

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

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**РИБІЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ**

УДК 664.712

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ З ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА  
КРОХМАЛЮ**

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  
\_\_\_\_\_ Рибіцький О.С.

**Керівник роботи**

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2022**

## АНОТАЦІЯ

**Рибіцький Олександр Сергійович.** Підвищення ефективності технології приготування кормів з відходів виробництва крохмалю. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі на підставі аналізу технологій та технічних засобів встановлено, що побічні продукти крохмалопаточного виробництва, що отримуються при переробці зерна кукурудзи, використовуються у тваринництві не раціонально, та насамперед рідкий екстракт, що має кормову цінність, але через кисле середовище та високу вологість безповоротно втрачається, завдаючи негативний вплив на довкілля. В роботі розроблено конструктивно-технологічну схему нейтралізатора кислотності.

Розроблена конструктивно-технологічна схема шнеко-лопатевого змішувача для приготування вологого кукурудзяного корму повинна містити корпус, забезпечений в зоні вхідної горловини мембраною зацмленою по периметру з утворенням камери згущеного екстракту і мішалку, виконану у вигляді гвинтового конвеєра і порожнистих лопатей. Експериментально виявлено оптимальні параметри змішувача: частота обертання мішалки  $1,58...1,75 \text{ c}^{-1}$  при амплітуді її коливань 0,05 м та діаметрі отворів жиклерів порожнистих лопатей 0,004 м, при цьому ступінь однорідності кормової суміші буде в межах 90...96%, а енергоємність процесу  $(15,0...16,3) \times 10^{-5} \text{ Вт} \cdot \text{с/кг}$ .

*Ключові слова:* корма, змішувач, крохмаль, нейтралізатор, екстракт, шнек.

## ANNOTATION

**Oleksandr Serhiyovych Rybitsky.** Improving the efficiency of feed preparation technology from starch production waste. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

In the master's thesis, based on the analysis of technologies and technical means, it was established that the by-products of starch molasses production, obtained during the processing of corn grain, are not used rationally in animal husbandry, and primarily the liquid extract, which has fodder value, but is irretrievably lost due to the acidic environment and high humidity, causing a negative impact on the environment. The construction and technological scheme of the acidity neutralizer was developed in the work.

The developed structural and technological scheme of the auger-blade mixer for the preparation of wet corn fodder should contain a body equipped in the area of the inlet neck with a membrane pinched around the perimeter to form a chamber of condensed extract and a mixer made in the form of a screw conveyor and hollow blades. The optimal parameters of the mixer were experimentally revealed: the rotation frequency of the mixer is  $1.58...1.75 \text{ s}^{-1}$  with an amplitude of its oscillations of 0.05 m and a diameter of the holes of the jets of hollow blades of 0.004 m, while the degree of homogeneity of the feed mixture will be within 90...96%, and the energy intensity of the process  $(15.0...16.3) \times 10^{-5} \text{ W} \cdot \text{s/kg}$ .

*Key words: feed, mixer, starch, neutralizer, extract, auger.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ КРОХМАЛОПАТОКОВОГО ВИРОБНИЦТВА.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ ВКК ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	21
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ...30	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** При переробці кукурудзи на крохмаль в якості побічних продуктів отримують пелеву, подріблене зерно, мезгу, екстракт і макуху, що утворюється в результаті віджиму олії із зародка. Ці продукти широко застосовуються як компоненти корму в раціоні сільськогосподарських тварин. Завдяки своєму складу макуха, пелева та подрібнене зерно найбільш затребувані виробниками сільськогосподарської продукції.

Через низьку концентрацію сухих речовин рідкий кукурудзяний екстракт практично не затребуваний у виробників сільськогосподарської продукції. При скиданні в довкілля кукурудзяний екстракт створює велику екологічну проблему, оскільки є біологічно активним.

Переробники кукурудзи змушені йти на додаткові витрати та згущувати екстракт на вакуумних установках для скорочення його обсягу.

Згущений кукурудзяний екстракт є тягучою масою – пастою вологістю 55...60%. Він має високу кормову цінність і містить до 50% білка, токоферолі, тіамін, рибофлавін, піридоксин, біотин, а також вуглеводи та органічні кислоти. Однак кукурудзяний екстракт є кислим продуктом, показник рН становить 4,2...4,4.

Використання кислих кормів у раціоні годівлі великої рогатої худоби призводить до зниження рН вмісту рубця, оскільки через нього проходить до 80 % органічних речовин, то руйнується біохімічні системи рубця. Це призводить до зниження перетравності кормів та продуктивності тварин. Також через низькі значення рН в рубці шлунка сповільнюється моторика всіх його відділів, відбувається застій кормової маси у передшлунках. Кислотне середовище рубця при зруйнованій мікрофлорі призводить до захворювання тварини.

Нині побічні продукти крохмалопаточного виробництва використовують із приготування як сирих, так і сухих кормів.

Через сезонний попит на побічні продукти крохмального виробництва їх слід сушити. Приготування сухих кукурудзяних, тим більше гранульованих кормів, вимагає складного і дорогого обладнання, а також значних витрат енергії на сушіння, це призводить до підвищення собівартості продукції.

Найбільш раціональною пропозицією є приготування вологих кормів із побічних продуктів крохмалопатокового виробництва, за умови видалення споживача від постачальника у районі трохи більше двохсот кілометрів. Такі корми мають досить високу кормову цінність при низькій собівартості.

Сучасна технологія використання побічних продуктів переробних підприємств у кормовиробництві має забезпечувати глибоку переробку харчової сировини, зниження собівартості виробництва та підвищувати її екологічну безпеку.

**Наукова проблема.** Побічні продукти крохмалопатокового виробництва мають велику кормову цінність, але висока вологість і кислотність при існуючих технологічних прийомах і технічних засобах не дозволяють їх ефективно використовувати в приготуванні кукурудзяних кормів, що відповідають зоотехнічним вимогам, а утилізація веде до безповоротних втрат з нанесенням шкоди навколишньому середовищі.

**Ціль досліджень.** Підвищення ефективності використання побічних продуктів крохмалопатокових підприємств у кормовиробництві шляхом розробки та обґрунтування технології та засобів механізації приготування кормів із попередньою нейтралізацією кислотності кукурудзяного екстракту.

**Завдання досліджень:**

проаналізувати та узагальнити результати виконаних досліджень з технологій та засобів механізації приготування кормів із побічних продуктів крохмалопатокового виробництва та виявити перспективний напрямок їх удосконалення;

розробити конструктивно-технологічні схеми машин для приготування кормів із побічних продуктів крохмалопатокового виробництва;

здійснити перевірку розробленої технології та машин у виробничих умовах.

**Об'єкти досліджень.** Технологія та робочі процеси технічних засобів приготування кормів із побічних продуктів крохмалопаточного виробництва.

**Предмет дослідження.** Закономірності технологічних процесів нейтралізації згущеного кукурудзяного екстракту та сумішоутворення при приготуванні кормів сільськогосподарським тваринам із побічних продуктів крохмалопаточного виробництва.

**Методи дослідження.** Для проведення експериментальних досліджень були використані загальновідомі методики та розроблені на їх основі – спеціальні методики. Вимірювання та контроль досліджуваних параметрів здійснювали сучасними механічними та електронними приладами та установками. Розрахунки та обробка результатів теоретичних та експериментальних досліджень виконувались за допомогою ЕОМ та пакету прикладних програм.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Куликівський В.Л, **Рибіцький О.С.** Результати експериментальних досліджень процесу приготування сухих кукурудзяних кормів. Студентські читання–2022: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 30 листопада 2022 р. Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 42-45.

2. Куликівський В.Л, **Рибіцький О.С.** Аналіз побічних продуктів крохмалопаточного виробництва. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022.С. 296-298.

3. **Рибіцький О.С.** Аналіз технічних засобів приготування кормів із ППКПВ. *Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 254-258.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для виробництва представляє розроблена конструктивно-технологічна схема шнеко-лопатевого змішувача для приготування вологого кукурудзяного корму.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 13 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 40 сторінок комп'ютерного тексту, містить 34 рисунки.



## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ КРОХМАЛОПАТОКОВОГО ВИРОБНИЦТВА

#### 1.1. Аналіз побічних продуктів крохмалопатокowego виробництва

На переробних підприємствах в Україні крохмаль одержують із пшениці, картоплі та кукурудзи.

При виробленні крохмалю з картоплі як побічні продукти будуть картопляна мезга і сік, який часто піддається розведенню водою.

Побічними продуктами при переробці картоплі на крохмаль є сік і мезга. Для годівлі сільськогосподарських тварин використовувалася переважно картопляна мезга, кормова цінність якої 1,1 к.о. у перерахунку на абсолютно суху речовину.

Нині в Україні частка картопляного крохмалю становить менше 8%.

Побічні продукти переробки пшениці на крохмаль використовуються в нашій країні в незначних обсягах, в основному вони експортуються за кордон.

Пріоритетною сировиною крохмалопатокowego промисловості нашої країни є зерно кукурудзи. При переробці зерна кукурудзи на крохмаль, патоку та олію побічними продуктами є зародок, глютен, мезга, екстракт. З зародка виробляють кукурудзяну олію та макуху. Глютен є білком і широко використовується в харчовій промисловості, а також використовується як компоненти при приготуванні кормів для птиці та свійських тварин.

При вирішенні питання про використання побічної продукції крохмалопатокowego виробництва та утилізації стоків, потрібно виходити зі зниження собівартості основної продукції за рахунок додаткового доходу від реалізації побічної при зниженні екологічних збитків навколишньому середовищу. Найбільш раціонально використовувати побічні продукти крохмалопатокowego виробництва для годівлі тварин.

У раціонах годівлі сільськогосподарських тварин найбільше застосування знайшли побічні продукти крохмалопаточкового виробництва (ППКПВ) віджата кукурудзяна мезга (ВКМ) та згущений кукурудзяний екстракт (ЗКЕ).

ВКМ переважно складається з подрібненої ендосперми та оболонки зерна і переважно містить крохмалю до 12 %. Найбільш цінними компонентами в ВКМ є клітковина, крохмаль та білок.

Початковим етапом переробки зерна є її замочування у розчині сірчистої кислоти, в результаті розчинені речовини переходять у рідину, яка є кукурудзяним екстрактом ( $W=91\ldots94\%$ ). Потім екстракт концентрується до вологості  $W = 52\ldots60\%$  на парових вакуумних установках.

ЗКЕ це густа рідка субстанція здатна до розшарування, його кормова цінність полягає у вмісті білків, жирів, вуглеводів та органічних кислот. При цьому існують альтернативні способи згущення екстракту.

Істотним недоліком ЗКЕ є висока кислотність рН 4,2...4,4 обумовлена високим вмістом органічних кислот до 34% .

Аналіз ППКПВ показав, що вони є цінними компонентами кормової суміші для відгодівлі сільськогосподарських тварин ВКМ може бути використано як самостійний корм, чи в складі кормосуміші. ЗКЕ має обмежене застосування через високу кислотність, не дивлячись на високу кормову цінність. Використання кормів з високою кислотністю порушує кислотно-лужний баланс організму тварини та веде до негативних наслідків.

При змішуванні ВКМ і ЗКЕ отримують вологі кукурудзяні корми (далі тексту ВКК) ( $W=65\ldots67\%$ ). Вони мають високу кормову цінність – 1,2 к.е. (у перерахунку на абсолютно суху речовину), яка характеризується змістом протеїну – 71-82%, жиру – 5...6% і клітковини 9...10%. При цьому протеїн кукурудзяний засвоюється вп'ятеро краще, ніж соєвий.

Як показує аналіз хімічного складу ВКК приготованого шляхом змішування ВКМ та ЗКЕ не вирішує проблему високої кислотності останнього.

Світова тенденція використання ППКПВ замість зернових кормів у сухому та вологому вигляді.

Сухі кукурудзяні корми (далі за текстом СКК), виготовлені з ППКПВ, мають істотні переваги, великий термін зберігання, можливість транспортування на великі відстані, широким діапазоном застосування. При цьому вони мають високу собівартість, внаслідок необхідності випаровування великої кількості води. Використання СКК з ППКПВ також обмежено зоотехнічними вимогами через високу кислотності. Так як мають у своєму складі органічні кислоти, які при попаданні в шлунок тварини та взаємодії з водою призводить до негативного впливу на організм тварини. Крім того при сушінні частина корисних речовин ППКПВ будуть безповоротно втрачені.

Вітчизняні виробники тваринницької продукції, починаючи з середини минулого століття, широко застосовували ППКПВ у вологому вигляді для годівлі великої рогатої худоби під час виробництва яловичини.

Ефективність використання вологого корму, приготовленого з ППКПВ доведено наукою та практикою. За даними виконаних досліджень без шкоди для продуктивності та здоров'я дійних корів можливе використання вологого корму взамін 50% концентратів, при цьому не більше 6 кг на голову. Також доведено високу ефективність використання ППКПВ у раціонах годування свиней.

Зі всіх зазначених вище переваг ВКК і СКК, приготовлених з ППКПВ для підвищення ефективності їх використання необхідно вирішити проблему високої кислотності.

На даний момент часу найбільш раціональним рішенням є приготування та використання ВКК, відповідних зоотехнічним вимог. Це дозволить вирішити проблему дефіциту протеїнових кормів у раціонах годівлі великої рогатої худоби, за мінімальних витрат.

## 1.2 Аналіз технічних засобів приготування кормів із ППКПВ

Виробничими процесами приготування таких кормів є: нейтралізація кислотності (хімічна обробка), дозування, змішування, транспортування, зберігання та інші.

Дослідженнями технічних засобів підготовки кормів до згодовування займалися вчені: Р.Є. Алтинбеков, С. В. Брагінець, А. В. Байдов, С.М. Ведищев, Н.М. Васильєв, Л.Г. Васильєва, В.В. Коновалов, М.А. Коньков, І.В. Горюшинський, Є.Є. Гришков, Ю.А. Іванов, Ю.М. Ісаєв, М.С. Рунчев, В.І. Сироватка, Л.П. Кормановський, А. І. Купреєнко В.І. Курдюмов, А.С. Куспаков, Р. М. Кукта, Ю. І. Макаров, С.М. Маланчев, А.К. Мальцев, Д.В. Межуєва, А.Г. Мудров, В.М. Ульянов, В.Ф. Ужик, Ю.В. Саєнко, В.І. Сироватка, А.А. Полункін, А.В. Прохоров, А.Ш. Фінкельштейн та інші. Незважаючи на велику кількість проведених наукових досліджень, в даний час питання розробки технічних засобів для приготування кормів з ППКПВ залишається мало вивченим.

Для проведення хімічної обробки кормів можливе використання таких відомих засобів механізації.

Змішувач м'яса та карбаміду СМ – 1,7 [1]. Основне призначення СМ -1,7 це приготування протеїнового концентрату з м'яса та карбаміду. Даний змішувач складається з двох ємностей 5 та 1,8 м<sup>3</sup>, перша для тимчасового зберігання м'яса, друга для змішування. Ємності з'єднані трубопроводом, яким за допомогою насоса перекачується м'ясо та готовий концентрат. Для підтримки м'яса в рідкому стані всі компоненти змішувача мають парову сорочку.

Принцип роботи СМ – 1,7 полягає у розчиненні м'яса гарячої води та подальшому змішуванні з карбамідом у строго визначеній пропорції. Роль робочого органу змішувача виконує лопатева мішалка.

Агрегат приготування заміника молока АЗМ – 0,8А призначений для приготування кормової суміші, яка використовується для випоювання телят. Принципова схема АЗМ – 0,8А представлена рис. 1.1.

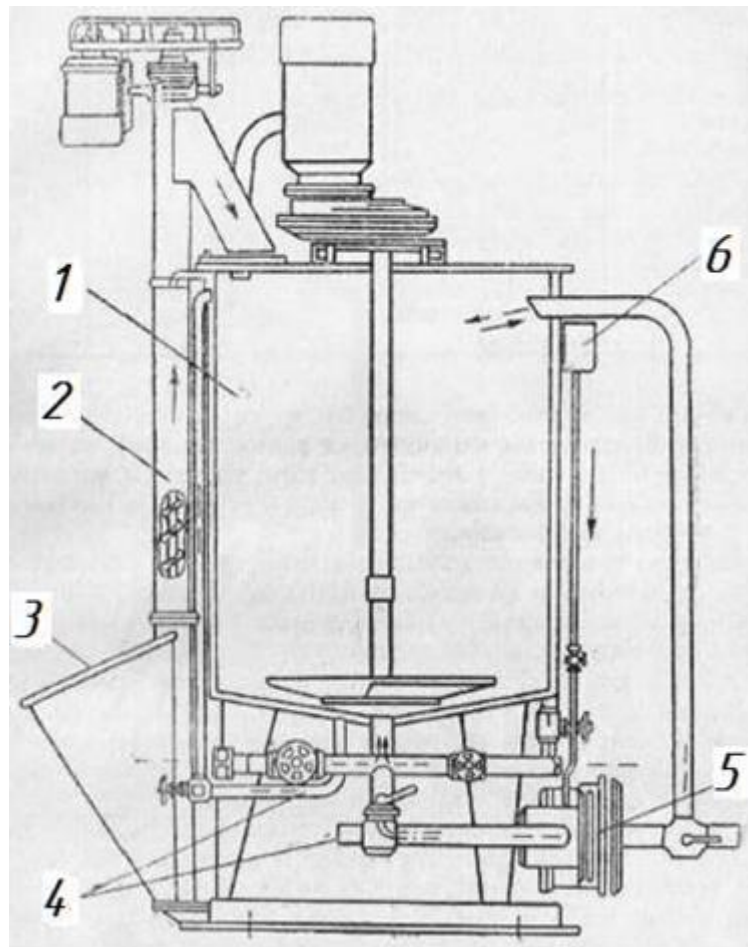


Рис. 1.1. Схема агрегату АЗМ – 0.8А.

Агрегат складається з ємності 1, усередині якої розміщена лопатева мішалка. Для подачі концентратів є шнековий транспортер 2 із завантажувальною горловиною 3. Підведення води та пари здійснюється по трубопроводах 4, які з'єднані з насосом емульсатором 5 та ємністю жирових-вітамінних добавок 6.

Технологічний процес АЗМ – 0,8А наступний. У ємність заливають воду і завантажують комбікорм, потім подають пару. Після запарювання в ємність додають знежирене молоко. Приготовлену суміш охолоджують і змішують з жировими вітамінними добавками за допомогою насоса емульсатора. Таким

чином, в результаті виходить, колоїдно-дисперсна емульсія збагачена жирами і вітамінами.

Найбільш сучасне обладнання для приготування вологих кормових сумішей пропонує торгова марка «ТЕКМАШ» (рис.1.2).



Рис. 1.2. Устаткування для ЗЦМ «ТЕКМАШ»: 1 – установна приготування суміші "ТЕК-СМ"; 2 – завантажувальний пристрій «ТЕК-ЗУ»; 3 – ємність ЗЦМ.

Це обладнання складається з установок для завантаження сировини – ТЕК-ЗУ, гідродинамічного змішування ТЕК-СМ та ємності приготування ВКС.

На підставі рецепту сухі компоненти подаються в завантажувальний пристрій і додається зворотня або інша рідина. Насосом маса перекачується в установку ТЕК-СМ, в якій відбувається гідродинамічне змішування та знезараження. Остаточне змішування маси з водою здійснюється в ємності для приготування ВКС.

Змішувач запарник кормів Г7-СЗК-6,5-ТШ (рис. 1.3). Основне призначення це перемішування, хімічна, біологічна та термічна обробка кормів.

Корпус змішувача представляє закриту ємність, усередині якої встановлена горизонтально лопатева мішалка і розташованим під нею вивантажувальним шнековим транспортером. Бічні стінки корпусу мають парову

сорочку. Привід мішалки та шнекового транспортера здійснюється від електродвигуна через редуктор і клинопасову передачу.



Рис. 1.3. Змішувач-запарник Г7-СЗК-6,5-ТШ.

Принцип роботи Г7-СЗК-6,5-ТШ наступний. Компоненти кормової суміші по чергово завантажуються у змішувач. При хімічній чи біологічній обробці додається необхідний компонент та вода. Ця маса перемішується та витримується необхідний час. При термічній обробці у парову сорочку подається теплоносій.

Таку конструкцію має змішувач СКО-Ф-3-1 (рис. 1.4) [4]. Він має аналогічну Г7-СЗК-6,5-ТШ конструкцію та призначення. Відмінність полягає в робочому органі, він є горизонтально розташованою трубою з двома протилежно спрямованими стрічковими навивками. Подача пари передбачена безпосередньо всередину змішувача.

Для змішування вологих кормів широко застосовуються стрічкові та лопатеві змішувачі, періодичної та безперервної дії.

Відомий одновальний стрічковий змішувач СК – 3, періодичної дії виробництва ЗАТ Інженерний центр «Грант» (рис. 1.14) [2]. Цей змішувач

має широке застосування. Він може здійснювати змішування зернових компонентів, подрібнених грубих та соковитих кормів, мінеральних добавок та жирів.

Змішувач СК – 3 є закритим бункером із завантажувальною і вивантажувальною горловинами. У нижній частині бункера, яка має циліндричну форму, встановлений робочий орган, виконаний у вигляді горизонтально розташованого валу зі стрічковими навивками. Дана конструкція

має малу металоємність та енергоємність при цьому забезпечує однорідність змішування в діапазоні 93...95%.

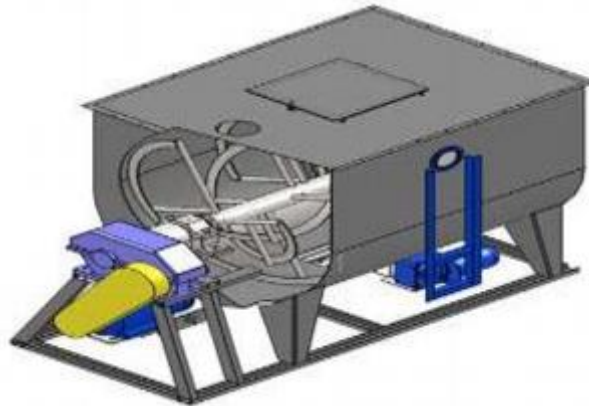


Рис. 1.4. Змішувач СК – 3.

Двухвальный стрічковий змішувач серії СГУ, призначений для матеріалів, що важко змішуються, у тому числі сипких з рідинами (рис 1. 5) [1].

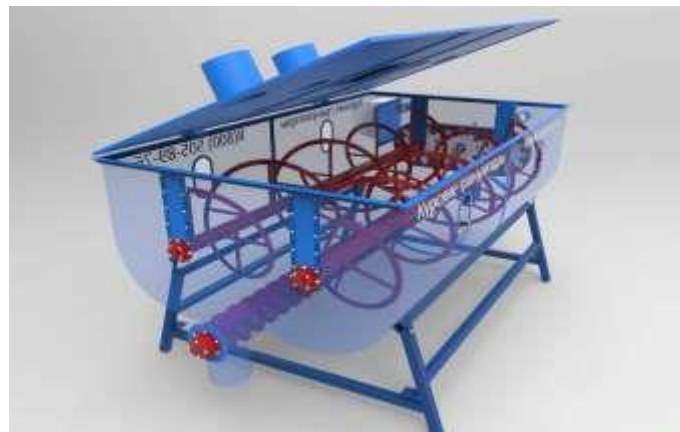


Рис. 1.5. Змішувач серії СГУ.

Змішувачі серії СГУ є закритою ємністю з розташованими всередині робочими органами і вивантажувальни шнеком. Робочі органи виконані у вигляді валів з лопатями та із закріпленою на них спіральною стрічкою.

Змішування відбувається за рахунок пошарового переміщення маси за рахунок руху лопатей та гвинтової стрічки.

Цікаву, нам конструкцію має змішувач Б6-ДАК (рис 1.6) [4]. Спочатку змішувач Б6-ДАК розроблявся та використовувався для змішування комбінованих кормів та збагачення їх мелясою.

Змішувач Б6-ДАК має таку конструкцію. У закритому корпусі розташований шнек та під ним лопатева мішалка. Шнек виконує роль



живильника, а змішування забезпечує лопатева мішалка. Для введення меляси передбачена форсунка. Змішувач має гідравлічний варіатор, який дозволяє регулювати частоту обертання робочих органів. Меляса подається за допомогою насоса-дозатора.

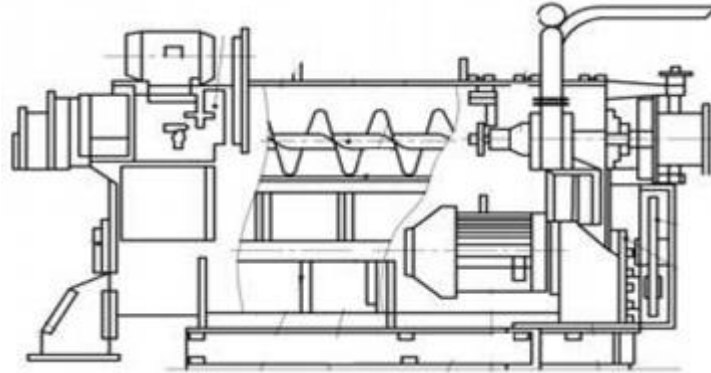


Рис. 1.6 – Схема змішувача Б6-ДАК.

З сучасних змішувачів у нашому випадку заслуговують машини, що випускаються ТОВ «Ардон» [2]. Змішувач безперервної дії серії WAN представлений на рис. 1.7.



А.



Б.

Рис. 1.7. Змішувач серії WAN: А – загальний вигляд змішувача серії WAN, Б – робоча камера змішувача WAN.

Змішувач являє собою циліндричний корпус, усередині якого розташовані основний та додаткові робочі органи (рис. 1.7Б). Корпус має горловину для подачі компонентів, з протилежного боку в торцевій стінці є вивантажувальне вікно із заслінкою, за її допомогою регулюється час змішування. Основний робочий орган виконаний у вигляді горизонтальної лопатевої мішалки. Край лопаті виконаний у вигляді клина. Додаткові робочі органи (деагломераторів)

виконані як ножи, мають частоту обертання  $1500 \dots 3000 \text{ хв}^{-1}$ . Додатково змішувачі можуть бути обладнані системами для введення рідких добавок та підігрівом (термокожухом).

Останнім часом велика увага приділяється спіральним змішувачам. Розробці та дослідженню даних машин присвячені праці вчених С. М. Ведищев, В.І. Курдюмова, З.К. Галіакберова, І.Х. Насібуллова, В.В. Коновалова, А. І. Купрієнко, Г.М. Кукта, А.С. Фоміним, В.М. Ульянова, О.І. Палій, А.В. Хребтова, І.І. Прищепа, П.І. Інюточкина, Л.В. Неплюєва, С.В. Германа та ін.

Конструкція спірального конвейера-змішувача розроблена В.В. Коноваловим та А.С. Фоміним представлена на рис. 1.8.

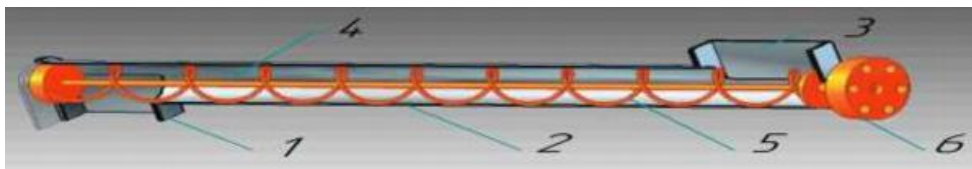


Рис. 1.8. Схема конвейера-змішувача В.В. Коновалоа та А.С. Фоміна.

Корпус спірального конвейера-змішувача складається з вивантажувального вікна 1, транспортуючої труби 2, бункера 3. Робочим органом є центральний вал 4 зі спіраллю 5. Привід робочого органу здійснюється через кулачкову муфту 6. Змішування здійснюється за рахунок пошарового переміщення компонентів.

Цікавою є конструкція дозатора-змішувача сипучих матеріалів, представленого на рис. 1.19 [4].

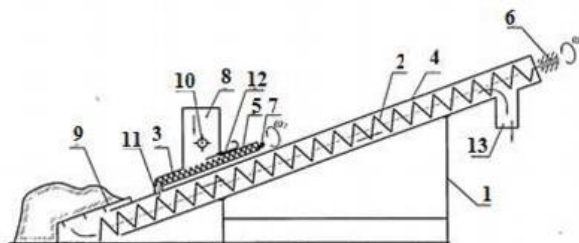


Рис. 1.9. Схема спірального дозатора-змішувача: 1 – рама; 2, 3 – гвинтові спіралі; 4,5 – кожухи; 6,7 – приводи транспортери; 8 – бункер; 9 – ґрати; 10 - руйнівник; 11 – вивантажувальна горловина, 13 – вивантажувальна горловина; 12 – заслінка.

Особливістю конструкції даного дозатора-змішувача є розташовані один над одним двох спіральних транспортерів різного діаметру. Нижній транспортер має завантажувальну зону з ґратами та вивантажувальну горловину. У нижньому корпусі додатково є горловина, з'єднана з верхнім транспортером. Верхній транспортер має бункер із заслінкою, встановлений на вході.

В даному випадку відбувається дозування лише одного компонента, що подає верхній транспортер. Кількість матеріалу, що подається регулюється заслінкою встановленою між бункером та верхнім транспортером.

Змішування компонентів відбувається за рахунок їх пошарового транспортування.

З.К. Галіакберов та І.Х. Насібуллов розробили змішувач-дозатор зі спіральним робочим органом, який здійснює змішування [8]. Змішувач-дозатор являє собою трубу, що транспортує, всередині, якої встановлена спіраль. Над трубою встановлений бункер з перегородкою, з метою поділу його на дві секції (рис. 1.10). Попередньо секції бункера заповнюються компонентами, потім вони потрапляють у транспортну трубу і змішуються в процесі переміщення їх до горловини.

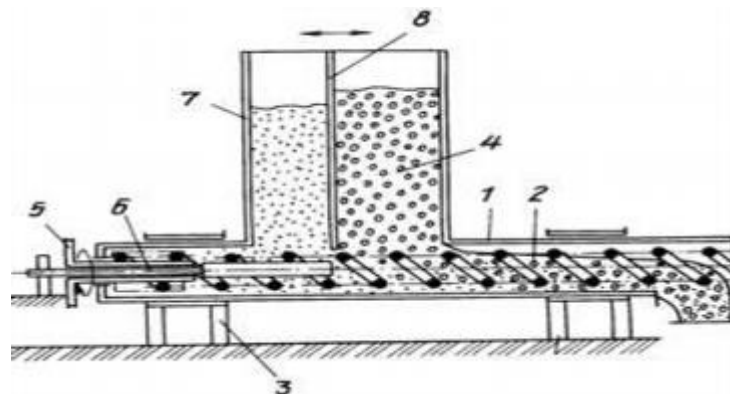


Рис. 1.10. Дозатор-змішувач конструкції З.К. Галіакберова і І.Х. Насібуллова : 1 – корпус 2 – спіральний транспортер, 3 – рама, 4, 7 – секції бункера, 5 – пасова передача, 6 – вкладиш, 8 – перегородка бункера.

## Висновки по розділу

Проблема використання існуючих технічних засобів приготування кормів полягають переважно у фізико-механічних та теплофізичних властивостях ППКПВ.

Тому необхідно розробити спеціальний агрегат для обробки згущеного кукурудзяного екстракту лугами з метою зниження його кислотності. Конструкція повинна дозволяти ефективно використовувати теплову енергію, що виділяється при хімічній реакції взаємодії кукурудзяного екстракту з реагентами з мінімальними втратами у довкілля.

При розробці змішувачів також необхідно враховувати особливості фізико-механічних та теплофізичних властивостей ППКПВ. Крім того, ВКК має високу в'язкість, значення якої залежить від навколишньої температури.

Необхідно також брати до уваги, що частина побічних продуктів, які можуть використовуватися для кормової суміші, такі як відходи зерна кукурудзи та пелева – сухі. Це ускладнює ефективне їхнє перемішування, особливо зі ЗКЕ, відбувається утворення грудок, що знижує якість кінцевого продукту.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ ВКК ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Технології приготування ВКК із ППКПВ

Поданий у першому розділі матеріал показав, що проблема використання та утилізації ППКПВ у нашій країні залишається актуальною. З позиції безпеки та безвідходності виробництва найкращим варіантом було б приготування СКК. Але висушені до рівноважного стану ППКПВ, такі як ОКЕ та ВКМ, мають дуже високу собівартість. Через те, що з основного виробництва вони виходять із високою вологістю і для видалення потрібні значні енергетичні витрати. У нашій країні за порівняно низьких цін на зерно щодо світових, попит на СКК із ППКПВ залишається на досить низькому рівні, що потребує іншого вирішення проблеми.

Найбільш простим та ефективним рішенням є приготування з ППКПВ ВКК, що відповідають зоотехнічним вимогам, особливо за кислотністю, яка залежить від кукурудзяного екстракту. Нейтралізацію кислотності ЗКЕ до рН – 6,0...7,0 досить проблематично виконати, дотримуючись при цьому зоотехнічних вимог вмісту хімічних сполук у кормах.

На підставі вище викладеного було розроблено спосіб приготування ВКК з ППКПВ з нейтралізацією кислотності ЗКЕ.

Спосіб пояснюється рис. 2.1 та реалізується наступним чином. Місткість 1 заповнюється ЗКЕ на 80...85%. Одночасно готуються водні розчини реагентів у ємності 2 гідроксиду кальцію, 3 – гідроксиду натрію. При безперервному перемішуванні ЗКЕ в ємність 1 дозатором насосом 4 подається водний розчин оксиду кальцію. При значенні кислотності рН 5,0...5,2 припиняють подачу. Потім у ємність 1 подають гідроксид натрію, контролюючи значення рН ЗКЕ. При значеннях рН 5,9...6,3 подачу гідроксиду кальцію припиняють. Нейтралізований ЗКЕ за допомогою дозатора 5 і ВКМ з бункера-дозатора 6

подають в змішувач 7 у співвідношенні 1:5,4. Далі готовий ВКК направляють у бункер тимчасового зберігання

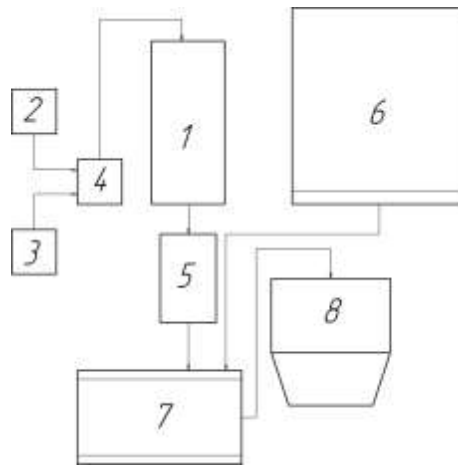


Рис. 2.1 Блок-схема методу приготування ВКК.

Вміст 20..25% молочної кислоти ( $C_3H_6O_3$ ) та 6...7% фітинової кислоти ( $C_6H_{18}O_{24}P_6$ ) забезпечують рН ЗКЕ в діапазоні 4,2...4,4. Дані органічні кислоти рівносильні, тому робимо припущення та приймаємо, що їх вміст у ЗКЕ становить 30% у перерахунку на суху речовину [1, 5].

З метою підвищення ефективності нейтралізації кислотності ВКК та раціонального використання теплоти, що утворюється в результаті приготування розчинів реагентів, нами була запропонована технологія приготування ВКК. Відмінною особливістю даної технології є те, що утворена теплота при приготуванні водного розчину реагентів використовується для нагрівання ВКК.

Конструктивно-технологічна схема лінії приготування ВКК із ППКПВ представлена рис. 2.2.

Для приготування ВКК використовуються ЗКЕ ( $W=58\%$ ) та ВКМ ( $W=63...65\%$ ). При цьому необхідні реагенти оксид кальцію і гідроксид натрію з розрахунку 19 кг CaO і 12 кг NaOH на одну тону ЗКЕ.

Використання даної технології дозволяє готувати ВКК, що відповідають зоотехнічним вимогам при цьому, за рахунок раціонального використання теплоти, що утворюється для нагрівання ЗКЕ знизити витрати виробництва.

Задля реалізації запропонованої технології

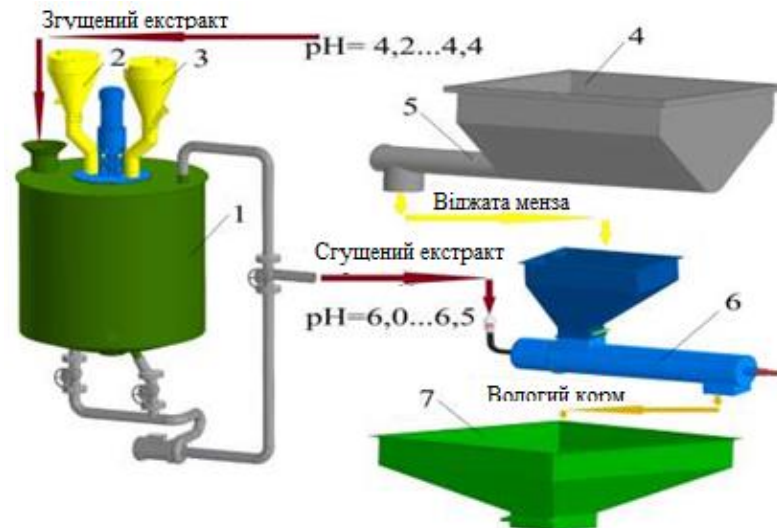


Рис. 2.2 – Конструктивно-технологічна схема лінії приготування ВКК із ППКПВ: 1 – нейтралізатор ЗКЕ; 2, 3 – бункер-дозатор оксиду кальцію та гідроксиду натрію; 4 – бункер ВКМ, 5 – дозатор ВКМ; 6 – змішувач; 7 – бункер-накопичувач готового ВКК.

приготування ВКК необхідно розробити основні технічні засоби.

Конструктивно-технологічна схема нейтралізатора представлена на рис. 2.3.

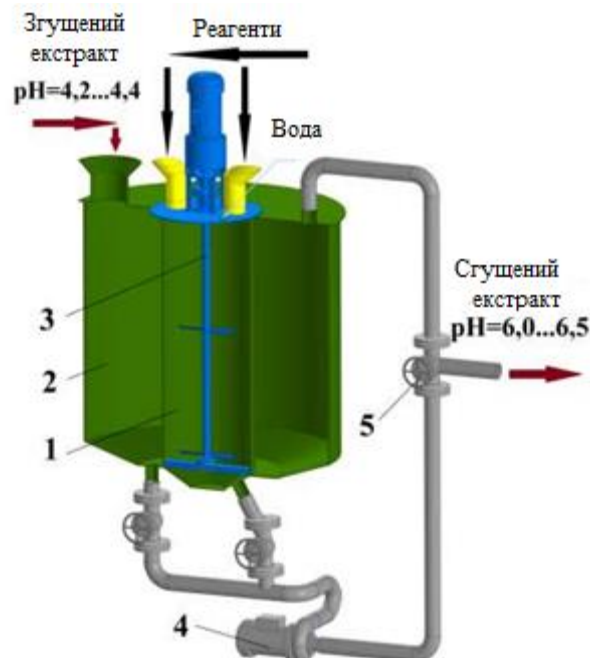


Рис. 2.3. Конструктивно-технологічна схема нейтралізатора ЗКЕ

У ємності 1, 2 заливається вода та ЗКЕ відповідно. Потім ємність 1, при постійному перемішуванні лопатевим валом 3 подають реагенти, з розрахунку 19 кг СаО і 12 кг NaOH на одну тону ЗКЕ. Внаслідок хімічних реакцій теплота, що утворюється, нагріває ЗКЕ. Далі водний розчин реагентів та СКЕ надходять у насос-змішувач 4, який перекачує їх у ємність 2. При змішуванні відбувається хімічна взаємодія гідроксидів кальцію та натрію з органічними кислотами СКЕ і як результат їх нейтралізація. При положенні триходового крана 5, що забезпечує вивантаження ЗКЕ, він видаляється насосом-змішувачем 4.

З урахуванням вищевикладеного розроблено конструкцію змішувача з комбінованим шнеко-лопатевим робочим органом. Дана конструкція змішувача дозволяє подавати ЗКЕ безпосередньо в зону змішування рівномірно, розподіляючи його у всьому обсязі.

Конструкція розробленого шнеко-лопатєвого змішувача пояснюється рис. 2.4.

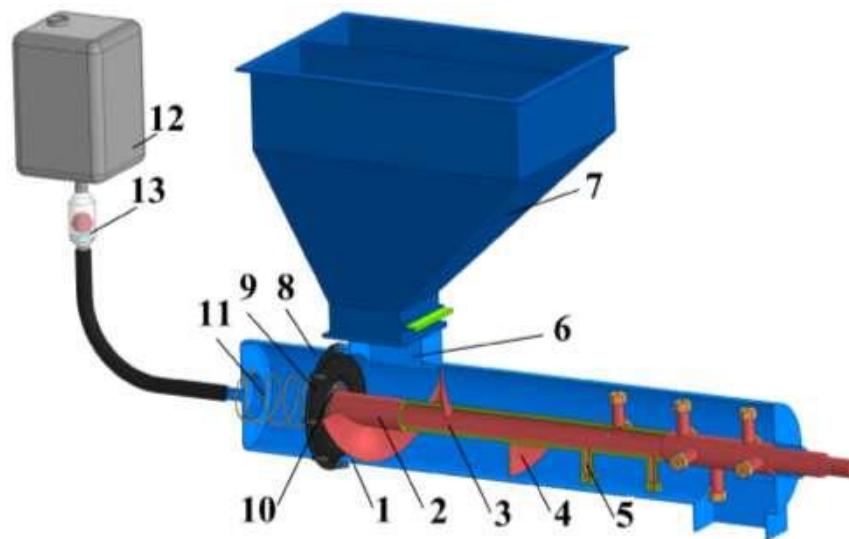


Рис. 2.4. Конструктивна схема змішувача: 1 – корпус; 2 – робочий орган; 3 – вал порожнистий; 4 – конвеєр шнековий; 5 – лопата порожниста; 6 – вхідна горловина; 7 – бункер; 8 – камера ЗКЕ; 9 – мембрана; 10 – опора; 11 – пружина; 12 – ємність накопичувальна ЗКЕ; 13 – клапан зворотний.

Змішування ЗКЕ та ВКМ здійснюється наступним чином. Накопичувальна ємність заповнюється нейтралізованим ЗКЕ, при цьому відбувається заповнення камери ЗКЕ. При обертанні робочого органу ВКМ забирається з бункера та



переміщається до зони змішування. При цьому робочий орган та мембрана переборна дія пружини переміщуються у бік камери ЗКЕ, створюючи в ній надлишковий тиск. Зворотний клапан закривається і ЗКЕ через порожню трубу, лопаті та жиклери надходить у зону змішування. Поворотно-поступальний рух робочого органу змішувача відбувається через зміну площі зіткнення шнекової навивки як наслідок сили опору під час транспортування ЗКМ. За один оборот робочий орган здійснює один зворотно-поступальний рух. Розроблена конструкція змішувача дозволяє рівномірно розподіляти ЗКЕ по всьому об'єму ВКМ в зоні змішування

Для реалізації процесу змішування, з урахуванням фізико-механічних властивостей компонентів, що використовуються, розроблена конструктивно-технологічна схема змішувача із спіральним робочим органом. Конструктивно технологічна схема спірального змішувача представлена на рис. 2.5.

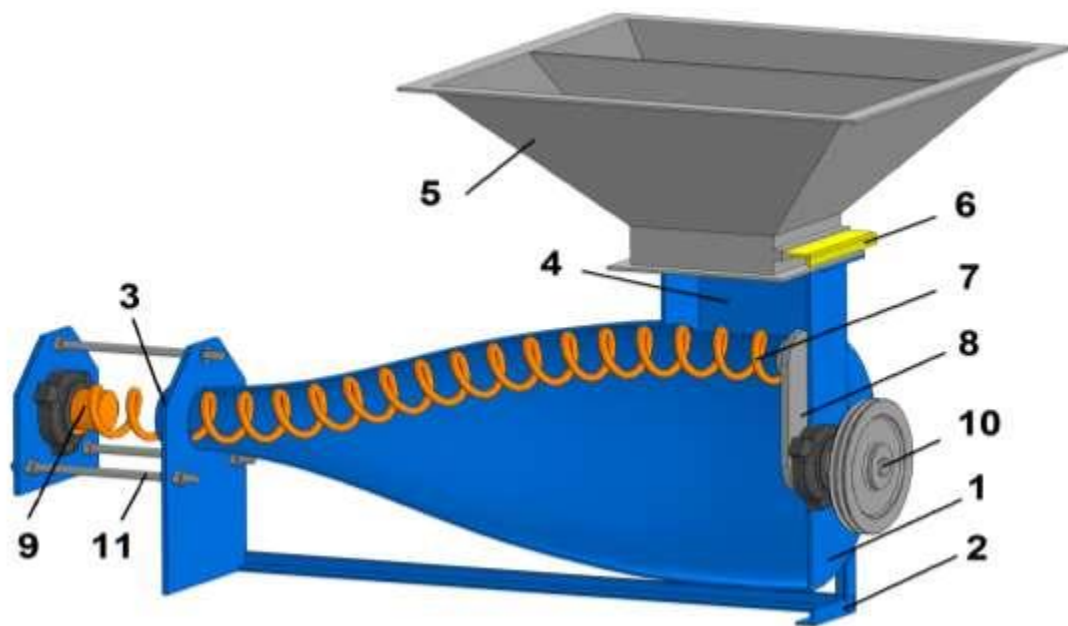


Рис. 2.5. Спіральний змішувач : 1 – корпус, 2 – рама, 3,4 – вивантажувальна та завантажувальна горловини, 5 – бункер-накопичувач, 6 – заслінка, 7 – спіраль, 8 – ексцентрик, 9 – ведена цапфа, 10 – провідна цапфа, 11 – натяжний пристрій.

Відмінною особливістю конструкції розробленого змішувача є його робочий орган, що являє собою циліндричну спіраль з веденою та провідною

цапфами, встановлену в конусоподібному корпусі. На провідній цапфі спіраль встановлена через водило. Це забезпечує спіралі складний рух. Спіраль обертається навколо своєї осі при цьому основна її частина додатково здійснює рух паралельно конічному корпусу.

## 2.2. Методика проведення досліджень

Для виконання програми досліджень процесу змішування ОКМ та ЗКЕ, на основі розробленої конструкції, був виготовлений лабораторний макет шнеко-лопатевого змішувача.

Геометричні розміри макета шнеко-лопатевого змішувача були визначені на підставі технологічних параметрів та заданої продуктивності в діапазоні 1,30...1,42 кг/с.

Загальний вигляд макета шнеко-небезпечного змішувача та його пристрій показаний на малюнках (3.12 – 3.17).

Конструкція макету шнеко-лопатевого змішувача наступна. Циліндричний корпус 1, встановлений на рамі 2 і має робочий орган 3, який отримує крутний момент від мотор-редуктора 4 по засобах пасової передачі. На завантажувальну горловину 5 змонтований бункер ВКМ 6. З торців корпус змішувача 1 забезпечений мембранним насосом ЗКЕ 7, з'єднаний шлангом 8 з ємністю 9 і пристроєм 11 робочого органу, встановленими відповідно в районі горловини 5 і вивантажувального вікна 10.

Конструкція робочого органу змішувача показано на рис. 2.6. На трубі 1 і встановлені гвинтова навивка 2 і порожнисті лопаті 3. Труба 1 має цапфи, провідну 4 і ведену 5. Порожнини лопатей 3 труби 1 і веденої цапфи 4 з'єднані між собою. Ведена цапфа 5 встановлена в підшипниковій опорі 6, яка має мембрану 7 затиснутої периферії в корпусі пристрою подачі ЗКЕ 7 (рис 2.7). Дана конструкція шнеко-лопатевого змішувача забезпечує обертальний та

зворотно поступальний рух робочого органу щодо своєї осі. Поворотно-поступальне переміщення приводить в роботу подаючий пристрій ЗКЕ.

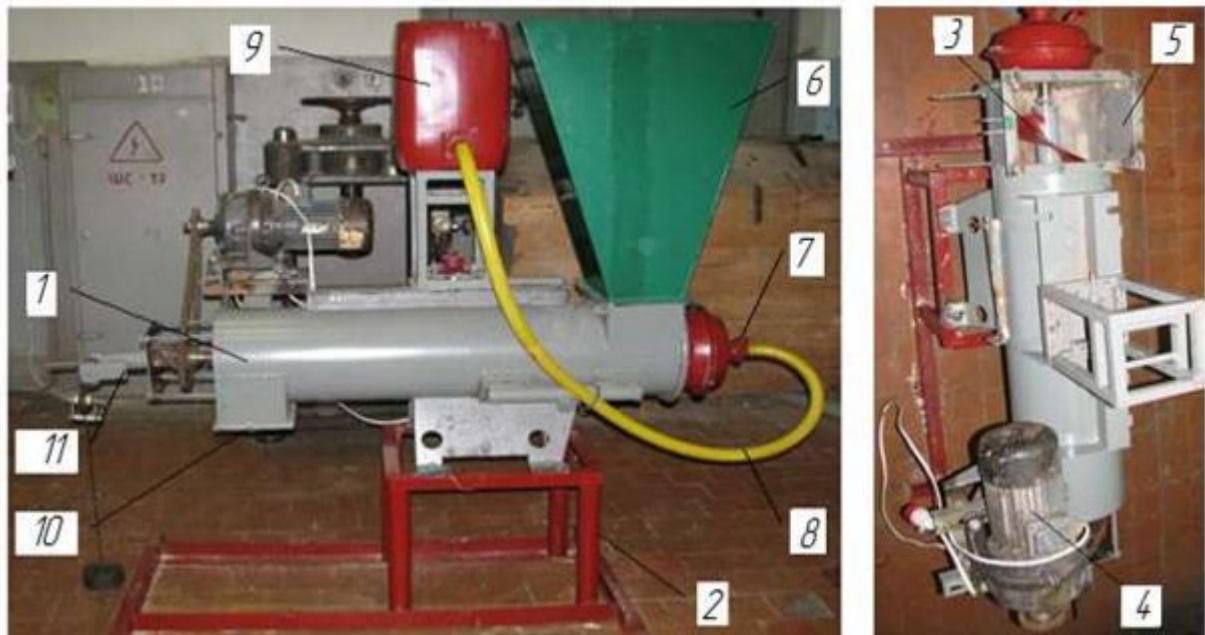


Рис. 2.6. Макет шнеково-лопатевого змішувача.

Лопаті 1, встановлені на трубі робочого органу по гвинтовій лінії, виконані порожнистими (рис. 2.7). Вони складаються з трубки 2 і жиклера 3. Складання трубки та жиклера здійснюється за допомогою різьбового з'єднання. Для зміни пропускної спроможності мембранного насоса виготовлені комплекти жиклерів із заданими діаметрами отворів (рис. 2.9).

Мембранний насос ЗКЕ представлений на рис. 2.10 і складається з корпусу 1, кришки 2, мембрани 3 з підшипниковою опорою 4 і порожнистої цапфи 5. Поворотний пристрій шнеко-лопатевого змішувача 11 (рис 2.6) представлено на рис. 3.17. Даний пристрій був спроектований, виготовлений та встановлений на змішувач з метою визначення маси вантажу для забезпечення максимальної амплітуди коливання робочого органу. Поворотний пристрій складається з кронштейна 1, ролика 2, троса 3, склянки 4, блоку 5, стрижня 6 та вантажів 7. Трос 3 закріплений одним кінцем на склянці 4, встановленому на цапфі 5 іншим – на стрижні 6.

Принцип роботи макету шнеко-лопатевого змішувача. Бункер 6 (рис. 2.6) заповнюється ВКМ, яка надходить через завантажувальну горловину всередину корпусу змішувача. З ємності 8 шлангу 9 надходить в мембранний насос ЗКЕ 17.

Гвинтовою навивкою 3, ВКМ переміщається в зону лопатей, що змішують. Крутний момент на робочий орган змішувача передається через ланцюгову передачу.

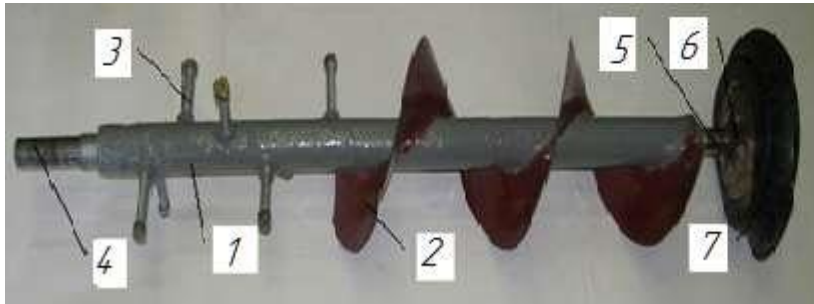


Рис. 2.7. Робочий орган.



Рис. 2.8. Лопаті

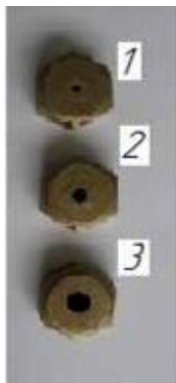


Рис. 2.9. Жиклери



Рис. 2.10. Мембрвний насос

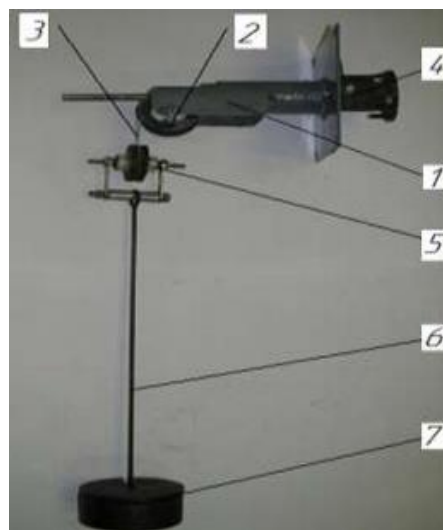


Рис. 2.11. Повертальний пристрій шнеково-лопатевого змішувача.

Дослідження процесу змішування ОКМ та ЗКЕ проводилися на лабораторній установці (рис. 2.12).

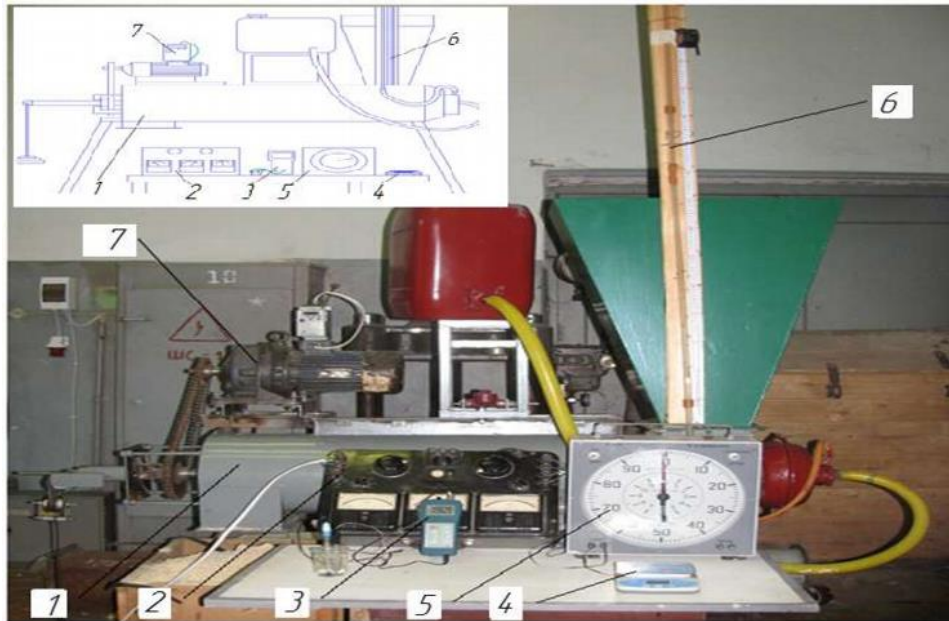


Рис. 2.12. Принципова схема та загальний вигляд (фото) лабораторної установки для дослідження процесу змішування ЗКМ та СКЕ.

Лабораторна установка включає: макет шнеко-лопатевого змішувача 1, електровимірювальний прилад (К – 50) 2, кондуктометр (АНІОН 7020) 3, ваги (ВСП–0,5-1) 4, секундомір 5, п'єзометр 6, перетворювач частоти електричного струму (DELTA VF DL - 3,0kW) 7.

Для зміни частоти обертання робочого органу був використаний перетворювач частоти DELTA VF DL – 3,0kW, встановлений в електричний ланцюг приводу макета шнеко-лопатевого змішувача. Попередньо було встановлено залежність частоти обертання робочого органу від зміни частоти електричного струму.

### Висновки по розділу

В другому розділі магістерської роботи розроблена технологія приготування ВКК та представлена методика проведення експериментальних досліджень.

### РОЗДІЛ 3

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

### 3.1 Результати експериментальних досліджень

Приготування ВКК полягає у змішуванні ВКМ та ЗКЕ у співвідношенні. Експериментальні дослідження процесу змішування СзКЕ та ВКМ та обґрунтування раціональних параметрів макета шнеко-лопатевого змішувача проводили згідно з розробленими методиками. Як досліджуваний матеріал використовували ВКМ з вологістю 60% і ЗКЕ – 58%. Температуру ЗКЕ при виконанні досліджень підтримували в діапазоні 35...40°C.

В результаті експериментальних досліджень було отримано числові значення продуктивності ( $Q$ ) залежно від частоти обертання робочого органу ( $n$ ) на підставі яких представлено графічне відображення (рис. 3.1).

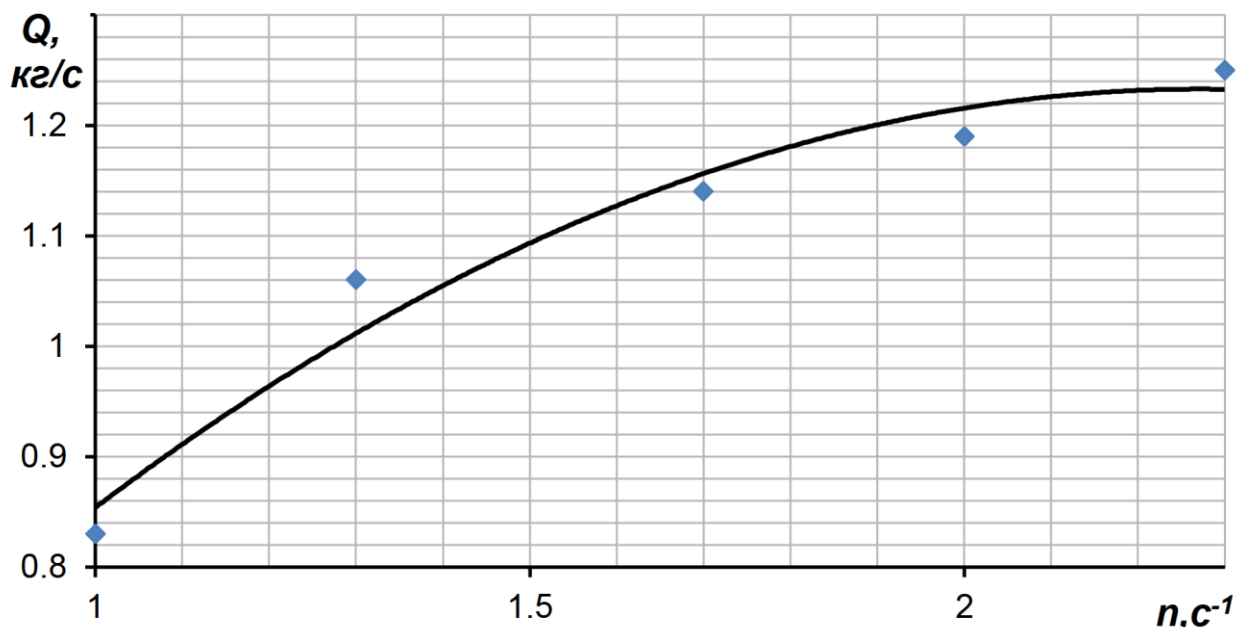


Рис. 3.1. Графічне відображення впливу частоти обертання робочого органу на продуктивність шнеко-лопатевого змішувача.

Аналізуючи представлене графічне відображення (рис. 3.1) можна зробити висновок, що з підвищенням частоти обертання робочого органу від 1,0 до 2,0  $\text{с}^{-1}$  продуктивність змішувача збільшується від 0,83 до 1,17  $\text{кг/с}$ . Збільшення продуктивності у досліджуваному діапазоні відбувається рівномірно.

В результаті експериментальних досліджень при встановленій масі вантажу зворотного пристрою були отримані числові значення амплітуди коливань ( $A$ ) від частоти обертання ( $n$ ) робочого органу, на підставі яких представлено графічне відображення на рис. 3.2.

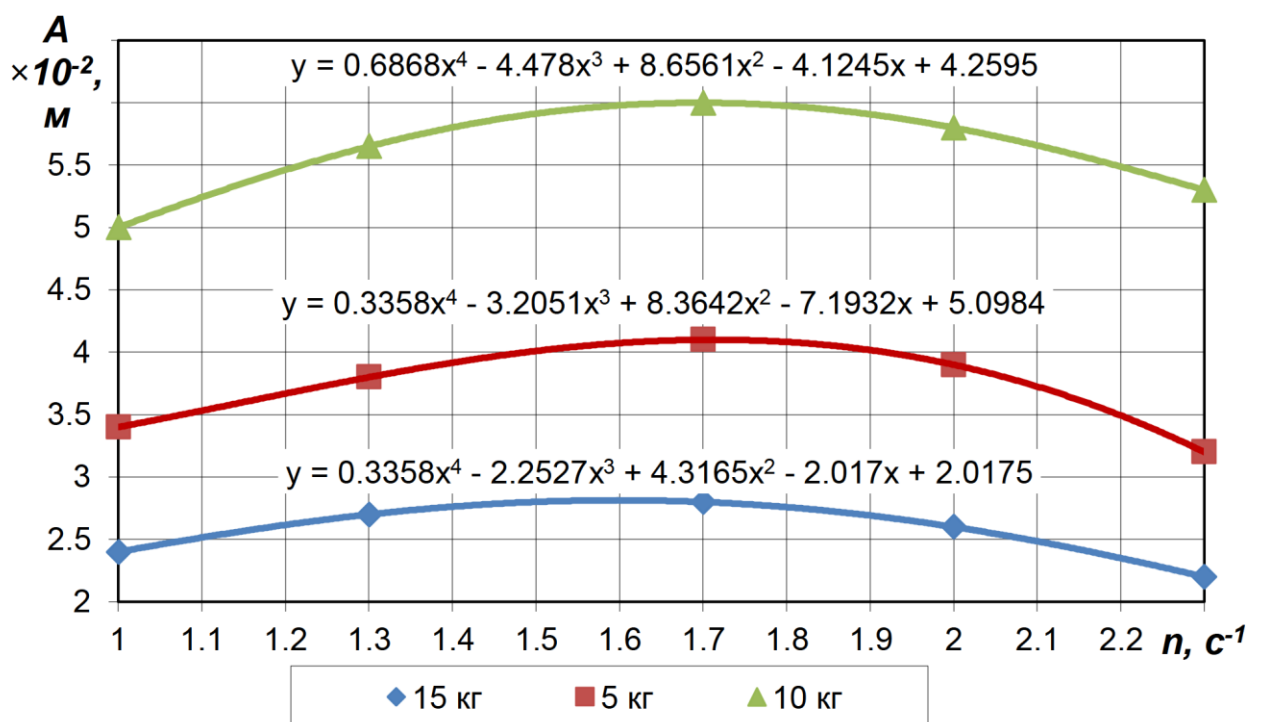


Рис. 3.3. Графічне відображення впливу частоти обертання робочого органу на його амплітуду коливань.

На рис. 3.3 представлено залежність амплітуди коливання мембрани від частоти обертання робочого органу при масі вантажу зворотного пристрою змішувача 5,0; 10,0 та 15,0кг. Характер представлених кривих аналогічний вираженому екстремуму, при цьому спостерігається їх зміщення щодо осі ординат. Мінімальні значення амплітуди коливання отримано масою вантажу 15,0кг. При зміні частоти обертання з 1,0 до 2,3  $\text{с}^{-1}$  амплітуда коливань

змінюється з 0,024 до 0,028 м, досягаючи можливого максимуму в діапазоні 1,5...1,67 с<sup>-1</sup>.

Експерименти визначення впливу частоти обертання робочого органу на подачу мембранного насоса проводили з жиклерами які мають розмір отворів 0,002; 0,004 та 0,006 м.

В результаті експериментальних досліджень при встановлених розмірах отвору жиклерів лопатей вантажу, що змішують, були отримані числові значення подачі мембранного насоса ( $Q_H$ ) в залежності від частоти обертання ( $n$ ) робочого органу, на підставі яких представлено графічне відображення (рис 3.4).

Аналізуючи отримані залежності (рис.3.4), слід зазначити, що їх характер очікувано, аналогічний попереднім (рис. 3.3). Оскільки подача мембранного насоса залежить від амплітуди коливання робочого органу.

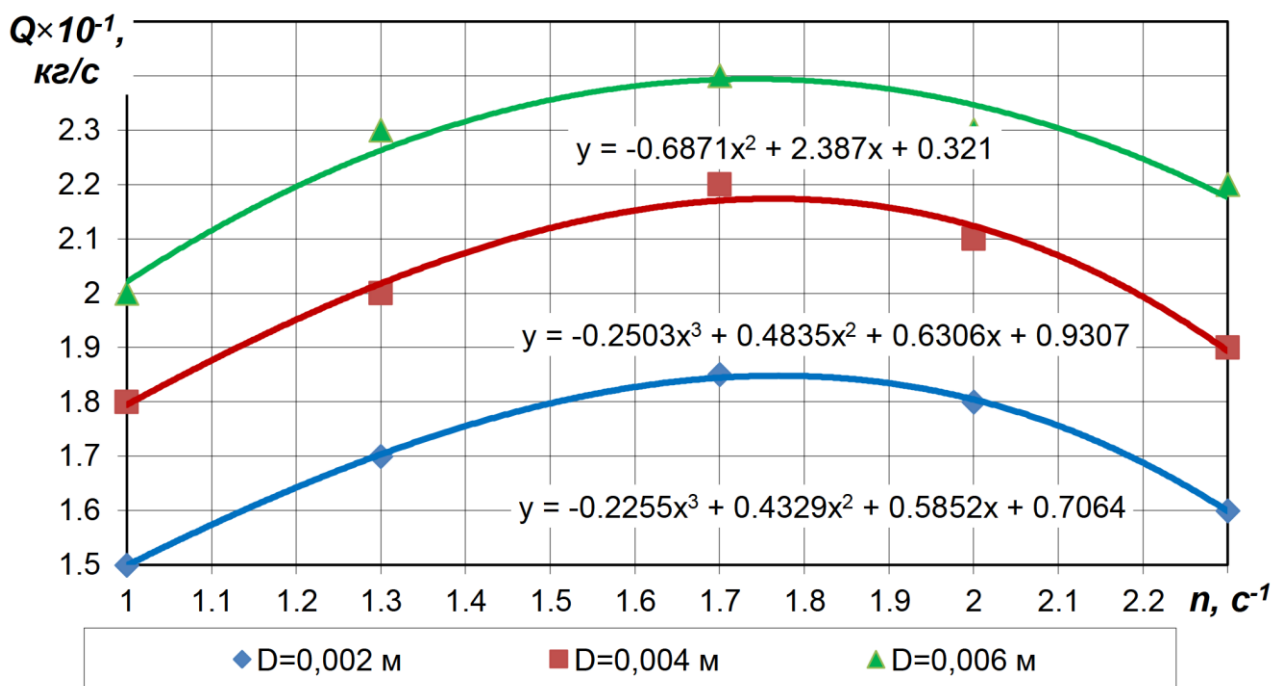


Рис. 3.4 Графічне відображення впливу частоти обертання робочого органу на подачу мембранного насоса шнеко-лопатевого змішувача.

Максимальні значення подачі мембранного насоса одержано при діаметрі отвору жиклера 0,006 м. Зміна частоти обертання з 1,0 до 1,8 с<sup>-1</sup> збільшує подачу насоса з 0,20 до 0,24 кг/с. Подальше збільшення частоти обертання до 2,3 с<sup>-1</sup>



знижує подачу мембранного насоса до 0,22 кг/с. При частоті обертання від 1,6 до 1,9 с<sup>-1</sup> досягається максимальне значення подачі насоса 0,24 кг/с.

### 3.2. Впровадження у виробництво запропонованої технології

Перша апробація розробленого способу приготування ВККК з метою підтвердження теоретичних припущень щодо здійснення нейтралізації кислотності ЗКЕ спільно оксидом кальцію та гідроксидом натрію було проведено в умовах Житомирської області.. В результаті було підтверджено теоретичні припущення та обґрунтування щодо вибору реагентів та їх кількості для нейтралізації ЗКЕ до заданих значень рН.

Виробничий зразок нейтралізатора СКЕ представлений рис. 3.5.

Принциповою відмінністю виробничого зразка нейтралізатора ЗКЕ є наявність відстійника 1 з кришкою 2 розташованого в нижній частині внутрішнього циліндра, призначеного для збирання нерозчинених реагентів та їх домішок, і фланця 3 з каліброваним отвором (рис. 3.6).



Рис. 3.5. Нейтралізатор ЗКЕ

Мембранний насос шнеко-лопатевого змішувача допрацювали наступним чином. Між мембраною 1 та кришкою 2 встановили конічну пружину 3 із зусиллям стиснення 98Н (рис. 3.7). Кришку мембранного насоса 1 забезпечили пелюстковим зворотним клапаном 2 (рис. 3.8).



Рис. 3.6. Нижня частина ЗКЕ.

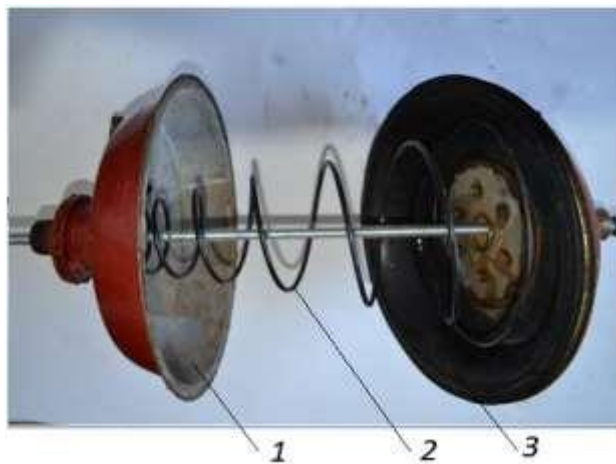


Рис. 3.7. Мембранний насос виробничого зразка шнеково-лопатевого змішувача.



Рис. 3.8. Кришка мембранного насоса з лопатево зворотнім клапаном.

Зовнішній вигляд виробничого зразка шнеко-лопатевого змішувача представлений на рис. 3.9.



Рис. 3.10. Виробничий зразок шнеко-лопатевого змішувача ВКК : 1 – корпус; 2 – робочий орган; 3 – мотор-редуктор; 4 – ланцюгова передача; 5 – мембранний насос ЗКЕ.

Подача ЗКЕ в нейтралізатор 1 здійснювалася після його уварювання та відстою. ВКМ подавалася безпосередньо в змішувач 2 шнековим транспортером після зневоднення від ситових пресів. Видалення готового ВКК здійснювалося транспортером в бункер тимчасового зберігання 1 з подальшим відвантаженням транспортні засоби 2 (рис 3.9).

Для забезпечення виробничих випробувань, подачі реагентів, фіксації показників і відібрання проб над нейтралізатором була споруджена рампа (рис. 3.11).

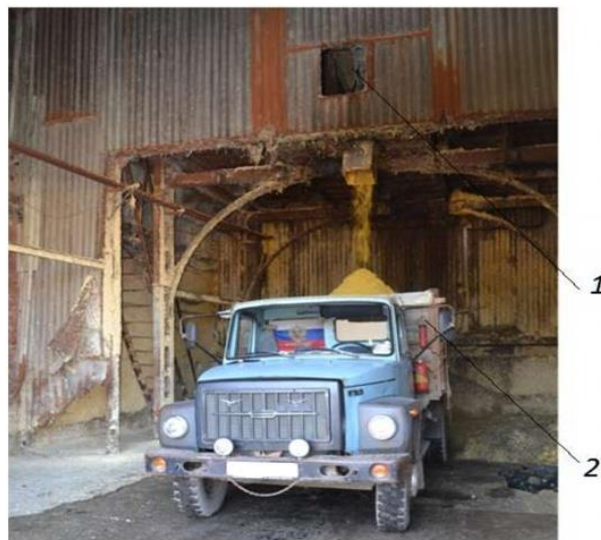


Рис. 3.11. Завантаження ВКК



Рис. 3.12 Виробничі зразки нейтралізатора ЗКЕ та шнеко-лопатевого змішувача при випробуванні.

### **Висновки по розділу**

На підставі результатів експериментальних досліджень встановлено, що максимальна подача мембранного насоса забезпечується при масі вантажу 60 мм та діаметру отвору жиклерів 6мм. Зниження інтенсивності зростання продуктивності шнеко-лопатевого змішувача при підвищенні частоти з 1,8 до 2,3 с-1 пов'язане зменшенням подачі мембранного насоса в даному діапазоні.

На підставі виробничої перевірки технології та технічних засобів приготування кормів із ППКПВ з використанням нейтралізованого ЗКЕ можна зазначити наступне:

Виробнича перевірка нейтралізатора кислотності показала, що нейтралізація кислотності ЗКЕ відбувається на протязі 1200...1500 с при температурі 40...43°C, яка досягається в результаті приготування розчину реагентів за 2100...2400 с.

Застосування розробленого шнеко-лопатевого змішувача в технологічній лінії ВКК з ППКПВ на основі ВКМ та ЗКЕ дозволяє виробляти кормові суміші зі ступенем однорідності не менше 93% та питомою витратою енергії  $(18,1...20,8) \times 10^{-5}$  Вт · с/кг.

Техніко-економічні розрахунки показали, що використання розробленої технології використання ППКПВ шляхом приготування ВКК дозволяє використовувати ЗКЕ у повному обсязі та виключити екологічні збитки від його скидання в навколишнє середовище.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі аналізу технологій та технічних засобів встановлено, що побічні продукти крохмалопаоткового виробництва, що отримуються при переробці зерна кукурудзи, використовуються у тваринництві не раціонально, та насамперед рідкий екстракт, що має кормову цінність, але через кисле середовище та високу вологість безповоротно втрачається, завдаючи негативний вплив на довкілля. Перспективним є напрям приготування з побічних продуктів крохмалопаотокового виробництва кормових сумішей із попередньою концентрацією сухих речовин кукурудзяного екстракту та зниженням його кислотності.

Конструктивно-технологічна схема нейтралізатора кислотності включає дві циліндричні ємності, встановлені співвісно одна в іншій, внутрішню для приготування водного розчину реагентів з осьовою мішалкою і зовнішню згущеного кукурудзяного екстракту, при цьому з'єднані між собою трубопроводом з насосом для перекачування і змішування розчину.

Конструктивно-технологічна схема шнеко-лопатевого змішувача для приготування вологого кукурудзяного корму повинна містити корпус, забезпечений в зоні вхідної горловини мембраною зацмленою по периметру з утворенням камери згущеного екстракту і мішалку, виконану у вигляді гвинтового конвеєра і порожнистих лопатей. Порожнини валу та лопатей з'єднанні між собою та з камерою згущеного екстракту. Мішалка встановлена в опорах, мембрани та корпуси з можливістю здійснювати обертальні та зворотно-поступальні рухи вздовж своєї осі.

Експериментально виявлено оптимальні параметри змішувача: частота обертання мішалки  $1,58 \dots 1,75 \text{ с}^{-1}$  при амплітуді її коливань  $0,05 \text{ м}$  та діаметрі отворів жиклерів порожнистих лопатей  $0,004 \text{ м}$ , при цьому ступінь однорідності кормової суміші буде в межах  $90 \dots 96\%$ , а енергоємність процесу  $(15,0 \dots 16,3) \times 10^5 \text{ Вт} \cdot \text{с/кг}$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хмельовський В. С., Ачкевич О. М. Дослідження процесу приготування високоенергетичної кормової суміші для ВРХ. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 304–314.
2. Ревенко І. І., Заболотько О. О. Машини та обладнання для тваринництва. Київ. Кондор. 2012. 564 с.
3. Хмельовський В. С., Пилипенко О. М., Ачкевич О. М. Класифікація багатофункціональних роздавачів-змішувачів Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2009. Вип. 79. С. 250–258.
4. Подпрятков Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М., Хилевич В. С. Зберігання і переробка продукції рослинництва : навч. посіб. Київ : Мета, 2002. С. 346-348.
5. Хмельовський В.С., Пилипенко О.М., Ачкевич О.М. Класифікація багатофункціональних роздавачів-змішувачів. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва.* Харків, 209. Вип. 79. С. 250-258.
6. Oliynichuk S. T., Lysak T. I., Marynchenko L. V. Dependence of Glycerol Accumulation and Starch Hydrolyzates Fermentation on Wort Concentration. *Biotechnol. Acta.* 2015. T.8. №4. P128-134 <https://doi.org/10.15407/biotech8.04.128>.
7. Сичевський М. П. Біосинтез етилового спирту різними расами дріжджів в умовах підвищеної концентрації сусла. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2016. № 5.
8. Авдонин Б. Продукты переработки кукурузы. Птицеводство. 1999. № 6.

9. Кабанов, В.Д. Влияние различных способов обработки кукурузной мезги на ее питательность. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 6. С. 67-70.

10. Свеженцов А.И., Коробко В.Н. Нетрадиционные кормовые добавки для животных и птицы. Днепропетровск: АртПресс, 2004. 345 с.

11. Куликівський В.Л, Рибіцький О.С. Результати експериментальних досліджень процесу приготування сухих кукурудзяних кормів. Студентські читання–2022: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 30 листопада 2022 р. Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 42-45.

12. Куликівський В.Л, Рибіцький О.С. Аналіз побічних продуктів крохмалопатокового виробництва. Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022.С. 296-298.

13. Рибіцький О.С. Аналіз технічних засобів приготування кормів із ППКПВ. Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 254-256.