УДК 631.36

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЕЛЕТ З БІЛКОВОЇ ФРАКЦІЇ МАКУХИ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

Інститут олійних культур НААН

В результаті експериментальних досліджень технологічного процесу виготовлення пелет з макухи насіння олійних культур встановлені залежності продуктивності та потужності установки і об'ємної маси отриманих пелет від швидкості подачі матеріалу, частоти обертів робочого органу, вологості білкової фракції. Оптимальними конструктивно-технологічними параметрами установки для виготовлення пелет є подача матеріалу q = 35,7 кг/год, частота обертів робочого органу,п = 50,5 об/хв, вологость білкової фракції W = 28,9 %. При даних оптимальних значеннях параметрів потужність електродвигуна установки для виготовлення пелет склала P = 973 Вт, а її продуктивність Q = 48 кг/год.

Ключові слова: макуха, пелета, білкова фракція, установка, технологічний параметр, експериментальне дослідження.

Вступ

Збільшення виробництва і покращення якості білкових кормів, як однієї з найважливіших задач в підвищенні продуктивності тварин та птиці, може бути здійснено за рахунок удосконалення технології переробки макухи, яка на сьогодні обмежується подрібненням з подальшим введенням в комбікорми.

На сьогодні основним способом переробки макухи є подрібнення з подальшим введенням в комбікорми.

Удосконалена в Інституті олійних культур технологія переробки макухи за рахунок введення додаткової операції механічного фракціонування подрібненої макухи на білкову і лушпинну фракції дозволяє виділити більш як 40 % білкового порошку з вмістом протеїну не менше 38 % [1].

Лушпинна фракція, що включає основну масу клітковини, використовується для виготовлення паливних брикетів [2-3].

Вміст в білковому порошку 8-12 % олії сприяє швидкому його окисленню, що призводить до зниження якості протеїнової добавки. Для збільшення часу проходження процесу окислення запропоновано виготовляти білкову фракцію у вигляді пелет [1].

Крім уникнення швидкого окислення, завдяки процесу пелетування, будуть зменшені об'єми збереження пелет у складських приміщеннях та зменшені затрати на їх транспортування.

Тому вирішення питань механізації переробки макухи за рахунок удосконалення технології та устаткування для розділення її на білкову фракцію у вигляді пелет і лушпинну у вигляді паливних брикетів є досить актуальним.

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

Мета роботи полягає в підвищені ефективності процесу формування кормових пелет з білкової фракції отриманої при механічному фракціонуванні подрібненої макухи з насіння олійних культур, шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів роботи установки для виготовлення пелет.

Матеріал та методи досліджень

Для дослідження технологічного процесу виготовлення пелет з макухи насіння олійних культур розроблено конструктивно-технологічну схему (рис. 1) й створено експериментальну установку (рис. 2) для його реалізації. Установка для виготовлення пелет (рис. 1) складається з рами 1, електродвигуна 2, шківів 3, підшипникового вузла 4, гвинта 5, циліндричного корпусу 6, завантажувального бункера 7, п'яти формуючих кулачків 8, циліндричної матриці 9, ножа 10. Установка працює таким чином. Вся установка встановлена на рамі 1. Білкова фракція з макухи насіння олійних культур рівномірно подається до завантажувального бункера 7, з якого потрапляє на гвинт 5. Гвинт 5, виконуючи обертовий рух за допомогою системи електродвигуна 2, шківів 3 та підшипникового вузла 4, переміщує білкову фракцію до формуючих кулачків 8. При цьому відбувається ущільнення білкової фракції за рахунок зменшення висоти витків на гвинту 5. Потрапивши на формуючий кулачок 8, який виконує обертовий рух, білкова фракція ущільнюється і видавлюється крізь нерухому циліндричну матрицю 9. Далі ніж 10 зрізає ущільнену білкову фракцію. В результаті чого отримуємо циліндричні пелети.

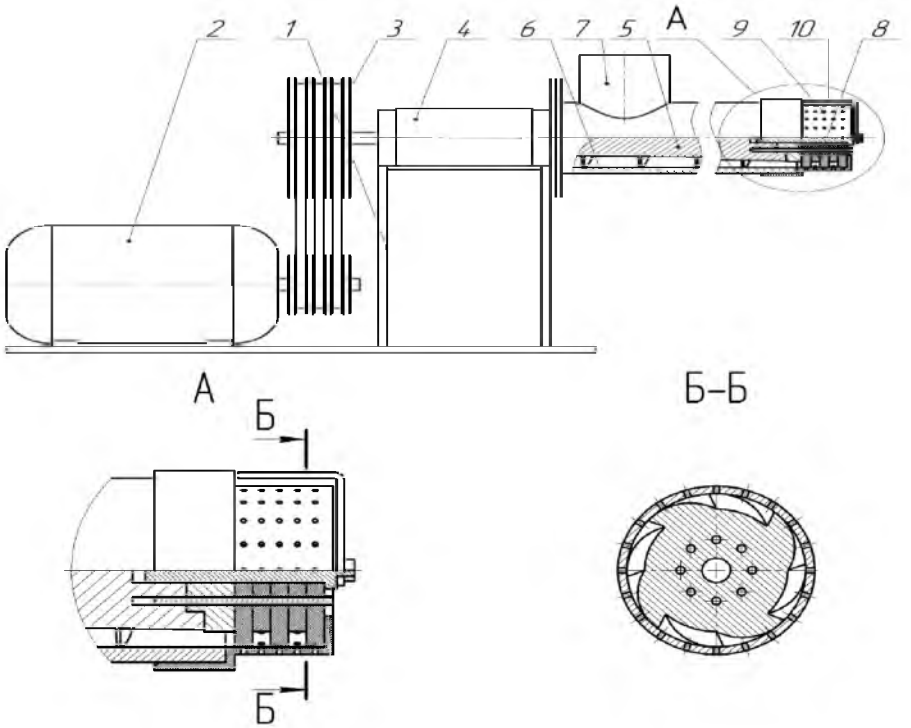


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема установки для виготовлення пелет (пелетератор):
1 – рама; 2 – електродвигун; 3 – шківи; 4 – підшипниковий вузол; 5 – гвинт; 6 – циліндричний корпус; 7 – завантажувальний бункер; 8 – формуючий кулачок; 9 – циліндрична матриця; 10 – ніж

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

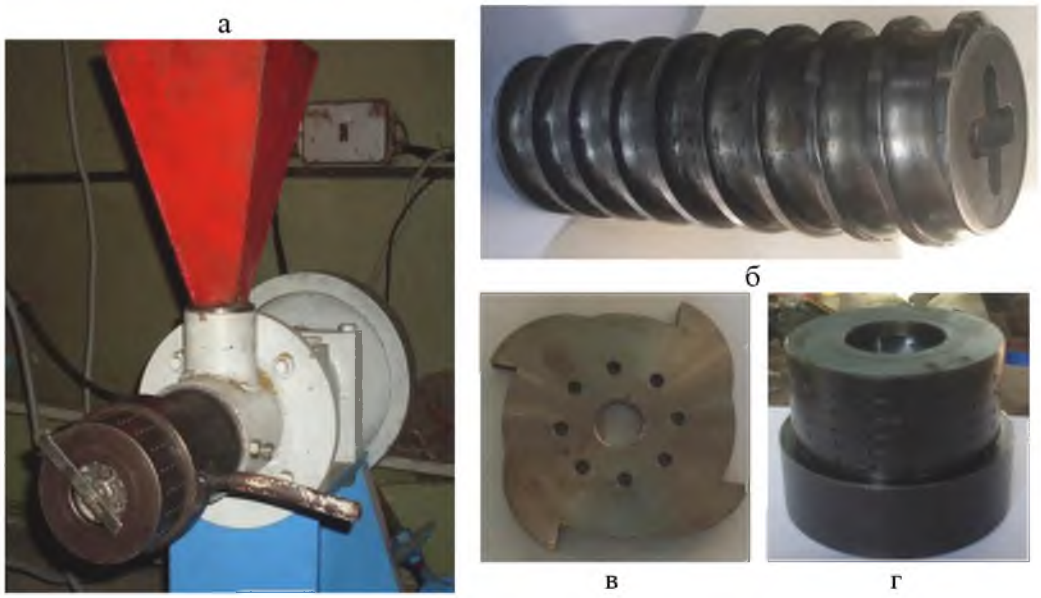


Рис. 2. Експериментальний зразок установки для виготовлення пелет (пелетератора):
а – загальний вигляд; б – гвинт; в – формуючий кулачок; г – циліндрична матриця

Установка для виготовлення пелет приєднується через вал привода до мотор-редуктора максимальної потужності – 7,5 кВт, який з'єднується із частотним перетворювачем Danfoss VLT Micro Drive. З використанням частотного перетворювача є можливість змінювати частоту обертання вала привода в діапазоні – 0-100 об/хв.

Задана подача білкової фракції до завантажувального бункера здійснюється за допомогою регулюючої заслінки. Швидкість подачі білкової фракції можна змінювати в діапазоні – 0-80 кг/год [4].

Для проведення досліду вмикається електродвигун мотор-редуктор і за допомогою частотного перетворювача Danfoss VLT Micro Drive встановлюється необхідна частота обертання вала привода установки для виготовлення пелет.

Білкова фракція масою 10 кг засипається у бункер і за допомогою відкаліброваної регулюючої заслінки встановлюється задана швидкість подачі матеріалу в установку для виготовлення пелет.

В процесі дослідження фіксується значення потужності електродвигуна, яка витрачається, на частотному перетворювачі Danfoss VLT Micro Drive і час проходження 10 кг матеріалу крізь установку для виготовлення пелет.

Тривалість виробничого циклу заміряється секундоміром.

Початком виробничого циклу вважався процес завантаження вихідного матеріалу. Закінчення виробничого циклу – по завершенні процесу накопичення пелет.

В якості олійної культури обрано соняшник.

Факторами досліджень є частота обертів вала привода, швидкість подачі білкової фракції та її вологість. Інтервали і рівні варіювання факторами наведені в таблиці.

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

Таблиця

Інтервали і рівні варіювання факторів при експериментальних дослідженнях установки для виготовлення пелет (дані за 2015 р.)

Позначення факторів		Найменування факторів та одиниця вимірювання	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Кодове	Натуральне		–1	0	+1	
x_1	q	Швидкість подачі матеріалу, кг/год.	25	50	75	25
x_2	n	Частота обертів робочого органу, об/хв.	30	60	90	30
x_3	W	Вологість білкової фракції, %	20	30	40	10

Дослідження проводяться за планом трьохфакторного експерименту 3^3, при варіюванні факторів використовувалась матриця планування експериментів Бокса-Бенкіна. Досліди проводяться у триразовій повторності.

За критерії досліджень обрано продуктивність виробничого процесу створення пелет Q, об'ємна маса пелет ρ і потужність електродвигуна P, що витрачається на здійснення процесу.

В якості критерію оптимізації факторів досліджень обрано питомі енерговитрати, які визначаються за формулою:

$$E = P / Q, \tag{1}$$

Результати досліджень та їхнє обговорення

Згідно з результатами досліджень було створено математичну модель впливу досліджуваних факторів на ефективність технологічного процесу формування пелет з білкового порошку.

Отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на об'ємну масу пелет мала вигляд:

$$\rho = -119{,}194 - 0{,}0302469\, n^2 + 6{,}50741\, n + 0{,}00722222\, W n + 21{,}8917\, W - 0{,}217222\, W^2. \tag{2}$$

Для цього рівняння на 95 % рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні та значення критерію Кохрена $G = 0{,}1674 < G_{0,05}(2, 15) = 0{,}3346$. Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад}^2 = 7{,}66$; дисперсія похибки дослідів $S_y^2 = 4.15$; значення критерію Фішера $F = 1{,}8469 < F_{0,05}(7, 30) = 2{,}33$; модель є адекватною на будь-якому рівні довірчої ймовірності. Графічна інтерпретація рівняння (2) представлена на рис. 3.

Отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на продуктивність виробничого процесу створення пелет мала вигляд:

$$Q = -133{,}229 - 0{,}0105833\, n^2 + 0{,}905278\, n + 0{,}0102778\, q\, n + 0{,}586167\, q - 0{,}00837333\, q^2 + 7{,}47125\, W - 0{,}0983333\, W^2 \tag{3}$$

Для цього рівняння на 95 % рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні та значення критерію Кохрена $G = 0{,}1685 < G_{0,05}(2, 15) = 0{,}3346$. Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад}^2 = 0{,}872$; дисперсія похибки дослідів $S_y^2 = 0{,}91$; значення критерію

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

Фішера $F = 0{,}9583 < F_{0{,}05}(7, 30) = 2{,}33$; модель є адекватною на будь-якому рівні довірчої ймовірності. Графічна інтерпретація рівняння (3) представлено на рис. 4.

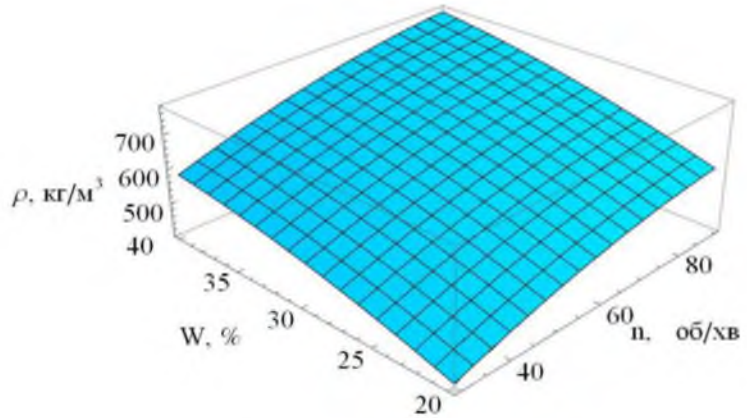
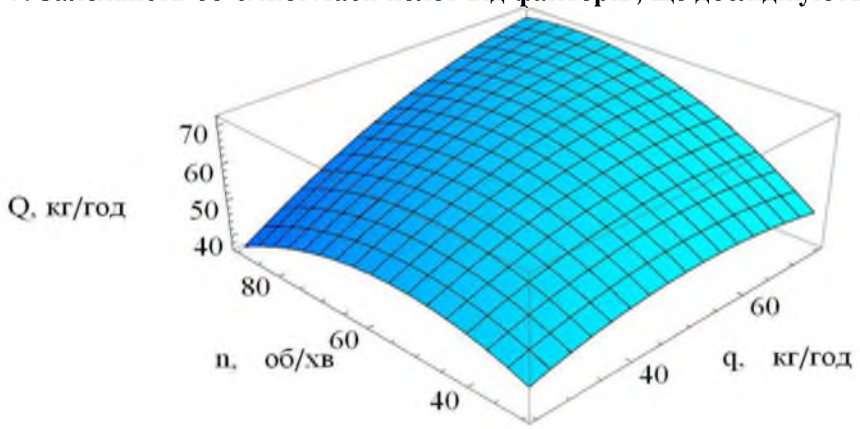


Рис. 3. Залежність об'ємної маси пелет від факторів, що досліджуються



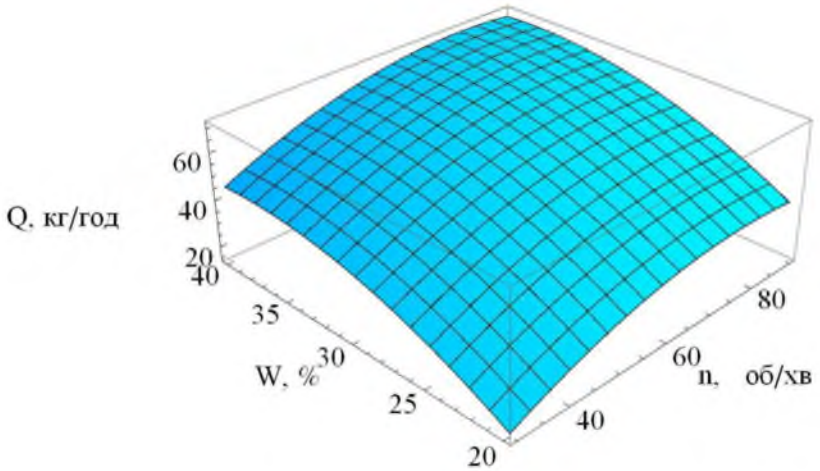


Рис. 4. Залежність продуктивності виробничого процесу від факторів, що досліджуються

Отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на споживану потужність електродвигуна мала вигляд:

$$P = 8962{,}92 + 1{,}17716\, n^2 - 137{,}718\, n + 0{,}643333\, q\, n - 38{,}6111\, q + \\ + 0{,}229778\, q^2 - 320{,}792\, W + 6{,}17778\, W^2. \quad (4)$$

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

Для цього рівняння на 95 % рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні та значення критерію Кохрена G = 0,1447 < $G_{0,05}(2, 15)$ = 0,3346. Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад}^2$ = 14572; дисперсія похибки дослідів S_y^2 = 16192; значення критерію Фішера F = 0,8999 < $F_{0,05}(7, 30)$ = 2,33; модель є адекватною на будь-якому рівні довірчої ймовірності. Графічна інтерпретація рівняння (4) представлена на рис. 5.

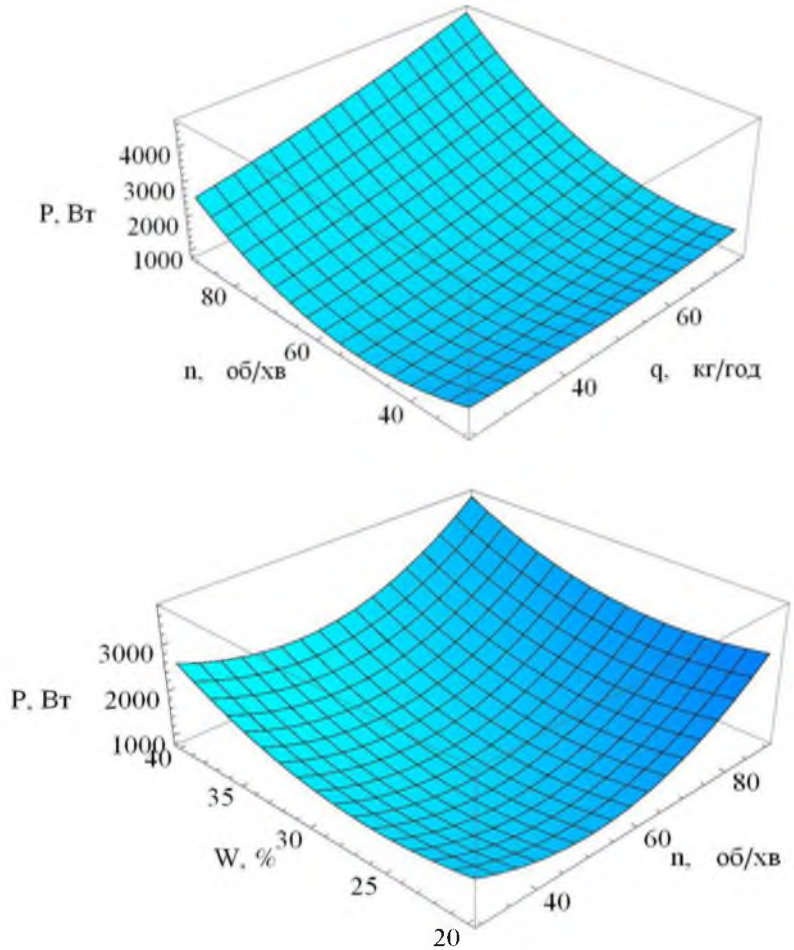


Рис. 5. Залежність споживаної потужності електродвигуна від факторів, що досліджуються.

Завданням вирішення компромісної задачі була мінімізація витрат споживаної потужності електродвигуна при максимальному значенні продуктивності пелетератора. При цьому об'ємна маса отриманих пелет не повинна бути меншою за 600 кг/м^3:

$$\begin{cases} P(q, n, W) \to \min; \\ Q(q, n, W) \to \max; \\ \rho(q, n, W) > 600 \text{ кг} / \text{м}^3. \end{cases} \quad (5)$$

Вирішення задачі (5) за допомогою програмного пакета «Mathematica»

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

призвели до оптимальних конструктивно-технологічних параметрів установки для виготовлення пелет:

$$\frac{P}{Q}\ (q = 35{,}7\ \text{кг/год.},\ n = 50{,}5\ \text{об/хв.},\ W = 28{,}9\ \%) = 20{,}2\ \text{Вт}\cdot\text{год/кг},$$
$$\rho\ (q = 35{,}7\ \text{кг/год.},\ n = 50{,}5\ \text{об/хв.},\ W = 28{,}9\ \%) = 601\ \text{кг/м}^3. \quad (6)$$

При даних оптимальних значеннях конструктивно-технологічних параметрів споживана потужність електродвигуна установки для виготовлення пелет складає 973 Вт, а її продуктивність – 48 кг/год.

Висновки

В результаті експериментальних досліджень технологічного процесу виготовлення пелет з макухи насіння олійних культур встановлені залежності продуктивності Q та потужності установки P і об'ємної маси отриманих пелет ρ від швидкості подачі матеріалу q, частоти обертів робочого органу n, вологості білкової фракції W. Оптимальними конструктивно-технологічними параметрами установки для виготовлення пелет є q = 35,7 кг/год, n = 50,5 об/хв, W = 28,9 %, P = 973 Вт, Q = 48 кг/год.

Література

1. Алієв Е.Б. Результати експериментальних досліджень макетної установки для виготовлення пелет з білкової фракції макух насіння олійних культур / Е.Б. Алієв, О.М. Пацула // Технічні системи і технології тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2015. – Вип. 157. – С. 222-226.

2. Гриценко В.Т. Результати попередніх випробувань установки для виготовлення паливних брикетів / В. Т. Гриценко, О. М. Пацула, В. Л. Кутіщев, Є. С. Міхно // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. – Запоріжжя, 2014. – Вип. 20. – С. 219-223. – ISSN 2078-7316.

3. Гриценко В.Т. Експериментальні дослідження брикетувальника лушпинної фракції з макухи насіння олійних культур / В.Т. Гриценко, О. М. Пацула, В. Л. Кутіщев, Є. С. Міхно // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур. – Запоріжжя, 2013. – Вип. 19. – С. 110-116.

4. Алієв Е.Б. Методика експериментальних досліджень установки для виготовлення пелет з білкової фракції макухи насіння олійних культур / Е.Б. Алієв, О.М. Пацула, В.Л. Кутіщев // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природовикористання України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – К., 2015. – Вип. 212, ч.2. – С. 63-69.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕЛЛЕТ ИЗ БЕЛКОВОЙ ФРАКЦИИ МАКУХИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Э.Б. Алиев, А.Н. Пацула

Институт масличных культур НААН

В результате экспериментальных исследований технологического процесса получения пеллет из макухи семян масличных культур установлены зависимости производительности, мощности установки и объемной массы полученных пеллет от скорости подачи материала,

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

частоты вращения рабочего органа, влажности белковой фракции. Оптимальными конструктивно-технологическими параметрами установки для изготовления пеллет есть подача материала q = 35,7 кг/час, частота оборотов рабочего органа, n = 50,5 об/мин, влажность белковой фракции W = 28,9 %. При данных оптимальных значениях параметров мощность электродвигателя установки для изготовления пеллет становила P = 973 Вт, а её производительность Q = 48 кг/час.

Ключевые слова: макуха, пеллета, белковая фракция, установка, технологический параметр, экспериментальное исследование.

RESULTS OF THE EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FACILITY FOR PELLET PRODUCTION FROM THE PROTEIN FRACTION OF OILSEED CAKE

E.B. Aliev, A.N. Patsula

Institute of Oilseed Crops NAAS

Increased production and improved quality of protein feeds, being one of the most important tasks in increasing the productivity of animals and birds, can be achieved by improving meal processing technology, which is currently limited to grinding followed by addition to the feed.

Advanced Institute oilseed cake processing technology through the introduction of additional mechanical operations fractionation crushed cake and husk the protein fractions can provide more than 40% protein powder protein content of at least 38%.

To increase the travel time of the oxidation process proposed to produce a protein fraction in the form of pellets

Purpose is increased efficiency in the process of formation of feed pellets from the protein fraction obtained by mechanical fractionation cake with crushed oilseeds by study structural and technological parameters and modes of installation for the production of pellets.

To study the process of manufacturing pellets from pomace oil seeds developed constructive-technological scheme and an experimental plant for its implementation. Installation for the production of pellets consists of frame, motor, pulleys, bearing assembly, screw, cylindrical body, hopper, and five forming cams, cylindrical matrices knife.

Installation for the production of pellets is joined by a drive shaft to the gear motor maximum power - 7.5 kW. For the experiment turns on the electric motor and gearbox using frequency converter Danfoss VLT Micro Drive set required speed shaft drive installations for the production of pellets.

The protein fraction weighing 10 kg is loaded into the bunker and using calibrated regulating valve set given material feed rate to the plant for the production of pellets.

The beginning of the production cycle was considered the process of loading the source material. The end of the production cycle - to complete the process of accumulation of pellets.

As an elected oilseed sunflower.

Factors Research is the frequency speed drive shaft, feed rate of protein fractions and its humidity.

Experiments conducted in the triple repetition.

For criteria selected research productivity of the manufacturing process creating pellets Q, bulk density ρ and pellets motor power P, spent on the process.

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула

Experimental studies process producing pellets from oilseed meal set depending performance, power plants and the bulk density of the obtained pellet feed speed, frequency of rotation of the working organ, humidity protein fraction. Optimal structural and technological parameters of facility for production of pellets feed material is q = 35,7 kg / hr, the revolutions of the working body, n = 50,5 / min, moisture protein fraction W = 28,9%. With optimal data values of parameters of electric power plants for production of pellets totaled P = 973 W, and its performance Q = 48 kg / h.

Key words: oilseed meal, pellet, protein fraction, facility, technological parameter, experimental research.

Рецензент: О.С. Гаврильченко, канд. техн. наук, завідувач кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету.

© Е.Б. Алієв, О.М. Пацула