) впливають на подачу (продуктивність) та питомі енерговитрати пристрою. Виявлено вплив фізико-механічних властивостей пташиного посліду на подачу (продуктивність) та енерговитрати. Збільшення в'язкості досліджуваного матеріалу від  $\nu = 4,48 \text{ мм}^2/\text{с}$  до  $\nu = 28,9 \text{ мм}^2/\text{с}$  веде до збільшення як подачі (продуктивності) так і питомих енерговитрат до 10 %.

Встановлено, що коефіцієнт осьового відставання досліджуваного матеріалу (посліду) від осьової швидкості гвинтової поверхні робочого органу при вертикальному заповненні кожуха пристрою для переміщення пташиного посліду дорівнює  $K\varphi = 0,3 \dots 0,4$ , при похилих трасах ( $\gamma = 10 \dots 20$ ) коефіцієнт  $K\varphi = 0,6 \dots 0,7$ .

Найменші питомі енерговитрати забезпечуються за частоти обертання робочого органу  $n = 1500 \dots 3500 \text{ хв}^{-1}$ .

У процесі досліджень пристрою для переміщення пташиного посліду у виробничих умовах встановлено, що використання у виробництві забезпечує порівняно з аналогом НШ-50-1 зменшення матеріаломісткості до 25 %, зниження енергоємності у 2 рази, а капітальних витрат більш ніж у 3 рази.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування. Науковий вісник Таврійський державний агротехнологічний університет. 2014. Випуск 4, Том 1. С.3 – 9.

2. Марцинкевич В. О., Коломієць Н. П. Поводження з відходами тваринництва: переваги технології анаеробного зброджування. Київ. 2015. 24 с.

3. Белюченко И. С. Оценка влияния отходов животноводства на состояние воздушной среды. Экологические проблемы Кубани. 2006. № 32. С. 116 – 120.

4. Біодобриво як продукт утилізації гною методом метанового бродіння і перспективи його використання. *Вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2015. Т. 17, № 3. С. 404 – 411.

5. Глуховський І. В. Сучасні технології знешкодження й утилізації небезпечних відходів виробництва. Київ : ДПІК Мінекобезпеки України, 1998. 45 с

6. Георгиевский В. И. Физиология сельскохозяйственных животных/ В. И. Георгиевский. Москва : Агропромиздат, 1990. 520 с.

7. Гончарук Т. В. Розвиток та ефективність виробництва сільськогосподарської продукції – сировини для переробки на біопаливо. *Економіка АПК*. 2013. N 8. С. 128 – 133.

8. Дубровский В. С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов. Рига: Знание, 1988. 204 с.

9. Жданович Л. О. Нетрадиційні системи для енергозабезпечення села. *Винахідник і раціоналізатор*. 2001. № 2. С. 2–3.

10. Колесник В. М., Бойко А. С. Органічне виробництво як стратегічний напрям розвитку аграрного сектора економіки України. *Агросвіт*. 2012. № 9. С. 30–33.

11. Куріс Ю. В. Біоенергетичні установки. Обладнання та технології переробки органовмісних енергоресурсів: підручн. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 348 с.
12. . Максiшко Л. М. Одержання мінерального добрива при очистці біогазу. *Вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2012. Т. 14, № 2. С. 110-115.
13. Максишко Л. М. Экологическая роль биоудобрений в сохранении гумуса и предотвращения проникновения инвазии в почву. *Știința Agricolă* Nr.1/2015, pp. 28 – 34. ISSN 1857 – 0003.
14. Нечитайло И. В. Альтернативная технология утилизации отходов жизнедеятельности. *Екологічна безпека*. 2012. № 2. С. 80 – 84
15. Осмонов О. М. Биогазовая технология и сохранение плодородия почв в Киргизии. *Агроэкологические проблемы использования органических удобрений на основе отходов промышленного животноводства*. 2006. С. 116 – 120
16. Гудилин А.Ф Биотехнология переработки органических отходов и экология. Новосибирск: Кн. Изд-во, 1999. 391 с