

**Міністерство аграрної політики та продовольства
України**



ПРАЦІ
Таврійського державного
агротехнологічного університету

Випуск 13 Том 1

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2013 р.

УДК 621.311:631

ПЗ.8

Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет –
Вип. 13 . Т.1 – Мелітополь: ТДАТУ, 2013.– 259 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 6 від 13 грудня 2012 р.

У збірнику наукових праць публікуються матеріали за результатами досліджень у галузі механізації сільського господарства, харчових виробництв, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, енергетики та автоматизації процесів агропромислового та харчового виробництв.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. – к.т.н., проф., ректор ТДАТУ (головний редактор);
Надикто В.Т. – чл.-кор. НААНУ, д.т.н., проф. (заступник головного редактора);
Діордієв В.Т. – к.т.н., проф. (відповідальний секретар);
Дідур В.А. – д.т.н., проф.; Кушнар'єв А.С. – чл.-кор. НААНУ, д.т.н., проф.;
Найдиш А.В. – д.т.н., проф.; Никифорова Л.Є. – д.т.н., проф.;
Овчаров В.В. – д.т.н., проф.; Панченко А.І. – д.т.н., проф.; Рогач Ю.П. – к.т.н., проф.;
Скляр О.Г. – к.т.н., доц.; Тарасенко В.В. – д.т.н., проф.;
Шацький В.В. – д.т.н., проф.; Ялпачик Ф.Ю. – к.т.н., проф.

Відповідальний за випуск – к.т.н., проф. Ялпачик Ф.Ю.
Редактор – к.т.н., доц. Самойчук К.О.
кафедра обладнання переробних і харчових виробництв

Адреса редакції: ТДАТУ
Просп. Б. Хмельницького, 18
м. Мелітополь
Запорізька обл.
72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний агротехнологічний університет, 2013.

УДК 664.40.1.372

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ФЕРРОЦИНСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ВИНODEЛИЯ

Гербер Ю.Б., к.т.н.

ЮФ НУБ и П Украины «КАТУ»

Тел. (0652) 26-31-78

Аннотация - на основе проведенного анализа теоретических исследований сушки растительного сырья предложен комбинированный способ сушки ферроцинсодержащих отходов виноделия; с учетом универсального показателя k_v – отношения скорости сушки к тепловому потоку построена сравнительная графическая модель конвективной и инфракрасной сушки.

Ключевые слова - ферроцинсодержащие отходы виноделия (ФВВ), влагосодержание, влагообмен, конвективная сушка, инфракрасная сушка.

Постановка проблемы. Предыдущими исследованиями установлена целесообразность использования отходов винодельческого производства, содержащих ферроцин, на корм животным для нейтрализации радионуклидов и тяжелых металлов, попадающих в организм с кормами на загрязненных сельскохозяйственных территориях [1,2]. Для реализации указанного способа необходима подготовка ферроцинсодержащих отходов виноделия (ФВВ), в частности, сушка до влажности 18-20%, дозирование и смешивание их с остальными компонентами комбикорма. Наиболее энергозатратным процессом, который требует дальнейших исследований, является сушка.

Анализ последних исследований. Изучению процесса теплообмена в условиях массообмена посвящено большое количество работ теоретического и экспериментального характера. Изучаемые вопросы рассматривались в работах А.В. Лыкова, А.С. Клячко, А.В. Нестеренко, Б.И. Котова, В.Ф. Дидука, А.Д. Гарькавого, Г.К. Филоненко, А.А. Гухмана, Л.Д. Бермана, А.А. Грязнова, Д. Дальтона, Г. Рихмана, В. Нуссельта, Г. Грасгофа, Л. Прандтля, Т. Шервуда, Х. Аоки, Ш. Киккава, Ю. Накатани и других.

Результаты исследований процессов тепло- и массообмена при испарении жидкостей, проведенных различными авторами, недостаточно согласуются, а иногда носят противоречивый характер: в одних работах замечено увеличение теплообмена по сравнению с

«чистым» теплообменом, т.е. теплообменом, не осложненным массообменом, в других – снижение коэффициента теплообмена [4,5].

Цель исследований. Целью данного исследования является обоснование и дальнейшее развитие методов расчета количественных характеристик при испарении жидкости с открытой поверхности, исследование тепло - и массообмена при различных условиях обтекания поверхности испарения, а также обоснование способа сушки, обеспечивающего минимальные энергозатраты на указанный процесс.

Основная часть. Процесс сушки состоит из перемещения влаги внутри материала, парообразования и перемещения влаги с поверхности материала в окружающую среду. При соприкосновении влажного материала с нагретым воздухом жидкость на поверхности испаряется и покидает поверхность материала, переходя в окружающую среду. Испарение влаги с поверхности создает перекал влагосодержания между последующими слоями и поверхностным слоем, что вызывает перемещение влаги из внутренних слоев материала к поверхностным. Наличие разности температур на поверхности и в центральных слоях осложняет механизм переноса влаги. Происходит термодиффузия влаги от более нагретых слоев к слоям с меньшей температурой. Следовательно, характеристика протекания процесса сушки определяется механизмом перемещения влаги внутри материала, кинетикой испарения и перемещения влаги с поверхности материала в окружающую среду.

Общий поток влаги материала равен

$$v_c \cdot a_m \cdot \rho_0 \cdot \bar{V}U - a_m^t \cdot \rho_0 \cdot \bar{V}T = -a_m \cdot \rho_0 (\bar{V}U + \delta \cdot \bar{V}T) \quad (1)$$

где a_m и a_m^t – соответственно коэффициенты диффузии и термодиффузии влажных тел;

ρ_0 – плотность сухого тела;

$\bar{V}U$ и $\bar{V}T$ – соответственно разности влагосодержания и температуры на поверхности и в глубине материала;

δ – относительный коэффициент термодиффузии ($\delta = a_m^t / a_m$).

В качестве гипотезы предложен способ комбинированной сушки, включающий инфракрасную сушку на первом этапе и конвективную сушку на втором. Для обоснования последовательности выполнения этапов и параметров процесса построим графоаналитическую модель сушки отходов виноделия, базируясь на основных положениях конвективной и инфракрасной сушки.

Конвективная сушка.

При изотермических условиях, а также при малых перепадах температуры в пограничном слое (в период постоянной скорости

сушки), для определения интенсивности сушки можно применить следующую формулу

$$v_{c1} = \alpha_p \cdot (p_n - p_c) = Nu_m \frac{D_p}{l} \cdot (p_n - p_c), \quad (2)$$

где α_p - коэффициент влагообмена;

D_p - коэффициент диффузии пара в воздухе, отнесенный к разнице давлений;

p_n и p_c - значения парциального давления паров.

Для потока тепла

$$q_{c1} = \alpha_q \cdot (t_c - t_n) = Nu_p \frac{\lambda_{\text{в}}}{l} \cdot (t_c - t_n). \quad (3)$$

Индекс «n» означает поверхность материала, а «с»- окружающую среду;

α_q - коэффициент теплообмена;

l – длина поверхности тела вдоль потока газа;

$\lambda_{\text{в}}$ - коэффициент теплопроводности влажного воздуха.

Тепло- и массообменные числа Нусельта (коэффициенты тепломассоотдачи) определяются по уравнениям [4]

$$Nu_p = \alpha_q \cdot l / \lambda_{\text{в}} = K_1 + 0,59 Re^{0,5} (1 + 1,55 \cdot 10^{-4} Re)^{0,25}, \quad (4)$$

$$Nu_m = \alpha_p \cdot l / D_p = K_1 + 0,55 Re^{0,5} (1 + 1,43 \cdot 10^{-4} Re)^{0,25}, \quad (5)$$

где $Re = V_m \cdot l / \nu$ – критерий Рейнольдса;

V_m - скорость теплоносителя;

ν - кинематическая вязкость паровоздушной смеси в воздушном пограничном слое, м²/с;

K_1 – коэффициент, зависящий от формы материала:

для пластин, обтекаемых тепловым агентом $K_1=0$;

для поверхности цилиндрической формы $K_1=0,3$;

для поверхности шарообразной формы $K_1=2$.

Инфракрасная сушка.

Интенсивность сушки при использовании инфракрасных лучей может быть выражена формулой

$$v_{c2} = r \cdot \alpha_p \cdot (p_n - p_c) = \frac{r \cdot D \cdot Nu_m}{l} \cdot (p_n - p_c), \quad (6)$$

где r - удельная теплота парообразования;

D - коэффициент диффузии пара в пограничном слое.

Тепловой поток для инфракрасной сушки описывается формулой

$$q_{c2} = r \cdot \alpha_q \cdot (t_c - t_n) = \frac{r \cdot I \cdot Nu_p}{l} \cdot (t_c - t_n), \quad (7)$$

где I - интенсивность лучистого потока; $I = I_0 \cdot \exp(-k_\lambda \cdot b_m)$, (8)

I_0 - интенсивность лучистого потока, падающего на поверхность материала;

k_λ - коэффициент ослабления ИК- луча;

b_m - толщина слоя материала.

Так как сушка происходит в два этапа, вначале под действием инфракрасных лучей, затем конвективным способом, общее количество теплоты за период сушки будет складываться из суммы этого показателя за первый и второй этапы:

$$q_{об} = Nu_p \frac{\lambda_\varepsilon}{l} \cdot (t_c - t_n) + \frac{r \cdot I \cdot Nu_p}{l} \cdot (t_c - t_n) = \frac{Nu_p}{l} (t_c - t_n) \cdot (\lambda_\varepsilon + r \cdot I). \quad (9)$$

Для сравнения эффективности двух видов сушки, о которых сказано выше, необходим универсальный показатель, который будет учитывать такие параметры процесса, как продолжительность τ_c ; общие, а также удельные энергетические затраты Q_c , $Q_{c,уд}$. В качестве указанного показателя предложена величина k_v – отношение скорости сушки v_c к тепловому потоку q_c . Указанное отношение учитывает как скорость процесса, так и затраты тепловой энергии. Для определения указанной величины воспользуемся полученными ранее зависимостями. При конвективной сушке величину k_v определим делением формулы (2) на (3)

$$k_{vI} = \frac{v_{c1}}{q_{c1}} = \frac{Nu_m \frac{D_p}{l} \cdot (p_n - p_c)}{Nu_p \frac{\lambda_\varepsilon}{l} \cdot (t_c - t_n)} = \frac{Nu_m \cdot D_p \cdot (p_n - p_c)}{Nu_p \cdot \lambda_\varepsilon \cdot (t_c - t_n)}. \quad (10)$$

В случае инфракрасной сушки величину k_v определим делением формулы (4) на (5)

$$k_{v2} = \frac{v_{c2}}{q_{c2}} = \frac{\frac{r \cdot D \cdot Nu_m}{l} \cdot (p_n - p_c)}{\frac{r \cdot I \cdot Nu_p}{l} \cdot (t_c - t_n)} = \frac{D \cdot Nu_m \cdot (p_n - p_c)}{I \cdot Nu_p \cdot (t_c - t_n)}. \quad (11)$$

Проведенные расчеты численным методом позволили получить графические зависимости, которые приведены на рис. 1,2. На графиках представлены зависимости энергетических затрат на процесс сушки от скорости воздуха в сушильной камере при различных значениях температуры воздуха, контактирующего с объектом сушки.

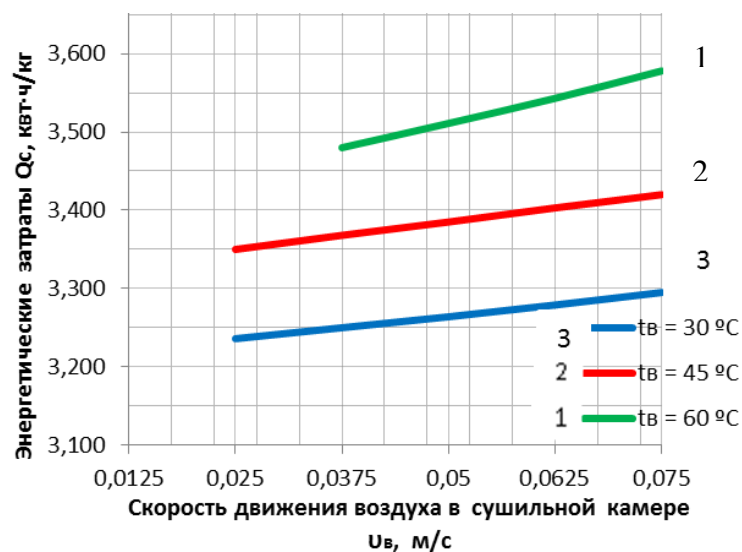


Рис. 1. Зависимость энергетических затрат на сушку от скорости движения воздуха в сушильной камере (конвективная сушка).

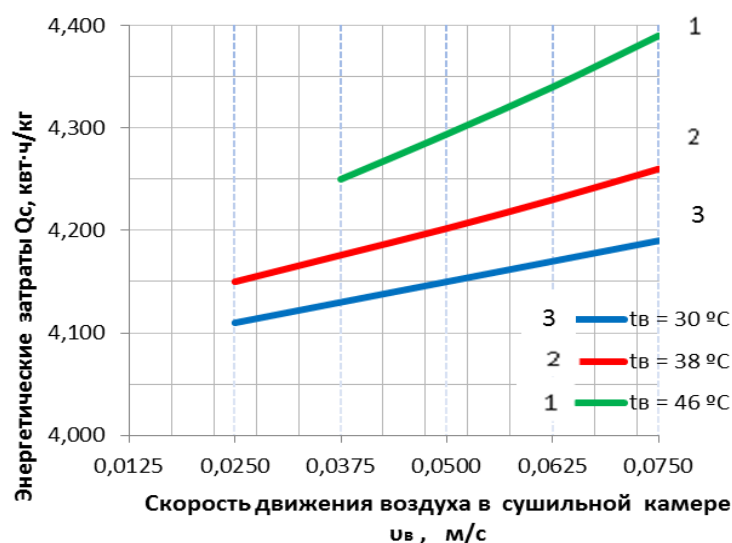


Рис. 2. Зависимость энергетических затрат на сушку от скорости движения воздуха в сушильной камере (ИК-сушка).

Из приведенных графиков видно, что динамика роста энергозатрат от скорости воздуха имеет более выраженный характер при инфракрасном способе сушки, а также увеличивается с ростом температуры в сушильной камере.

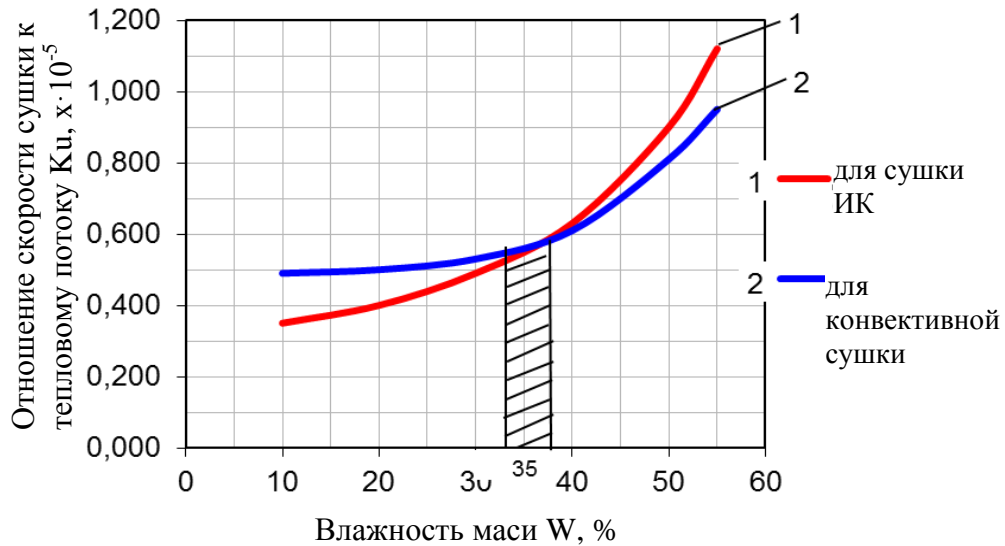


Рис. 3. Закономерность динамики процесса для ИК и конвективной сушки.

На графике (рис. 3) приведена модель сушки в виде сравнительных графических зависимостей приведенной величины k_v от величины влажности массы, подвергаемой сушке. Полученная модель позволяет сделать следующие выводы:

1. В начальный период сушки скорость процесса выше при ИК-сушке (это отражает большее значение величины k_v на графике); объясняется это тем, что ИК-лучи проникают вглубь материала и нагревают его, образуется градиент температур между материалом сушки и окружающим воздухом, что создает хорошие условия для движения влаги к поверхностному слою; при снижении влажности материала, скорость уменьшается.

2. В дальнейшем скорость протекания процесса в двух описываемых способах выравнивается, а затем скорость сушки при конвективном способе превышает эту величину для ИК-сушки; объясняется это тем, что переместившаяся к поверхностному слою влага испаряется быстрее в случае более интенсивного уноса влаги тепловым агентом (его более высокой влагопоглощающей способности), что имеет место при конвективном способе.

3. Энергетические затраты на предложенный процесс могут быть значительно снижены при использовании возобновляемых

источников энергии (в частности гелиоколлекторов) для подогрева теплового агента сушки.

Литература:

1. *Гербер Ю.Б.* Елементи СР-технології виробництва молока в умовах агропідприємства / Ю.Б. Гербер, І.М. Гудков // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, ТДАТУ, 2011. -№3, –с.25-33.

2. *Гудков І.М.* Особливості ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях Лісостепу / І.М. Гудков, М.М. Лазарев // Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України. - Т. 1. -К.: Вид-во ТОВ «Алефа», 2003.- с. 747-775.

3. *Кутателадзе С.С.* Основы теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Атомиздат, 1979. - 416с.

4. *Лыков А.В.* Теория сушки / А.В. Лыков. -М.: Энергия, 1968.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ФЕРОЦИНВІСТНИХ ВІДХОДІВ ВИНОРІБСТВА

Гербер Ю.Б.

Анотація - на основі проведеного аналізу теоретичних досліджень сушіння рослинної сировини запропоновано комбінований спосіб сушіння ферроцинвмістних відходів винороства; запропоновано універсальний показник k_v - відношення швидкості сушіння до теплового потоку, з урахуванням якого побудована порівняльна графічна модель конвективного та інфрачервоного сушіння.

THEORETICAL BASIS OF DRYING FERROTCIN CONTAIN WINE WASTERS

J. Gerber

Summary

Based on the analysis of theoretical studies of drying plant materials proposed a combined method of drying ferrotcin contain wine wastes, proposed universal indicator k_v - ratio of the rate of drying to the heat flow, which is built with the comparative graphical model convection and infrared drying.

УДК 615.4.001.6

ОЦІНКА ЯКІСНИХ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ РОСЛИННИХ ІНГРЕДІЄНТІВ ПРИ ВІБРОВІДЦЕНТРОВОМУ ДЕЗІНТЕГРУВАННІ

Паламарчук І.П., д.т.н.,

Янович В.П., аспірант*

Вінницький національний аграрний університет

тел. (097) 12-78-638

Анотація – проведені експериментальні дослідження основних амплітудно - частотних та якісних параметрів процесу вібровідцентрового дезінтегрування при використанні експериментальної моделі вібраційної машини для виробництва складних фармацевтичних сумішей. У результаті було встановлено оптимальні параметри досліджуваного процесу за мінімальних енерговитрат та порівняно високої інтенсивності обробки.

Ключові слова – амплітудно-частотні параметри, дезінтегрування, фармацевтичні суміші, ступінь подрібнення та однорідність суміші.

Вступ. Частка ринку складних фармацевтичних сумішей у загальному обсязі фармацевтичного ринку України складає за різними оцінками від 1,5 до 4% (у європейських країнах аналогічна продукція займає до 15% від загального обсягу лікарського ринку) [1].

Досягнення в існуючих машинах якісного сумішоутворення вимагає порівняно високих енерговитрат. Комбінування в одній технологічній машині процесів змішування, подрібнення, рівномірного розподілу часток опосередково є потенціалом для енергоощадження. Тому такі дослідження є актуальними в процесах приготування складних багатокомпонентних сумішей.

Постановка проблеми. Існуюча технологічна схема виробництва складних сумішей має ряд недоліків, одними з яких є енергозатратне поетапне здійснення технологічних операцій подрібнення, сепарації та почергового змішування фітокомпонентів з фармацевтичними інгредієнтами у вигляді окремих порошкоподібних мас.

Аналіз останніх досліджень. Для усунення даного недоліку авторами було розроблено вібровідцентровий дезінтегратор [2], який поєднує у собі елементи кульового млина, ситового сепаратора та

©Паламарчук І.П., д.т.н., Янович В.П., аспірант

*Науковий керівник – д.т.н., професор Паламарчук І.П.

змішувача, що здійснює коливальний та обертовий рухи у двох взаємно перпендикулярних площинах (рис. 1).

Метою даного дослідження є оптимізація режимних параметрів роботи вібровідцентрового дезінтегратора для інтенсифікації процесу виробництва складних фармацевтичних сумішей за якісними параметрами процесу обробки. Дана мета досягається шляхом проведення експериментальних досліджень якісних характеристик комплексного технологічного впливу на сировину рослинного походження, а саме ступеня подрібнення та однорідності змішування продукції, коефіцієнта використання робочого об'єму, енерговитрат на здійснення технологічної операції.

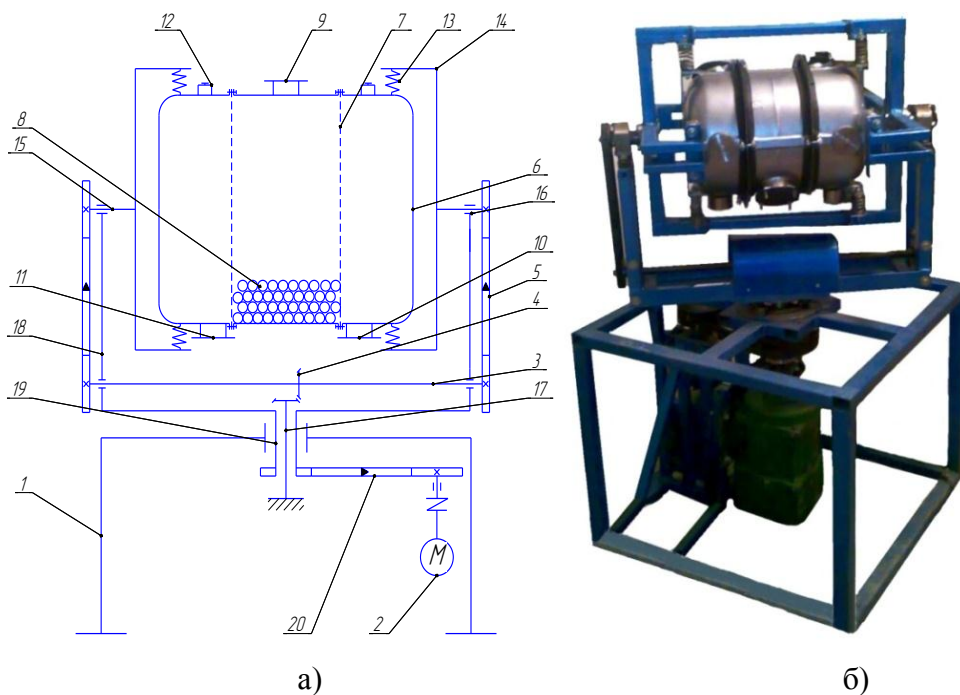


Рис. 1. Розроблене устаткування:

а) - принципова схема; б) – розроблене обладнання

1 – станина; 2 – електродвигун; 3, 15, 17, 19 – приводні вали; 4 – конічна передача; 5, 19 – клинопасові передачі; 6 – трикамерний контейнер; 7 - ситові елементи; 8, 9, 10 – патрубки; 11 - неврівноважені маси; 12 - пружні елементи; 13 – обод; 15 – підшипникові вузли; 16 – проміжний вал; 17 – водило.

Викладення основного матеріалу. Одними з найвагоміших етапів технологічного процесу виробництва складних фармацевтичних сумішей є подрібнення лікарської рослинної сировини з поетапним просіюванням та приведенням її до однорідної консистенції з додатковими фармацевтичними інгредієнтами за рахунок змішування. Останні надходять на виробництво у вигляді дрібнодисперсних сипких мас [3].

При експериментальному дослідженні амплітудно-частотних характеристик розробленого обладнання використовувався безпроводний датчик на основі акселерометра LIS3DH компанії [STMicroelectronics](http://www.st.com) (рис. 2), та електронний частотомір ЧЗ-22 із стандартними п'єзокерамічними приймачами прискорень KD 35 (акселерометрами). Керування та зміна частоти обертання вала електродвигуна здійснювали за допомогою автотрансформатора АОСН-20-220-75, який призначений для роботи зі змінним струмом, регулюючи частоту обертання приводного вала вібропривода механічним тахометром. Спожиту потужність замірювали електронним ватметром EMF-1, який призначений для вимірювання споживаної потужності у мережі 220В, 16А (максимум). Інтервал контрольного часу протікання експерименту був обраний у межах 60 с. Якісні характеристики отриманої суміші проводили на основі ситового[4] та фотоаналітичного методу [5].

Межі експериментальних досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Межі технологічних параметрів експериментальних досліджень

Найменування фактора	Значення
Частота обертання приводного вала ω , рад/хв	0...120
Амплітуда коливань A , мм	0...8
Сила струму, що споживається I , А	0...20
Напруга в електромережі установки U , В	0...220
Потужність привода вібромашини N , кВт	0...1,3
Сумарний ступінь завантаження робочого простору змішувальних камер $V_{зм}$, %	0...85
Ступінь завантаження робочого простору дробильної камери технологічним наповнювачем $V_{др}$, %	0...70
Ступінь завантаження оброблювального середовища	0...60
Розміри дробильних елементів технологічного наповнювача, мм	4-10

У якості параметрів оцінки досліджуваного процесу дезінтегрування було обрано ступінь подрібнення у якості питомої поверхні матеріалу ΔS , кінцеву однорідність вихідної суміші $M\%$ та споживані енерговитрати на реалізацію даного процесу.

Після проведення експериментів згідно вищезначеної методики було встановлено оптимальні режими роботи вібровідцентрового дезінтегратора за його амплітудно-частотними та енергетичними характеристиками; якісні параметри оброблювального матеріалу.

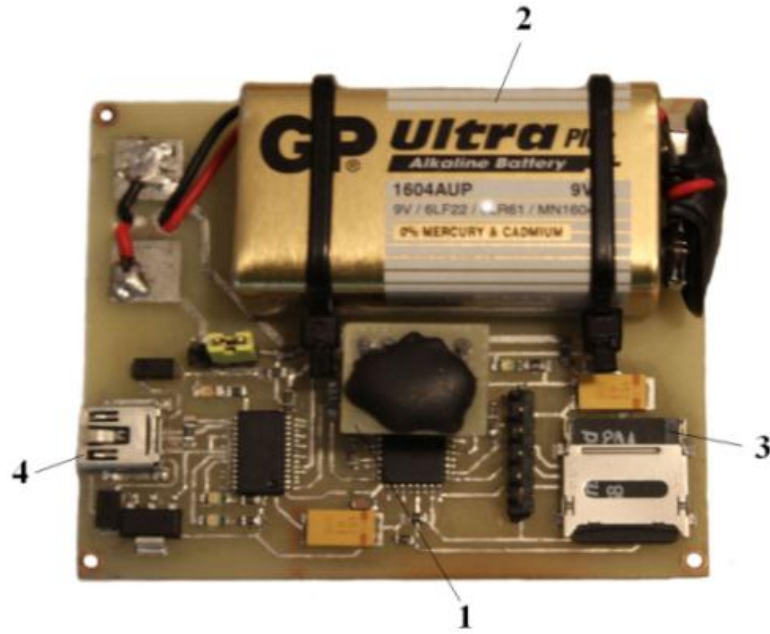


Рис. 2. Розроблений автономний акселерометр:
1 – акселерометр; 2 – батарейка типу "крона"; 3 – карта пам'яті;
4 – адаптивний мікропорт для зчитування даних.



а)



б)

Рис. 3. Дослідження процесу вібровідцентрового подрібнення:
а – дробильна камера; б – розміщення дробильних елементів та
оброблювального матеріалу в дробильній камері.

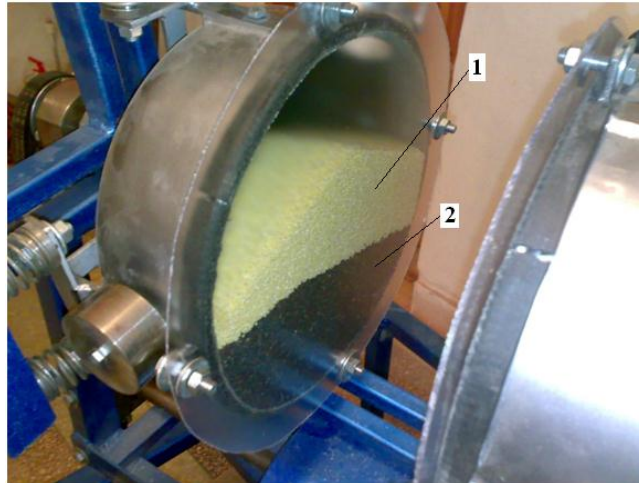


Рис. 4. Розподіл часток імітаційного матеріалу при завантаженні:

1 – пшоно; 2 – рапс.

На основі отриманих даних було побудовано наступні графічні залежності: для процесів дроблення (рис. 5, 6, 7) та змішування (рис. 8, 9, 10).

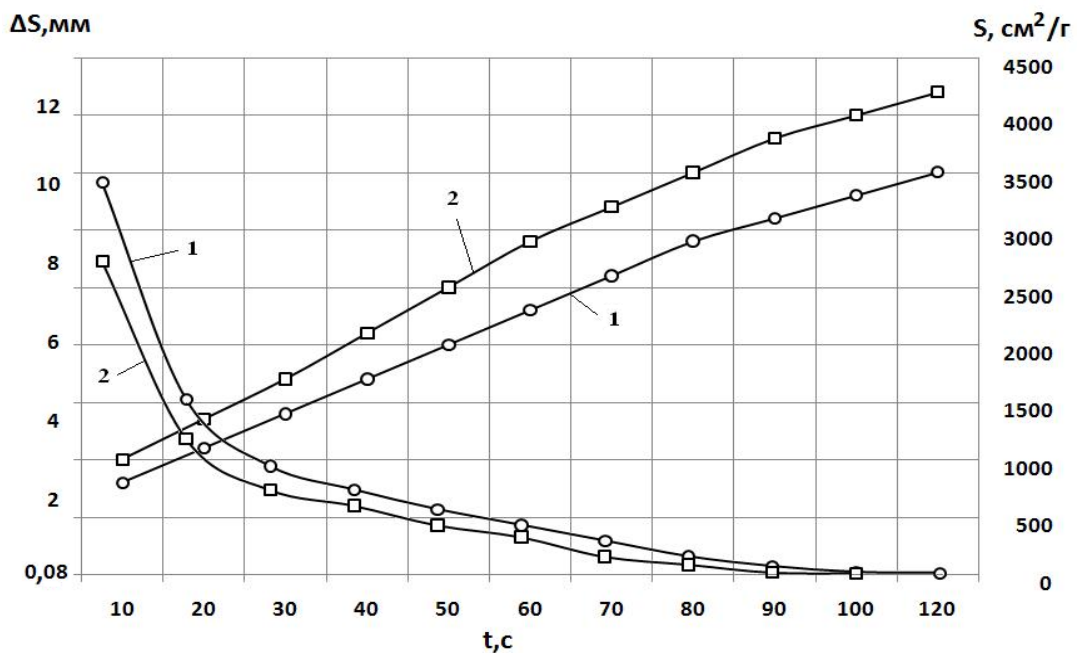


Рис. 5. Залежність фізико-механічних характеристик матеріалу від частоти коливань контейнера:

1 – частота коливань $\omega=9$ Гц; 2 – частота коливань $\omega=11$ Гц.

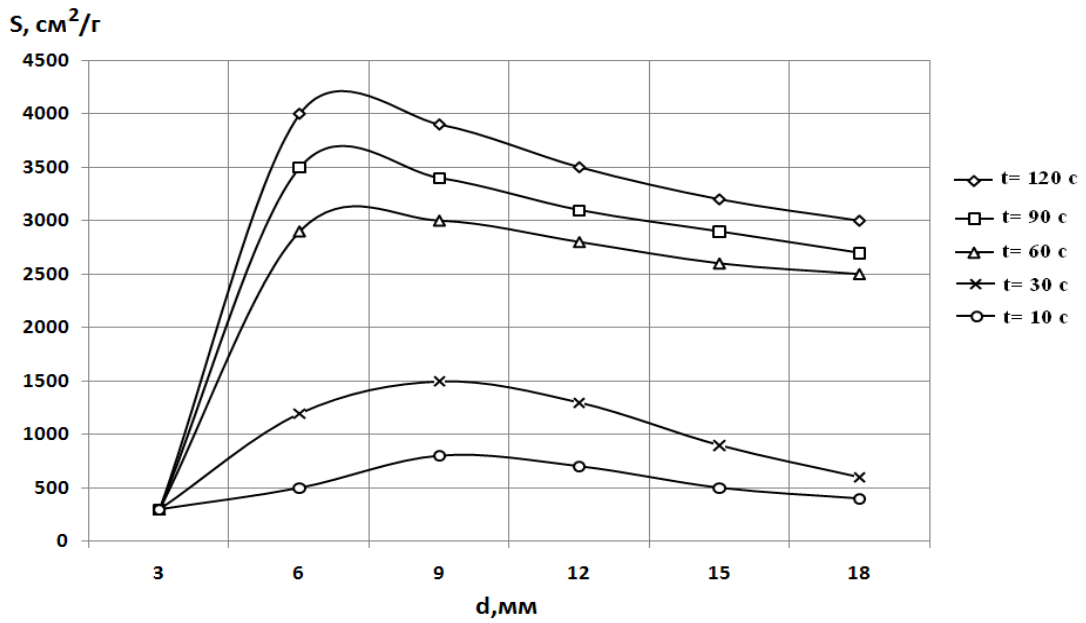


Рис. 6. Залежність питомої поверхні імітаційного матеріалу від часу і діаметра дробильних елементів.

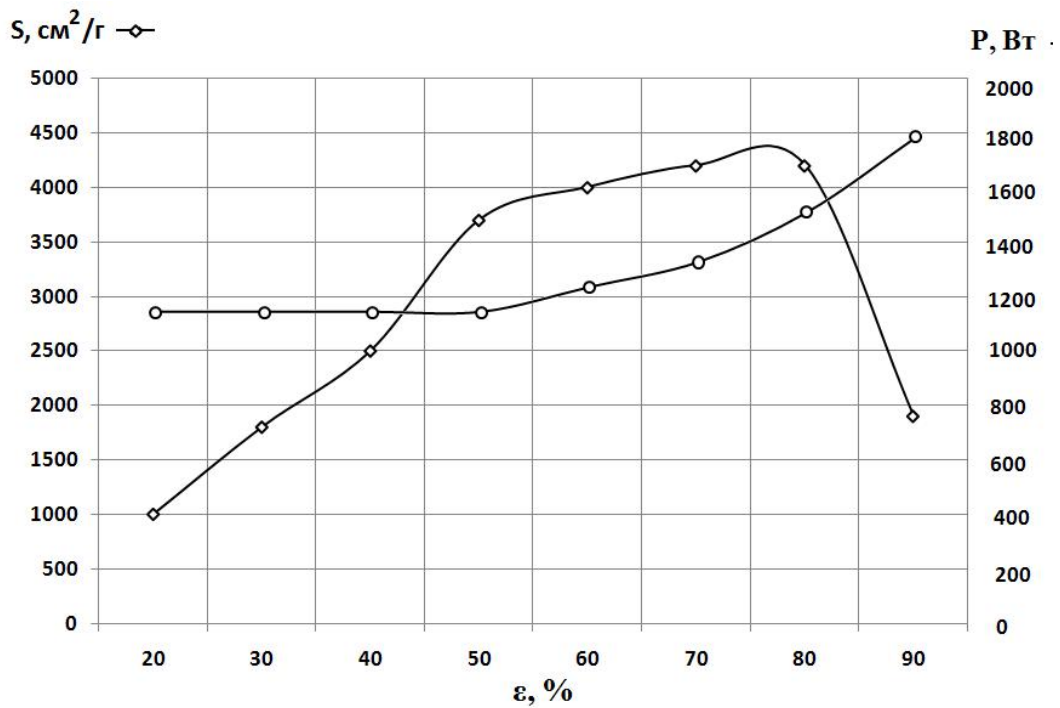


Рис. 7. Залежність тонини помелу від ступеня завантаження робочого простору технологічним наповнювачем.

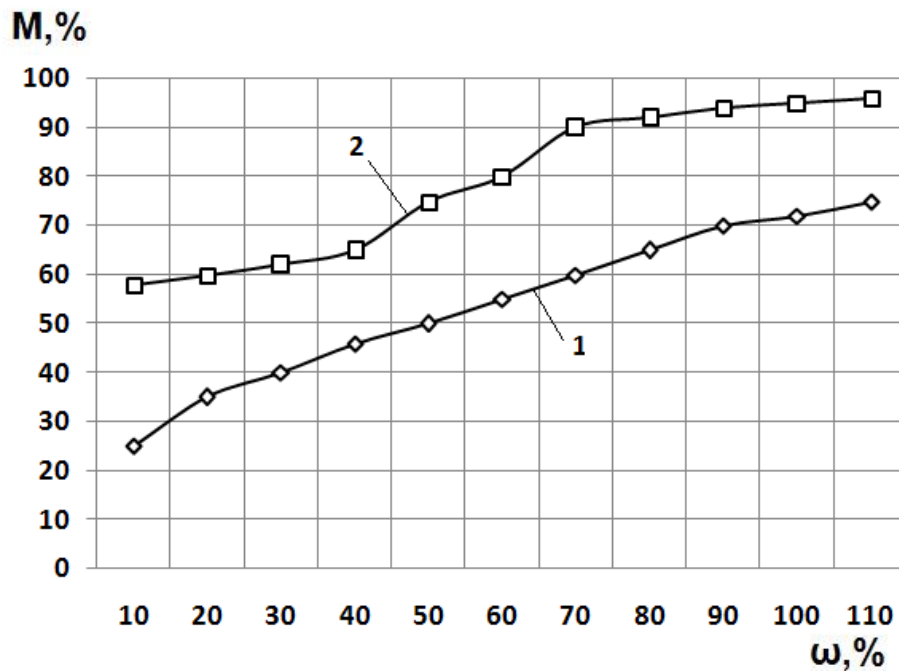


Рис. 8. Залежність ступеня однорідності імітаційної суміші від частоти обертання виконавчого органу:

1 – відцентровий рух контейнера; 2 – вібровідцентровий рух контейнера.

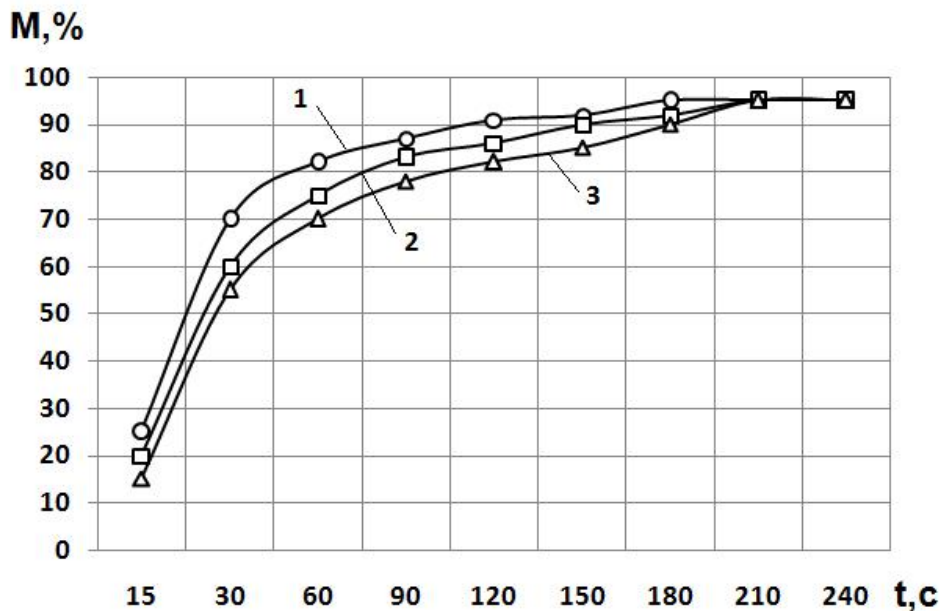


Рис. 9. Залежність ступеня однорідності імітаційної суміші від часу при вібровідцентровому впливі:

1 – при завантаженні $\frac{1}{2}$ від повного об'єму контейнера; 2 – при завантаженні $\frac{3}{4}$ від повного об'єму контейнера; 3 – при повному завантаженні змішувальних контейнерів.

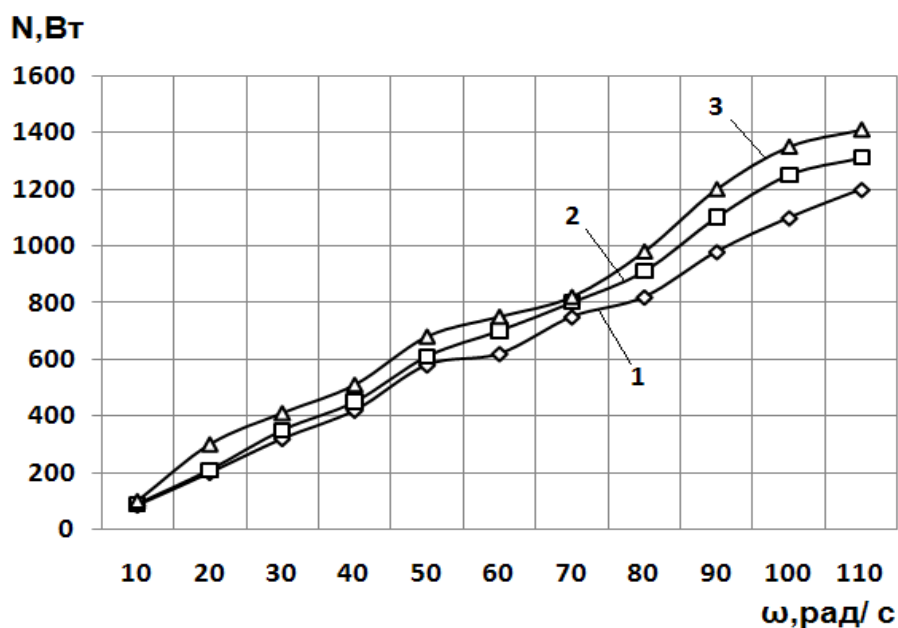


Рис. 10. Енергетична характеристика досліджуваного процесу:
1 – при завантаженні $\frac{1}{2}$ від повного об'єму контейнера; 2 – при завантаженні $\frac{3}{4}$ від повного об'єму контейнера; 3 – при повному завантаженні змішувальних контейнерів.

Висновки.

Аналіз отриманих даних експериментальних досліджень дозволив отримати ефективні технологічні режими роботи досліджуваного обладнання: віброприскорення у межах $a = 24 - 28 \text{ м/с}^2$; геометричні параметри технологічного завантаження $d = 4 - 6 \text{ мм}$; ступінь завантаження робочого об'єму технологічним наповнювачем 50 - 60 % при реалізації процесу подрібнення; ступінь завантаження змішувальних компонентів 70 - 80% при реалізації процесу змішування та загальний час технологічного впливу становить 180 - 200 с. При цих параметрах споживана потужність приводу дезінтегратора становить $P = 1,2 - 1,3 \text{ кВт}$, питома поверхня новоутвореного матеріалу $S = 4100 \text{ см}^2/\text{г}$ та ступінь однорідності вихідної суміші $M = 97 \%$.

Література:

1. Технология лекарственных форм / [Кондратьева Т. С., Иванова Л. А., Зеликсон Ю. И. и др.] ; под ред. Т.С. Кондратьевой. – [2-й том] – М.: Медицина, 1989. – С. 320 С.

2. Янович В.П. Розробка вібровідцентрового дезінтегратора для виробництва складних фармацевтичних сумішей / В.П. Янович // Збірник наукових праць вінницького національного аграрного університету, серія технічні науки. – 2012. – №11.т.2.(66) – С. 366 – 369

3. *Муравьев И.А.* Технология лекарственных форм / И.А. Муравьев. – М.: Медицина, 1988. – С. 79 – 104;

4. *Ходаков Г.С.* Основные методы дисперсного анализа порошков / Г. С. Ходаков. – М.: Стройиздат, 1968. – 199с.

5. *Королев Л.В.* Метод оценки качества смешения сыпучих материалов по распределению частиц в плоском сечении рабочего объема / Королев Л.В., Таршис М.Ю. // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2002. – т.45.вып 1, – С. 98-100

ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ПРИ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОМ ДЕЗИНТЕГРИРОВАНИИ

Паламарчук И.П., Янович В.П.

Аннотация - проведены экспериментальные исследования основных амплитудно - частотных и качественных параметров процесса виброцентробежного дезинтегрирования при использовании экспериментальной модели вибрационной машины для производства сложных фармацевтических смесей. В результате чего были установлены оптимальные параметры исследуемого процесса при минимальных энергозатратах и сравнительно высокой интенсивности обработки.

EVALUATION OF QUALITY PARAMETERS MULTICOMPONENT MIXTURES OF HERBAL INGREDIENTS FOR VIBRATORY MIXING DISINTEGRATION

I. Palamarchuk, V. Yanovich.

Summary

Abstract - experimental study of basic amplitude - frequency and quality of process parameters vibratory mixing disintegration by using an experimental model of vibration machines for complex pharmaceutical mixtures. As a result, it was found the optimum parameters of the studied process with minimum energy consumption and relatively high intensity treatment.

УДК631.363.001.5

ТЕОРЕТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМИ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ КАМЕРИ ДОЗАТОРА - ЗМІШУВАЧА

Гвоздєв В.О., к.т.н.,

Гвоздєв О.В., к.т.н.,

Калиниченко О.О., магістрант

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена теоретичному обґрунтуванню форми робочої поверхні завантажувальної камери дозатора – змішувача, в якій пропонується бічні стінки завантажувального пристрою виконати дотичними.

Ключові слова – дозатор – змішувач, сипучий матеріал, завантажувальна камера, робоча поверхня, надшнекова зона.

Постановка проблеми. У цей час на різних підприємствах харчового виробництва працюють десятки дозаторів - змішувачів шнекового типу. Їхнє застосування дозволяє підвищити техніко-економічні показники всієї системи транспортування. Однак проведені експериментальні дослідження дозволили встановити, що фактична продуктивність дозатора - змішувача значно нижче теоретичної [1, 2, 3].

Аналіз конструкції й досвід експлуатації показують, що однією з стримуючих причин підвищення продуктивності шнекового дозатора - змішувача є завантажувальна камера й процеси, що здійснюються у ній [3].

Під завантажувальною камерою розуміється прийомний патрубок, частина шнека й корпус, розташованого під ним.

Аналіз останніх досліджень. Можна припустити, що основною причиною низької продуктивності є те, що при роботі дозаторів - змішувачів із-за високих обертів шнека (до 1500 об/хв) виникають значні інерційні сили. Розрахунки показують, що величина сил інерції, діюча на частку, що перебуває у завантажувальній камері, порівнянна із силою ваги й може перевищувати її [4, 5].

Якщо врахувати, що рух матеріалу в дозаторі - змішувачі забезпечується у результаті силового впливу не тільки вищевказаних сил ваги й інерції при обертовому русі, але й силі тертя о перо шнека й корпус, сил взаємодії між частками матеріалу, а також сил інерції при

поступальному русі матеріалу, то картина представляється досить складною. Спроби теоретичного опису руху матеріалу в міжлопастевому просторі шнека неодноразово вживались багатьма авторами [1, 3, 5]. Однак результати розрахунку, особливо для шнеків, що швидко обертаються, ще й ускладнених рухом повітряних потоків (для живильників), істотно відрізняються від дійсності.

Над рішенням поставленої проблеми займаються давно. Так у роботі [6] пропонується для підвищення продуктивності шнекового дозатора - змішувача збільшення довжини завантажувального вікна. А в роботі [7] запропоновано знизити пульсацію сипучих компонентів, що надходять на змішування, за рахунок зменшення кроку шнеку і застосування багатосекційного бункера. Однак, у першому випадку рішення досягається за рахунок ускладнення конструкції, а в другому випадку можливе застосування бункера тільки для тихохідного шнеку. Є спроби вирішення проблеми шляхом зниження пульсацій надходженням сипучих компонентів у камеру змішування за рахунок дугоподібного з'єднання трубопроводом дозувально-змішувальної камери з вивантаженням [8]. Даний змішувач хоча і вирішує проблему, але конструкція його дуже складна.

Частково вирішена проблема згладжування пульсацій у швидкохідному дозаторі - змішувачі в роботі [9] за рахунок утворення надгвинтового простору з піднятою напівкруглою кришкою кожуха. Однак і в даній конструкції необхідно вирішити питання про узгодження потоків сипучих компонентів: обертального в кожусі і витікання з бункера.

Постановка завдання. Метою даної статті є спроба на основі спрощеної фізичної моделі запропонувати такі зміни в конструкції завантажувальної камери, які б викликали збільшення продуктивності дозатора - змішувача. При цьому зміни будуть стосуватися геометрії завантажувального патрубку й форми робочої поверхні кожуха дозатора - змішувача, а також сукупності їхнього впливу на продуктивність.

Основна частина. Навіть спрощений аналіз діючих на частку сил (рис. 1) дає підставу стверджувати, що взаємне розташування векторів сил інерції P_u й сил ваги mg у різних секторах поперечного перерізу дозатора – змішувача неоднакове. Сумарна складова сил ваги й сил інерції у певних ділянках завантажувальної камери сприяє (у секторі IV), а в інших перешкоджає (у секторі I) захопленню й подальшому просуванню матеріалу в змішувальну камеру.

Щоб зменшити негативний вплив сил інерції в секторі II, що виштовхують матеріал у прийомний патрубок, пропонується бічні стінки завантажувального пристрою виконати дотичними, як показано на рис. 2, а також зробити надшнекову зону.

Передбачається, що це поліпшить умови завантаження й приведе до збільшення продуктивності дозатора – змішувача.

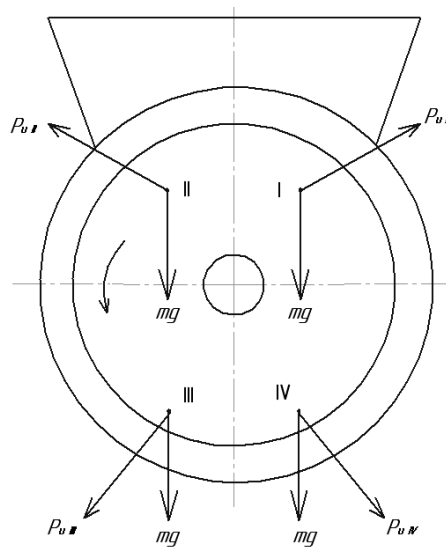


Рис. 1. Схема сил, що діють на частку в поперечному перерізі дозатора - змішувача.

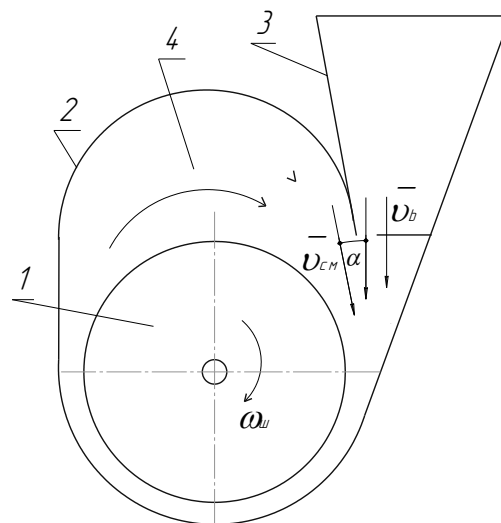


Рис. 2. Схема спільної роботи шнекового дозатора - змішувача й завантажувального пристрою:

1 – шнек, 2 – кожух, 3 – завантажувальний пристрій, 4 – надшнекова зона.

У даній конструкції передбачена надшнекова зона 4 швидкохідного шнекового дозатора - змішувача, яка забезпечує створення псевдозріджених шарів сипучих компонентів і їхній швидкохідний рух зі швидкістю v_{cm} у зоні надходження тонкого шару суміші із завантажувального пристрою 3 зі швидкістю v_b . Головна

умова рівномірного введення дозувальної суміші в шар, що рухається, – це створення якомога меншого кута α_v між напрямком швидкостей v_b і v_{cm} . А це можливо при спрямованому русі суміші після сходу її з витків шнеку. Наприклад, щоб вектор швидкості v_{cm} був спрямований під кутом β до горизонту (рис.3), тобто як би сковзав бічною поверхнею завантажувального пристрою.

При цьому швидкість v_{cm} повинна бути набагато більше v_b ($v_{cm} \gg v_b$).

Відомо, що у швидкохідних шнекових дозаторах - змішувачах сипучий матеріал, який швидко обертається, розподіляється циліндричним шаром, що щільно прилягає до кожуха по всьому його колу [2, 3]. Тоді в точці А (рис.3) швидкість суміші v_{cm} м/с сипучого матеріалу в зоні завантажувального пристрою можна визначити за формулою

$$v_{cm} = K_v \frac{\pi R_k n}{30}, \quad (1)$$

де $R_k = R + \Delta$ – радіус кожуху, м;

Δ – зазор між шнеком і кожухом, м.

Для визначення форми робочої поверхні кожуха дозатора - змішувача в зоні завантаження (рис. 3) розглянемо рух часток сипучої суміші при сході із робочої поверхні шнеку у точці А.

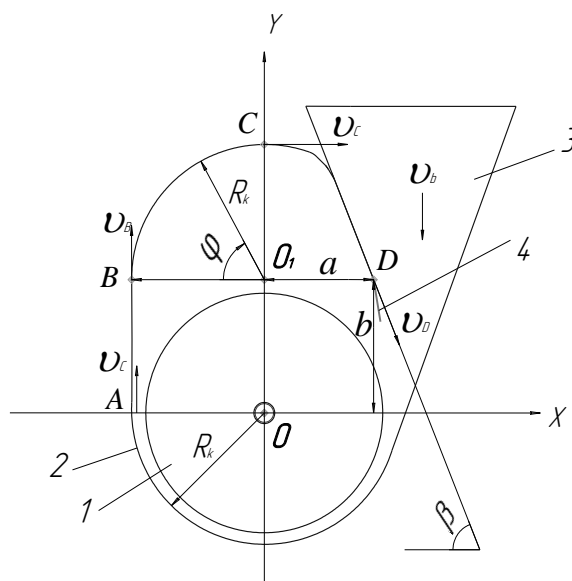


Рис. 3. Схема визначення форми робочої поверхні кожуха дозатора - змішувача в зоні завантаження:

1 – шнек; 2 – кожух; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – заслінка.

Рух часток після сходу із поверхні шнека на ділянці AB буде прямим зі швидкістю v_{cm} (формула 1).

Після диференціювання рівняння (1) і перетворення визначимо швидкість часток суміші в точці B .

$$v_B = \sqrt{v_{cm}^2 - 2gR_k}, \quad (2)$$

причому $AB=R_k$.

Далі розглянемо рух часток суміші на ділянці BC , де відбувається не тільки зниження швидкості часток за величиною, але й зміна кута вектора швидкостей.

Для визначення швидкості часток у точці C скористаємося полярною системою координат із центром у точці O_1 , розташованій на відстані AB від точки O .

Зміна кута φ , $0 \leq \varphi \leq 90$.

Очевидно, рух буде дузою кола й опишеться рівнянням

$$x^2 + y^2 = R_k^2. \quad (3)$$

Після рішення рівняння (3) для нашого випадку маємо $v_C = v_B$ й

$$v_C = \sqrt{v_{cm}^2 - 2gR_k}. \quad (4)$$

На ділянці CD рух часток суміші буде відбуватися деякою кривою. З огляду на те, що цей рух буде відбуватися, в основному, при вільному падінні часток, то траєкторією буде швидше за все парабола, симетрична вісі OY .

$$Y = 2R_k - \lambda x^2, \quad (5)$$

де λ – коефіцієнт, враховуючий, що парабола проходить через задану точку D з координатами $X = a$ і $Y = b$.

Після перетворень з оглядом на те, що $a = R_k \sin \beta$; $b = R_k \cos \beta$

$$Y = \frac{2R_k - R_k \cos \beta}{R_k^2 \sin^2 \beta} X^2 \quad (6)$$

маємо рівняння параболи.

З метою зменшення кута α_0 (рис. 2) між швидкостями v_{cm} та v_b у точці D (рис. 3) пропонується встановити регулюючу заслінку 4. Змінюючи положення заслінки, можна домогтись мінімального кута

$\alpha_v \rightarrow 0$. Тоді частки будуть ніби проникати тонкими шарами під обертові шари суміші, що перебувають у зоні завантаження дозатора - змішувача. Причому такий тонкошаровий рух буде сприяти витіканню сипучих компонентів через випускний отвір бункера-дозатора без утворення склепінь, чим буде досягатися більш рівномірне й дозоване перемішування компонентів суміші вже в зоні завантаження шнекового дозатора - змішувача.

Для визначення координат точки D встановлення заслінки, яка повинна знаходитися нижче центру мас обертання суміші у надгвинтовому просторі дозатора - змішувача [10], проведено геометричне моделювання для різних типорозмірів змішувачів за допомогою програмного забезпечення Maple та виявлено рівняння центру мас

$$y = -x^2 + R_k (1 + \sin \beta). \quad (7)$$

Дане рівняння дозволяє визначати координати $x=a$ і $y=b$ місця розташування вісі кріплення заслінки для змішувачів з різним діаметром (радіусом R_k) кожуха.

Висновки. Для обґрунтування форми робочої поверхні завантажувальної камери дозатора - змішувача необхідно знати окружну швидкість суміші в дозаторі - змішувачі v_{cm} і швидкість витікання дозувальної суміші з завантажувального пристрою v_b . Взаєморозташування завантажувального пристрою бункера-дозатора і кожуха змішувача повинне бути таким, щоб вектор швидкості v_{cm} з вектором швидкості v_b утворив гострий кут. Така конструкція прийомної камери змішувача дозволить йому працювати без пульсацій і без примусової подачі дозувальної суміші, що спрощує конструкцію й характеризується порівняно меншим питомим енергоспоживанням.

Література:

1. *Макаров Ю.И.* Основы расчета процессов смешения сыпучих материалов, исследование и разработка смесительных аппаратов: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук./ Ю.И. Макаров. – М, 1975. – 42 с.
2. *Обертышев А.И.* О движении сыпучего материала в винтовом транспортере при больших оборотах винта / А.И. Обертышев, С.К. Янчин // Труды АЧИМСХ. – М. : Россельхозиздат, 1968. – Вып. 19. – С. 119 – 121.
3. *Гвоздев В.О.* Обґрунтування технологічного процесу та конструктивних параметрів швидкохідного гвинтового змішувача комбікормів./ В.О. Гвоздев. – Глеваха, 2009. – 20 с.

4. Григорьев А. М. Винтовые конвейеры. / А.М. Григорьев - М.: Машиностроение, 1972. - 180 с.

5. Лямкин Е.С. Обоснование параметров шнековых питателей пневмотранспортных установок: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук./ Е.С. Лямкин. – Барнаул, 2002. – 20 с.

6. Обертышев А.И. Влияние длины загрузочного окна шнекового транспортера на потребную мощность / А.И. Обертышев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1966. – №9. – С.40 – 41.

7. Дмитрів Д.В. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів малогабаритних кормозмішувачів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. / Д.В. Дмитрів. – Тернопіль, 2001. – 20 с.

8. Гурик О.Я. Обґрунтування параметрів транспортерів-змішувачів сипких матеріалів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. / О.Я. Гурик. – Тернопіль, 2003. – 17 с.

9. Эшдавлатов Э.У. Обоснование параметров и режимов работы смесителя непрерывного действия с тепловой обработкой кормов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук./ Э.У. Эшдавлатов. – Балашиха, 1990. – 17 с.

10. Пат. 21392 Україна, МПК (2006) В65G 33/00 А01К 5/00. Спосіб змішування сипучих компонентів / Гвоздев В.О., Ялпачик Ф.Ю.; ТДАТА. – № и 2006 10098 ; заяв. 21.09.06 ; опублік. 15.03.07, Бюл. №3.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗАГРУЗОЧНОЙ КАМЕРЫ ДОЗАТОРА - СМЕСИТЕЛЯ

Гвоздев В.А., Гвоздев А.В., Калиниченко А.А.

Аннотация – Работа посвящена теоретическому обоснованию формы рабочей поверхности загрузочной камеры дозатора – смесителя, в которой предлагается боковые стенки загрузочного устройства выполнить по касательной.

THEORETICAL DEFINITION OF THE FORM WORKING SURFACE OF THE LOADING CHAMBER THE BATCHER - THE MIXER

A. Gvozdev, V. Gvozdev, A. Kalinichenko

Summary

Work is devoted to theoretical justification of a form of a working surface of the loading chamber of the batcher – the mixer in which it is offered to execute lateral walls of the loading device on a tangent.

УДК 621.928

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЦЕНТРОБЕЖНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Бондарев Р.А., аспирант*

Киркор М.А., к.т.н.

Могилевский государственный университет продовольствия

Тел. (0222)45-35-78

Аннотация – данная работа по определению качественных характеристик процесса центробежной классификации и посвящена получению критериальных зависимостей, позволяющих получать оптимальные параметры работы классификатора, повышая тем самым эффективность проведения процесса.

Ключевые слова– центробежная классификация, разделение полидисперсных порошков, получение оптимальных параметров, качество классификации.

Для высокоэффективного проведения процесса классификации полидисперсных порошков необходимо обладать данными, отображающими оптимальные параметры работы оборудования.

Процесс классификации является довольно сложным процессом. Качество разделения тонкодисперсных порошков зависит от множества факторов.

Одним из наиболее информативных параметров, характеризующих течение процесса, является КПД классификатора, однако КПД классификатора не отражает качество готового продукта. В то же самое время к тонкодисперсным пищевым порошкам предъявляются довольно жесткие требования такого показателя качества как максимальный размер фракции.

Следовательно, для более рационального проведения процесса необходимо выбрать показатель эффективности, учитывающий также качество готового продукта.

На данный момент нет достоверных зависимостей проведения процесса классификации, которые бы учитывали показатели качества готового продукта.

Таким образом, для оптимизации процесса центробежной классификации пищевых полидисперсных порошков необходимо получение зависимостей данного процесса в критериальном виде. Данные зависимости могут применяться для разработки новых видов

© Бондарев Р.А., аспирант, Киркор М.А., к.т.н.

* *Научный руководитель – к.т.н., доцент Киркор М.А.*

высокоэффективного оборудования для разделения пищевых полидисперсных порошков, а также для оценки эффективности существующих моделей.

Для определения оптимальных параметров процесса разделения полидисперсных пищевых продуктов была изготовлена лабораторная установка центробежного классификатора (рис.1, 2, 3).

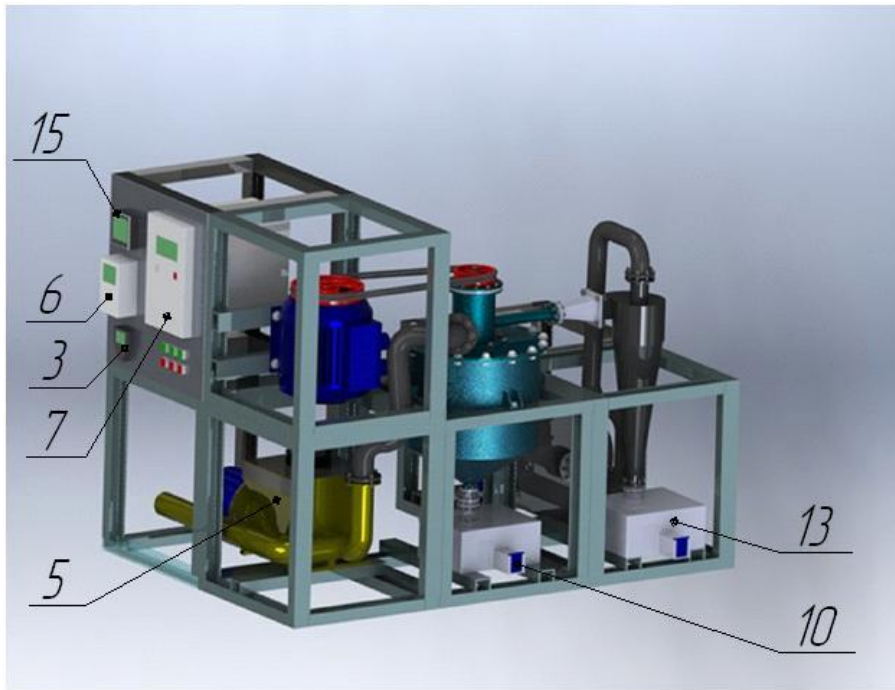


Рис. 1. Лабораторная установка.

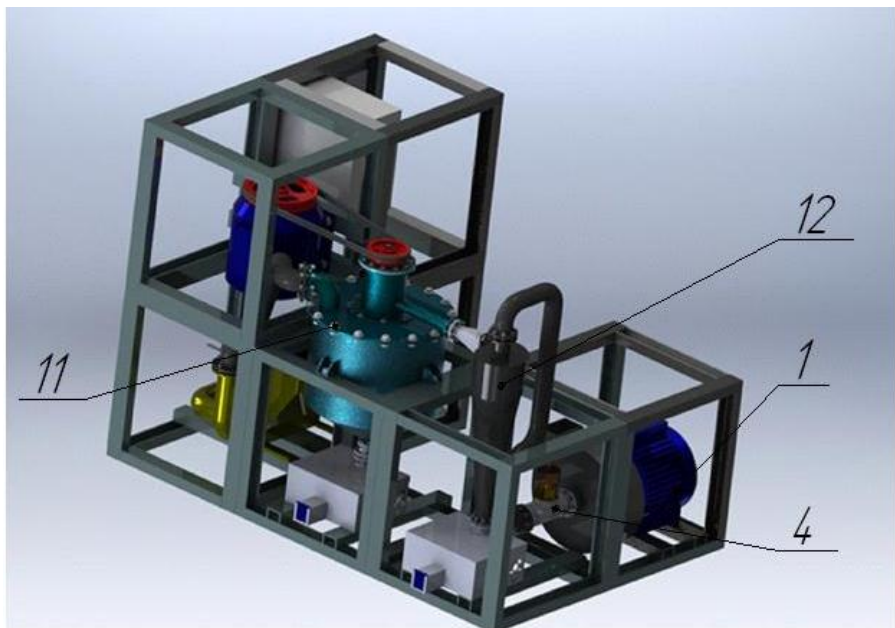


Рис. 2. Лабораторная установка.

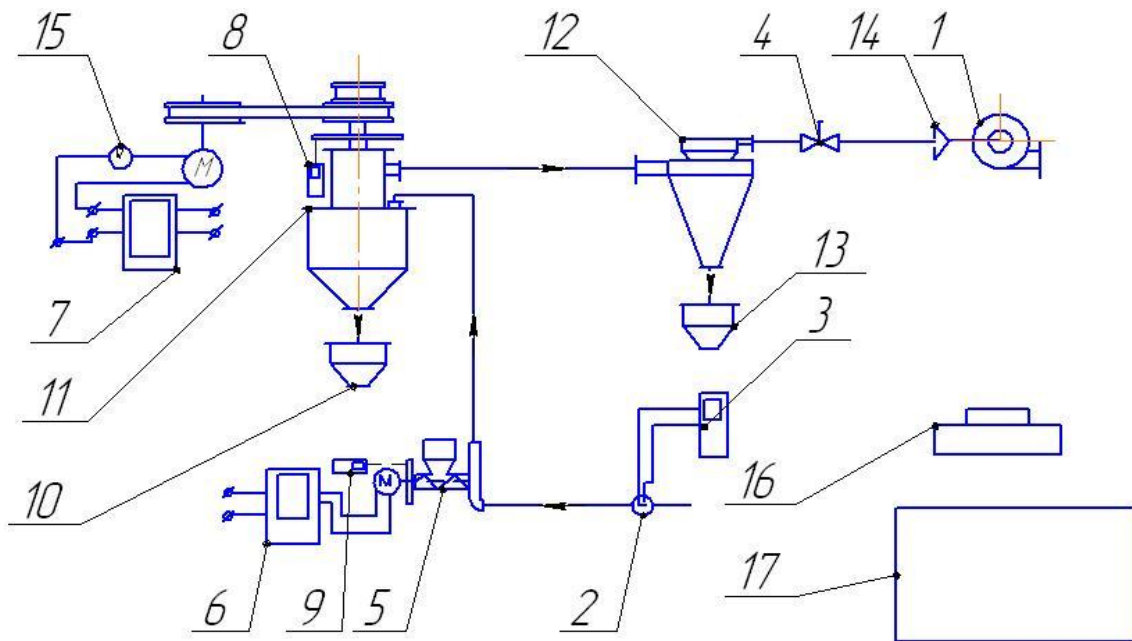


Рис. 3. Схема лабораторної установки:

1 – воздуходувная машина; 2 – трубка Пито-Прандтля; 3 – анемометр; 4 – регулировочный кран; 5 – шнековый питатель; 6 – частотный преобразователь; 7 – частотный преобразователь; 8 – лазерный фототахометр; 9 – лазерный фототахометр; 10 – бункер для грубой фракции; 11 – классификатор; 12 – циклон; 13 – бункер для мелкой фракции; 14 – фильтр; 15 – ваттметр; 16 – весы; 17 – седиментограф.

Установка состоит из всасывающего вентилятора 1 с напряжением питания 220В, мощностью электродвигателя 3000Вт, частотой сети 50Гц, позволяющем создавать разрежение до 70 кПа и получать объемный расход воздуха до 50 м³/ч; питателя исходного порошкового материала (шнекового типа) 5 с приводом через частотный преобразователь 6 с напряжением переменного тока 380В; непосредственно роторного центробежного классификатора 11 с приводом, состоящим из клиноременной передачи с двигателем трехфазного тока асинхронным, мощностью 2,2 кВт и частотой вращения 1500 об/мин, питание которого осуществляется через частотный преобразователь 7 с частотой сети 50 Гц и напряжением сети 380В; циклона типа СКЦН-34 12 с диаметром цилиндрической части 80 мм; бункеров для сбора крупной 10 и мелкой 13 фракций, а также фильтра окончательной очистки 14. Мощность, расходуемая на привод аппарата, замерялась при помощи мультиметра АРРА – 109N13 с пределом измерения 3000 Вт.

Изменение расхода воздуха в исследуемом диапазоне осуществлялось с помощью регулировочного крана 4, предварительно тарированного.

Контроль текущего значения расхода воздуха осуществлялся трубкой Пито-Прандтля 2, подключенной к анемометру 3.

Регулировка частоты вращения рабочего органа осуществлялась с помощью частотного преобразователя 7, предварительно прошедшим тарировку. Измерение частоты вращения ротора производилось лазерным фототахометром 8.

Взвешивание продукта производилось на весах 16, предварительно прошедшими поверку. Анализ гранулометрического состава производился на седиментографе 17.

Таким образом, разработанная установка позволяет производить широкий спектр измерений, необходимых для изучения процесса классификации.

Критерием оценки эффективности проведения процесса разделения полидисперсных порошков, который учитывает качество готового продукта, является качество классификации [1], определяемое по выражению (1)

$$K_k = \frac{\eta}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где η – КПД классификатора;
 ε – степень проскока грубой фракции;
 K_k – качество классификации.

Качество классификации является единым критерием, который позволяет производить оценку, как эффективности оборудования, так и качества готового продукта.

Коэффициент полезного действия классификатора является интегральным показателем эффективности, характеризующим степень неидеальности процесса в диапазоне размеров частиц меньше максимально допустимого размера.

Коэффициент полезного действия классификатора определяется по формуле (2) [1]

$$\eta = \int_0^1 \varphi_{\delta}(\bar{\delta}) d\bar{\delta}, \quad (2)$$

где η – КПД классификатора;
 $\varphi(\bar{\delta})$ – функция, описывающая кривую распределения частиц;

$\bar{\delta}$ – диаметр частицы в безразмерном виде.

Степень проскока грубой фракции является интегральным показателем эффективности, характеризующим степень неидеальности процесса в диапазоне частиц больше максимально допустимого размера. Следовательно, данный показатель эффективности учитывает качество готового продукта с учетом граничного размера.

Степень проскока грубой фракции определяется по формуле (3)[1]

$$\varepsilon = \int_1^{\bar{\delta}_{\max}} \varphi_{\delta}(\bar{\delta}) d\bar{\delta}, \quad (3)$$

где ε – степень проскока;

$\bar{\delta}_{\max}$ – максимальный размер фракции в безразмерном виде.

Таким образом, критерий качества классификации учитывает весь диапазон значений интегральной кривой распределения.

При разделении полидисперсных порошковых систем в центробежном роторном классификаторе движущей силой процесса является разница сил инерции от центростремительного ускорения частиц различной массы. Так как частицы материала разделяются в аэродинамическом потоке, необходимо выразить свойства данного потока и оценить их влияние на качество проведения процесса классификации.

Наиболее глубокие свойства аэродинамического потока в роторном центробежном классификаторе отображает соотношение между инерционными силами и силами внутреннего трения.

Следовательно, наиболее полно процесс разделения в данном случае выражает модифицированный критерий Рейнольдса (4)[2]

$$\text{Re}_M = \frac{\rho \cdot d_p^2 \cdot n}{\mu}, \quad (4)$$

где Re_M – модифицированный критерий Рейнольдса;

ρ – плотность продукта, кг/м³;

n – частота вращения ротора, с⁻¹;

d_p – диаметр ротора, м;

μ – динамическая вязкость воздуха, Па•с.

На основании экспериментальных данных было получено выражение (5), описывающее зависимость качества классификации от модифицированного критерия подобия Рейнольдса:

$$K_k = 8 \cdot 10^{-8} Re_{.m} + 0,3794 . \quad (5)$$

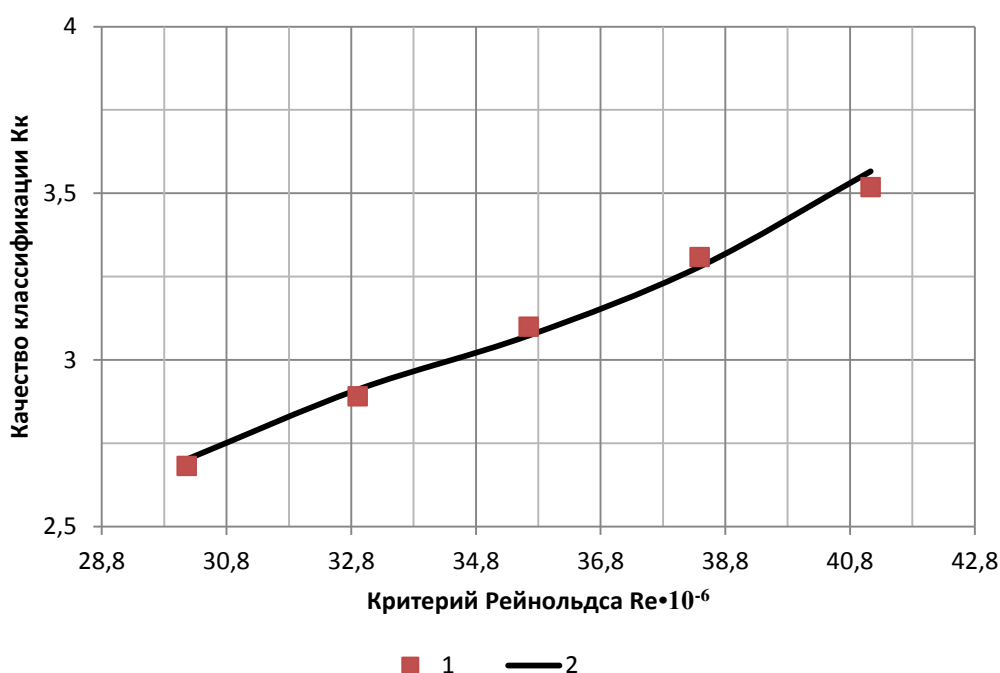


Рис. 4. Зависимость качества классификации от критерия Рейнольдса:

1 – эксперимент; 2 – расчет по выражению (5).

При анализе зависимости (5) очевидно, что с увеличением числа Рейнольдса линейно возрастает качества классификатора. Данное явление связано с увеличением доли инерциальных сил над силами внутреннего трения внутри аэродинамического потока. Следовательно, влияние сил внутреннего трения отрицательно сказывается на ведении процесса разделения полидисперсных систем.

Полученная зависимость (5) может применяться для получения оптимальных параметров процесса, а также для оценки и сравнения уже существующих конструкций центробежных классификаторов.

При этом данная зависимость удобна в проведении инженерного расчета центробежных роторных классификаторов, так как позволяет моделировать процесс.

Полученное уравнение подобия информативно отображает зависимость параметров процесса и качества разделения пищевых полидисперсных порошков.

Литература:

1. *Мизонов В.Е.* Аэродинамическая классификация порошков /В.Е. Мизонов, С.Г. Ушаков. – М.: Химия, 1989. – 160с.

2. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии /А.Г. Касаткин. – М.:Химия, 1971. – 784с.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВІДЦЕНТРОВОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ

Бондарев Р.А., Киркор М.А.

Анотація - ця робота за визначенням якісних характеристик процесу відцентрової класифікації і присвячена отриманню критерійних залежностей, що дозволяють отримувати оптимальні параметри роботи класифікатора, підвищуючи тим самим ефективність проведення процесу.

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF PROCESS OF CENTRIFUGAL CLASSIFICATION

R.A. Bondarev, M.A. Kirkor

Summary

This work is the definition of the quality characteristics of the centrifugal process of classification and is devoted to obtaining criterial dependence, which give the optimal parameters of the classifier, thus increasing the efficiency of the process.

УДК 664.032.1

ВЛИЯНИЕ ВИДА МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СОЗДАНИЕ АППАРАТОВ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ХРУПКИХ ПИЩЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Харкевич В.Г., к.т.н.

Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»

Тел.(0222) 45-35-78

Аннотация – в данной работе представлен обзор современных способов измельчения пищевых материалов, проведен их сравнительный анализ, выявлен наиболее предпочтительный способ переработки хрупких пищевых материалов, рассмотрены основные типы измельчителей ударного действия и установлено их преимущество перед другими типами установок такого класса для получения тонкодисперсных пищевых порошков.

Ключевые слова – виды нагружения, дробилка, измельчение, классификация измельчителей, механическое воздействие, способы измельчения, удар, хрупкие пищевые материалы.

Постановка проблемы. Многочисленные процессы, в результате которых изменяются форма, внешний вид продукта или изделия без изменения физико-химических характеристик, называются механическими. К одному из таких процессов относят измельчение, т.е. процесс последовательного уменьшения размеров твердых тел и увеличения их количества до получения продукта заданной крупности путем воздействия внешних сил.

Измельчение широко применяется в пищевой промышленности для получения готовых продуктов, сырья или полуфабриката с частицами различного размера.

Твердый материал можно разрушать и измельчать раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием, ударом и различными комбинациями этих способов [1; 2].

На практике же продукт обычно измельчают под действием комбинации тех или иных способов, например, раздавливание и истирание, истирание и удар. Из перечисленных способов измельчения пригодными для пищевой промышленности оказались

раздавливание, резание, истирание и удар [3]. Кроме этого, в зависимости от структурно-механических свойств продукта выбирают и соответствующие виды измельчения: для растительного сырья – истирание, удар, резку; для хрупких продуктов – раздавливание, удар.

Анализ последних достижений. В связи с этим измельчители классифицируют по двум принципам: 1) по крупности получаемого продукта; 2) по способу измельчения [2].

По крупности получаемого продукта измельчители подразделяются на дробилки (машины, осуществляющие дробление) и мельницы (машины, осуществляющие помол). На рис. 1 приведена схема классификации измельчителей с учетом крупности получаемого продукта.

По способу измельчения. В зависимости от преобладания того или иного способа измельчения оборудование может быть истирающего и раздавливающего действия (вальцовые, дисковые, шаровые мельницы), ударного (молотковые, штифтовые, ножевые дробилки), истирающего (гомогенизаторы, гидродинамические преобразователи) и резального (резальные машины) действия.

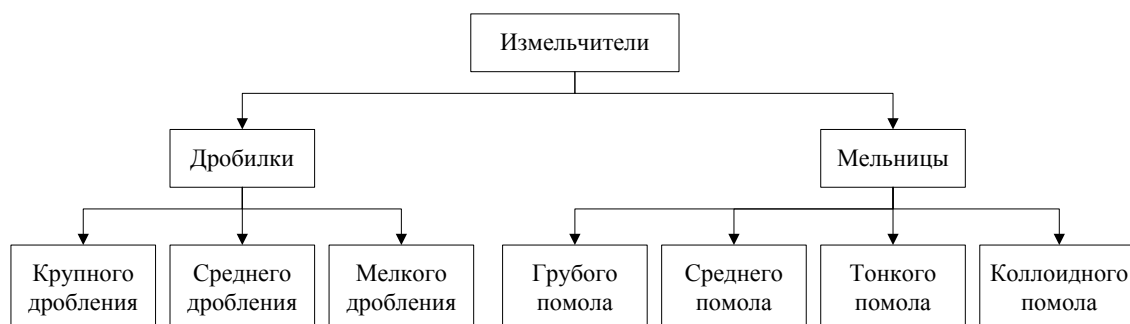


Рис. 1. Схема классификации измельчителей.

Наиболее предпочтительным способом классификации измельчителей является классификация по второму принципу [1], так как в его основу положен преобладающий механизм разрушения, с помощью которого измельчается материал. При необходимости измельчать тот или иной материал до частиц определенного размера, предварительно решают, каким вообще способом измельчения можно достигнуть такого результата, а затем уже подбирают тип и размер измельчающей машины. С этой точки зрения указанная классификация измельчителей является наиболее удобной. Недостатками первого принципа классификации измельчителей является то, что в нем отсутствуют указания на способ измельчения, лежащий в основе работы измельчителя, а также то, что измельчитель

одного и того же типа в зависимости от его размера можно отнести к машинам различного класса.

Что касается вида деформации, то современные представления по этому вопросу не позволяют, к сожалению, выделить преобладающий вид деформации при каждом конкретном случае (способе) разрушения. Для каждого конкретного способа разрушения до настоящего времени по существу не изучено влияние скорости разрушения на эффективность процесса [4].

При этом хорошо известно, что тело легче деформировать или разрушать путем удара, а не статического нагружения, и чем короче время передачи энергии, тем заметнее результаты удара, хотя при этом изменение прочностных характеристик материала носит сложный характер.

Представляет интерес влияния вида нагружения на изменение микроструктуры разрушаемых образцов. Для различных видов ударного измельчения это хорошо иллюстрируется на рис. 2 [5]. Отмечается, что ударное воздействие обладает большей эффективностью, чем разрушение, происходящее между двумя сближающимися поверхностями, причем в этом случае изменения происходят больше в поверхностных слоях.

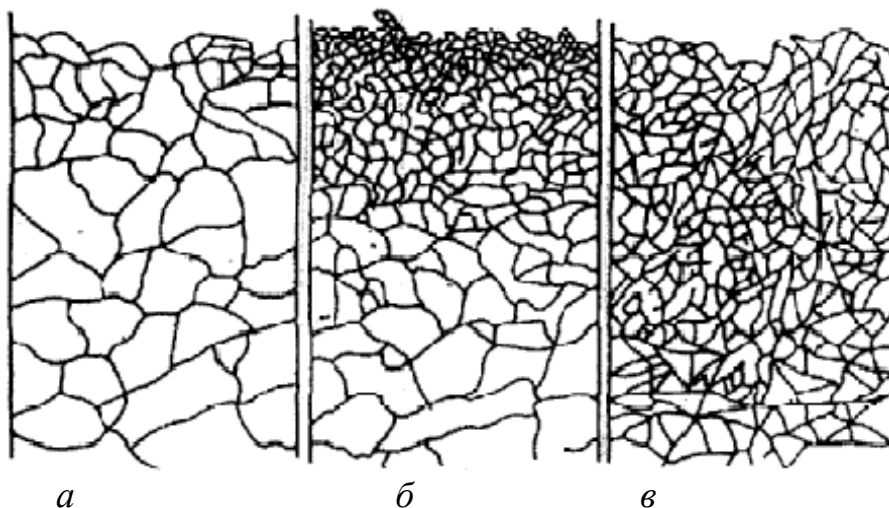


Рис. 2. Изменения в микроструктуре частиц твердого тела при различных типах механических воздействий:

а – исходный образец; *б* – после стесненного удара; *в* – после свободного удара.

Постановка задания. Выбор механического воздействия зависит от физико-механических свойств (прочности, упругости, пластичности, вязкости, липкости и т. д.) и размеров измельчаемого продукта [6]. Из всех перечисленных способов измельчения и видов

деформации, исходя из структурно-механических свойств продукта наиболее предпочтительным для получения тонкодисперсных порошков из высушенных пищевых материалов является измельчение свободным ударом.

Известные классификации способы измельчения не дают полного представления о реально протекающих процессах, т.к. построены на систематизации существующих конструкций аппаратов для измельчения по конструктивному, технологическому или иному элементарному признаку. Также ограничена и классификация аппаратов по свойствам и дисперсности измельчаемого материала.

Разработка нового оборудования для измельчения полностью определяется исторически сложившимися традициями данной отрасли и может идти по трем направлениям:

1) совершенствование существующих способов измельчения и аппаратов, их реализующих, с целью повышения их производительности, эксплуатационной надежности и экономичности;

2) разработка принципиально новых способов разрушения материалов и на их основе создание целой гаммы новых конструктивных решений измельчителей;

3) на базе глубокого изучения структуры разрушаемого материала обеспечивается совершенствование способов предварительной его обработки с целью понижения первичной прочности структуры материала и величины физико-химической связи, а также снижения энергетических затрат на процесс измельчения.

Основная часть. Остановимся на первом направлении и рассмотрим основные типы измельчителей ударного действия. Приведем их конструктивные схемы, которые кратко охарактеризуем.

Молотковая дробилка (рис. 3). Обладает хорошей технологической эффективностью, высокой степенью дробления, но подвержена интенсивному износу при работе на сырье твердостью более 4 единиц по шкале Мооса. Материал разрушается ударом молотков, подвешенных к вращающемуся ротору. Получила наиболее широкое распространение в пищевой промышленности при измельчении крупяных, бобовых, зерновых и др. культур продовольственного назначения. Молотковые дробилки интенсивно развиваются и совершенствуются [7].

Роторная дробилка (рис. 4). Содержит ротор с жестко закрепленными на нем ударными элементами и отбойные плиты. Дробление осуществляется жестко закрепленными на роторе билами. К недостаткам можно отнести заклинивание или защемление материала между корпусом или отражающими плитами и ротором,

что приводит к возникновению значительных динамических нагрузок как на опорные элементы ротора, так и на электродвигатель.

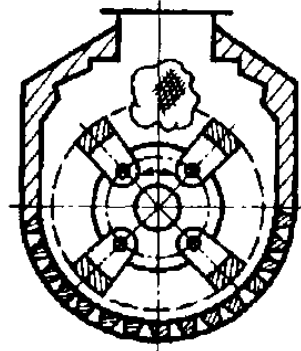


Рис. 3. Молотковая дробилка.

В кондитерской промышленности, например, используется для дробления орехов, в мясной – для твердых конфискатов и сырой кости. Роторные дробилки широко применяются и достаточно интенсивно развиваются [8].

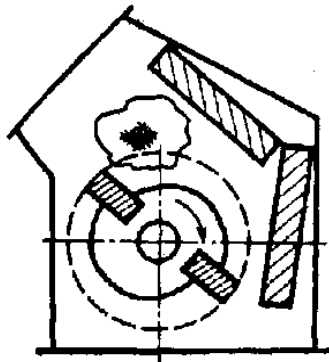


Рис. 4. Роторная дробилка.

Дезинтегратор (рис. 5). Традиционное исполнение – два соосных ротора с дисками и ударными элементами, образующими сопряженные зоны разрушений. Конструктивное исполнение только с одним подвижным барабаном называется дисмембратором. Интенсивность воздействия очень высокая, но конструкция чувствительна к недробимым включениям и влажности и непригодна для переработки абразивных материалов, что вызывает быстрый выход из строя пальцев, замена которых является трудоемкой и дорогостоящей процедурой [9]. Применяется, например, для получения сахарной пудры путем измельчения кускового сахара, тонкодисперсного порошка из какаоеллы.

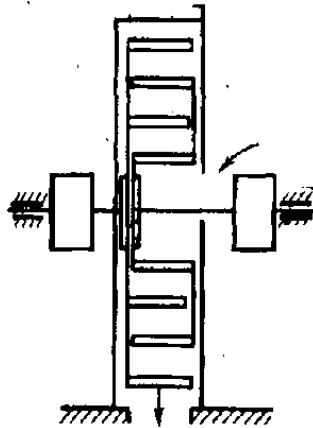


Рис.5. Дезинтегратор.

Центробежная дробилка (рис. 6). В конструктивном плане состоит из разгонного ротора и отбойных плит. По технологической эффективности сопоставима с молотковой дробилкой. Применяется для стерилизации зерновых культур от вредителей, также может использоваться для обработки верхнего покрова зерна, для обрушивания рапса, кукурузных початков. Развивается и совершенствуется [10].



Рис. 6. Центробежная дробилка.

Ударно-центробежная дробилка (рис. 7). Содержит вертикальный ротор с многоярусными органами, выполненными в виде звеньев с параллельными осями шарниров. Оптимальная циркуляция загрузки решается отражателями, смонтированными на стенках корпуса. Достаточно универсальная дробилка, в которой реализованы достоинства молотковой и центробежной дробилки [11]. В зависимости от конструктивных особенностей ударных элементов может применяться для измельчения широкого круга хрупких и вязкопластичных пищевых материалов, таких как зерно, специи, сухарная крошка.

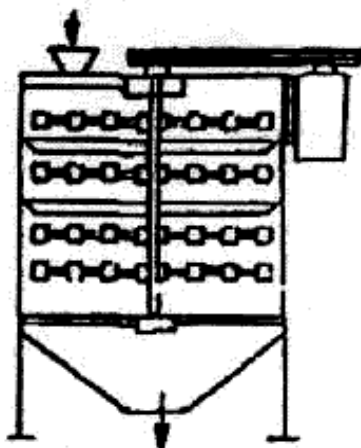


Рис. 7. Ударно-центробежная дробилка.

Выводы. Более полный анализ различных конструкций показал, что дробилки ударного действия, при небольших своих эксплуатационных затратах, значительно превосходят дробилки других конструкций по производительности, обладая при этом большой степенью измельчения. Однако из всего разнообразия особенно следует отметить молотковые дробилки с вертикальным расположением вала. Разработка таких дробилок ведется уже достаточно давно, конструкция их зарекомендовала себя с хорошей стороны в различных областях техники, при этом во многом превосходя дробилки с горизонтальным ротором за счет следующих факторов:

- материал движется в процессе дробления под силой тяжести сверху вниз, что значительно уменьшает энергозатраты на его повторный подъем для доизмельчения;
- в вертикальных машинах происходит так называемое щадящее дробление без истирания, т.е. дробление свободным ударом;
- возможность совмещения смежных технологических операций, будь-то смешивание, механоактивация или сушка [12].

Литература:

1. *Сиденко П.М.* Измельчение в химической промышленности: монография / П.М. Сиденко. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1977. – 368 с.
2. *Шаповалов Ю.Н.* Машины и аппараты общехимического назначения: учебное пособие / Ю.Н. Шаповалов, В.С. Шеин. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1981. – 303 с.

3. *Драгилев А.И.* Технологические машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов / А.И. Драгилев, В.С. Дроздов. – М.: Колос, 1999. – 376 с.

4. *Ревнивцев Р.И.* Селективное разрушение минералов / Ревнивцев В.И., Гапонов Г.В., Зарогатский Л.П. и др.; под ред. Ревнивцева В.И. – М.: Недра, 1988. – 286 с.

5. *Ходаков Г.С.* Физика измельчения / Г.С. Ходаков – М.: Наука, 1972. – 307 с.

6. *Стабников В.Н.* Процессы и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / В.Н. Стабников, В.М. Лысянский, В.Д. Попов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 510 с.

7. Рациональные режимы и оценка эффективности работы дробилок ударного действия: обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. – 39 с.

8. *Сиваченко Л.А.* Анализ работы роторных дробилок ударного действия с вертикальным ротором / Л.А. Сиваченко, Е.И. Кутынка, А.Н. Хустенко // Сборник материалов V межрегиональной научно-технической конференции с международным участием. Механики – XXI веку. – 2006. – С. 115-120.

9. Машиностроение: энциклопедия в 40 т. / Редсовет: К.В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение. – Т. IV-12: Машины и аппараты химических и нефтехимических производств / сост. М.Б. Генералов, ред. А.С. Тимонин. – 2004. – 830 с.

10. *Левданский А.Э.* Высокоэффективные проточные процессы и аппараты: монография / А.Э. Левданский, Э.И. Левданский – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2001. – 234 с.

11. *Сиваченко Л.А.* К расчету основных параметров вертикальных дробилок ударного действия / Л.А. Сиваченко, Е.И. Кутынка // Научно-теоретический журнал. Вестник БГТУ, 2005. – № 11. – С. 217-222.

12. *Шуляк В.А.* Сушка и механотермическая обработка дисперсных материалов и сред / В.А. Шуляк – Минск: Издательский центр БГУ, 2003. – 240 с.

ВПЛИВ ВИДУ МЕХАНІЧНОЇ ДІЇ НА СТВОРЕННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КРИХКИХ ХАРЧОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Харкевич В. Г.

Анотація - в цій роботі представлений огляд сучасних способів подрібнення харчових матеріалів, проведений їх порівняльний аналіз, виявлений найбільш прийнятний спосіб переробки крихких харчових матеріалів, розглянуті основні типи подрібнювачів ударної дії і встановлена їх перевага перед іншими типами установок такого класу для отримання тонкодисперсних харчових порошків.

INFLUENCE OF THE TYPE OF MECHANICAL IMPACT ON CREATION OF APPARATUS FOR CRUSHING OF BRITTLE FOOD MATERIALS

V. Kharkevich

Summary

In this work the review of modern ways of crushing of food materials is presented, the comparative analysis is carried out them, the most preferable way of the reprocessing of brittle food materials is revealed, the basic types of grinders of shock action are considered and their advantage before other types of installations of such class for receiving finely dispersed food powders is established.

УДК 664. 65

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ БАРАБАННОГО ПРОСІЮВАЧА БОРОШНА

Самойчук К.О., к.т.н.,

Котенко В.І., к.т.н.,

Макарова Ю.Ю., магістрант

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – у статті розроблена конструкція і проведені експериментальні дослідження роботи завантажувального бункера барабанного просіювача борошна, що дозволяє знизити енерговитрати та покращити якість просіювання.

Ключові слова – просіювання, дослідження, просіювач борошна, експеримент, розрахунок.

Постановка проблеми. Хлібопекарська промисловість у нашій країні є однією з ведучих галузей харчової промисловості. На переробних підприємствах борошно, цукор, крупи та інші сипучі продукти надходять у різній тарі - мішках, картонних коробах, що веде до їх засмічення механічними домішками. Відомо, що для відокремлення сторонніх домішок застосовують машини для просіювання. Просіювання – це відділення механічних домішок, розпушення і насичення продукту повітрям [1].

Останнім часом на Україні стало з'являтися все більше власників малих переробних підприємств харчової промисловості. Такі підприємства не розраховані на великий об'єм переробки, здатні випускати невелику кількість продукції та користуються сировиною, яку майже повністю виробляють самі [2]. Значною проблемою для цих підприємств є підбір обладнання, тому що важка промисловість випускає незначну кількість машин харчової промисловості з невеликою продуктивністю. Тому вдосконалення просіювачів для малих підприємств з метою зниження енерговитрат та підвищення продуктивності є важливою задачею переробної та харчової промисловості.

Аналіз останніх досліджень. Просіювання є механічним процесом розділення сировини на фракції за їх розмірами - прохід і схід. Операція просіювання сировини носить контролюючий характер, яка одночасно сприяє розпушенню та аерації [3].

На переробних підприємствах застосовуються, в основному, просіювачі вібраційні та відцентрові з шнековою подачею [4].

Принцип дії борошнопросіювача вібраційного типу - це вібрація сита, через яке порціями пропускається борошно. Перевагою є висока продуктивність, недоліком - великий шум, підвищений знос сита.

Відцентрові машини зі шнековою подачею використовують на малих підприємствах. Принцип їх дії полягає у тому, що борошно засипається у бункер, шнековим гвинтом подається до сита і просівається. Завдяки цьому відбувається провітрювання, зняття вологості і просіювання борошна, а також його перемішування, розпушування і насичення киснем. Недоліком є низька продуктивність та великі габарити [6].

Проаналізувавши найбільш відомі конструкції просіювачів борошна і виявивши їх недоліки, слід відмітити, що найбільш розповсюдженими на малих підприємствах є просіювачі борошна ПР-100-1, кількість яких складає значну частку в переробній промисловості України. Основним недоліком просіювача є конструкція стряхуючого бункера, який створює значний шум при роботі і, завдячуючи ударним навантаженням на кулачки барабана, швидкий їх знос. Конструкція просіювача не передбачає регулювання його продуктивності. Тому метою даної роботи є розробка нової конструкції завантажувального бункера, що дозволить знизити енергетичні витрати, збільшити рівномірність подачі та підвищити ергономічність конструкції.

Формулювання мети та задач дослідження. Мета роботи – вдосконалення завантажувального бункера, що забезпечить у процесі просіювання зниження енергетичних витрат, підвищення продуктивності за рахунок підвищення рівномірності подачі сировини у просіювач.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- аналітично обґрунтувати параметри та конструкцію завантажувального бункера;
- обрати методику проведення експериментальних досліджень, визначити фактори та критерії оптимізації процесу на вдосконаленому просіювачі борошна;
- провести експериментальні дослідження стосовно оптимізації конструктивних параметрів завантажувального бункера.

Основна частина. У роботі [3] приведені розрахунки продуктивності, пропускної спроможності ситової поверхні барабана та потужності просіювача.

Секундна продуктивність просіювача

$$\Pi = \frac{100}{3600} = 0,1 \text{ кг/с}.$$

Загальна площа ситової поверхні барабана просіювача, F_c

$$F_c = \frac{0,07}{0,33} = 0,30 \text{ м}^2.$$

Необхідна потужність на подолання тертя у підшипниках, N_1

$$N_1 = \frac{(793,8 + 196) \cdot 0,15 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot 28}{100 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт}.$$

Потужність на підняття борошна, N_2

$$N_2 = \frac{196 \cdot 0,325 \cdot 28}{25 \cdot 100} = 0,085 \text{ кВт}.$$

Сумарна необхідна потужність для обертання барабана просіювача, N

$$N = 0,08 + 0,085 = 0,165 \text{ кВт}.$$

З урахуванням ККД приводу ($\eta = 0,5 - 0,7$) необхідна потужність електродвигуна для барабана просіювача, N'

$$N' = \frac{0,08 + 0,085}{0,5} = 0,36 \approx 0,4 \text{ кВт}.$$

Розрахуємо продуктивність і потужність завантажувального бункера просіювача.

Продуктивність завантажувального бункера визначається за формулою

$$Q = \frac{30\pi D^3 n \rho}{\text{tg}(\beta - \alpha)(A + B + \sqrt{K})}, \quad (1)$$

де D – діаметр циліндра;

n – частота обертання циліндра;

A, B – коефіцієнти, які визначаються дослідним шляхом;

K – коефіцієнт кінематичного режиму.

$$K = \frac{\pi^2 n^2 D}{1800g}, \quad (2)$$

$$K = \frac{3,14^2 \cdot 100^2 \cdot 0,09}{1800 \cdot 9,8} = 0,5.$$

Далі визначаємо частоту обертання циліндра

$$n = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{K \cdot g}{D_m}}, \text{ хв.}^{-1}, \quad (3)$$

$$n = \frac{30}{3,14} \sqrt{\frac{0,5 \cdot 9,8}{0,08}} = 75 \text{ хв.}^{-1}$$

$$Q = \frac{30 \cdot 3,14 \cdot 75 \cdot 0,08^3 \cdot 800}{\text{tg}(40-15)(13,75 + 7,33 \cdot \sqrt{0,5})} = 50 \text{ кг/год.}$$

Потужність на привод загрузочного бункера визначається по формулою

$$N = \frac{Q \cdot L \cdot \kappa}{\eta}, \quad (4)$$

де κ – коефіцієнт, що враховує втрати від опору переміщення продукту в циліндрі, $\kappa = 1,1 \dots 1,2$;

η – к.к.д приводу, $\eta = 0,8 \dots 0,9$.

$$N = \frac{50 \cdot 0,27 \cdot 1,1}{0,8} = 70 \text{ Вт.}$$

На підставі проведених теоретичних досліджень приймаємо, що найбільш оптимальним режимом роботи загрузочного бункера з $D=0,08$ м є наступні параметри: частота обертання циліндричного робочого органу $n=75$ об/хв., кут його нахилу $\alpha=10 \dots 20^\circ$, потужність просіювача в цілому $N=470$ Вт. При цьому продуктивність вдосконаленого просіювача становить 110 кг/год.

Виходячи з проведеного аналізу теоретичних досліджень був розроблений завантажувальний бункер для просіювача ПР 100-1 (рис.1).

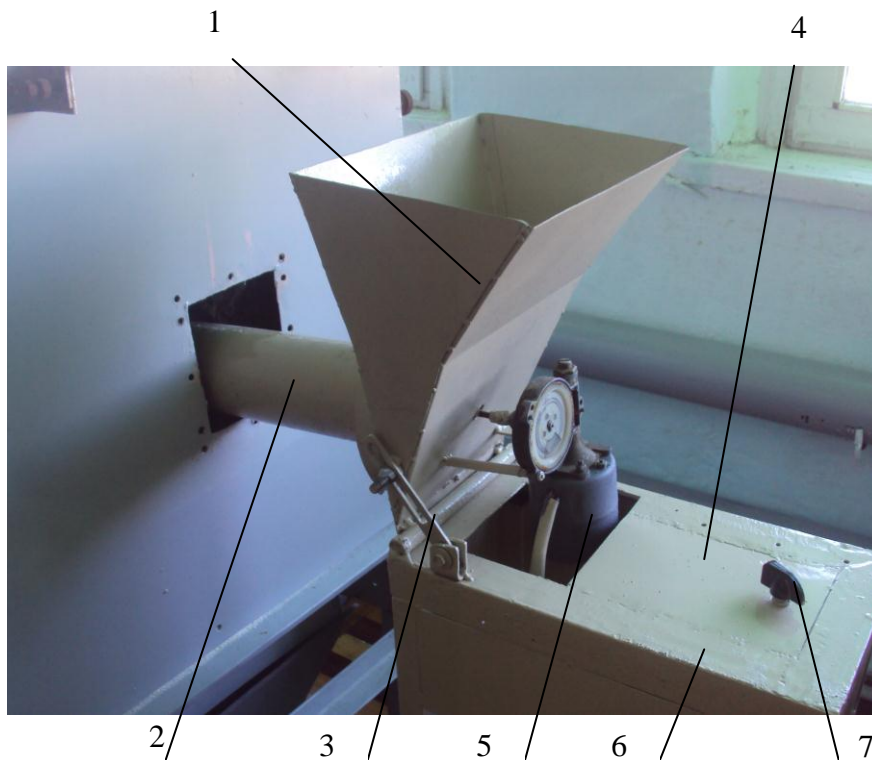


Рис. 1. Конструкція експериментального завантажувального бункера:

1 – бункер; 2 – циліндр; 3 – механізм регулювання кута нахилу циліндра; 4 – редуктор; 5 – електродвигун; 6 – рама; 7 – регулятор частоти обертання циліндра.

Робочим органом бункера є сталевий обертовий циліндр (труба) 2, встановлений на валу із приводом від мотор – редуктора 4. У середині труби є три пластини для запобігання залипання. У бункера 1 передня стінка виконана гнучкою для забезпечення зміни кута нахилу циліндра. Зміна кута нахилу циліндра здійснюється зміною довжини опори 3 вала циліндра.

Працює завантажувальний бункер у такий спосіб: борошно через бункер надходить у робочий циліндр 2, де переміщується за рахунок обертання циліндра. Подачу борошна регулюють зміною кута нахилу циліндра до обрїю, змінюючи довжину опори тяги.

На лабораторній установці вивчали залежність продуктивності від частоти обертання робочого циліндра і кута нахилу робочого циліндра. Фактори, які впливають на процес просїювання:

- частота обертання циліндра завантажувального бункера $n_{ц}$, межі варіювання 20-100 об/хв;

- кут нахилу циліндра завантажувального бункера $\alpha_{ц} = 20 \dots 40^\circ$.

Критеріями оптимізації обрано:

- продуктивність $Q_{пр}$;

- потужність (витрати енергії) $N_{пр}$;

- якість (вихід борошна) К.

Таким чином, програмою досліджень передбачено визначення продуктивності, потужності та якості просіювання з вдосконаленим завантажувальним бункером.

Згідно з методикою дослідження визначаємо продуктивність просіювача (рис. 2).

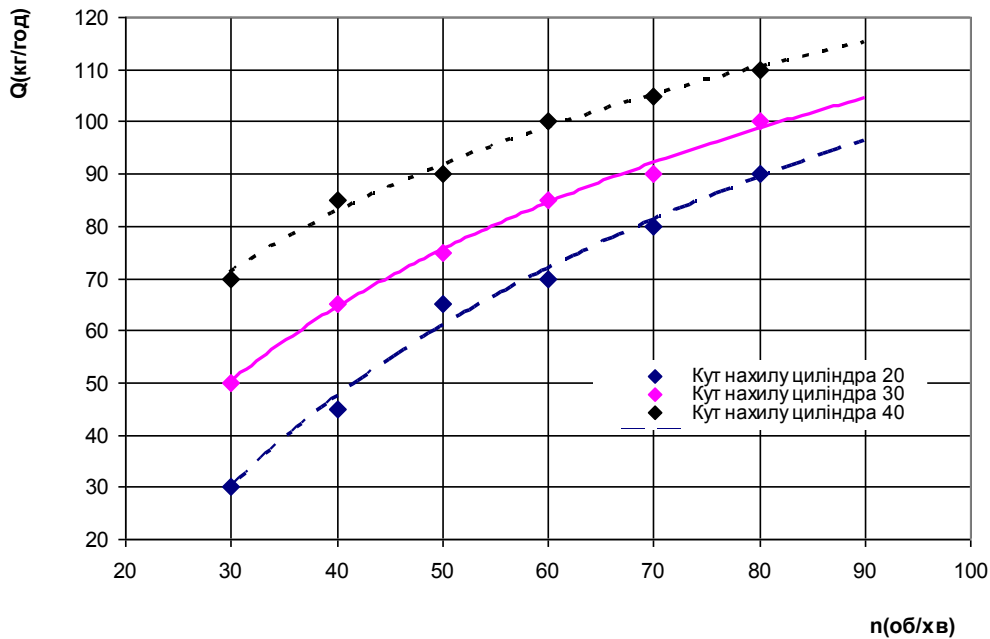


Рис. 2. Графік залежності продуктивності просіювача від частоти обертання і кута нахилу циліндра.

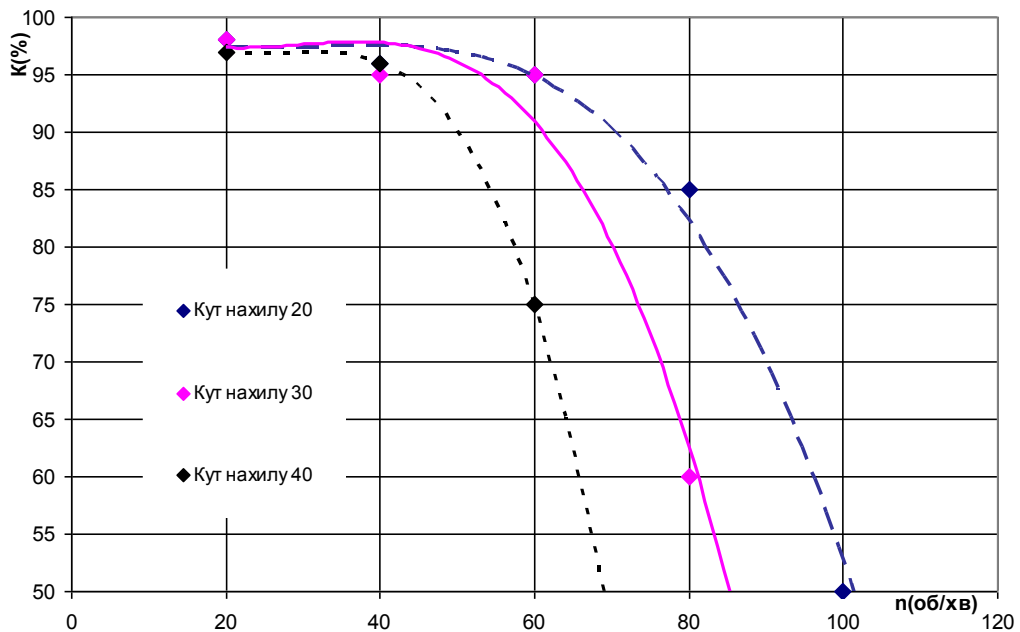


Рис. 3. Графік залежності якості просіяного борошна від частоти обертання і кута нахилу циліндра просіювача.

Аналізуючи графік продуктивності, бачимо, що при частоті обертання 80 об/хв. і куті нахилу 40° продуктивність зростає до 110 кг/год, а при куті нахилу 20° продуктивність падає до 90 кг/год. Це означає, що при збільшенні кута нахилу до певної межі продуктивність буде зростати.

Аналізуючи графік якості просіювання (рис. 3), бачимо, що у діапазоні частот від 50 до 110 об/хв якість просіювання знаходиться у регламентованих вимогами межах 95% ($>90\%$). При подальшому збільшенні частоти обертання циліндру якість швидко погіршується. Це пов'язане з перенавантаженням ситової частини сепаратора, яка не може переробити швидко зростаючу кількість поданого борошна. При збільшенні частоти обертання 110 об/хв і куті нахилу 20° якість знижується до 50%.

Аналізуючи графік потужності (рис. 4), бачимо, що при частоті обертання 80 об/хв. і куті нахилу 40° потужність збільшується до 490 Вт.

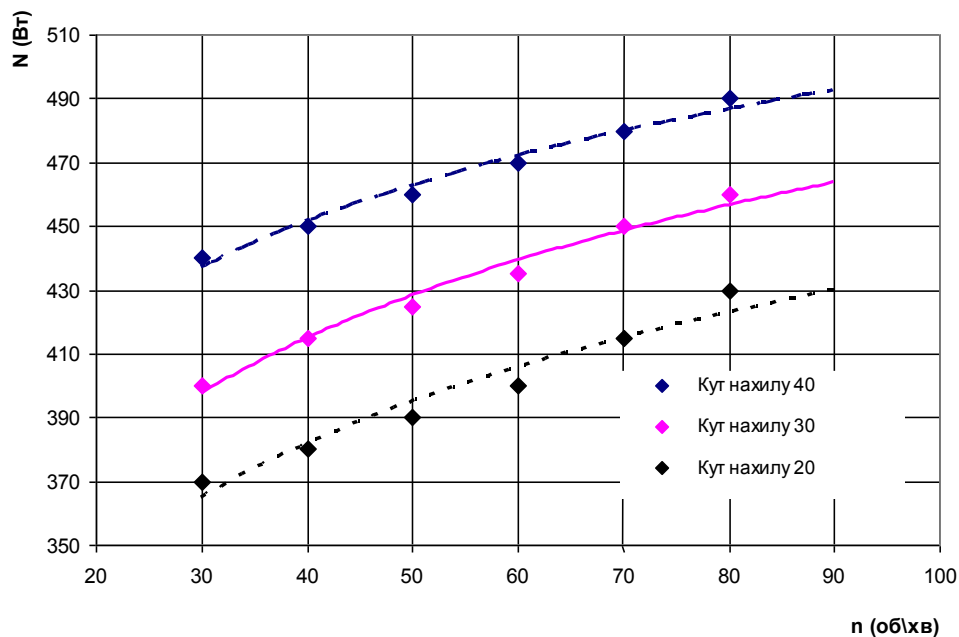


Рис. 4. Графік залежності потужності просіювача від частоти обертання і кута нахилу циліндру.

Визначення шуму при роботі просіювача з розробленим завантажувальним пристроєм не проводилось, але суб'єктивно рівень шуму значно зменшився.

Таким чином, експериментально доведено збільшення продуктивності вдосконаленого просіювача до 110 кг/год, тобто на 10% більше, ніж у прототипу, і зниження потужності на 8%, підвищення його ергономічності завдяки зниженню рівня шуму. Крім того додана можливість регулювання продуктивності просіювача завдяки зміні частоти обертання та кута нахилу його циліндра.

Висновки. Розроблений завантажувальний бункер знижує рівень шуму, який виникав при роботі кулачків механізму стряхування бункера. Бункер покращує умови роботи просіювача та поєднує у собі можливість дозування кількості сировини. При цьому знижуються енергетичні витрати на 8%, підвищується продуктивність до 110 кг/год, збільшується рівномірність подачі і збільшується ергономічність конструкції.

Література:

1. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1994. - 416 с.
2. Головань Ю. П. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий / Ю. П. Головань, Н. А. Ильинский - М. : Пищ. пром-сть, 1990. - 384 с.
3. Зверева Л.Ф. Технология и технологический контроль хлебопекарного производства / Л.Ф Зверева, Б.И. Черняков М.: Пищевая промышленность, 1974. – 432 с.
4. Лисовенко А. Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования / А. Т. Лисовенко - М. : Лег. пром-сть, 1982 - 208 с.
5. Назаров Н. И. Технология и оборудование пищевых производств / Н. И. Назаров и др - М: Пищевая промышленность 1997-352 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННОГО ПРОСЕИВАТЕЛЯ МУКИ

Самойчук К.О., Котенко В.И., Макарова Ю.Ю.

Аннотация - в статье разработана конструкция и проведены экспериментальные исследования работы загрузочного бункера барабанного просеивателя муки, что позволяет снизить энергозатраты и улучшить качество просеивания.

INVESTIGATION AND OPTIMIZATION PARAMETERS DRUM SIFTING FLOUR

K. Samoichuk, V. Kotenko, Y. Makarova

Summary

In the article the design and experimental investigation of the loading bunker drum sifter flour that can reduce energy consumption and improve screening.

УДК 637.525

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА СТАБІЛІЗАЦІЮ СУСПЕНЗІЙ

Котляр О.В., аспірант,

Горальчук А.Б., к.т.н.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Тел. (057) 349-45-55

Анотація – дану роботу присвячено розробці заходів спрямованих на одержання піноемульсійної продукції, обґрунтуванню використання емульгаторів, які забезпечують стійкі емульсії у результаті змішування сухої жирової суміші з водою та послідувачим отриманням оберненої емульсії з пінною структурою, що характеризується високою стійкістю, яка містить тверді частинки у вигляді суспензії.

Ключові слова – напівфабрикат, пінна структура, рослинні жири, стабілізація, суха жирова суміш, суспензія, поверхнево-активні речовини.

Постановка проблеми. Розширення асортименту продукції, а також збільшення її терміну зберігання можливе за рахунок використання багатофункціональних напівфабрикатів. В умовах конкурентної боротьби продукт для виходу на ринок повинен задовольняти перелік вимог. Крім високих показників якості продукт повинен мати низьку собівартість та широкі технологічні властивості. Асортимент піноподібної та емульсійної продукції характеризується високим попитом, а також високою трудоемкістю процесу їх виробництва, що диктує необхідність розробки напівфабрикатів, які будуть використовуватися для виробництва цієї продукції, та дозволить раціонально використати виробничі площі за одночасного збільшення асортименту продукції.

Сухі рослинні вершки стають все більш затребуваними, багато в чому це пояснюється смаковими і поживними властивостями швидкорозчинних сумішей і їх доступною ціною. Використання продуктів з рослинними жирами рекомендовано провідними дієтологами як повноцінний харчовий продукт, який можна включати в свій повсякденний раціон.

Необхідність заміни натуральних вершків на швидкорозчинний сухий продукт багато в чому обумовлена збільшенням терміну

зберігання та отримання більш стабільних характеристик продукції. Сухі швидкорозчинні суміші значно перевершують звичайні молочні вершки як за терміном придатності, так і за піноутворюючою здатністю. Якщо у молочних продуктів цей показник становить близько 150-160%, то обсяг збитих вершків на рослинній основі може становити 450%. Окрім високої піноутворюючої здатності рослинні вершки характеризуються високою стійкістю та виступають як основа для одержання кремів. Наповнювачами кремів може бути широкий спектр рослинної та тваринної продукції. Більшість з наповнювачів за своєю структурою виступає у вигляді твердих частинок (какао порошок, подрібнені горіхи, фруктові пульпа).

Розширення асортименту піноемульсійної продукції можливе шляхом використання напівфабрикатів, які характеризуються тривалим терміном зберігання. Реалізація таких технологічних принципів можлива за рахунок використання сухих сумішей для одержання широкого спектра харчових продуктів із піноемульсійною структурою. Але для одержання цієї продукції необхідно обґрунтувати використання емульгаторів, які будуть забезпечувати стійкі емульсії, піни та суспензії [1]. Для одержання стійких гетерогенних систем, які є одночасно і пінами і емульсіями і суспензіями, необхідним є забезпечення умов спорідненості фаз системи, що може бути досягнуто шляхом науково-обґрунтованого використання ПАР. Для обґрунтування раціонального використання ПАР необхідно з використанням системного аналізу провести дослідження на модельних системах, що містять лише одну з фаз складної гетерогенної системи, якою є креми. Тому нами проведено дослідження впливу ПАР на стійкість суспензій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Суспензії та явища, які з ними відбуваються, вивчають уже майже два століття. За останні роки в цій галузі спостерігається значне розширення теоретичних і експериментальних досліджень. Проте, незважаючи на велику кількість експериментальних робіт, не існує однозначного уявлення про взаємозв'язок структури контактуючих речовин з адгезійними властивостями та досить часто зустрічаються суперечливі дані різних авторів щодо використання різних стабілізаторів, визначених для одних і тих систем [2-4]. А для подальшого розвитку як теоретичних досліджень, так і для практичного використання ПАР у таких технологічних системах, як емульсії, піни та піноемульсії необхідні експериментальні дані, що дозволяють об'єктивно оцінювати міжфазні явища.

Формування цілей статті. Вивчення впливу ПАР на стабілізацію суспензій. Одержання експериментальних даних концентрацій розчинів різних ПАР та обґрунтування їх використання

для стабілізації суспензій. Шляхом вивчення швидкості седиментації суспензії на прикладі какао-порошку з розмірними характеристиками 20...40 мкм. Експериментально визначити вплив різних видів та концентрацій ПАР на процес седиментації суспензій. Метою досліджень є досягнення седиментаційної стабільності, що забезпечить здатність дисперсної системи зберігати незмінним в часі розподіл частинок в об'ємі системи, тобто здатність системи протистояти дії сили тяжіння.

Основна частина. Десертна продукція за колоїдним станом є емульсією, піною, суспензією або одночасно може бути піноемульсійною суспензією одночасно, що визначає необхідність обґрунтування вмісту основних рецептурних компонентів, що забезпечують одержання та стабілізацію складної колоїдної системи.

Асортимент продукції на рослинних вершках формується за рахунок наповнювачів, зокрема: какао, горіхів, продуктів переробки плодів, ягід, молока та інших смакоароматичних добавок. Готова суміш повинна відповідати наступним критеріям:

- повне розчинення сухих компонентів у водному середовищі;
- повне емульгування жиру та стабілізація емульсії;
- отримання піноподібної системи;
- стійкість за введення додаткових рецептурних компонентів.

Розглянемо роль основних компонентів вершків у виробничому процесі. Жир надає вершкам вершкове тіло і текстуру, відіграє важливу роль у процесі збивання. Вибір рослинного жиру дуже важливий для терміну зберігання вершків, їх стабільності і відчуття у роті збитих вершків. При підборі виду сировини важливі наступні параметри:

- швидка кристалізація жиру при температурі близько 5 ° С;
- точка плавлення 35 ° С;
- високий вміст твердого жиру при температурі збивання;
- високий вміст твердого жиру при температурі зберігання.

Здійснені нами пошукові технологічні дослідження показали, що різні за походженням жири мають різну залежність значення твердого жиру від температури.

Гідрогенізовані соєва і кокосова олії мають низький вміст твердого жиру в діапазоні 35-40 ° С і високий вміст твердого жиру при 5 ° С. Тому дані види жирів підходять для виробництва вершків. У результаті вузького діапазону складу їх жирних кислот вони миттєво кристалізуються у процесі охолодження, у результаті чого відбувається утворення дрібних однорідних кристалів. Останні утворюють міцну стінку навколо внутрішньої стінки жирових кульок, забезпечуючи стабільну емульсію перед збиванням.

Емульгатори, які використовуються у рецептурному складі, знижують міжфазний натяг між жирами і водою. Ця взаємодія є основним чинником, що впливає на стабільність утвореної емульсії.

При змішуванні сухої суміші з водою її частка становить більш 50%. Функція стабілізатора полягає у зв'язуванні води та підвищенні в'язкості водної фази у вершках, та запобіганню синерезису в піні.

Для забезпечення повного розчинення та рівномірного розподілення по всьому об'ємі сухих компонентів, нами проведені дослідження, що дають змогу визначити вплив різних видів та концентрацій ПАР на процес седиментації суспензій.

На основі попередніх етапів досліджень спорідненості фаз (шляхом визначення кутів змочування) визначено, що Е471 найбільш ефективно повинен сповільнювати процес седиментації. Адсорбція ПАР на межі розділу фаз, як і адсорбція поліелектролітів, приводить до зміни міжчастинкової взаємодії і агрегативної стійкості, тому подальші дослідження здійснювали з метою вивчення властивостей водних суспензій у присутності ПАР. З метою визначення оптимальної кількості ПАР у суміші для забезпечення стабільності суспензії проведено дослідження суспензій какао з розміром частинок 20...40 мкм за різних концентрацій ПАР методом турбодиметрії (рис. 1).

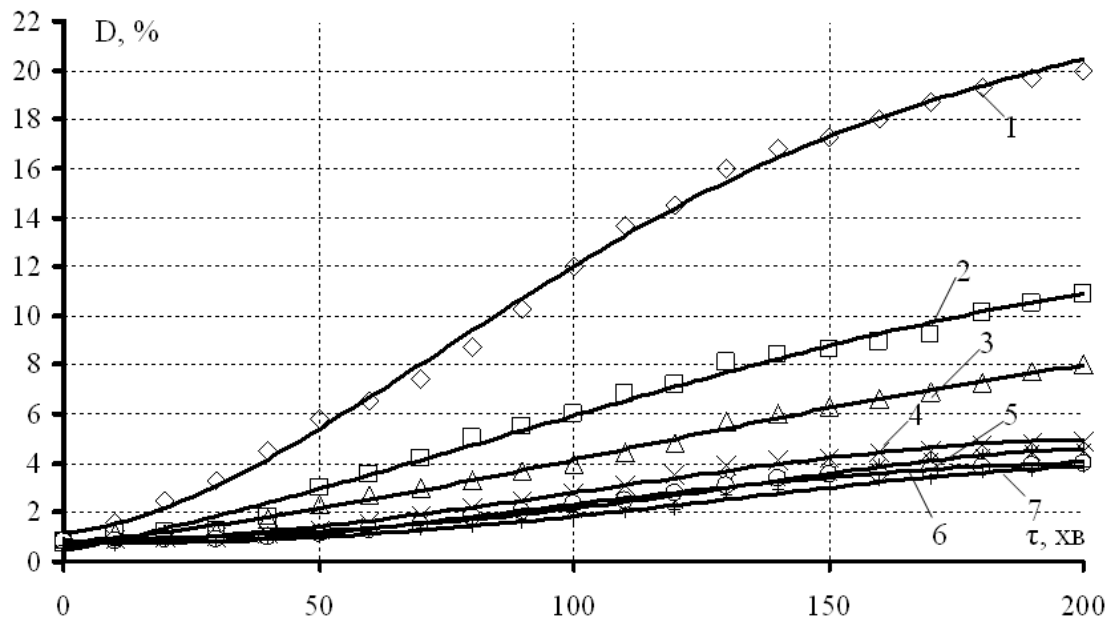


Рис. 1. Кінетика зміни прозорості суспензії від концентрації ПАР, %:

1 – 0; 2 – 0,02; 3 – 0,05; 4 – 0,08; 5 – 0,1; 6 – 0,12; 7 – 0,15.

Вивчення седиментації суспензій пов'язано, в першу чергу, з отриманням кривих накопичення осаду (кривих седиментації) $m = f(t)$.

Криві накопичення можуть бути двох видів: з перегином або без перегину. Встановлено, що вид кривих седиментації залежить від того, чи є седиментуюча суспензія агрегативно стійкою, чи ні. Якщо седиментація супроводжується укрупненням частинок, а, отже, збільшенням швидкості їх осідання, то на кривих седиментації з'являється точка перегину. Якщо ж суспензія агрегативно стійка (немає коагуляції), то на кривій седиментації перегин відсутній. Характер осадів, отриманих у тому й іншому випадках, також різний. Аналіз отриманих даних показав, що кінетика прозорості розчинів адекватно описується кривою третього порядку, що свідчить про наявність точки перегину, а, отже, про укрупнення частинок. Збільшення концентрації ПАР сприяє зменшенню величини перегину, а за концентрації 0,08% Е471 зникає. Це пов'язано з тим, що ПАР адсорбується на поверхні частинок та протидіє їх коагуляції, що дозволяє підвищити стійкість суспензії та забезпечити рівномірний розподіл сухих компонентів по всьому об'ємі.

Встановлено, що при додаванні ПАР у суспензію з плином часу прозорість розчину збільшується, проте, з рис. 1 видно, що підвищення концентрації ПАР сприяє сповільненню процесу седиментації. Таким чином, Е471 можна використовувати для стабілізації суспензій, зокрема, які містять частинки з розміром до 40 мкм.

З отриманих даних видно, що раціональний вміст Е471 становить 0,08%, при якому прозорість розчину збільшилась з 0,8% до 4,9%.

Висновки. Визначено вплив ПАР на стабілізацію суспензій. Одержані експериментальні дані прозорості розчинів різних ПАР дають змогу визначити раціональну концентрацію ПАР, необхідну для забезпечення стабілізації суспензій.

Для досягнення кращих емульгуючих та стабілізуючих властивостей необхідно використовувати суміші декількох ПАР, що забезпечують необхідну спорідненість поверхонь повітряної, жирової та водної фаз. Метою подальших досліджень є визначення раціональних співвідношень ПАР та отримання піноемульсійних систем у технології одержання сухих оздоблювальних напівфабрикатів.

Література:

1. Сарафанова Л.А. Пищевые добавки : Энциклопедия / Л. А. Сарафанова – 2-е изд., испр. и доп. – СПб : ГИОРД, 2004. – 808 с.
2. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1988. – 364 с.

3. Применение метода автордиографии для изучения распределения ПАВ на твердой поверхности / О. А. Соболева, В. И. Коробков [и др.] // Коллоид. – 1998. – № 6. – Т.60. – С. 826–830.

4. Урьев Н.Б. Пищевые дисперсные системы. Физико-химические основы интенсификации технологических процессов / Н. Б. Урьев, М. А. Талейсник. - М. : Агропромиздат, 1985. – 296 с. – С. 159–200.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СТАБИЛИЗАЦИЮ СУСПЕНЗИЙ

Горальчук А.Б., Котляр О.В.

Аннотация - данная работа посвящена разработке мероприятий, направленных на получение пеноэмульсионной продукции, обоснованию использования эмульгаторов, которые обеспечивают стойкость эмульсии в результате смешивания сухой жировой смеси с водой с последующим получением обратной эмульсии с пенной структурой, характеризующейся высокой устойчивостью, которая содержит твердые частицы в виде суспензии.

DETERMINATION OF INFLUENCE IS SUPERFICIAL-ACTIVE SUBSTANCES ON STABILIZING OF SUSPENSIONS

A. Goralchuk, O. Kotlyar

Summary

The work is devoted development of measures, directed on the receipt of suds-emulsion products, it is also necessary to ground the use of emulsifier, which will provide firmness of emulsion as a result of mixing of dry fatty mixture with water and subsequent receipt of reverse emulsion with a foamy structure, characterized high stability to contains of suspensions.

УДК 633.8+634:1:581.19:664.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Паромчик И.И., к.б.н.,
Челомбитько М.А., к.с.-х.н.,
Королева Н.Ю., к.б.н.,
Светлугина А.А., студент

*Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад» национальной академии наук Беларуси, Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Тел. (8017) 285-78-97*

Аннотация – данная работа посвящена использованию пряно-ароматического сырья в производстве хлебобулочных изделий.

Ключевые слова – функциональные продукты питания, нутрицевтики, пряно-ароматическое сырье, хлебобулочные изделия.

В последние годы потребительский спрос на продовольственные товары претерпел значительные изменения. Сегодня пищевые продукты не только предназначены для утоления голода и снабжения человеческого организма необходимыми питательными веществами, они должны предотвращать связанные с питанием болезни и улучшать физическое и умственное состояние потребителей. В этом отношении функциональные продукты играют уникальную роль.

Термин "функциональная пища" был сначала использован в Японии в 1980 годах для продовольственных продуктов, обогащенных специальными элементами, которые обладают выгодными физиологическими эффектами. Традиционная функциональная пища расценивается как отдельный класс продукта, на этикетке которого может быть помещен символ "FOSHU". В таких продуктах (часто называемых первым поколением функциональных продуктов) функции выше по сравнению с традиционными продуктами и такие продукты могут иметь вид как обычной пищи, так и выпускаться в форме капсул и таблеток.

Японский интерес к функциональным продуктам нашел понимание также в странах Европы и США. Однако различия в

культуре питания Востока и Запада привели к неодинаковому пониманию природы функциональных продуктов. В Европе и США под функциональным продуктом понимается продукт с дополнительными функциональными возможностями по отношению к существующему традиционному продовольственному продукту (часто господствующий продукт), и такие продукты питания не объединяются в отдельную группу. Кроме того, в противоположность Японии, функциональные продукты должны иметь вид нормальной пищи и не выпускаться в виде пилюль или капсул.

Функциональные продукты питания неравномерно распределены по сегментам продовольственного рынка. Главным образом, производство функциональной пищи произошло на рынках молочных, хлебобулочных изделий, безалкогольных напитков и продуктов детского питания.

В то время, как функциональные продукты быстро увеличиваются в популярности в таких секторах, как молочные и кондитерские продукты, сектор хлебобулочных изделий развит пока слабо. Например, в Германии приблизительно 20-21 % новых функциональных продовольственных продуктов, выпущенных в 2001, составляли молочные продукты, кондитерские изделия, и только приблизительно 13 % составляли хлебобулочные. Например, в 2006 году в Испании среди функциональной пищи на молочные продукты приходилось 45 %, на хлебобулочные - 13 %. Однако хлебопродукты представляют собой идеальную основу для создания функциональных продуктов. В конце 2003 года британо-нидерландская компания Unilever обновила ассортимент хлебобулочных изделий, введя белый хлеб под названием Blue Band Coede Start, который был первым белым хлебом, содержащим пищевые элементы, обычно доступные в сером хлебе, включая волокна, витамины В₁, В₃ и В₆, железо, цинк, инулин, крахмал. Однако необходимо понимать, что в развитии функциональных хлебобулочных продуктов важно не только достижение функционального качества пищи, но и обеспечение вкуса и структуры этих изделий, которые отвечают требованиям потребителя.

Основным из перспективных направлений оздоровления питания населения является производство продуктов питания по рецептурам на основе композитов растительного происхождения, основу которых составляют ценные вещества.

Целью исследований явилось определение влияния сырьевых композитов на основе пряно-ароматических трав на качественные показатели хлебобулочных изделий.

Пряно-ароматические добавки разработаны отделом биохимии и биотехнологии растений ГНУ «Центральный ботанический сад» НАН

Беларуси. В качестве добавок использовали следующие виды трав: пастернак, сельдерей, укроп (зеленая масса), тмин (плоды).

Согласно таблице 1 наибольшее содержание углеводов было отмечено в высушенной массе сельдерея (7,5 %), наименьшее – в пастернаке. Углеводы, хотя и не являются незаменимыми питательными веществами, должны присутствовать в рационе человека в количестве, удовлетворяющем физиологическую потребность организма в них.

Таблица 1 - Содержание влаги и углеводов в пряно-ароматическом сырье

Наименование	Влажность, %	Углеводы, %
Пастернак посевной	8,4	1,02
Сельдерей	8,5	7,5
Укроп	9,2	4,2
Тмин обыкновенный	8,7	3,1

С целью обеспечения экономической эффективности использования растительного сырья как источника получения биологических активных веществ в условиях Беларуси, актуальным является изучение показателей выхода эфирных масел из исследуемых видов пряно-ароматических растений.

Таблица 2 - Выход и цвет эфирных масел в пряно-ароматическом сырье

Наименование растений	Выход, %	Цвет эфирного масла
Пастернак посевной	2,0	Желтоватое
Сельдерей	3,5	Желтоватое
Тмин обыкновенный	2,5	Желтоватое
Укроп	3,9	Желтоватое

Как видно из таблицы 2, наибольшее содержание эфирного масла отмечено в зеленой массе укропа и сельдерея, а также у плодов тмина обыкновенного, а наименьшее – у пастернака посевного.

На основе экспертной оценки комбинаций состава компонентов пряно-ароматического сырья наилучшим признан композит по показателю «аромат», состав которого представлен в таблице 3..

Таблица 3 - Формирование композита с вводом пряно-ароматического сырья

Пряно-ароматическая композиция	% ввода сырья в композиции			
	Пастернак посевной	Сельдерей	Тмин обыкновенный	Укроп
	20	30	30	20

Характеристика пряно-ароматического композита, рекомендуемого для ввода в хлебобулочные изделия, представлена в таблице 4.

Таблица 4 - Состав пряно-ароматического композита для хлебобулочных изделий

Содержание, %				Энергетическая ценность, ккал
Влага	Белки	Жиры	Углеводы	
8,75	3,3	0,25	3,89	31,01

Таким образом, композит пряно-ароматического сырья имеет невысокую энергетическую ценность, включает в большей степени белки и углеводы, а также эфирные масла (до 3,0 %).

В Ивьевском филиале Гродненского ОПО совместно с Гомельским УО Белорусским ТЭУПК проводили выпечку и оценку потребительских свойств хлебобулочных изделий из пшеничной муки, обогащенных пряно-ароматической добавкой. Были разработаны органолептические показатели качества хлеба для экспертной оценки выпеченного пшеничного хлеба и 2 рецептуры пшеничного хлеба с вводом пряно-ароматических добавок (ПАД): 1 образец – с вводом 5 % ПАД; 2 образец – с вводом 10 % ПАД.

Для оценки качества выпеченных хлебобулочных изделий экспертной комиссией установлены показатели качества, а также коэффициенты их весомости. Данные оценки коэффициентов весомости показателей качества свидетельствуют о том, что наиболее значимым показателем является гармоничность, а наименее значимым – окраска корки. Установлены численные значения уровней качества по каждому показателю на основе разработанной пятибалльной шкалы.

Полученные значения единичных показателей качества были статистически обработаны, представлены в виде комплексных характеристик, экспертно сгруппированы по уровням качества и представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Качество хлебобулочных изделий по данным экспертной оценки

Дегустатор	Внешний вид	Окраска корки	Состояние мякиша	Физико-механические свойства мякиша	Запах	Вкус	Гармоничность
Без ввода пряно-ароматической добавки (вариант 1)							
Всего оценок	25	24	25	23	23	21	25
Средняя оценка	5	4,8	5	4,6	4,6	4,2	5
Коэффициент весомости	2,0	0,8	3,6	3,0	1,6	4,2	4,8
Оценка с учетом коэффициента весомости	10,0	3,84	18,0	13,8	7,36	17,64	24,0
Дисперсия	0	0,2	0	0,3	0,3	0,2	0
Коэффициент вариации, %	0	9,3	0	11,9	11,9	10,6	0
С вводом пряно-ароматической добавки 5 % (вариант 2)							
Всего оценок	25	25	25	25	25	24	23
Средняя оценка	5	5	5	5	5	4,8	4,6
Коэффициент весомости	2,0	0,8	3,6	3,0	1,6	4,2	4,8
Оценка с учетом коэффициента весомости	10,0	4,00	18,0	15,0	8,0	20,16	22,08
Дисперсия	0	0	0	0	0	0,447	0,548
Коэффициент вариации, %	0	0	0	0	0	9,3	11,9

Продолжение таблицы 5

С вводом пряно-ароматической добавки 5 % (вариант 3)							
Всего оценок	25	21	20	21	18	18	17
Средняя оценка	5	4,2	4,0	4,2	3,6	3,6	3,4
Оценка с учетом коэффициента весомости	10,0	3,36	14,4	12,6	5,76	15,12	16,32
Дисперсия	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3	0,3
Коэффициент вариации, %	0	10,6	0	10,6	15,2	15,2	16,1
Комплексная оценка образцов							
№ образца	Суммарная оценка с учетом коэффициента весомости						
1	94,64						2
2	97,24						1
3	77,56						3

Результаты дегустационной экспертизы образцов хлебобулочных изделий показали, что наилучшими органолептическими характеристиками обладает образец № 2 с вводом 5 % композита. Обогащение хлебобулочных изделий пряно-ароматической добавкой с вводом 5 % композита дает положительный эффект.

Перспективы развития мирового рынка функциональных продуктов питания. Мировой рынок функциональных продуктов питания и напитков, как ожидается, достигнет \$ 130 млрд. к 2015 году. Лидирующей группой продуктов в этой категории являются пищевые продукты, включающие в себя соевый белок, полиненасыщенные жирные кислоты омега-3, лютеин, пробиотики, глюкозамин, минералы, такие, как магний и кальций, а также все более популярный коэнзим Q10.

На мировом рынке функциональных продуктов доминируют США, Европа и Япония, на долю которых приходится более 90 % общего объема продаж. Как показывает анализ рынка, отношение потребителей к функциональной пище положительное, поэтому этот сегмент среди пищевых продуктов является весьма перспективным (18).

Литература:

1. Биохимические основы разработки современных технологий получения пищевых добавок из местного плодово-ягодного и пряно-

ароматического сырья / [Паромчик, И.И., и др.]. // Инновационные технологии в пищевой промышленности. Материалы VIII Международной научно-практической конференции (8-9 октября 2009 г.) Минск – 2009, с. 517-523.

2. Разработка получения сухих пищевых концентратов «instant» на основе местного сырья / [Паромчик И.И., Решетников В.Н. и др.] // Сборник «Инновационные технологии в пищевой промышленности». Материалы X Международной научно-практической конференции 5-6 декабря 2011 г., 150-154 с.

3. *Ramesh C.K.* Concepts and trends of functional foods: a review / C.K. Ramesh, K.S.Jamuna. International Journal of Pharmaceutical Research and Development (IJPRD). UPRD, 2012; volume 4(06): August-2012, pp. 273-290.

4. Alldrick A. J. The Bakery: A potential leader in functional food applications. Functional Food News, 2007. <http://www.functionalfoodnet.eu/images/site/assets/5-bread.pdf>.

5. *Biacs P. A.* Regulations and claims of functional foods / P.A.Biacs.// In Proceedings of the fourth international FFNet meeting on Functional foods. 2007.

ВИКОРИСТАННЯ ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Паромчик И.И., Челомбитко М. А., Королева Н.Ю.,
Светлугіна А.А.

Анотація - ця робота присвячена використанню пряно-ароматичної сировини у виробництві хлібобулочних виробів.

USE AROMATIC COMPOSITE AT THE PRODUCING OF BAKERY PRODUCTS

I. Paromchik, M. Chelombitko, N. Koroleva, A. Svetlugina

Summary

This work is devoted to using aromatic composite at the producing of bakery products.

УДК 631.3.563.3/635.646

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ПЛАНЕТАРНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ НАСІННИКІВ БАКЛАЖАНІВ

Думенко К.М., д.т.н.,
Шевченко К.С., лаборант,
Павлюченко І.С., інженер,
Полянський П.М., інженер
Миколаївський національний аграрний університет
Тел. (0512)34-01-91

Анотація – розглянуто проблему виділення насіння баклажанів на півдні України та можливі шляхи її вирішення за допомогою впровадження розробленої планетарної машини для подрібнення насінників баклажанів для спеціалізованих господарств.

Ключові слова – комплекс механізації, спеціалізовані господарства, агротехнічні вимоги, насіннєвий матеріал, пустотілий ротор, система водопостачання.

Постановка проблеми. Південний регіон України є найбільш сприятливим регіоном для вирощування пасльонових овочевих культур. Але інтенсивне збільшення виробництва овочевих культур на жаль, є неможливим, тому що комплекс механізації всіх етапів виробництва насіння та їх обробітку значно застарілий або взагалі відсутній. Одним з найбільш проблематичних етапів є отримання насіння.

На сьогоднішній день галузь отримання насіння баклажанів є недослідженою. Насінництво овочевих культур Півдня України на сьогодні майже повністю зникло як галузь. Одним із важливих аспектів цієї проблеми є виділення насіння баклажанів механізованим шляхом. Про його пріоритетність свідчить відсутність на ринку України насіннєвого матеріалу вітчизняного виробництва у достатній кількості від потреби, а той, що виробляється дрібними господарствами, має велику трудомісткість – 16...20 люд.-год/кг.

Більшість обладнання, яке залишилося у спеціалізованих господарствах Півдня України на теперішній час, є морально та фізично застарілим. У результаті чого більшість отриманого насіння

не відповідає агротехнічним вимогам у зв'язку з тим, що з'являється велика кількість частинок, рівновеликих за розміром з насінням.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження літературних джерел показали, що нове технологічне обладнання для баклажанів є недослідженим, а застарілі універсальні машини за виділенням насіння не є актуальними на сьогоднішній день. У той же час виробництво все більше насичується гібридами, які у подальшому не дають насінневого матеріалу, що, в свою чергу, взагалі відкидає необхідність у машинах по виділенню насіння і знищує насіннєву галузь України.

Фундаментальними дослідженнями з питань удосконалення технологій і засобів механізації для виділення насіння овочебаштанних культур є роботи І.Ф. Анісімова, В.П. Медведєва, А.В. Дуракова, Н.М. Лисенка, Е.С. Демидова, К.М. Климова та інших учених. Описані в їх працях технічні засоби становлять основу машин і обладнання з механізації одержання насіння овочебаштанних культур.

Мета статті. Дослідження проблеми виділення насіння з баклажанів на півдні України, аналіз існуючих технологій та шляхи вдосконалення і актуальність розробки нових ліній і машин.

Викладення основного матеріалу. Проблемною науково-дослідною лабораторією конструювання енергоефективної сільськогосподарської техніки і технологій факультету механізації сільського господарства Миколаївського національного аграрного університету запропоновано одну з найбільш перспективних планетарних машин для подрібнення насінників баклажанів (рис. 1).

Машина складається із корпусу 1 з завантажувальною горловиною 2. У середині корпусу встановлено пустотілий ротор 10 з форсунками 6, навколо якого обертаються два протилежно розташованих пустотілих бича 11 з ножовими пластинами 4. У завантажувальній горловині розташована система водопостачання 5 з форсунками 6, які під тиском впорскують воду до машини.

Пустотілий ротор приводиться в обертання електродвигуном 7. Видалення перетертих частин плодів з плодоніжкою здійснюється через вивантажувальну горловину 8, а перетерта маса з водою через решето 9.

Машина працює таким чином. Плоди завантажуються в середину машини через приймальну горловину, де вони захоплюються ротором, що обертається. При обертанні ротора бичі також обертаються у бік, що співпадає з напрямом обертання ротора.

Плоди баклажанів інтенсивно перетираються у зазорі між пустотілими бичами і нижньою частиною сітчастого циліндричного барабана. Завдяки тому, що бичові пластини знаходяться під кутом, значно зменшується налипання перетертої маси до барабана машини і до її робочих органів та знижується рівень травмування насіння. Перетерта маса з водою виводиться через решето і подається на подальшу доробку.

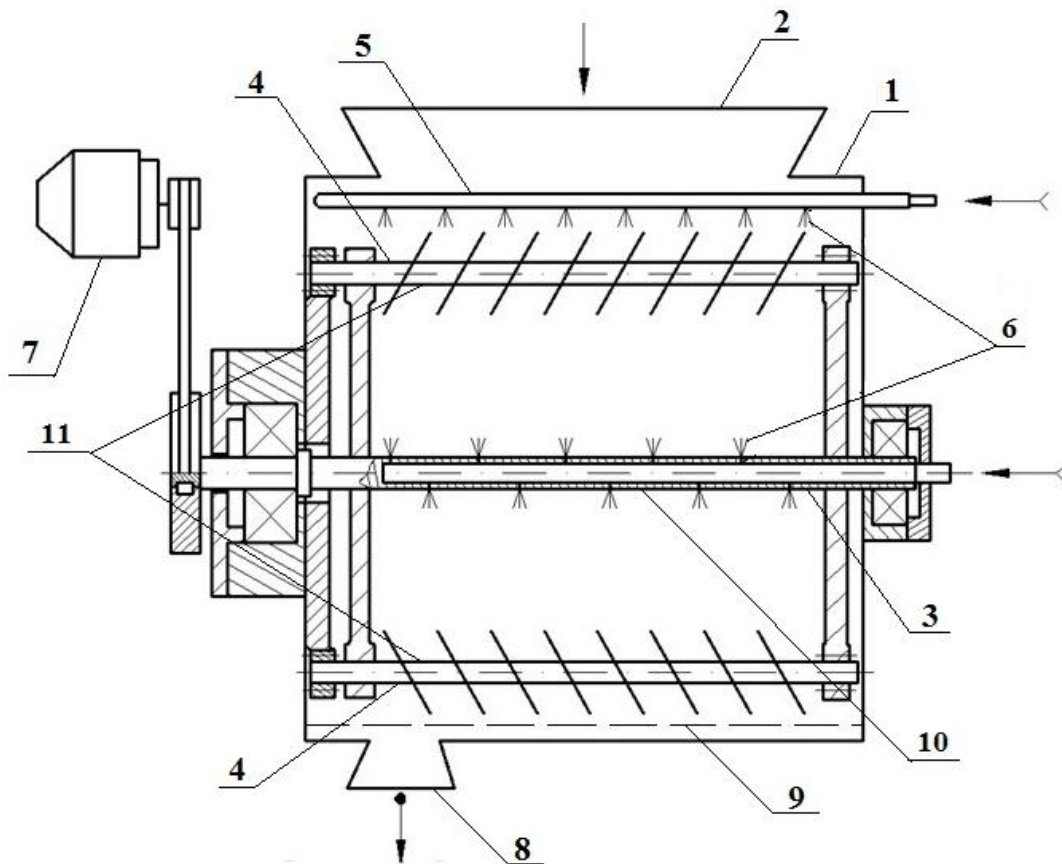


Рис.1. Конструктивна схема планетарної машини для подрібнення насінників баклажанів.

Процес переробки насінників баклажанів відбувається безпосередньо на овочевих станціях, відбираються біологічні стиглі насінники, які пройшли стадію мацерування.

При використанні планетарної машини з'являється ряд позитивних результатів:

- планетарна машина дозволяє забезпечити виділення насіння баклажанів з частковою сепарацією (видалення крупних домішок);
- надає можливість зменшувати забивання отворів решіт;
- знижує травмування, підвищує частоту та збільшує продуктивність насіння.

Висновки. Планетарна машина для подрібнення насінників баклажанів дозволяє ретельно подрібнювати насінники баклажанів та промивати їх водою. Новизною у машині є встановлення системи водопостачання та форсунок у пустотілому роторі, що значно покращує ефективність виділення насіння завдяки тому, що вода впорскується у машину під тиском, що значно зменшує налипання перетертої маси на стінки барабана та робочі органи машини.

Застосування даної планетарної машини дозволить ефективно перетирати насінневу масу для подальшої доробки та забезпечить потребу Півдня України в якісному насінні баклажанів у достатній кількості.

Література:

1. *Анисимов И.Ф.* Машини и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И.Ф. Анисимов; [відпов. ред. д.т.н., проф. Г.П. Лишко] – Кишинев: Штиинца, 1987. – 292с. – УДК 631.362:631.56]:631.53.02:635.1.

2. *Медведев В.П.* Механизация производства семян овощных и бахчевых культур / В.П. Медведев, Дураков А.В - М.: Агропромиздат, 1985. – 320с.

3. *Лудилов В.А.* Семеноводство овощных и бахчевых культур / В.А. Лудилов – М.: Агропромиздат, 1987. – 222 с.

4. *Прохоров И.К.* Селекция и семеноводство овощных культур / И.К. Прохоров – М.: Колос, 1997. – 478 с.

5. *Думенко К.Н.* Обоснование технологического процесса и параметров рабочих органов машины для выделения семян сладкого и горького перца / К.Н. Думенко // Автореферат диссертации на соискание научной степени кандидата технических наук: 05.05.11 / К.Н. Думенко; НАУ. – Киев, 2007. – 20 с.

6. *Лудилов В.А., Березовский Н.Д.* Механизация уборки перца на семена // Картофель и овощи. – 1981. - № 8. – С. 46-51.

7. Инструкция по эксплуатации и уходу. Измельчитель-выделитель семян бахчевых культур ИБК-5 / Киевский экспериментальный завод сельскохозяйственных машин. – К.: 1979. – 24 с.

8. Овощеводство и бахчеводство: Республиканский межведомственный тематический научный сборник. - К.: Урожай, 1991. - вып. №36. – С. 54-61.

9. *Огієнко М.М.* Обґрунтування технологічного процесу і параметрів комплексу машин для доробки насінневої маси овочеваштанних культур / М.М. Огієнко // Дисертація на здобуття

наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.05.11. – Миколаїв, 2012 – 223.

10. Пастушенко А.С. Обґрунтування технологічного процесу, параметрів та режимів роботи машини для виділення насіння огірка і дині / А.С. Пастушенко // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.05.11. Миколаїв, 2012 – 232.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПЛАНЕТАРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЕМЕННИКОВ БАКЛАЖАНОВ

Думенко К.Н., Шевченко Е.С., Павлюченко И.С.,
Полянский П.Н.

Аннотация – рассмотрена проблема выделения семян баклажанов на юге Украины и возможные пути ее решения с помощью внедрения разработанной планетарной машины для измельчения семенников баклажанов для специализированных хозяйств.

FEATURES CONSTRUCTION PLANETARY MACHINES FOR CRUSHING SEED EGGPLANT

K. Dumenko, K. Shevchenko, I. Pavlyuchenko, P. Polyansky

Summary

The problem of seed selection eggplant in southern Ukraine and possible ways to solve it by implementing a planetary machine designed for crushing seed eggplant seed to plant.

УДК 664.692.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В МАТРИЦАХ С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Груданов В.Я., д.т.н.,

Торган А.Б., ст. преподаватель

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет»*

Тел. (017) 285-78-97

Аннотация – данная работа посвящена разработке математической модели процесса формования макаронных изделий, выявлены основные закономерности, влияющие на скорость выпрессовывания макаронных изделий, энергозатраты, производительность и качество готовых полуфабрикатов.

Ключевые слова – модель, макаронный пресс, матрица, скорости выпрессовывания макаронных изделий, реологические свойства макаронного теста, производительность макаронного пресса.

Постановка проблемы. В соответствии с государственной программой импортозамещения на 2006-2010 годы важнейшей народнохозяйственной задачей в области науки и инновационных технологий является проведение теоретических и экспериментальных исследований, направленных, прежде всего, на снижение зависимости страны от импорта товаров (работ, услуг) за счет удовлетворения внутреннего спроса высококачественной продукции собственного производства, повышения эффективности использования импортируемых энергетических и сырьевых ресурсов, видов производств, обеспечивающих потребности внутреннего рынка высококачественными конкурентоспособными товарами, аналогичными импортируемым в республику, что в полной мере относится к итальянским технологическим линиям по производству макаронных изделий, установленным в настоящее время на филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов».

В то же самое время, как показывает опыт эксплуатации, даже самое современное зарубежное оборудование имеет ряд существенных недостатков в части экономии энергоресурсов, качества продукции и производительности. Так, например, итальянские матрицы фирмы Landucci не выдерживают плановых сроков эксплуатации (2000 часов), а их формующие механизмы не удовлетворяют технологическим требованиям по качеству уплотнения, пластификации и формованию

макаронних изделий. При этом, из-за неравномерной скорости выпрессовывания изделий имеет место закручивание полуфабрикатов, их слипание и хрупкость при различной длине, что приводит к увеличению количества отходов и снижению эффективности работы прессы в целом.

Раскрытие сущности происходящих процессов при формировании макаронных изделий и отмеченные выше недостатки служат основой для совершенствования существующего оборудования и создания новых рабочих органов узлов прессы.

Анализ прошлых исследований. До настоящего времени не в полной мере созданы научно-практические и методологические основы для проведения высококачественного процесса формирования макаронных изделий, что обуславливает необходимость проведения специальных теоретических и экспериментальных исследований, которые должны, прежде всего, базироваться на классических работах Н.И. Назарова, Г.М. Медведева, У.Л. Уилкинсона, Д.М. Мак-Келви, Д.Х. Чанта, Г.В. Виноградова, Н.Б. Урьева, Ю.А. Мачихина, С.А. Мочихина, В.М. Азарова, Б.А. Николаева, В.А. Силина, А.В. Горбатова, В.П. Юрьева, А.Н. Богатырева, В.В. Лукьянова и др.

Цель данной работы. Повышение качества формирования макаронных изделий на основе создания новых конструкций формирующих механизмов за счет оптимизации процесса формирования теста на всех его стадиях при минимальных удельных энергозатратах, высоком качестве и наибольшей производительности.

Математическая модель процесса формирования макаронных изделий. Тесто представляет собой поток реологической жидкости, формируется в каналах прессы и поступает в предматричную зону, из которой выдавливается через отверстия в матрице. Для исследования движения потока теста через формирующие отверстия матрицы прессы рассмотрим течение жидкости в ступенчатом цилиндрическом канале. Принимаем, что поток продукта при подходе к предматричной зоне уже установился и его течение можно считать стационарным.

Для каждого канала можно записать систему дифференциальных уравнений неизотермического течения сплошной среды. Рассматриваем асимметричное движение среды, которое моделируется двухмерным течением. В этом случае тангенциальная составляющая скорости равна нулю. Так как течение теста является стационарным, а сплошная среда - аномально-вязкой и несжимаемой, то, пренебрегая массовыми силами, которые малы вследствие довольно большой вязкости, дифференциальные уравнения можно представить в цилиндрической системе координат в виде [1]

– уравнения несжимаемости

$$(\partial v_z / \partial z) + (v_r / r) - (\partial v_r / \partial r) = 0; \quad (1)$$

– уравнения движения

$$p \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial r} + 2 \frac{\partial}{r \partial r} \left(r \mu \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left[\mu \left(\frac{\partial v_r}{\partial z} + \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) \right] - 2 \mu \frac{v_r}{r^2}; \quad (2)$$

$$p \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{z} + 2 \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \frac{1}{r \partial r} \left[r \mu \left(\frac{\partial v_r}{\partial z} \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \right]; \quad (3)$$

– уравнение энергии

$$pc \left(v_z \frac{\partial T}{\partial z} + v_r \frac{\partial T}{\partial r} \right) = \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \frac{1}{r \partial r} \left(r \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \Phi, \quad (4)$$

где Φ – функция диссипации, характеризующая интенсивность преобразования кинетической энергии в тепловую.

Уравнения (2) и (3) характеризуют характер течения теста, определяют величину гидравлического сопротивления процесса, скорость выпрессовывания и, как следствие, производительность.

Фактическую производительность прессы можно принять по производительности матрицы и рассчитать по формуле

$$\Pi = 3600 \cdot v_n \cdot \rho_T \cdot f_k \cdot n \cdot \frac{(100 - W_T)}{(100 - W_{изд})}, \quad (5)$$

где v_n – скорость выпрессовывания теста, м/с;

ρ_T – плотность спрессованного теста, кг/м³;

f_k – площадь живого сечения канала вкладыш-фильеры, м²;

n – количество вкладыш-фильер матрицы, шт.;

W_T – влажность теста, %;

$W_{изд}$ – влажность готовых изделий, %.

В выражении (5) почти все переменные известны, при этом особый интерес, вызывает определение теоретической скорости выпрессовывания теста, так как от ее значения и равномерности будет зависеть производительность макаронного прессы, а также качество готового продукта.

Скорость выпрессовывания макаронных изделий. Основными величинами, характеризующими режим прессования, является давление, оказываемое рабочими органами прессы на тесто, и скорость выпрессовывания изделий.

Скорости прессования теста через формирующие отверстия матрицы крайне неравномерны по сечению вкладыш-фильеры, что, в конечном

счете, ведет к снижению производительности прессы. На рис. 1 приведены экспериментальные эпюры температуры теста, давлений и скоростей прессования изделий через формующие отверстия круглой матрицы прессы типа ЛПЛ-2М [2].

Из рис. 1 видно, что при скоростях выпрессовывания от $v_{min}=0,0083$ м/с и до $v_{max}=0,03$ м/с, имеет место ламинарный характер течения теста.

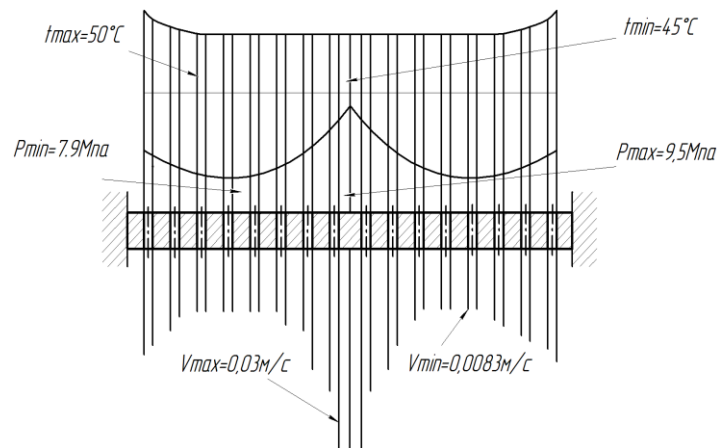


Рис. 1. Эпюры температуры теста, давлений прессования и скоростей выпрессовывания изделий.

Предположим, что через него под действием разности давлений у входного и выходного отверстий канала протекает тесто с заданным коэффициентом вязкости. Учитывая симметричность поперечного сечения канала, можно предположить, что скорость теста во всех точках, равноотстоящих от стенки, одна и та же; скорость же у стенки, вследствие прилипания к ней теста, равна нулю. Другими словами, скорость слоя теста зависит от его расстояния до стенки канала: $v=v(r)$ [3]. Итак, имеем ламинарное течение, при котором рабочее тесто перемещается слоями параллельно слоям теста в продольном сечении канала (рис. 2).

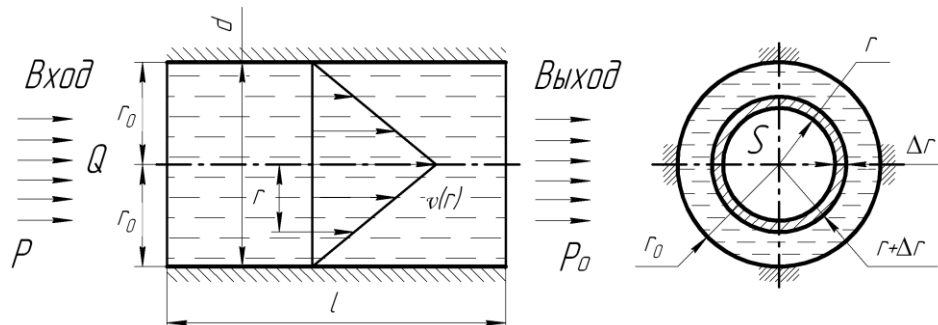


Рис. 2. Схема движения теста в цилиндрическом канале:

Q – объем теста; p – давление у входного отверстия; p_0 – давление у выходного отверстия; d – диаметр канала; r – радиус канала, S – боковая поверхность канала; r_0 – радиус канала; r – радиус цилиндра длиной Δl .

При ламинарном течении можно использовать основной закон Ньютона для вязкого течения, суть которого определяется выражением

$$F_T = \mu \frac{v_2 - v_1}{r_2 - r_1} S, \quad (6)$$

где F_T - сила внутреннего трения, Н;

S - площадь слоя, м²;

v_1 и v_2 - скорости слоев, отстоящих от стенки канала на расстояниях r_1 и r_2 соответственно;

μ - коэффициент вязкости, Па·с.

Пусть длина канала l , давления у ее входного и выходного отверстий соответственно p и p_0 . Зная основной закон вязкого течения (6), получим дифференциальное уравнение для скорости течения теста.

Для этого выделим в канале элементарный цилиндр длиной Δl и радиусом r и изменим его радиус на Δr (рис. 2).

Этот цилиндр будет испытывать трение, сила которого согласно закону Ньютона будет равна

$$\Delta F_m = \mu \frac{\Delta v}{\Delta r} \Delta S = \mu \frac{\Delta v}{\Delta r} 2\pi r \Delta l. \quad (7)$$

Силе трения противодействует сила давления, которая равна ΔF_T и противоположна ей по направлению, т.е.

$$\Delta F_T = -\pi r^2 \Delta P, \quad (8)$$

где πr^2 - площадь основания элементарного цилиндра;
 $P = p - p_0$.

Приравняв правые части двух последних равенств для ΔF_T и проведя соответствующие преобразования, получим

$$v = \frac{1}{4\mu} \frac{p - p_0}{l} (r_0^2 - r^2). \quad (9)$$

Выделим в поперечном сечении канала элементарное кольцо радиусом r и толщиной Δr (рис. 2) и найдем его площадь Δf как разность площадей двух кругов с радиусами $r + \Delta r$ и r

$$\Delta f = \pi (r + \Delta r)^2 - \pi r^2 = \pi (r^2 + 2r\Delta r + \Delta r^2) - \pi r^2 = 2\pi r \Delta r. \quad (10)$$

Тогда объем теста ΔQ , протекающий через это кольцо за 1 с, будет равен

$$\Delta Q = \Delta f v, \quad (11)$$

где v - скорость ламинарного течения, м/с.

Учитывая равенство (9) и значение Δf , получаем в дифференциальной форме

$$dQ = \frac{\pi}{2\mu} \frac{p - p_0}{l} r (r_0^2 - r^2) dr. \quad (12)$$

Формула (12) выражает закон Пуазейля, по которому определяется объем теста, протекающего за 1 с через поперечное сечение тонкого канала, при этом важно знать зависимость производительности (объема теста) матрицы и скорости процесса выпрессовывания от гидравлического сопротивления формирующих каналов. Для этого рассмотрим схему выпрессовывания макаронных изделий более подробно (рис. 3).

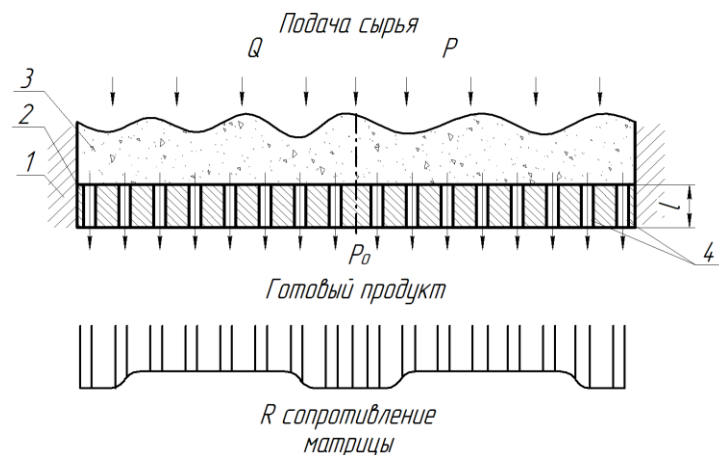


Рис. 3. Схема выпрессовывания макаронных изделий:

1 – корпус; 2 – матрица; 3 – тесто в предматричной камере; 4 – вкладыш-фильтра; Q – объем сырья, м³; l – толщина матрицы (длина канала); p, p_0 – давление у входного и выходного отверстий.

Согласно теории Касаткина А.Г. скорость процесса пропорциональна движущей силе (разности давлений) и обратно пропорциональна гидравлическому сопротивлению формирующего

механизма. Тогда основное дифференциальное уравнение движения теста будет иметь вид

$$\frac{dQ}{S_m d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu R_m}, \quad (13)$$

где ΔP – разность давлений, Па; μ – вязкость сырья, Па·с; R_m – гидравлическое сопротивление матрицы, м⁻¹.

Приняв $Q = 0$, что соответствует началу процесса формования, когда на матрице нет сырья из (13), получаем

$$R_m = \frac{\Delta P}{\mu \cdot v}. \quad (14)$$

При $\mu = 1$ Н·с/м² и $v = 1$ м/с, величина $R_m = \Delta P$. Это означает, что сопротивление матрицы численно равно разности перепада давлений, необходимой для того, чтобы тесто с вязкостью 1 Н·с/м² проходило через матрицу со скоростью 1 м/с. При $\Delta P = \text{const}$ и неизменной температуре для данной конструкции все входящие в уравнение (14) величины, за исключением v и τ , постоянны.

Проинтегрируем уравнение (14) в пределах от 0 до Q и от 0 до τ , получим

$$Q = \frac{\Delta P S_m \tau}{\mu R_m}. \quad (15)$$

Уравнение (15) показывает непосредственную зависимость продолжительности процесса от объема полуфабриката (сформированных макаронных изделий) Q . Из уравнения (15) следует, что при $\Delta P = \text{const}$ по мере увеличения объема готового продукта, а, следовательно, и продолжительности процесса, скорость формования уменьшается, а с увеличением проходного (живого) сечения S скорость процесса возрастает. Из уравнения (15) также видно, что с ростом гидравлического сопротивления матрицы R_m скорость процесса уменьшается. Таким образом, совершенствование процесса формования должно проходить по следующим направлениям: увеличение проходного (живого) сечения матрицы; уменьшение гидравлического сопротивления матрицы.

В выражении (9) возможно более подробно расписать давление в предматричной камере p , которое создает сопротивление матрицы потоку теста.

Распределение давлений в канале с регулируемым выходным сечением. Установим распределение давлений в канале цилиндрической формы, выделим на расстоянии x элементарный слой материала (теста) толщиной dx (рис. 4). Слева на него действуют давление p_x , справа – $p_x + dp_x$, а по периметру – давление q_x , поэтому уравнение равновесия слоя в проекции на ось X запишется так

$$p_x f_k - (p_x + dp_x) f_t - f_m q_x u dx = 0, \quad (16)$$

где u – периметр поперечного сечения канала, м;

f_k – площадь сечения канала, м²;

f_m – коэффициент трения теста о стенки канала.

После соответствующих преобразований уравнения и интегрирования левой и правой части в пределах от p до p_x и от 0 до x , получим

$$p_x = \left(p + \frac{q_0}{\gamma_1} \right) \exp \left(-f_m \gamma_1 \frac{u}{f_k} x \right) - \frac{q_0}{\gamma_1}. \quad (17)$$

Пользуясь уравнением (17), можно определить давление p_x на любом расстоянии x от предматричной камеры.

Выведем зависимость сопротивления канала с регулируемым сечением от его геометрических параметров (рис. 4). Для этого составим дифференциальное уравнение равновесия выделенного элемента теста толщиной dx_1 .

Примем f_{k_0} , u_0 и f_k , u – начальные и конечные площадь и периметр поперечного сечения канала; L_1 – длина регулируемой части канала; α – угол наклона стенки к оси канала.

Условие равновесия с учетом сил трения запишется так

$$p_{x_1} f_{kx_1} - (p_{x_1} + dp_{x_1}) f_{kx_1} - q_{x_1} u_{x_1} dx_1 \sin \alpha - q_{x_1} u_{x_1} dx_1 f_t \cos \alpha = 0, \quad (18)$$

где u – периметр поперечного сечения канала, м;

f_k – площадь сечения канала, м²;

f_t – коэффициент трения теста о стенки канала.

Проведя соответствующие преобразования получим уравнение, позволяющее определить осевые давления в любом сечении регулируемого канала

$$p_{x_1} = \left(p_{max} + \frac{q_0}{\gamma_1} \right) \left(\frac{D_{кол} - 2x_1 \tan \alpha}{D_{кол}} \right) K_0 - \frac{q_0}{\gamma_1}. \quad (19)$$

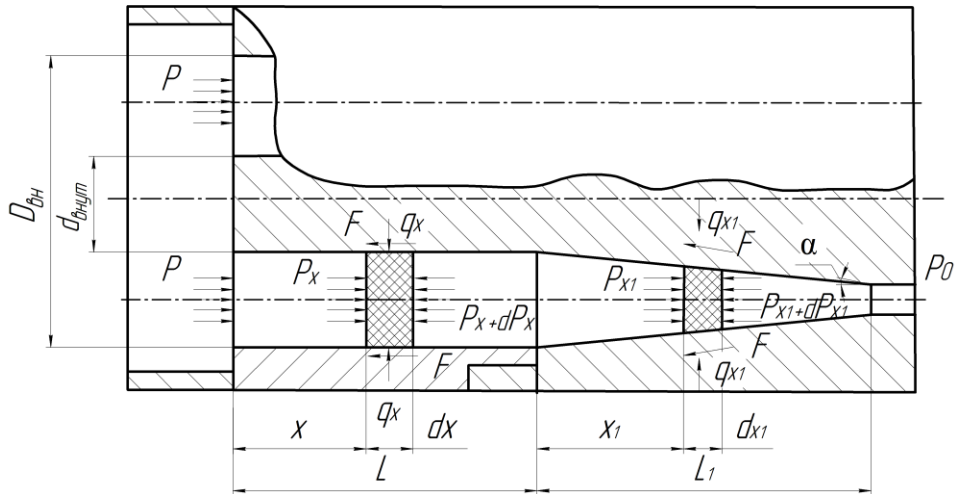


Рис. 4. Схема вкладыш-фильеры с регулируемым кольцевым каналом:

$D_{вн}$ – внешний диаметр кольца; $d_{внут}$ – внутренний диаметр кольца; p_0 – давление на выходе; p – осевое давление; p_{max} – максимальное давление канала с регулируемым сечением; L – длина цилиндрической части вкладыш-фильеры; L_1 – длина конусной части вкладыш-фильеры; q – боковое давление; F_T – сила трения.

Решив данное уравнение относительно p_{max} и приняв $x_1 = L_1$ и $p_{x_1} = p_0$ (сопротивлению на выходе), а также расписав $D_{кол}$, получим выражение максимального сопротивления канала с регулируемым сечением, которое будет иметь вид

$$p_{max} = \left(p_0 + \frac{q_0}{\gamma_1} \right) \left(\frac{D_{вн} - d_{внут}}{(D_{вн} - d_{внут}) - 2L_1 \tan \alpha} \right) K_0 - \frac{q_0}{\gamma_1}. \quad (20)$$

Максимальное сопротивление вкладыш-фильеры вычисляемое по формулам (20), представляет собой противодействие при уплотнении в канале с регулируемым сечением. Приравняем правые части уравнений (19) и (20) и выразим давление теста в предматричной камере p , создаваемое сопротивлением матрицы

$$p = \left(p_0 + \frac{q_0}{\gamma_1} \right) \left(\frac{D_{вн} - d_{внут}}{(D_{вн} - d_{внут}) - 2L_1 \tan \alpha} \right)^{K_0} \exp f_m \gamma_1 \frac{4}{D_{вн} - d_{внут}} L - \frac{q_0}{\gamma_1}. \quad (21)$$

Из выражения (21) можно выразить длину канала L_1 , необходимую для получения макаронных полуфабрикатов заданной плотности ρ , связанной с давлением p соотношением

$$L_1 = \frac{D_{\text{вн}} - d_{\text{внут}}}{2 \tan \alpha} \left(1 - \left[\frac{p + q_0 / \gamma_1}{p_0 + q_0 / \gamma_1} \exp(-f_{\tau} \gamma_1 \frac{4}{D_{\text{вн}} - d_{\text{внут}}} L) \right]^{-1/K_0} \right). \quad (22)$$

Подставив уравнения (9) и (21) в выражение (5) и выразив диаметры кольцевого канала через радиусы, получим выражение, позволяющее рассчитать производительность макаронного пресса

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{3600 \rho_{\tau} f_{\kappa} n}{4 \mu (L + L_1)} \left(p_0 + \frac{q_0}{\gamma_1} \right) \left(\left(\frac{r_0 - r}{(r_0 - r) - L_1 \tan \alpha} \right)^{K_0} \exp f_{\tau} \gamma_1 \frac{2L}{r_0 - r} - 1 \right) \times \\ & \times \left(r_0^2 - r^2 \right) \left(\frac{100 - W_{\tau}}{100 - W_{\text{изд}}} \right), \quad (23) \end{aligned}$$

где r_0 и r – внешний и внутренний радиусы начального размера кольцевого канала вкладыш-фильеры, м.

Анализ данного выражения позволяет сделать вывод, что производительность макаронного пресса зависит от конструктивных, физико-механических и технологических параметров.

Результаты экспериментальных исследований. На основании теоретических и экспериментальных исследований была изготовлена конструкторская документация на матрицу и вкладыш-фильеру новой конструкции. Были проведены производственные испытания в филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» на итальянской линии фирмы FAVA. В ходе производственных испытаний выяснилось, что в процессе формования скорость выпрессовывания макаронных изделий на внешней и внутренней окружностях матрицы была неравномерна по сравнению с центральной частью, а также происходило закручивание макаронных изделий. Чтобы выровнять поток теста, было принято решение увеличить гидравлическое сопротивление матрицы на внешней и внутренней окружностях за счет уменьшения площади входных отверстий вкладыш-фильеры (рис.3). Это позволило стабилизировать поток теста, выровнять скорость выпрессовывания и получить продукцию высокого качества. В итоге производительность макаронного пресса увеличилась на 10-12 %. Годовой экономический эффект от внедрения новых формующих механизмов составил 121 млн. руб. (на один вид макаронных изделий).

Для оценки адекватности полученной математической зависимости выражения (23) проводилась дополнительная серия экспериментов по определению влияния влажности теста на производительность макаронного пресса. По полученным в ходе эксперимента данным и теоретическим расчетам построены зависимости производительности макаронного пресса от влажности теста (рис. 5).

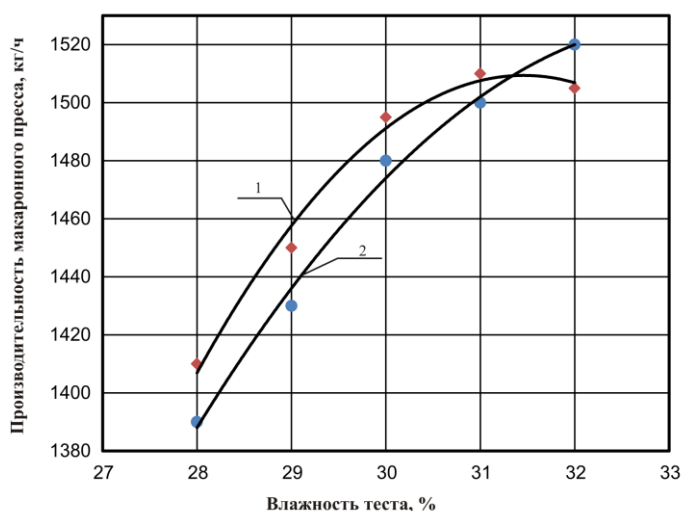


Рис. 5. Зависимость производительности макаронного пресса от влажности теста:

- 1 – экспериментальная производительность макаронного пресса;
- 2 – теоретическая производительность макаронного пресса.

Заключение. Проведенные исследования позволили математически описать процесс формования макаронных изделий и выявить основные закономерности, влияющие на скорость выпрессовывания, энергозатраты, производительность и качество готовых полуфабрикатов.

Установлено, что скорость процесса во многом определяется гидравлическим сопротивлением формирующих каналов, а качество готовых изделий зависит от характера уплотнения теста. На основе теоретических и экспериментальных исследований была разработана новая конструкция формирующих механизмов макаронных изделий, защищенная патентом РБ на изобретение № 13326 [4].

Литература:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – Москва: Химия, 1971. – 784 с.
2. Назаров Н. И. Технология макаронных изделий / Н. И. Назаров. – Москва: Пищевая промышленность, 1978. – 287 с.

3. *Скатецкий, В.Г.* Математическое моделирование физико-химических процессов / В.Г. Скатецкий – Минск: Вышэйшая школа, 1981. – 144 с.

4. Матрица для прессования вермишели: пат. № 13326 Респ. Беларусь. МПК (2009). А21С11 /00/ В.Я. Груданов, А.А. Бренч, А.Б. Торган, Л.Т. Ткачева; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет». – заяв. 14.04.08, опубликовано 26.03.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэл. уласн. – 2009, № 6.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В МАТРИЦАХ С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Груданов В.Я., Торган А.Б.

Аннотация - описана математическая модель процесса формования макаронных изделий и выявлены основные закономерности, влияющие на скорость выпрессовывания, энергозатраты, производительность и качество готовых полуфабрикатов. Разработана новая конструкция формующих механизмов макаронных изделий с уменьшенным гидравлическим сопротивлением при увеличенном проходном сечении формующих каналов, обеспечивающих более равномерное, постепенное и последовательное уплотнение теста.

MODELING OF THE MOLDING PROCESS PASTA IN A MATRIX IMPROVED CHARACTERISTICS

V.Ya. Grudanov, H. Torhan

Summary

The paper describes a mathematical model of the forming process of pasta. Determined by the basic laws that affect the speed pressing, power consumption, performance and quality semi-finished. A new design form of the mechanism of pasta, with reduced hydraulic resistance at increased throat area forming channels, providing a more uniform and consistent compaction test.

УДК 664.314

АНАЛІЗ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ

Болгова Н.В., .к.с.-г.н.,

Маренкова Т.І., ст.. викладач

Сумський національний аграрний університет

Тел.:(0542)627837

Анотація – досліджено склад насичених і ненасичених жирних кислот у рослинних оліях за допомогою хромато-мас-спектрометрії. Проведено аналіз складу стероїдів, що дозволяє визначати джерело жиру, відрізняючи рослинні і тваринні жири за вмістом холестерину.

Ключові слова – мас-спектрометрія, насичені жирні кислоти, ненасичені жирні кислоти, стероїди, холестерин.

Постановка проблеми. Вивчаючи відмінності між маслами різного походження видається цікавим вміст у них жирних кислот, що входять до тригліцеридів рослинних олій. Аналіз масел проводять за допомогою газової хроматографії (ГХ) та рідинної. Розподіл ліпідів у ВЭЖХ можна проводити і без попередньої підготовки проб і омилення ліпідів використовуючи варіант з оберненими фазами і неполярним розчинником. Труднощами цього методу є те, що для ідентифікації піків доводиться використовувати неселективні детектори, зокрема, випарний детектор світлорозсіювач [6,10].

Аналіз останніх досліджень. Широке використання мас-спектрометричних детекторів представлено авторами, які вивчали склад ліпідів рисового масла комплексною рідинною хроматографією, що включає різні механізми розподілу [11]. Як детектор використовувався мас-спектрометр з хімічною іонізацією при атмосферному тиску. Дослідження ліпідів за допомогою рідинної хроматографії є найбільш широко застосовуваним [8,5,12].

Деякі труднощі дослідження складу жирних кислот методом ГХ викликані тим, що останні погано розділяються на капілярних колонках з неполярною нерухою фазою (НФ). Для їх розподілу розроблені спеціальні полярні капілярні колонки, проте і тут виникають кількісні відмінності різних кислот у зразках, що призводять до маскування піків. Найбільш точні дані за розподілом ненасичених жирних кислот можна отримати при використанні вуглеграфітових колонок [9]. Для аналізу жирнокислотного складу

ліпідів жирів і масел за ДЕСТом використовують метод газової хроматографії [1,4]. Метод інтерпретації хроматограм при аналізі жирних кислот методом ГХ описаний у роботі Рудакова О. Б.[7].

Матеріали та методика досліджень. Як зразки для досліджень використані проби товарних рослинних масел, вироблених з сої, кукурудзи і соняшнику. Для порівняння також були узяті зразки тваринного масла (коров'яче вершкове) і маргарину бутербродного "М'яке масло". Були обрані наступні зразки : 1 - штучний жир під назвою "М'яке масло"; 2 - масло коров'яче "Селянське"; 3 - соєва олія; 4 - кукурудзяне масло; 5 - соняшникова олія. Усі зразки рослинних олій позначені виробниками як рафіновані і дезодоровані.

Зразки готували для аналізу відповідно до вказівок ГОСТ Р 51486-99 та ДСТУ ISO 5509–2002[3,4,10]. У колбу ємністю 100 см³ поміщаємо навіску досліджуваного зразка масла масою 1 г і додаємо 10 мл 1% розчину метилату натрію у метанолі. Приєднуємо до колби зворотний холодильник і нагріваємо до кипіння на водяній бані протягом 15 хв. Потім у колбу додаємо 13 мл 1 М розчину сірчаної кислоти у метанолі і нагріваємо ще 15 хв. Після охолодження колби під струменем води в неї додаємо 25 мл дистильованої води. Вміст колби переносимо в ділильну воронку ємністю 100 мл і екстрагуємо гексаном 2 рази по 10 мл. Об'єднані екстракти промивають дистильованою водою порціями по 7 мл до повного видалення кислоти за індикатором. Екстракт сушать фільтруванням через шар безводного сульфату натрію і використовують для випробування.

Отримання проби для визначення стероїдів. Кип'ятять при нагріванні 1 г проби з 10 мл 0,5 н спиртового розчину гідроксиду калію із зворотним холодильником до повного омилення протягом години. Потім додають 10 мл води і нагрівають до утворення прозорого розчину. Після охолодження усе переносять у ділильну воронку і витягають неомилену частину петролійним ефіром двічі по 5 мл. Витяжку об'єднують і промивають 50% -вим спиртом, до якого додано декілька крапель розчину гідроксиду калію, а потім, щоб видалити сліди, що перейшло в петролійний ефір мила, 50 % спиртом до тих пір, поки спирт не перестане забарвлювати фенолфталеїн у червоний колір.

Умови аналізу. Розподіл і ідентифікацію компонентів проводили за допомогою хромато-мас-спектрометрії. Початкова температура термостата колонки - 40°C; витримка при початковій температурі - 1 хв; програмування температури - від 40 до 210°C із швидкістю 15°C/хв, від 210 до 280°C із швидкістю 5°C/хв. Витримка при кінцевій температурі - 20 хв. Газ-носії-гелій, 1 см³/хв. (постійна витрата). Проба 0,2 мкл без ділення потоку, випарник - 280°C. Температура випарника та інтерфейсу детектора - 280°C. Ідентифікація з'єднань

здійснювалася вручну порівнянням отриманих мас-спектрів з бібліотечними мас-спектрами. Ступінь збігу мас-спектрів вказані на рис. 2 (МС, %).

Основна частина. Досягти задовільного розподілу метилових ефірів ненасичених кислот С18 з 1-3 кратними зв'язками неможливо на звичайній капілярній колонці з неполярною прищепленою фазою.

Метилові ефіри ненасичених кислот С18 виходять за проміжок часу 15,85-16,20 хв., і їх коливання на хроматограмі в повному іонному русі (ПІР) незадовільне. Зовсім інша картина спостерігається на переробленій хроматограмі, побудованій за іонами відповідних молекулярних піків. На ній кількість кожного ізомеру може бути легко визначена інтеграцією. Реєстрація за іоном з $m/z=294$ дає три максимуми, відповідних, ймовірно, цис-трансізомерам лінолевої (С18:2) кислоти.

Кількісні дані за вмістом компонентів отримані виходячи з площ піків на хроматограмі за молекулярними іонами. Мас-спектри ефірів карбонових кислот мають досить інтенсивні пікі молекулярних іонів (15-20%), достатні як для виявлення відповідних з'єднань в режимі селективного моніторингу (SIM), так і для кількісного визначення окремих з'єднань в умовах недостатнього дозволу на хроматограмі по ПІТ. Так, мас-спектри метилових ефірів стеариноюю (С18:0), олеїноюю (С18:1), лінолевою (С18:2) і ліноленовою (С18:3) кислот мають молекулярні іони із співвідношенням $m/z=298, 296, 294$ і 292 відповідно. Площі піків, побудовані за молекулярними іонами, коригуються відповідно до їх відносної інтенсивності в мас-спектрах, отриманих на приладі при тому ж калібруванні мас-аналізатора. Як стандартне з'єднання використовується ефір стеариноюю кислоти.

Результати складу жирних кислот ліпідів рослинних олій, а також масла, виготовленого на основі коров'ячого, і штучного "м'якого масла" приведені на рис. 1. Таким чином, склад жирних кислот включає з'єднання від деканової до тетракозанової кислоти.

Можна помітити, що масла рослинного походження (зразки 3-5) практично не містять у залишках тригліцеридів жирних кислот з числом атомів вуглецю менше 16. В основному кислоти представлені ненасиченою олеїноюю (С18:1) і лінолевою (С18:2). А ось ліноленову кислоту (С18:3) вдалося виявити в незначних кількостях лише в соєвій олії (зразок 3). Доля дієнових кислот С18:2 приблизно в 1,5 рази перевищує долю олеїноюю кислоти С18:1. У зразках твердих жирів (зразки 1-2) це співвідношення міняється на протилежне. Крім того, сума ненасичених кислот С18 у твердих жирах приблизно удвічі менша, але одночасно зростає кількість насичених кислот С12, С14 і С16.

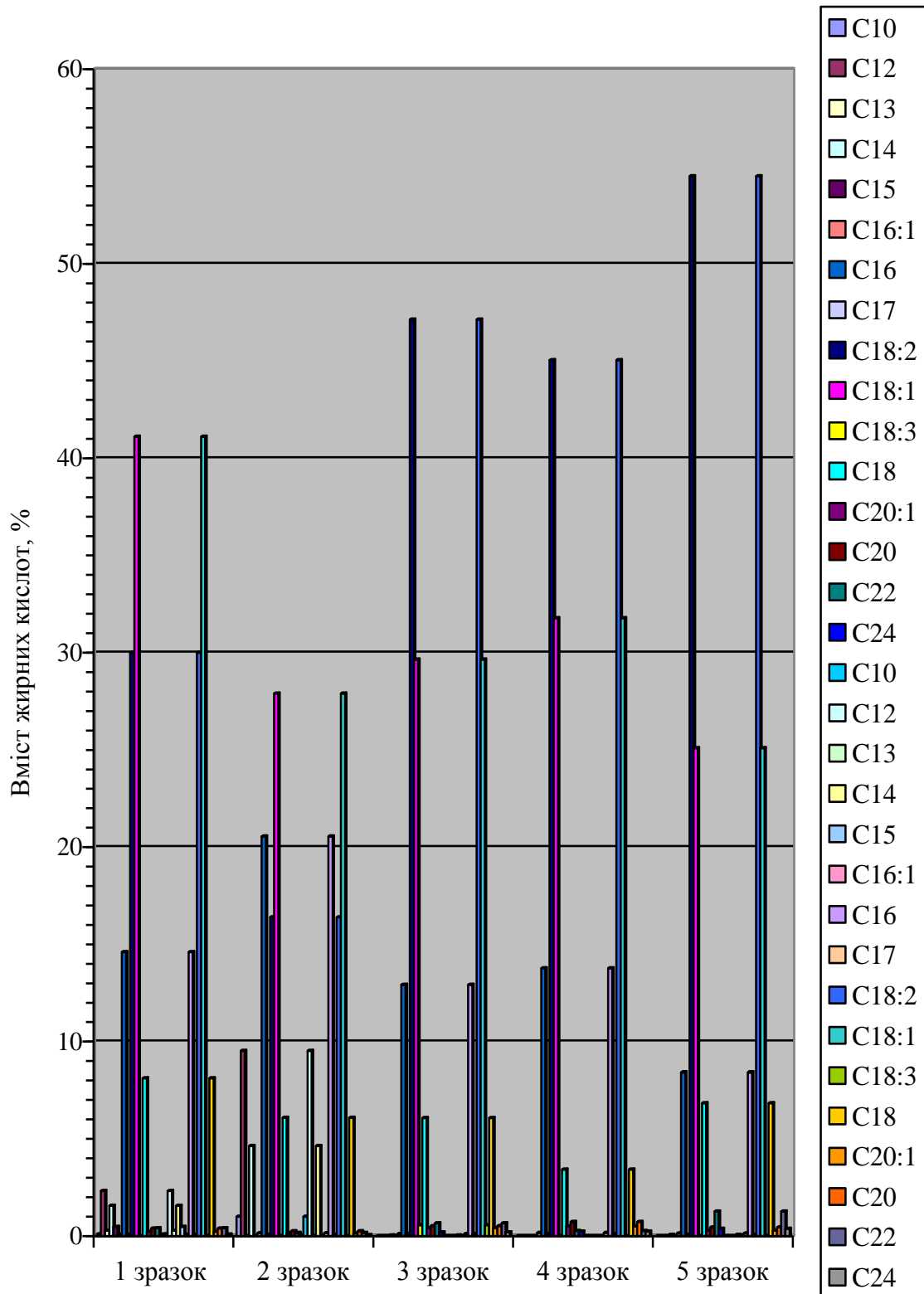


Рис. 1. Склад жирних кислот досліджуваних масел.

Склад штучної суміші жирів (зразок 1), що продається під назвою "м'яке масло", не повторює жоден з розглянутих раніше

зразків. Оскільки в його складі не було виявлено холестерину, який вважається невід'ємним компонентом тваринного жиру, "м'яке масло", ймовірно, не містить навіть домішок тваринних жирів. Склад його жирних кислот нагадує рослинні жири. Штучне масло, ймовірно, є суміш маргарину і рослинної олії. Залишається незрозумілим джерело кислот C10-C15 у "м'якому маслі". Кислоти з непарним числом атомів вуглецю C13 і C15 у жирах природного походження не виявляються у таких концентраціях.

Склад стероїдів у досліджуваних зразках приведений на рис. 2.

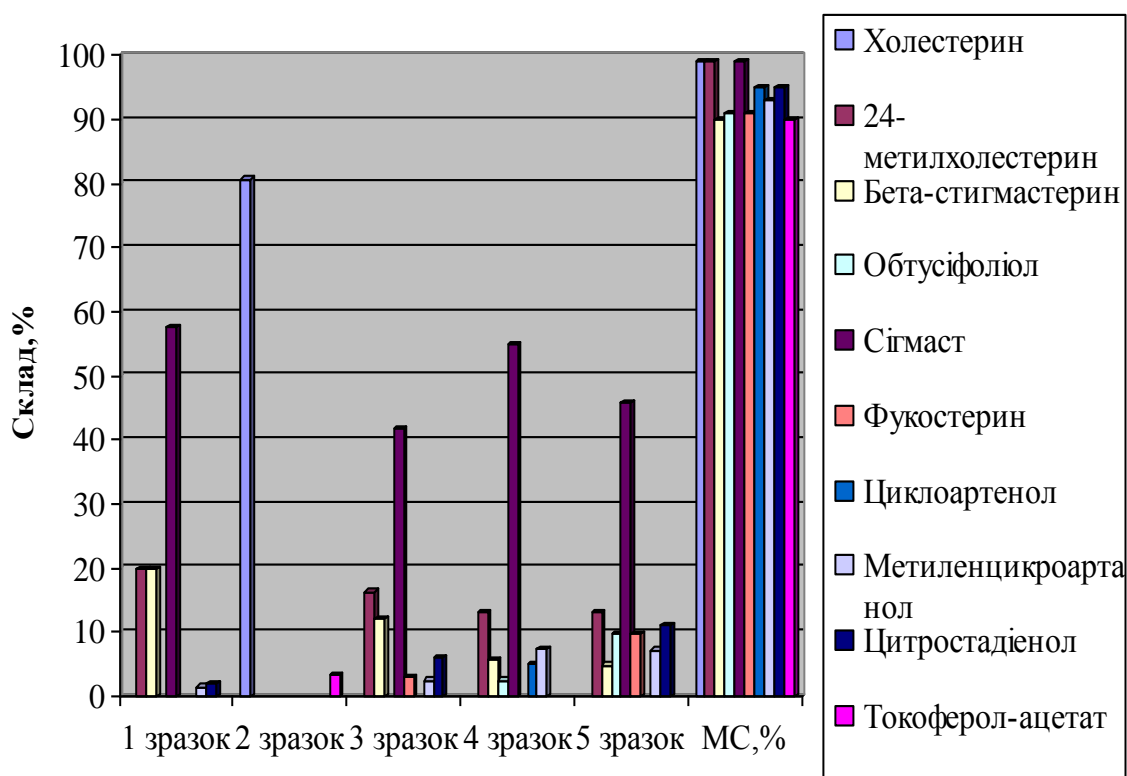


Рис. 2. Склад стероїдів досліджуваних масел.

Холестерин, таким чином, можна виявити тільки в жирах тваринного походження (зразок 2). У продуктах на основі коров'ячого масла вміст холестерину має незначні концентрації. Окрім холестерину в зразку присутній ацетат токоферолу. Рослинні жири не містять навіть слідів холестерину, проте там є цілий ряд споріднених стероїдів. Звертає на себе увагу близький склад стероїдів рослинних олій і зразка "м'якого масла".

Висновок. Проведені дослідження показали, що використовуючи дану методику визначення жирнокислотного складу рослинних жирів, нами не лише вивчені якісні показники, а й кількісні.

Література:

1. ГОСТ Р 51483-99. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме. Введ. 01.01.2001. М., 2000. 8 с.
2. ГОСТ Р 51486-99. Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. Введ. 01.01.2001. М., 2000. 6 с.
3. ДСТУ ISO 5509–2002. Жири та олії тваринні і рослинні. Приготування метилових ефірів жирних кислот (ISO 5509:2000, IDT).
4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30418-96. Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава. Введ. 01.01.98. Минск: Изд-во стандартов, 1996. 7 с.
5. Олії та жири: склад, методи одержання, якість / [Осейко М., Українець А., Усатюк С. та ін.] // Харчова і переробна промисловість. – 2004. - №5 (297). – С. 17-19.
6. Состав жирных кислот и стероидов растительных масел / [Хасанов В.В., Рыжова Г.Л., Дычко К.А., Куряева Т.Т.] // Химия растительного сырья. – 2006. – №3. – С. 27–31.
7. Рудаков О.Б. Развитие метода интерпретации хроматограмм при идентификации растительных масел // Химия растительного сырья. 2001. №4. С. 79
8. Buchgraber M. Capillary GLC : a robust method to characterize the triglyceride profile of cocoa butter - results of intercomparison study / Buchgraber M., Ulberth F., Anklam E. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – V. 52. – P. 3855-3860.
9. Gaudin K. Retention behavior of unsaturated fatty acid methyl esters on porous graphitic carbon / Gaudin K., Chaminade P., Baillet. A. // Journal of Separation Science. – 2004. – V. 27. – P. 41-46.
10. Heron S. Post - column addition as a method of controlling triacylglycerol response coefficient of an evaporative light scattering detector in liquid chromatography - evaporative light - scattering detection / Heron S., Dreux M., Tchaplal A. // Journal of Chromatography. A. – 2004. – №7. 1035(2). – P. 221-225.
11. Silver - ion reversed - phase comprehensive twodimensional liquid chromatography combined with mass spectrometric detection in lipidic food analysis / [Mondello L., Tranchida P.Q., Stanek V., Jandera P.] // Journal of Chromatography. A. – 2005. – №9. – 1086(1-2). – P. 91-98.
12. Triacylglycerol profiling by using chromatographic techniques / [Buchgraber M., Ulberth F., Emons H., Anklam E.] // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2004. – V. 106. – P. 621-648.

АНАЛИЗ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ЖИРОВ

Болгова Н.В., Маренкова Т.И.

Аннотация – были проведены исследования состава насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в растительных жирах с помощью хромато-мас-спектрометрии. Проведен анализ состава стероидов, что позволяет определить источник жира, различая растительные и животные жиры по содержанию холестерина.

ANALYSIS OF ZHIRNOKISLOTNOGO COMPOSITION OF JABOTY

N.V. Bolhova, T.I. Marenkova

Summary

Researches of composition of the saturated and unsaturated fat acids were conducted in jaboties by a khromato-mas-spectrometry. The analysis of composition of steroidov is conducted, that allows to define the source of fat, distinguishing vegetable and animal fats after maintenance of cholesterol.

УДК 664.72.001.2

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСТНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ В РОЗРАХУНКАХ БАГАТОСТУПЕНЕВИХ СУШАРОК

Артюхова Н.О., аспірант*
Сумський державний університет
Тел.(0542) 33-70-73

Анотація – представлена робота присвячена теоретичному опису та експериментальному дослідженню кінетики сушіння зернистих матеріалів у багатоступеневих апаратах поличного типу.

Ключові слова – кінетика сушіння, температурно-вологісна апроксимація, багатоступеневе сушіння, гравітаційна полична сушарка.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку промисловості актуальним питанням, яке потребує вирішення, є пошук способів сушіння з мінімальною енергоємністю [1]. Перспективним напрямом зменшення енергетичних витрат при проведенні тепломасообмінних процесів у завислому шарі є використання багатоступеневого протитечійного контакту зріджуючого агента та дисперсної фази. Такі процеси (знепилювання, пневмокласифікація, гранулювання, теплообмін та ін.) реалізуються в апаратах поличного типу. Використання представленої організації руху потоків у застосуванні до сушіння не знайшло широкого огляду в сучасній науковій літературі, тому потрібен більш глибокий аналіз гідродинамічних умов та кінетики проведення цього процесу, розробка надійних методів розрахунку поличних сушарок та вдосконалення їх конструкцій [2].

Створення математичної моделі, де буде враховано зміну параметрів сушильного агента та зернистого матеріалу, з якого видаляється волога, визначення їх впливу на час перебігу процесу та його енергетичну ефективність є одним з етапів реалізації високоінтенсивного процесу сушіння у багатоступеневих апаратах поличного типу.

Аналіз останніх досліджень. Наукові основи роботи апаратів поличного типу в процесах знепилювання, пневмокласифікації, сепарації вивчені достатньо змістовно та висвітлені в роботах [3,4].

© Артюхова Н.О., аспірант

* Науковий керівник – к.т.н., доцент Юхименко М.П.

Принципову можливість використання гравітаційних поличних апаратів для проведення процесів сушіння обґрунтовано в роботі [7], де наведено результати сушіння хлориду калію, піросульфату натрію та металевих порошків. При цьому відзначено лише якісне зменшення вологості матеріалу, який піддається сушінню, до граничних значень вологості кінцевого продукту (0,1-1,2%) і напруженості за вологою (400-1900 (кг/м³·год)). Ці характеристики змінюються у достатньо широкому діапазоні і, як видно з результатів попередніх експериментальних випробувань, неможливо визначити оптимальні значення як режимних, так і конструктивних параметрів сушарки.

Постановка завдання. Завданням представленої роботи є дослідження кінетики процесу сушіння зернистих матеріалів у багатоступеневій протитечійній поличній сушарці та оцінка ефективності кожного з її ступенів на базі створеної математичної моделі та результатів експериментальних досліджень.

Основна частина. У процесі сушіння зернопродуктів звичайно виділяють початковий прогрів зерна з незначною ефективністю видалення вологи а потім періоди постійної та спадаючої швидкості процесу. Вплив того чи іншого парціального механізму масопереносу на кожній з вказаних стадій буде різним, але градієнтний характер транспорту вологи від центральних шарів зерна та його пористої структури в потік сушильного агента є ґрунтовною базою відомих математичних моделей процесу [5-8].

Аналіз дисперсної структури взаємодіючих потоків при сушінні показав, що можна виділити об'єм зернового матеріалу з вологими зонами, локалізованими на його поверхні та у порах; відносна частка їх може змінюватися з часом, але в сумі всі відносні складові завжди будуть дорівнювати одиниці $\varepsilon_0 + \varepsilon_l + \varepsilon = 1$, де ε_0 - відносний об'єм; що займає зерновий матеріал, ε_l та ε - відносні об'єми вологих зон та сушильного агента, $\varepsilon_l + \varepsilon = m$, де m – пористість Т-Г середовища.

Однією з рушійних сил процесу приймаємо різницю температур і, відповідно, парціальних тисків пари, що знаходиться у вологій зоні зернового матеріалу та пари, що утримується в основному потоці сушильного агента. Цей механізм доповнюється переносом водяної пари з вологих зон у потік сушильного агента за рахунок різниці вологовмісту. У такому разі, враховуючи відому аналогію тепло- та масообмінних процесів і використовуючи гіпотезу Люїса щодо співвідношення коефіцієнтів тепло- та масовіддачі [6], запишемо кількість тепла, перенесеного вологими парами за час контакту сушильного агента (повітря) із зерновим матеріалом у вигляді

$$dQ = d(c_e \cdot \rho_n \cdot \varepsilon \cdot b \cdot t) = -ks(t - t')d\tau, \quad (1)$$

де c_e – теплоємність води;

ρ_n – густина повітря;

ε – відносний об'єм, який займає повітря;

b – вологість повітря;

k – коефіцієнт тепловіддачі;

τ – час;

s – питома поверхня контакту взаємодіючих потоків.

З іншого боку, тепло, що втрачається вологими зонами зерна, буде пропорційним різниці температур пари в потоці сушильного агенту та у вологій зоні і відрізнятиметься знаком

$$dQ' = d(c_m \cdot \rho_m \cdot \varepsilon_l \cdot x \cdot t') = ks(t - t')d\tau, \quad (2)$$

де ρ_m – густина матеріалу;

ε_l – об'єм, який займає волога зона матеріалу;

x – вологість матеріалу.

Під знаком диференціалу в обох рівняннях фігурують дві змінні – температура та вологість, але залежність вологості від температури дозволяє спростити вирази (1,2). У моделі прийнято усереднені значення вмісту вологи в зонах, що безпосередньо прилягають до поверхні матеріалу і у вільному об'ємі повітря.

Узагальнення експериментальних даних ряду досліджень підтверджує існування кореляції між температурою та вологістю повітря і матеріалу в процесі сушіння. Зменшення вологості з підвищенням температури спостерігається на всьому діапазоні виробничих режимів сушіння і звичайно апроксимується монотонними ділянками функцій експоненційного, гіперболічного або ступеневого типу [7-10]. Статистична оцінка точності подібних апроксимацій при реальних виробничих обмеженнях параметрів процесу не надає особливих переваг тій, чи іншій залежності.

Таким чином, для отримання більш зручних аналітичних рішень, приймемо зменшення вологості у вологій зоні матеріалу при підвищенні температури у вигляді оберненопропорційної залежності:

$$x = x_0 + \frac{\lambda'}{t'}, \quad (3)$$

де t' – температура матеріалу; x_0 ,

λ' – параметри апроксимуючої кривої.

Аналогічно вологість сушильного агента b збільшується зі зменшенням його температури в процесі сушіння і також апроксимується аналогічним виразом

$$b = b_0 + \frac{\lambda}{t}, \quad (4)$$

де t – температура сушильного агента;

b_0, λ – параметри апроксимуючої кривої.

Необхідно відмітити, що параметри апроксимуючої гіперболи визначаються за методом найменших квадратів [9], їх деталізація проведена при обґрунтуванні методики розрахунку інтегральних параметрів процесу на кожному ступені сушарки відповідно до рис. 1.

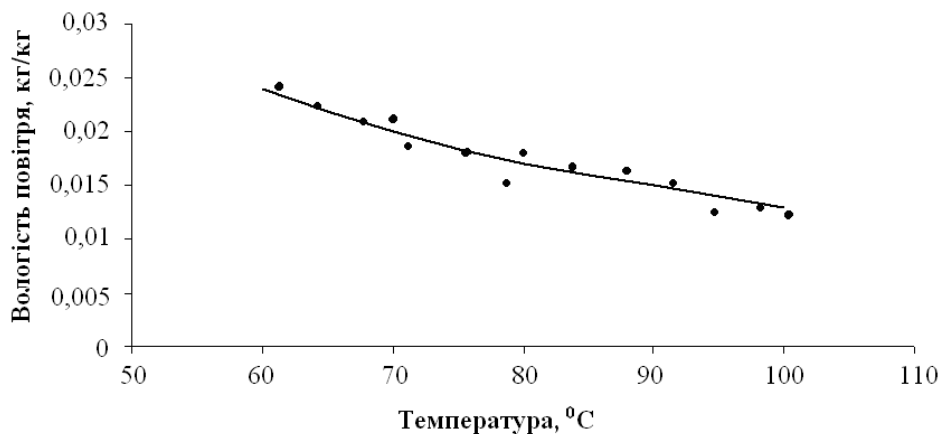


Рис. 1. Залежність вологості сушильного повітря від температури.

Використовуючи апроксимації (3), (4) для вологості матимемо систему:

$$\begin{cases} dt = \frac{-ks(t-t')}{\varepsilon \cdot c_s \cdot \rho_n \cdot b_0} d\tau \\ dt' = \frac{ks(t-t')}{\varepsilon_1 \cdot c_s \cdot \rho_m \cdot x_0} d\tau \end{cases} \quad (5)$$

Віднімаючи від першого рівняння друге, отримаємо простий диференціал, що легко інтегрується

$$d(t-t') = -\frac{ks}{c_s} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon \cdot \rho_n \cdot b_0} + \frac{1}{\varepsilon_1 \cdot \rho_m \cdot x_0} \right) (t-t') d\tau. \quad (6)$$

У результаті отримаємо кінетику процесу стосовно температур для i -го ступеню сушіння відповідно до рис. 2

$$\frac{t_{i-1} - t'_i}{t_i - t'_{i-1}} = \exp(-A\tau), \quad (7)$$

де A – кінетичний температурний параметр процесу.

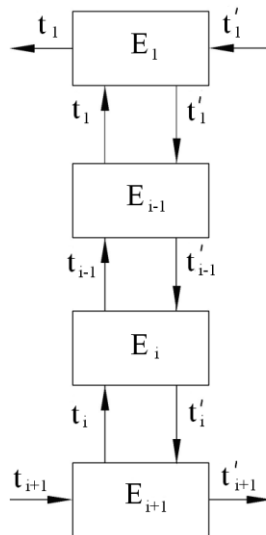


Рис. 2. Розрахункова схема гравітаційної багатоступеневої сушарки.

Аналогічні міркування дають підстави для запису кінетики переносу водяної пари у вигляді

$$\frac{x_i - b_{i-1}}{x_{i-1} - b_i} = \exp(-B\tau), \quad (8)$$

де B – кінетичний параметр транспорту вологи.

Таким чином, маємо два кінетичних рівняння з чотирма невідомими (t_{i-1} ; t'_{i-1} ; x_{i-1} ; b_{i-1}).

Додамо ще одне рівняння теплового балансу потоків зернового матеріалу та сушильного агента

$$gc_m(t'_i - t'_{i-1}) + gc_s(x_i t'_i - x_{i-1} t'_{i-1}) = Gc_n(t_i - t_{i-1}) + Gc_s(b_i t_i - b_{i-1} t_{i-1}), \quad (9)$$

де t'_i , x_i – відповідно температура та вологість матеріалу в i -му ступені сушарки;

t_i , b_i – відповідно температура та вологість повітря в i -му ступені сушарки;

c_i – теплоємність матеріалу;

c_w – теплоємність води;

c_n – теплоємність повітря;

g – витрата сухого матеріалу;

G – витрата повітря.

Замикання системи досягається останнім (четвертим) рівнянням матеріального балансу вологості потоків матеріалу та сушильного агента, що взаємодіють у протитечійному режимі

$$g(x_{i-1} - x_i) = G(b_{i-1} - b_i). \quad (10)$$

У запропонованому апараті для реалізації інтенсивних способів сушіння передбачається секціонування внутрішнього простору шляхом встановлення каскаду перфорованих полиць під деяким кутом, створюючи умови гравітаційного руху матеріалу вздовж полиць та його пересипання з однієї полиці на іншу. На кожній з полиць у такій конструкції створюється ефективно перемішування, властиве зваженому шару, при збереженні переваг організованого протитечійного режиму. У прийнятій розрахунковій моделі простір між полицями розглядається як окремий тепломасообмінний ступінь, а взаємодіючі потоки умовно розбиваються на ряд послідовно з'єднаних зон сушіння, в кожній із яких відбувається ідеальне перемішування. Рекурентна процедура передбачає попарне визначення температур і вологості матеріалу та сушильного агента (повітря) для кожного ступеню (секції) апарату, що утворюється між суміжними полицями. Розрахунок розпочинається з останнього ступеня, задаючись його кінетичними характеристиками (7,8), початковою температурою та вологістю нагрітого повітря, необхідними параметрами нагрітого зерна після сушіння. Алгоритм досить просто реалізується у прикладній програмі [9].

Розглянемо показники вологості взаємодіючих потоків на останніх двох ступенях процесу сушіння з ефективністю $E_i = (x_{i+1} - x_i)/(b_{i+1} - x_i)$ та $E_{i-1} = (x_i - x_{i-1})/(b_i - x_{i-1})$ на фрагменті розрахункової схеми багатоступеневої протитечійної сушарки відповідно до рис. 3.

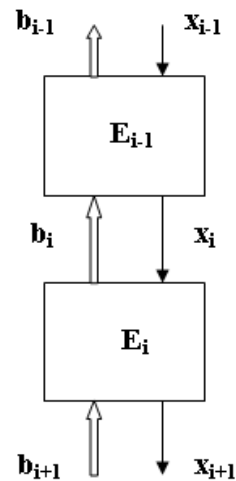


Рис. 3. Фрагмент розрахункової схеми багатоступеневого процесу сушіння.

Тоді система рівнянь, що зв'язують кінетику та матеріальний баланс вологості для i -го ступеня сушарки, матиме вигляд:

$$\begin{cases} x_i = \frac{x_{i+1} - E_i b_{i+1}}{1 - E_i} \\ b_i = b_{i+1} + \frac{q}{Q} E_i (x_i - b_{i+1}) \end{cases} \quad (11)$$

Припускаючи, для спрощення викладок, що сушильний агент (повітря) має нульову вологість, тобто $b_{i+1} = 0$, отримаємо таку систему:

$$\begin{cases} x_i = \frac{x_{i+1}}{1 - E_i} \\ b_i = \frac{q}{Q} E_i x_i \end{cases} \quad (12)$$

Для $(i-1)$ ступеню система (11) може бути записана аналогічно:

$$\begin{cases} x_{i-1} = \frac{x_i - E_{i-1} b_i}{1 - E_{i-1}} \\ b_{i-1} = b_i + \frac{q}{Q} E_{i-1} (x_{i-1} - b_i) \end{cases} \quad (13)$$

Враховуючи (12), вологість зернового матеріалу перед $(i-1)$ ступенем сушарки зростатиме таким чином

$$\begin{aligned}
 x_{i-1} &= \frac{\frac{x_{i+1}}{1-E_i} - E_{i-1}b_i}{1-E_{i-1}} = \frac{x_{i+1} - E_{i-1}b_i(1-E_i)}{(1-E_{i-1})(1-E_i)} = \\
 &= \frac{x_{i+1} - E_{i-1}(1-E_i)\frac{q}{Q}E_ix_i}{(1-E_{i-1})(1-E_i)} = \frac{x_{i+1} - E_iE_{i-1}\frac{q}{Q}x_{i+1}}{(1-E_{i-1})(1-E_i)} = x_{i+1} \frac{1 - \frac{q}{Q}E_iE_{i-1}}{(1-E_{i-1})(1-E_i)}
 \end{aligned} \quad (14)$$

Неважко побачити, що найпростіша апроксимація ефективності двох суміжних ступенів сушарки у вигляді функції (1) при фіксованому співвідношенні витрат взаємодіючих потоків зерна та сушильного агента $Q_i^{-1} = \frac{q}{Q}$ дає максимальне перевищення вологості

x_{i-1} над кінцевою вологістю матеріалу x_{i+1} за умови рівної ефективності ступенів, тобто $E_{i-1} = E_i = \text{idem}$.

Можна показати, що послідовне проведення аналогічної процедури для інших суміжних ступенів каскаду свідчить, що енергозберігаючий режим з максимальним зниженням вологості зерна досягається за умови однакової ефективності ступенів.

Висновки. Максимальне зниження вологості зерна в протитечійному енергозберігаючому режимі сушіння досягається за умови однакової ефективності ступенів, а зниження коефіцієнта вологовіддачі необхідно компенсувати більш тривалим часом перебування (контакту) зерна на цих ступенях. Результати математичного моделювання та експериментальних досліджень дозволяють провести оптимізаційний розрахунок гравітаційної поличної сушарки з визначенням конструктивних і технологічних параметрів процесу, при яких ефективність кожного зі ступенів каскаду буде максимальною.

Література:

1. *Burdo O.* Posibilități de sporire a eficienței energetice a procesului de uscarea a produselor dispersate / O. Burdo, I. Kazmiruk // Problemele energeticii regionale. – București. – 2008. – №1(6).– pp. 56-62.

2. *Артюхова Н.О.* Математична модель кінетики сушіння зернистих матеріалів у гравітаційних поличних апаратах / Н.О. Артюхова, М.П. Юхименко // Збірник тез доповідей I Міжнародної науково-технічної конференції "Хімічна технологія: наука та виробництво". – Суми: СумДУ. – 2012. - С. 99.

3. *Курсанов В.А.* Научные основы и принципы совершенствования процессов и аппаратов каскадной

пневмокласификации сыпучих материалов: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.17.08 / Кирсанов В.А. // Новочеркасск, 2005. – 391 с.

4. *Barsky E. Cascade Separation of Powders* / E. Barsky, M. Barsky. – Cambridge Int Science Publishing. – 2006. – 460 p.

5. *Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна* / Малин Н.И. – М.: Колос, 2004.–240 с.

6. *Гладков В.А. Вентиляторные градирни* / В.А. Гладков, Ю.И. Арефьев, В.С Пономаренко. – М.: Стройиздат, 1976. – 216 с.

7. Апарати завислого шару. Теоретичні основи і розрахунок / [Юхименко М.П., Вакал С.В., Кононенко М.П., Філонов А.П.]. – Суми: Собор, 2003. – 304 с.

8. *Муштаев В.И. Сушка в условиях пневмотранспорта* / В.И. Муштаев, В.М. Ульянов, А.С. Тимонин. – М.: Химия, 1984. – 232 с.

9. *Юхименко М.П. Методика рекурентного розрахунку гравітаційної поличної сушарки* / М.П. Юхименко, Н.О. Шандиба // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса. – 2011. – Вип. 39. – С.136-140.

10. *Коновалов В.И. Современные теории переноса при сушке* / В.И. Коновалов, Т. Кудра, Н.Ц. Гатапова // Вестник ТГТУ. –Тамбов. – 2008. – Том 14. – № 3. – С. 538-559.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОЙ АППРОКСИМАЦИИ В РАСЧЁТАХ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ СУШИЛОК

Артюхова Н.А.

Аннотация – представленная работа посвящена теоретическому описанию и экспериментальному исследованию кинетики сушки зернистых материалов в многоступенчатых аппаратах полочного типа.

THE APPLICATION OF TEMPERATURE- MOISTURE APPROXIMATION IN MULTISTAGE DRYERS CALCULATIONS

N. Artyukhova

Summary

This work is devoted to the theoretical description and experimental study of drying kinetics for the granular materials in multistage shelving apparatus.

УДК 637.5.04

ДИНАМІКА ПРОЦЕСУ ОКИСЛЕННЯ ВІТАМІНІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ ЖИРО-РОСЛИННИХ СУМІШЕЙ

Димитрієвич Л.Р., к.т.н.,

Степанова Т.М., ст.викладач

Сумський національний аграрний університет

Тел. (0542) 627837

Скуріхіна Л.А., к.т.н.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Анотація – У статті викладено матеріали щодо технології виробництва жиру – рослинних виробів та зміни вмісту в них жиророзчинних вітамінів залежно від складу цих сумішей, у процесі зберігання.

Ключові слова – жиру – рослинні суміші, окислення, каротиноїди, багатофункціональне призначення.

Постановка проблеми. Нами розроблені жиру – рослинні суміші, призначені для реалізації у підприємствах торгівлі та ресторанного господарства. Дані вироби можуть бути використані як у вигляді кулінарних виробів, так і напівфабрикатів високого ступеню готовності для виробництва холодних страв і закусок, перших та других страв.

Аналіз останніх досліджень. Особливістю виробництва жиру – рослинних сумішей є те, що всі основні процеси виконуються на високопродуктивному обладнанні м'ясопереробних підприємств, а на частку підприємств ресторанного господарства залишаються лише часткові операції з підготовки виробів до реалізації. Впровадження розроблених технологій дозволяє вирішити проблему ефективного використання свинячої жирової сировини, урізноманітнити асортимент продукції, що випускається, більш повно задовольнити потреби різних верств населення [1].

Формулювання цілей статті. Вивчення зміни складу жиророзчинних вітамінів у процесі зберігання нових розроблених жиру - рослинних виробів.

Основна частина. Принципова технологічна схема виробництва "Закуски апетитної" наведена на рис. 1.

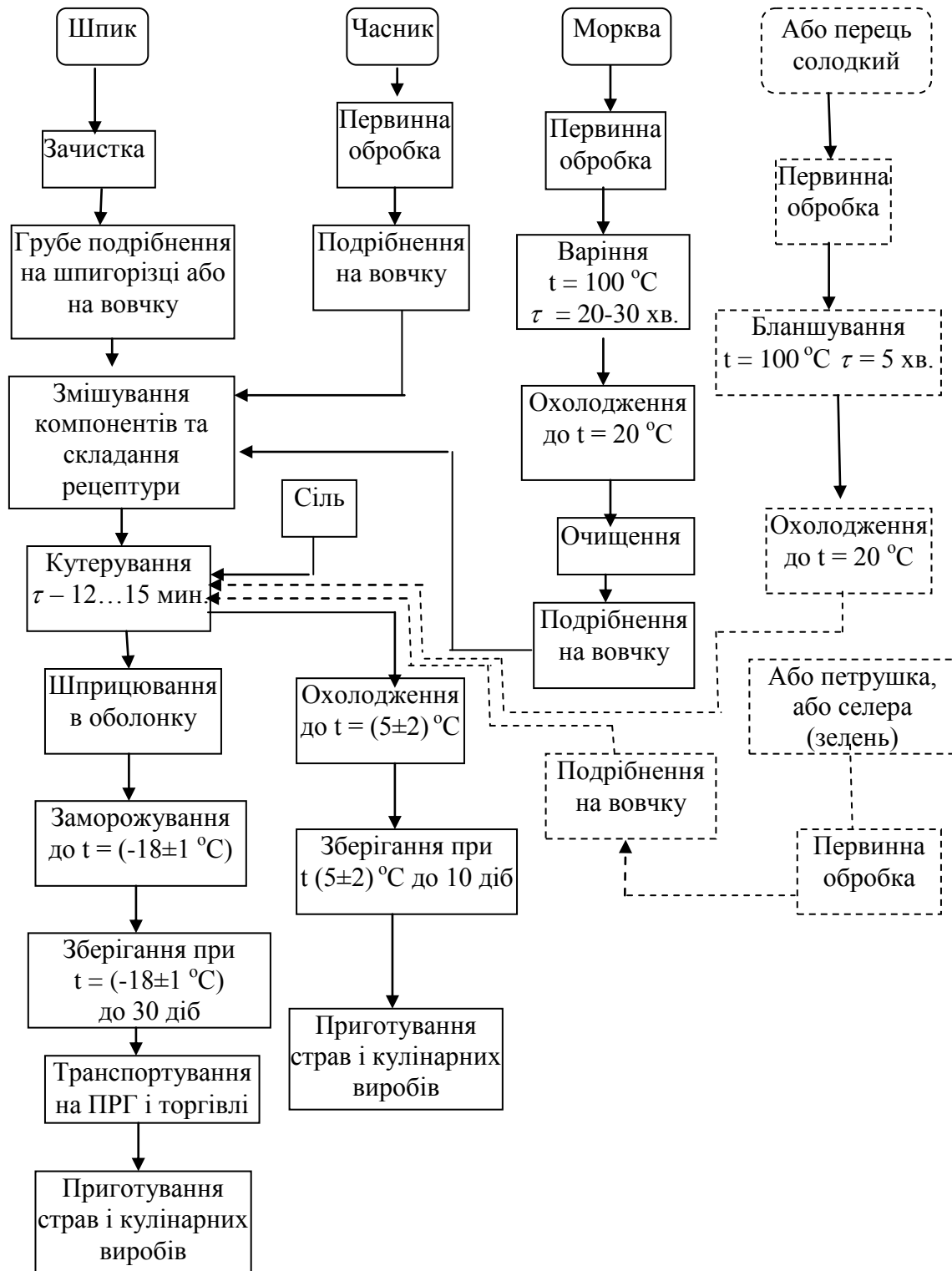


Рис. 1. Принципова технологічна схема приготування жиророслинних виробів "Закуска апетитна з морквою", "Закуска апетитна з солодким перцем", "Закуска апетитна з зеленню".

Матеріалами дослідження були жиророслинні суміші, приготовлені з морквою, із зеленню, з солодким болгарським перцем. Суміші були взяті в день приготування, та ті, що зберігалися до 30 діб.

Виріб "Закуска апетитна" має багатофункціональне призначення: для приготування бутербродів, холодних закусок, як наповнювач (фаршів) для виробництва м'ясних, рибних, овочевих страв і заправки для перших страв (борщів, капусняків та ін.).

Важливою характеристикою харчової цінності розроблених виробів є вміст вітамінів у продукті.

Варіювання у виробі "Закуска апетитна" складу та співвідношення рецептурних компонентів забезпечує зміни харчової цінності основного продукту - шпика свинячого з одночасним збагаченням його вуглеводним, мінеральним та вітамінним складом [2].

Кількісний вміст вітаміну А в ліпідах, виділених зі зразків визначали калориметричним методом на приладі Specord-UVViS.

Вимірювання оптичної густини проводили за довжини хвилі 328 Нм протягом (3...5) с.

Вміст у сумішах вітаміну Е визначали за методикою Emmeric А в модифікації Паранича А.В. [3]. Каротиноїди визначали спектрофотометричним методом за довжини хвилі 451 Нм і розраховували вміст (мг %), використовуючи коефіцієнт поглинання $E^{1\%}_{1\text{ см}} = 2580$.

У ході проведених досліджень було встановлено (таблиці 1, 2), що додавання до подрібненого шпику овочів призводить до значного збільшення вмісту в суміші вітамінів.

Таблиця 1 – Зміни вмісту вітамінів групи Е в жиророслинних сумішах у процесі зберігання при температурі $t = (5 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Тривалість зберігання, днів	Вміст моркви, %						Вміст зелені петрушки, %
	10	20	30	40	50	60	
1	2	3	4	5	6	7	8
Токоферол, мк моль/г							
0	0,96±0,04	1,96±0,05	1,72±0,08	2,08±0,1	2,36±0,1	2,95±0,2	0,95±0,04
15	0,94±0,04	1,67±0,07	1,64±0,08	2,01±0,1	2,26±0,1	2,86±0,2	0,91±0,04
30	0,93± 0,03	1,63±0,07	1,14±0,06	1,98±0,09	2,16±0,1	2,66±0,1	0,91±0,05
Окислений токоферол, мк моль/г							
0	0,38±0,1	0,41±0,02	0,52±0,02	0,53±0,01	0,67±0,03	0,76±0,03	0,47±0,03
15	0,57±0,02	0,62±0,03	0,67±0,03	0,71±0,03	0,69±0,03	0,88±0,04	0,59±0,02
30	1,16±0,06	1,37±0,06	1,57±0,07	1,70±0,08	1,74±0,08	1,68±0,08	0,97±0,04

Продовження таблиці 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
Токоферилхінон, Д/г							
0	0,44±0,02	3,61±0,01	3,94±0,1	4,41±0,2	4,66±0,2	5,90±0,2	0,37±0,01
15	0,46±0,03	4,02±0,02	3,96±0,2	4,98±0,3	4,83±0,2	5,92±0,3	0,41±0,02
30	0,56±0,03	4,62±0,02	3,99±0,2	5,08±0,3	5,27±0,3	6,07±0,3	0,48±0,02

Так, при введенні в суміш моркви від 10 до 60 % кількість вітамінів збільшується не менше ніж у 2 рази, а для каротину цей ріст сягає 7...8 разів.

У процесі зберігання кількість вітамінів у зразках знижується не істотно, зокрема для токоферолу і каротину на 4...5 %. У той же час кількість вітаміну А знижується за 30 діб зберігання на 20...34 % залежно від кількості овочів у зразках.

Таблиця 2 – Зміни вмісту вітамінів групи А в жиросітлинних сумішах у процесі зберігання при температурі $t = (5 \pm 2)^\circ\text{C}$

Тривалість зберігання, діб	Вміст моркви, %						Вміст зелені петрушки, %
	10	20	30	40	50	60	
Каротин, мк моль/г							
0	1,57±0,07	1,90±0,09	4,24±0,2	4,96±2,3	6,06±0,3	12,10±0,6	1,34±0,05
15	1,55±0,08	1,87±0,08	4,23±0,2	4,56±2,1	5,97±0,3	11,9±0,5	1,31±0,05
30	1,51±0,07	1,04±0,05	4,20±0,2	4,18±2,0	5,68±0,2	9,14±0,4	1,27±0,03
Вітамін А, наномоль/г							
0	42,0±2,0	52,0±2,5	60,0±3,0	73,0±3,5	80,0±4,0	89,0±4,5	40,2±2,0
15	35,0±1,7	47,0±2,3	53,7±2,5	69,2±3,4	76,4±3,5	80,1±4,0	30,7±1,0
30	27,8±1,4	39,5±2,9	43,9±2,1	51,4±2,5	69,7±3,1	70,5±3,6	24,8±1,0

Найбільш стійким у процесі зберігання виявився λ -токоферол, а найменш стійким вітамін А. Каротиноїди досить різноманітні за своєю хімічною будовою, проте всі вони ненасичені сполуки з довгим ланцюгом сполучених подвійних зв'язків (хромофор).

Внаслідок цього каротиноїди і вітамін А досить реакційно здатні та легко руйнуються під впливом зовнішніх факторів (світла, кисню, температури), швидко окислюються гідроперекисами, що утворюються при окисленні жиру. Токоферолу мало схильні впливові зовнішніх факторів: вони термостабільні, світло та повітря не завдають значного впливу на їх активність.

Вміст λ -токоферилхінону - основного продукту окислення λ -токоферолу в процесі зберігання зростає на 13,0...27,0 % залежно від кількості овочів. Відповідно, хоча антиокислювальна активність токоферолу при окисленні в токоферилхінон знизилась, проте вона ще

достатньо велика. Кількість окисленого токоферолу при зберіганні до 30 діб істотно зростає в 2,5...3,0 рази.

Висновки. Токоферолі є сильними відновниками. Їх здатність до легкому окисленню лежить в основі їх ефективності як антиоксидантів жирів, вітаміну А, каротиноїдів та ін. Найбільш стабільний серед вітамінів - вітамін Е дозволяє передбачити можливість відносно тривалого зберігання виробів на основі жиро-рослинних сумішей без погіршення органолептичних властивостей, що відбуваються в результаті окислення жирів.

Література:

1. *Аристархова С.А.* Вклад токоферолов в антирадикальные и антиокислительные свойства липидов печени / С.А.Аристархова, Е.Б. Бурлакова, Н.Г.Хромова // Биофизика-1993.-т.13.-вып.5- с. 857-861.

2. Химический состав пищевых продуктов : в 3-томах. Т. 1. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов – М. : ВО "Агропромиздат", 1987. - 224 с.

3. *Паранич А.Е.* Ускоренный метод контроля пищевой ценности полуфабрикатов для общественного питания / А.Е. Паранич // Всесоюз. научн. конф. "Проблемы индустриализации общественного питания страны".-Тез. докл. - Харьков, 1994. - с. 330.

ДИНАМИКА ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ ВИТАМИНОВ ПРИ ХРАНЕНИИ ЖИРО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Димитриевич Л.Р., Степанова Т.М., Скурихина Л.А.

Аннотация – в статье изложены материалы по технологии производства жиро -растительных изделий и изменения содержания в них жиро - растворимых витаминов в зависимости от состава этих смесей, в процессе хранения.

DYNAMIC OF THE OXIDATION PROCESS DURING OF STORAGE OF FAT- VEGETABLE MIXTURES.

L.R. Dymytrijevitch, T.M. Stepanova, L.A. Skurihina

Summary

The article runs about the materials concerning the fat vegetable production technologies and changes in fat vegetable vitamins, containing in them, depending on the mixture content in the process of storage.

УДК 664-035.2:[66.047+66.061.3]:544.034

БАРОДИФУЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Капетула С.М., аспирант,

Бурдо О.Г., д.т.н.

ОНАПТ (Одесская национальная академия пищевых технологий)

Тел. (093) 403-24-43

Аннотация – в статье рассмотрены направления развития пищевых нанотехнологий. Дан анализ механизмов новых комбинированных процессов переноса на основе волновых бародиффузионных технологий. Рассмотрены энергетические аспекты использования этих технологий при экстрагировании. Приведены примеры практического использования волновых бародиффузионных технологий при производстве масла.

Ключевые слова – масло амаранта, экстрагирование, интенсивность массопереноса, бародиффузия.

Введение. Процессы экстрагирования в современных пищевых технологиях производства сахара, масел, растворимого кофе, коньячных спиртов являются ключевыми, определяющими как качество, так и экономические показатели предприятия. Однако, как правило, это достаточно трудоемкий и низкоэффективный процесс. Например, в коньячных технологиях процесс экстрагирования продолжается годами. Использование принципов нанотехнологий (НТ) позволит существенно интенсифицировать процесс экстрагирования за счет эффекта комбинированного электрофизического воздействия импульсным электромагнитным полем (ИЭМП) [1].

Постановка проблемы. Технологии извлечения масла из зерен амаранта не отвечают современным требованиям. Процессы экстрагирования продолжительны, энергоемки. Технологии экстрагирования хладонами при сверхкритических давлениях требуют громоздкого оборудования, гексановые технологии не обеспечивают растущих требований экологической безопасности масла.

Цель. Разработать технологии получения экологически безопасного масла амаранта с высоким содержанием ценных компонентов (сквалена, токоферолов и пр.) при снижении уровня энергетического воздействия, энергоемкости и продолжительности процесса экстрагирования.

Анализ литературных источников по теме исследования. Управление процессами переноса на уровне наномасштабных объектов пищевого сырья с помощью полного использования поверхностных явлений на наномасштабе отвечает определению НТ. Предметом исследований в пищевых НТ являются микроорганизмы (размер от 7 нм), нанопоры и нанокапилляры растительного сырья (от 5 нм), оболочки клеток (7...30 нм), белок (10...100 нм), полисахариды (1...10 нм) и молекулы воды ($\approx 0,15$ нм). Именно на эти объекты нацелены основные этапы пищевых технологий [2].

Научные основы пищевых НТ включают: гипотезу бародиффузионного переноса из наномасштабных элементов сырья [3], термодинамическую схему нанопроцесса и тепломеханическую модель растительной клетки [3, 4], кинетическую модель массопереноса [5]. Проведена классификация процессов пищевых НТ [6], обоснованы перспективные пути развития ПНТ [7]. Предложено число энергетического воздействия: $Bu = N (r w d^2 \rho)^{-1}$ для учета влияния действия ИЭМП. Физический смысл числа Bu заключается в том, что устанавливается соотношение между энергией излучения и той энергией, которая необходима для преобразования в пар всей воды, которая находится в продукте. В соотношении (r – теплота фазового перехода, а ρ – плотность воды). Число Bu характеризует микро- и нанокинетику массопереноса бародиффузией [3, 5].

На сегодняшнее время имеются факты, объяснить которые можно только с позиций нанонаук (изменения и трансформации структуры вкусовых и ароматических комплексов продукта, стерилизация микроорганизмов при пониженных температурах и т.п.). Причина этих фактов общая – действие электромагнитного поля. [2...8]. Научные гипотезы подтверждены на практике. В условиях коньячного производства прошли испытания экстрактора с электромагнитным интенсификатором. В различных режимах эксплуатации интенсивность массопереноса возросла в десятки и тысячи раз. Дегустаторы отметили положительные структурные изменения в продукте, в первую очередь, ароматических компонентов. Появляется возможность на наномасштабном уровне строить букет коньячного спирта. В технологии кофе степень извлечения компонентов из зерен повышается на 15 %. Обеспечивается атмосферное давление в аппарате, температура процесса не выше 100°C . Энергетические затраты снижаются на 50 %. Опытные образцы растворимого жидкого 60 % концентрата кофе «ЖИКО» имеют высокие вкусовые характеристики [5].

Механизмы бародиффузии способны существенно интенсифицировать процессы активации сырья и инактивации микроорганизмов [8]. Использование нанотехнологических подходов

позволило получить чистую воду с содержанием солей менее 4 мг/кг [9, 10], экологически чистый концентрат жидкого дыма [6], масла [11].

Результаты исследований. Методика экспериментального исследования заключалась в следующем. Целые и дробленые зерна помещали в стеклянную колбу и подвергали влиянию электромагнитного поля в течение 20 – 24 минут при разной мощности микроволнового поля. В процессе обработки температура реакционной массы повышалась до 68 – 70 °С [12]. Типичные кинетические зависимости процесса экстрагирования из растительного сырья (в данном случае зерна амаранта) представлены на рис. 1 и рис. 2.

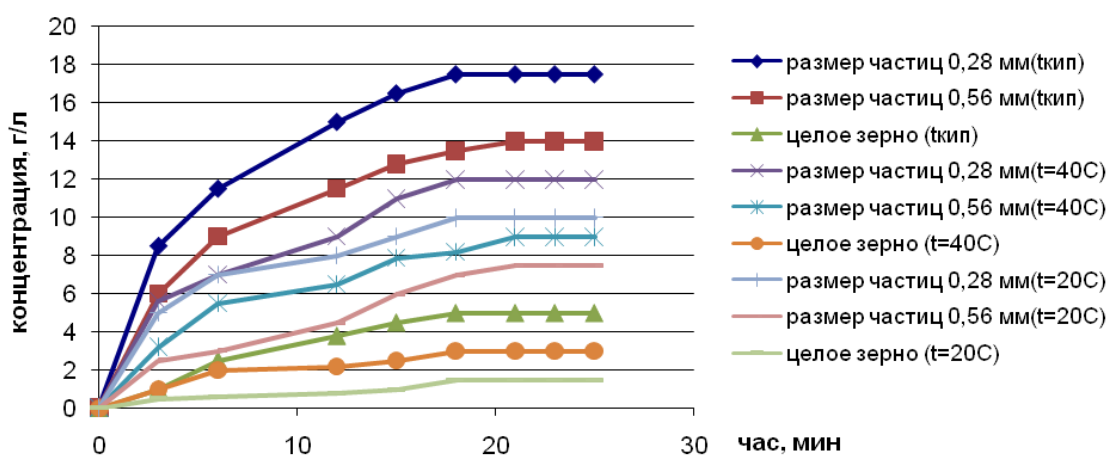


Рис. 1. Зависимость концентрации от времени при использовании растворителя – спирта.

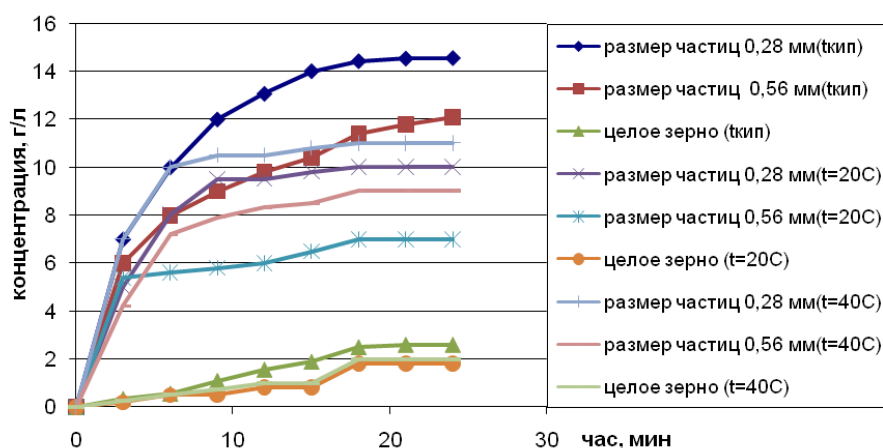


Рис. 2. Зависимость концентрации от времени при использовании растворителя – гексана.

Для активации молекул используют электромагнитное поле, которое приводит к движению частиц. Образующий слой частиц приводит к турбулизации потока и эффективному перемешиванию реакционной массы. Турбулизация потока и действие электромагнитного поля приводит к изменению коэффициента массопереноса и скорости процесса [13].

Организация микроволновой обработки в процессе движения потока во внешнем циркуляционном контуре гарантирует развитие бародиффузионных процессов во всем объеме сырья. Такое решение, выбор экологически безопасного экстрагента и режимных параметров (кратность циркуляции и размеры частиц твердой фазы) обеспечивают получение масел высокого качества из растительного сырья (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный выход масла

Масса образца, кг	1,2	2,7
Растворитель	спирт	гексан
Время экстрагирования, мин	16	12
Температура, °С	76	40
Выход масла, %	5,75	3,8

Достоинством бародиффузионных технологий есть то, что с их помощью улучшается выход из твердой фазы молекул и соединений. Именно это позволяет увеличить степень извлечения сквалена и токоферолов при производстве масла амаранта.

Таблица 2 – Сравнение показателей качества

Растворитель	Массовая доля сквалена, г/кг	Массовая доля токоферолов, мг/кг		
		А	β	δ
гексан	8,2	301	410	96
спирт	33,1	402	855	181

Из таблицы 2 видно, что при экстрагировании спиртом можно в четыре раза увеличить выход более ценного компонента – сквалена. Почти в два раза увеличился выход токоферолов. Полученные результаты доказывают высокую эффективность способа экстрагирования при использовании влияния микроволнового поля.

Вывод. В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в сравнении с классическими технологиями интенсификации процесса тепломассопереноса использование МВ-технологий представляется реальным и очень перспективным.

На основании полученных данных видим, что за счет влияния электромагнитного поля можно получить больший процентный выход масла с более ценными компонентами, сократить длительность технологического процесса и интенсифицировать его, а также снизить затраты энергии.

Литература:

1. *Бурдо О.Г.* Энергетический мониторинг пищевых производств / О.Г. Бурдо // – Одесса: Полиграф – 2008 – С. 244.
2. *Burdo O.G.* Heat pipes, heat pumps, refrigerators, power sources [Text] / O.G.Burdo, V.N. Bandura, I.I. Yarovoy, N.V. Ruzhitskaya. // Proceedings of the VIII Minsk International Seminar Held in Minsk, Belarus, 12 – 15September 2011. – Vol. 1 – p. 155 – 161.
3. *Бурдо О.Г.* Наномасштабные эффекты в пищевых технологиях / О.Г. Бурдо // Инженерно-физический журнал. Минск – т.78 – № 1 – 2005. – С.88 – 93.
4. *Бурдо О.Г.* Мікро – і нанотехнології – новий напрямок в АПК / О.Г. Бурдо // Наукові праці. – Випуск 29 – Одеса: Одеська національна академія харчових технологій – 2006 – С. 3 – 9.
5. *Бурдо О.Г.* Экстрагирование в системе «кофе – вода» / О.Г. Бурдо, Г.М. Ряшко // Одесса – 2007 – С. 176.
6. *Бурдо О.Г.* Энергетическая эффективность пищевых нанотехнологий / О.Г. Бурдо, О.Б. Рибіна, А.С. Сталімбовская // Інтегровані технології та енергозбереження – Харьков: НТУ „ХП” 2006.– № 2.
7. *Бурдо О.Г.* Нанотехнологии. Флагманские, перспективные и фундаментальные проекты в АПК / О.Г. Бурдо // Наук. праці Од. націон. акад. харчових технологій. – Одеса: 2006. – Вип. 28, Т2. – с. 242 – 251.
8. *Бурдо О.Г.* Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле / О.Г. Бурдо, О.Б. Рыбина // – Одесса: Полиграф – 2010 – С.200.
9. *Burdo O.G.* Intensification of processes of low-temperature separation of food solutions [Text] / O.G. Burdo, E.A. Kovalenko, D.A. Kharenko // Applied Thermal Engineering, № 28 2008. – p. 311 – 316.
10. *Бурдо О.Г.* Техника блочного вымораживания / О.Г. Бурдо, С.И. Милинчук, В.П. Мордынский, Д.А. Харенко // – Одесса: Полиграф, 2011 – С. 294.
11. *Бурдо О.Г.* Энергетическая стратегия развития агропромышленного комплекса в условиях кризиса / О.Г. Бурдо, С.М. Буйвол В.Н. Бандура // – Probleme energeticii regionale – Молдова – № 1(9) 2009 – с. 7 – 12.

12. Бурдо, О.Г. Екстрагування олії з насіння амаранту та ріпака / О.Г. Бурдо, С.М. Буйвол, В.М. Бандура, П.І. Светлічний // Збірник наукових праць ОНАХТ – 2009. – Вип. 36 – Т. 1 – С. 302 – 307.

13. Бурдо О.Г. Кінетика екстрагування олії із рослинної сировини з використанням мікрохвильового поля / О.Г. Бурдо, С.М. Буйвол, В.М. Бандура // Збірник статей «Новітні тенденції у харчових технологіях та якість та безпечність продуктів» – Львів – 2012 – С. 29 – 33.

БАРОДИФУЗІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Капетула С.М., Бурдо О.Г.

Анотація – у статі розглянуто напрямки розвитку харчових нанотехнологій. Наведений аналіз механізмів нових комбінованих процесів переносу на основі хвильових бародифузійних технологій. Розглянуті енергетичні аспекти використання таких технологій при екстрагуванні. Наведені приклади практичного використання хвильових бародифузійних технологій при виробництві олії.

BARODIFFUSION TECHNOLOGIES FOR PROCESSING PLANT RAW MATERIALS

S. Kapetula, O. Burdo

Summary

The food nanotechnologies development directions have been considered in the paper. The analysis of new combined wave barodiffusion technologies based transport process mechanisms has been given. Energy aspects of using there technologies in extraction have been considered. The example of ware and barodiffusion technologies practical use in oil have been provided.

УДК 634.1.076:637.14

ОБГРУНТУВАННЯ ВМІСТУ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ У СКЛАДІ НАПІВФАБРИКАТІВ ДЕСЕРТНОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

Плотнікова Р.В., інженер,

Гринченко Н.Г., к.т.н.,

Пивоваров П.П., д.т.н.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Тел. (057)-349-45-74

Анотація – дану роботу присвячено визначенню параметрів введення плодово-ягідної сировини до складу напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної сировини.

Ключові слова – десертна продукція, регулювання сольового складу, термостабільність.

Постановка проблеми. Науковцями та виробниками за останні роки зроблено значний поступ у розвитку харчової та переробної промисловості. Напруження конкурентної боротьби змушує шукати нові шляхи, що визначає інноваційну діяльність як основну умову розвитку галузі. Вектором якісного розвитку десертної продукції є інновації, що базуються на створенні та використанні нововведень. Новими технологіями є саме ті, що цілеспрямовано формують комплекс фізико-хімічних та органолептичних показників десертної продукції за рахунок використання нових технологічних рішень.

На сьогоднішній день одним із пріоритетних напрямів у виробництві десертної продукції є купажування молочної сировини з фруктовими наповнювачами. Останнє обумовлюється унікальним складом молока з огляду на фізіологічну цінність і вміст незамінних компонентів харчування (білки, жири, мінеральні речовини тощо) та доцільність використання плодово-ягідної сировини з фізіологічної та технологічної точок зору, що є джерелом життєво важливих макро- й мікронутрієнтів, які окрім харчової цінності визначають органолептичні властивості продукції – смак, колір, аромат та інше. Проте введення плодового-ягідної сировини до молока є обмежуючим фактором з огляду на формування нетермостабільних харчових систем під час теплової обробки [1].

Аналіз останніх досліджень. Аналіз літературних джерел [1, 2] вказує на те, що важливим показником у формуванні термостабільних систем на основі молока є колоїдна стійкість, що зв'язана зі складом

сольової системи. З огляду на це у навчальній, спеціальній та науковій літературі наводяться дані про цілеспрямоване її регулювання шляхом застосування іонного обміну, який, володіючи високою вибірковістю, дозволяє виділити окремі компоненти із складних систем, до яких відноситься молоко [3, 4]. Слід зазначити, що впровадження у виробництво іонного обміну дозволяє змінювати сольовий склад молочної сировини, знижувати кислотність і підвищувати її термостабільність; останнє є необхідним у рамках функціонування систем на основі молочної та плодово-ягідної сировини, що може бути покладено в концепцію створення напівфабрикатів для виробництва десертної продукції, де передбачається теплова обробка.

На сьогоднішній день науковцями запропоновано підвищення стабільності молочної сировини методом іонного обміну як за рахунок використання іонообмінних матеріалів (іонітів), так і шляхом введення солей стабілізаторів, забезпечуючих мінімальну зміну хімічного складу [3]. З урахуванням того, що в літературних джерелах [5] наведені дані щодо неоднозначної думки науковців відносно безпечності сучасних технологій регулювання сольового складу молока, існує доцільність виявлення та впровадження більш ефективних засобів іонообміну, що, з одного боку, є безпечними для здоров'я, а з іншого, – сприятиме отриманню молочної сировини з підвищеною термо- та кислотостабільністю. Авторами даної роботи у попередніх дослідженнях [6] встановлено доцільність регулювання сольового складу молочної сировини шляхом використання іотропного комплексоутворювача – альгінату натрію. Останнє за певних параметрів дозволяє отримувати термостабільні харчові системи за високих для молочної сировини значень активної кислотності.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є обґрунтування виду та вмісту плодово-ягідної сировини, використання якої, з одного боку, дозволить збагатити десертну продукцію на вітаміни, мінеральні речовини, незасвоєвані полісахариди, а, з іншого, – за умов регулювання сольового складу забезпечити термостабільність харчової системи.

Основна частина. На основі аналітичних досліджень з огляду на органолептичні властивості встановлено доцільність використання соку концентрованого полуниці, чорної смородини та пюре абрикоси. Експериментально досліджено хімічний склад й фізико-хімічні показники плодово-ягідної сировини, використання якої передбачається у складі напівфабрикатів десертної продукції (таблиця 1).

Таблиця 1 – Хімічний склад та фізико-хімічні показники плодово-ягідної сировини

Найменування показника	Вміст		
	Сік концентрований полуниці	Сік концентрований чорної смородини	Пюре абрикосове
Масова частка сухих речовин, %	66,3	65,5	16,0
Масова частка білку, %	2,8	1,4	0,5
Масова частка вуглеводів, %, в т.ч.	60,2	62,7	14,0
моно- та дисахариди	47,9	39,6	13,7
клітковина	-	0,5	0,3
Органічні кислоти, %, в перерахунку на лимонну кислоту	1,1	1,3	1,0
Мінеральні речовини, %, в т.ч.			
калій, мг%	1405	1345	183
натрій, мг%	22	12	2
кальцій, мг%	146	137	12
магній, мг%	113	52	6
фосфор, мг%	177	121	18
Вітамін С, мг%	10	450	4,07
Активна кислотність, одиниць рН	2,9	2,3	3,29
Густина, г/см ³	1,33	1,34	1,21

Аналіз даних, приведених у таблиці 1, дозволяє стверджувати, що плодово-ягідна сировина відрізняється за хімічним складом й фізико-хімічними показниками та введення її до складу сприятиме формуванню відмінних однієї від одної за властивостями систем. Так, за вмістом сухих речовин у концентратах соків, де цей показник складає 65,5...66,3%, використання їх у системі сприятиме введенню за меншої концентрації та меншому розбавленню системи, що формується за умов введення до молока плодово-ягідної сировини. Крім того, з огляду на важливість показника активної кислотності та вмісту органічних кислот, що становить для концентратів соків полуниці та чорної смородини 2,9% та 2,3% й 1,1% та 1,3% відповідно, зрозуміло, що введення такого виду плодово-ягідної сировини повинно бути обґрунтовано з огляду на колоїдну стабільність молока. З даних видно, що використання як плодово-

ягідної сировини пюре абрикоси сприятиме введенню його в систему за більших концентрацій порівняно з концентратами соків. З огляду на поживні властивості слід констатувати, що сировина, використання якої передбачається у складі напівфабрикатів десертної продукції, є джерелом мінеральних речовин та вітаміну С, вміст останнього в концентраті соку чорної смородини становить 450 мг%.

З огляду на попередні дослідження авторів [6, 7] важливим при створенні системи на основі молока та плодово-ягідної сировини, що в подальшому піддається регулюванню сольового складу з метою забезпечення колоїдної стабільності, є значення показника активної кислотності, який необхідно забезпечити на рівні 5,0...5,5. З метою обґрунтування кількості плодово-ягідної сировини в складі суміші досліджено активну кислотність систем залежно від масової частки останньої (рис. 1).

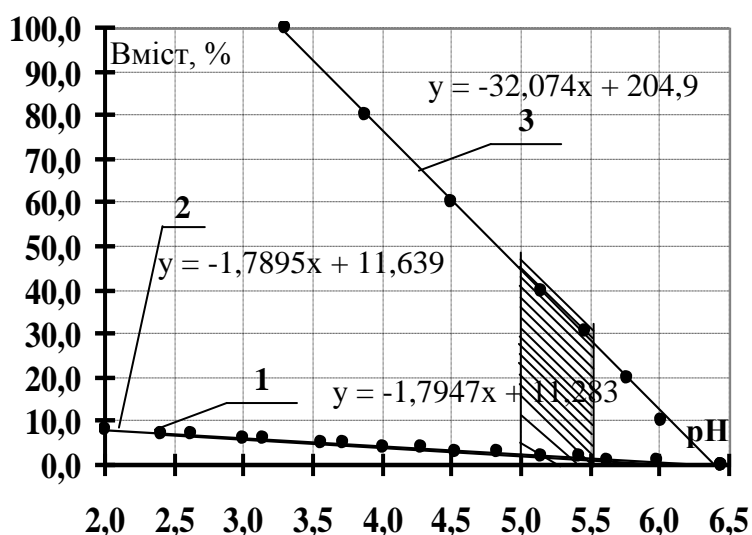


Рис. 1. Зміна активної кислотності систем залежно від вмісту плодово-ягідної сировини:

1 – сік концентрований смородини; 2 – сік концентрований полуниці; 3 – пюре абрикосове.

На основі отриманих експериментальних даних (рис. 1) встановлено, що інтервал активної кислотності 5,0...5,5 досягається за використання: соку концентрованого смородини за вмісту його у кількості 1,4...2,3%, соку концентрованого полуниці – 1,8...2,7%, пюре абрикосового – 28,5...44,5%.

На основі попередньо встановлених закономірностей [6] передбачаємо, що регулювання сольового складу за рахунок іонообміну, який досягається за умов використання іотропного комплексоутворювача – альгінату натрію, призведе до підвищення

даного показника в ході технологічного процесу. З урахуванням встановлених інтервалів концентрації плодово-ягідної сировини у складі суміші, на основі дослідження активної кислотності, важливим є поведження систем під час теплової обробки після регулювання сольового складу. Основними показниками, що можуть вказувати на стабільність систем під час теплової обробки є оптична густина та середній діаметр міцел казеїну, результати дослідження яких наведено на рис. 2.

З представлених даних на рис. 2 видно, що всім зразкам притаманний загальний характер підвищення показників оптичної густини (рис. 2 а, в, д) та середнього діаметра казеїну (рис. 2 б, г, е) за умов підвищення температури. Криві мають лінійний відрізок, на якому не відбувається збільшення показників оптичної густини та середнього діаметру міцел казеїну, що свідчить про стабільність систем під час теплової обробки. При цьому діапазон температур стабільності систем обумовлено концентрацією плодово-ягідної сировини у складі суміші і, як наслідок, активної кислотності систем, які підлягали дослідженню. Так, зміна характеру кривих (закінчення лінійного відрізка та отримання перегину) відбувається залежно від вмісту плодово-ягідної сировини за температури 40 °С (рис. 2, криві 3), 60 °С (рис. 2, криві 2) та 70 °С (рис. 2, криві 1), що вказує на дестабілізацію молочної сировини за подальшого нагрівання. Отримані дані, ймовірно, пояснюються наступним. У системі присутня відмінна концентрація іонів кальцію, що є фактором термостабільності. З урахуванням однакових умов проведення процесу регулювання сольового складу в суміші залишається різна кількість іонів кальцію, що не приймає участь у іонообміні з огляду на сорбційну ємність альгінату натрію, і, як наслідок, залишається у системі як фактор термостабільності та може визвати осадження на казеїнаткальційфосфатний комплекс, внаслідок чого утворюються міцели з більшим діаметром, що здатні до агрегації. Підвищення оптичної густини за подальшого нагрівання, ймовірно, пояснюється підвищенням середнього діаметру казеїнових міцел під час теплової обробки внаслідок денатурації β -лактальбуміна та осадження на міцелах казеїну кальцію, що залишається у системі після проведення процесу.

Відмінні початкові значення оптичної густини та середнього діаметру міцел казеїну, ймовірно, пов'язані із використанням різного виду сировини, що вказує на спорідненість отриманих результатів для концентратів соків, та відмінність їх з пюре абрикоси. Останнє, вірогідно, пов'язано із вмістом сухих речовин, щільністю (таблиця 1) та товарною формою.

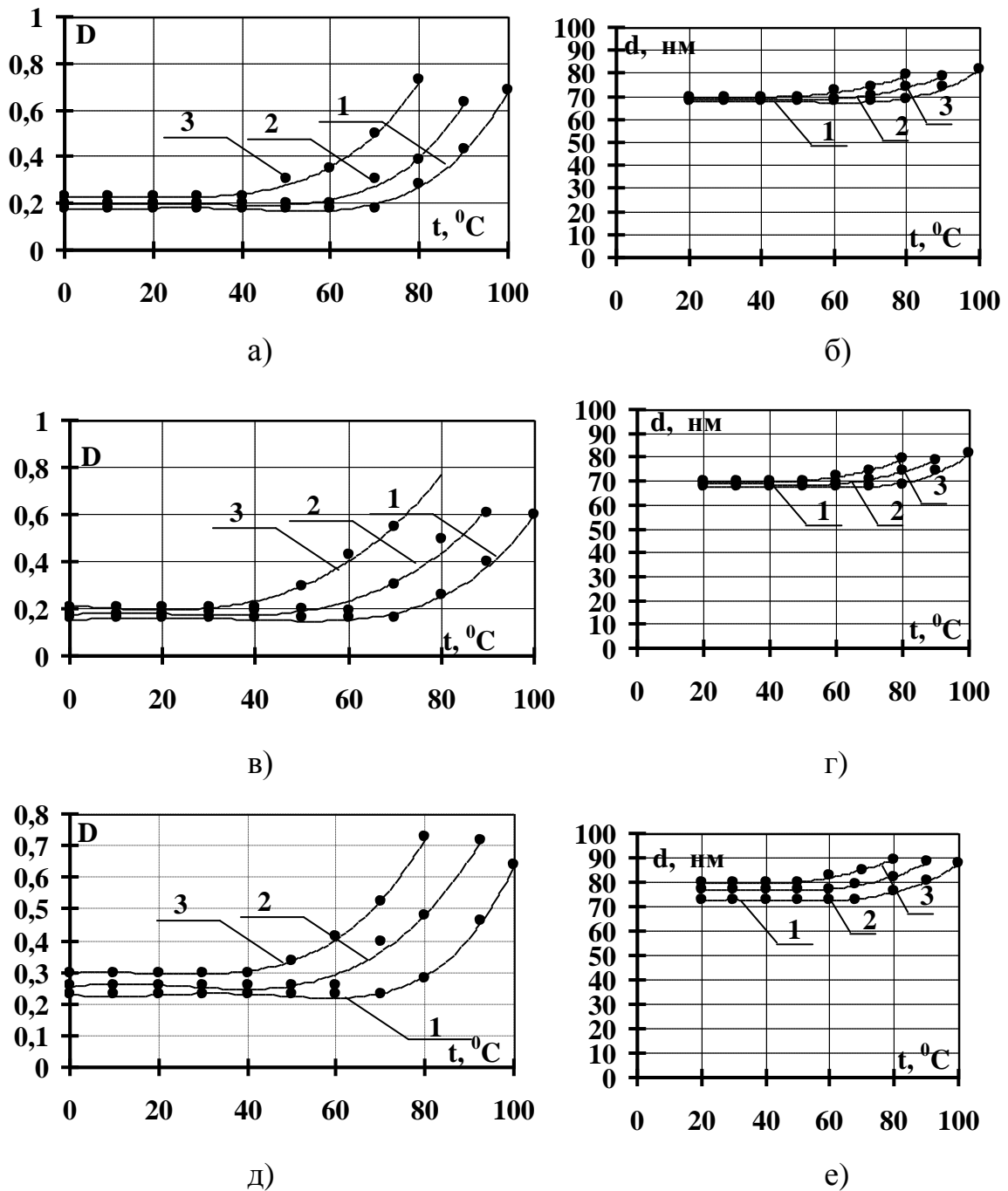


Рис. 2. Дослідження залежності оптичної густини (а, в, д) та середнього діаметра казеїну (б, г, е) від температури суміші молочної сировини та соку концентрованого смородини чорної (а, б) за концентрації останнього: 1 – 1,4% (рН 5,5); 2 – 1,9% (рН 5,3); 3 – 2,3% (рН 5,0); соку концентрованого полуниці (в, г) за концентрації плодово-ягідної сировини: 1 – 1,8% (рН 5,5); 2 – 2,3% (рН 5,3); 3 – 2,7% (рН 5,0); пюре абрикосового (д, е) за концентрації останнього: 1 – 28,5% (рН 5,5); 2 – 36,5% (рН 5,3); 3 – 44,5% (рН 5,0).

З урахуванням процесу теплової обробки у виробництві напівфабрикатів десертної продукції доцільним є використання соку концентрованого полуниці за концентрації у суміші 1,8%, соку концентрованого смородини чорної – 1,4%, пюре абрикоси – 28,5%, що обґрунтовується отриманими результатами дослідження (рис. 2, криві 1).

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено доцільність використання у складі напівфабрикатів як плодово-ягідної сировини соку концентрованого полуниці та смородини чорної і пюре абрикоси за концентрацій, які обґрунтовано дослідженнями активної кислотності, оптичної густини суміші та середнього діаметру казеїнових міцел молочної сировини. Подальше формування споживних властивостей рецептурної суміші буде базуватись на отриманих результатах із введенням інших рецептурних компонентів за обґрунтованих концентраціях.

Література:

1. Горбатова К.К. Химия и физика белков молока / К. К. Горбатова/ – М. : Колос, 1993. – 192 с.
2. *Marianthi Faka.* The effect of free Ca^{2+} on the heat stability and other characteristics of low-heat skim milk powder [Text] / Lewis Mike J., Grandison Alistair S., Deeth Hilton // Int. Dairy J. 2009. – 19 № 6-7. – P. 386-392.
3. Соколова Л.И. Применение ионообменных процессов для повышения термостабильности молока : автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук : спец. 15.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов» / Соколова Лидия Михайловна; Московский технол. ин-т мясн. и мол. пром-ти. – М., 1975. – 21 с.
4. Донская Г.А. Способы повышения термостабильности молока / Г.А. Донская, Г. П. Тихомирова. – М. : Агропромиздат, 1982. – 165 с.
5. Донская Г.А. Использование ионообменных процессов для регулирования состава и свойств молочного сырья и получение экологически чистой продукции / Г.А. Донская, Г.П. Тихомиров // Переработка молока. – 2004. – №9. – С. 27-29.
6. Плотнікова Р.В. Підвищення термостабільності молока шляхом регулювання його сольового складу / Р. В. Плотнікова, Н. Г. Гринченко, П. П. Пивоваров // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв. – Харків : ХДУХТ, 2010. – С. 94-99.
7. Плотнікова Р.В. Розробка технологічного процесу виробництва напівфабрикатів для десертної продукції / Р. В. Плотнікова // Технологія і безпечність продуктів харчування. – 2011 – № 2 (15). – С. 77-82.

**ОБОСНОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО
СЫРЬЯ В СОСТАВЕ ПОЛУФАБРИКАТОВ ДЕСЕРТНОЙ
ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ**

Плотникова Р.В., Гринченко Н.Г., Пивоваров П.П.

Аннотация – данная работа посвящена определению параметров введения плодово-ягодного сырья в состав полуфабрикатов десертной продукции на основе молочного сырья.

**BACKGROUND OF FRUITBERRY RAW STOCK IN SEMIS
DESSERT PRODUCTS BASED ON RAW MILK**

R. Plotnikova, N. Grynchenko, P. Pyvovarov

Summary

This article is devoted to the determination of the parameters input raw fruits and berries to the semi-dessert products from raw milk.

УДК 631.363:633.8

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРЕСА НА СПОЖИВАНУ НИМ ПОТУЖНІСТЬ

Горбенко О.А., к.т.н.,

Стрельцов В.В., інженер,

Горбенко Н.А., інженер

Миколаївський національний аграрний університет

Тел. (0512) 34-01-91

Анотація – дану роботу присвячено теоретичному аналізу процесу віджимання олійного матеріалу в шнековому пресі.

Ключові слова – шнековий прес, віджимання, потужність, ефективність, олійність, вологість, деформація, емпіричний коефіцієнт, математичне моделювання.

Постановка проблеми. Розвиток виробничої бази масложирової промисловості відбувається у даний час як за рахунок реконструкції діючих крупних олієекстракційних виробництв, так і створення малих переробних підприємств, наближених до виробників сільськогосподарської сировини. Поява великої кількості малих виробництв по переробці олійної сировини є наслідком економічного напрямку розвитку країни в умовах переходу до ринкових відносин. Забезпечення конкурентоспроможності малих підприємств досягається зниженням витрат на створення і експлуатацію виробництва, а також за рахунок підвищення виходу і якості продукції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За останні декілька років у зв'язку із змінами в народногосподарському комплексі країни, виникла необхідність в обладнанні для підприємств малої потужності, що працюють в області переробки сільськогосподарської сировини. Зокрема, стали з'являтися зразки обладнання і для малих олійних заводів. В основному це преса з малою продуктивністю, без додаткового обладнання.

Ефективно працюючий прес повинен забезпечувати необхідну продуктивність і глибоке віджимання при оптимальних техніко-економічних показниках.

До теперішнього часу не існує повної теорії роботи шнекових пресів і їх створення, в основному, спирається на експериментальні дослідження і емпіричні залежності, отримані на основі експериментів.

Над даною проблемою працювали вчені: А.І. Скипін, А.М. Голдовський [1], В.А. Масліков, В.В. Белобородов, Г.В. Зарембо-Рацевіч, В.Т. Алимов, В.П. Кичигин, Ю.А. Толчинський, Ю.П. Кудрін, В.С. Морозов, Г.Є. Мірошник та ін., а також ряд закордонних авторів: R.T. Anderson, H.G. Schwartzberg, M.T. Shirato, V.S. Vadke, F.W. Sosulski, C.A. Shook, G.C. Mrema, P.B. McNulty та ін.

Мета досліджень. Проведення теоретичного аналізу процесу віджимання олійного матеріалу в шнековому пресі.

Результати досліджень. На початку і середині 50 років питаннями дослідження процесу пресування соняшникової мезги пресом типу ФП займався В.А. Масліков.

Шнековий прес має дві сторони роботи - кількісну і якісну сторону. Кількісна сторона роботи шнекового преса охоплює: продуктивність, потужність, потрібну для роботи преса. Якісна сторона роботи преса охоплює залишкову олійність матеріалу. Тому в зв'язку з повною відсутністю теорії роботи шнекового преса, метою роботи став розгляд теоретичних і практичних сторін кількісної роботи олієвіджимного преса.

Дослідження В.А. Маслікова [2, 3] стосувалися як конструктивної, так і технологічної сторін роботи пресу [4, 5]. Аналіз робіт попередників як в колишньому СРСР, так і закордонних авторів підтвердив складність процесів, що відбуваються при пресуванні на шнековому пресі. Теорія, яка задовільно пояснює ці процеси, повинна базуватися на цілому ряду розділів науки, таких, як механіка твердого тіла, гідравліка та ін.

Зі слів В.А. Маслікова, процес пресування можна розглядати таким чином. У меззі, що поступає на перший виток шнекового вала з оптимальною вологістю, є значна кількість порожнин. У міру просування шнековим валом мезга піддається стисканню, внаслідок чого відбувається зближення часток, тобто, скорочення зовнішньої поверхні, на якій знаходиться частина олії. Із збільшенням тиску зовнішня поверхня скорочується з одночасним зменшенням порожнин між частками. При цьому відбувається виділення поверхневої олії.

При подальшому збільшенні тиску стисканню піддаватимуться вже самі частки. У результаті цього капіляри, які у великій кількості пронизують гелеву частину часток і в яких також знаходиться олія, будуть стискатися. Отже, при стисканні мезги скорочується

внутрішня поверхня, і тому продовжується виділення, але вже капілярної олії. При подальшому підвищенні тиску зростає деформація гелевої частини часток і деякі капіляри запресовуються з олією, що частково залишилася.

Але необхідно відзначити і деякі особливості в поведінці олійного матеріалу. На зміну картини механізму процесу пресування дуже серйозно впливає вологість. Під час надходження мезги з підвищеною вологістю при невеликому стисканні інтенсивно відділяється олія. При цьому створюються умови для рідинного тертя, що при великій пластичності мезги перешкоджає її подальшому переміщенню. У зв'язку з цим, зовнішні і, тим більше, внутрішні поверхні мезги не будуть більше скорочуватися і відпресований матеріал матиме високу залишкову олійність. Під час надходження мезги з низькою вологістю, коли її пластичні властивості дуже малі, зусилля, що діє, не забезпечує скорочення внутрішньої поверхні мезги, що призводить до підвищеної залишкової олійності відпресованого матеріалу.

Тиск, який розвивається всередині зерного барабана при роботі преса, залежатиме від пружних властивостей мезги і величини міри стискування мезги в пресі.

У перший момент часу, коли мезга лише поступає у прес, вона має велику кількість міжчасткових порожнин. На першому витку відбувається стискання мезги для створення хоча б невеликого тиску, необхідного для максимального зменшення порожнин. На останніх витках відбувається незначне зменшення об'єму пресованого матеріалу, оскільки після зменшення міжчасткових порожнин відбувається деформація білкової частини мезги, яка сприяє зменшенню внутрішньої поверхні мезги за рахунок звуження або часткового зменшення її капілярних каналів.

У цілому, під час переходу мезги з витка на виток тиск по ширині шнекового вала плавно зростає, і так продовжується до останнього витка, тобто до передконусної частини. У передконусній частині тиск різко збільшується до певного рівня, який залежить від ширини вихідної щілини конуса. При зменшенні ширини вихідної щілини тиск на конусі сильно зростає, тоді як тиск на останньому витку зростає несуттєво.

Вивчення діаграм пресування показало, що між діючим питомим тиском і мірою стискання мезги існує певна закономірність, яка графічно представляє криву, що має кривизну в інтервалі питомих тисків від 0 до 14,7 МПа і пряму ділянку на всьому інтервалі питомих тисків від 14,7 до 68 МПа.

Обробка отриманих Масліковим кривих дала наступне рівняння для питомого тиску

$$P = \frac{25,2 \cdot a \cdot e^{5,5}}{e^{0,222 \cdot W}}, \quad \dots(1)$$

де a - дослідний коефіцієнт, залежний від температури мезги і її вологості (для цього коефіцієнта складені таблиці);

ϵ - міра стискання мезги в пресі;

e - основа натуральних логарифмів;

W - вологість пресованої мезги, %.

Аналіз рівняння (1) показує, що між питомим тиском і вологістю мезги існує залежність. При підвищенні вологості для стискання мезги до певної міри необхідний тиск знижується.

Таким чином, можна зробити висновок, що соняшникова мезга, яка йде на форпресування, повинна висмажуватися при температурі 90°C. Такий висновок добре підтверджується і практикою роботи форпресів і наявними технологічними інструкціями.

Проте при розгляді рівняння (1) необхідно відзначити наявність ряду проблемних моментів. У рівнянні присутній емпіричний коефіцієнт a , який важко визначається. Для цього дослідного коефіцієнта, який залежить від температури мезги і її вологості складені таблиці, але для вузького діапазону температур і вологості, що не дає підстав на його масштабування при проектуванні нових пресів, особливо тих, які працюють у діапазоні температур, що відрізняються від розглянутих у таблицях. А це, як правило, моделі пресів для малих і середніх виробництв.

Окрім вищесказаного, незручність використання для розрахунку питомого тиску за рівнянням (1) полягає у необхідності розрахунку теоретичних, а потім і дійсних мір стискання мезги на витках і загалом у пресі. Необхідно також відзначити наявність залежності, що зв'язує теоретичну і дійсну міри стискання мезги, в якій присутні емпіричні коефіцієнти, що залежать від ширини вихідної щілини преса і визначені на пресі конструкції ФП. Це є однією з причин невідповідності рівня розрахункового тиску на інших пресах за приведеним рівнянням.

Окрім того, важливим питанням є визначення коефіцієнта тертя лушпиння і мезги об шліфовану сталеву поверхню зерного барабана.

На основі аналізу даних, отриманих В.А. Масліковим, був зроблений висновок, що коефіцієнт тертя лушпиння в гарячому стані гарячою змащеною поверхнею залежить від міри стискання матеріалу

і має бути приблизно 0,3, що і підтвердили вимірювання на приладі, давши коефіцієнт тертя мезги в середньому 0,363.

Потужність, яка споживається пресом під час роботи, являється важливим показником роботи преса і залежить від цілого ряду таких чинників, як: число обертів шнекового вала, ширина вихідної щілини, тиск, який розвивається всередині зєєра, вологість мезги і її температура, коефіцієнт тертя пресованої мезги за робочими органами преса. Тобто, потужність, споживана пресом, є функцією багатьох змінних і в загальному вигляді може бути записана так

$$N_{\text{ПР}} = f(n, \delta, P, B_M, t, f), \quad (2)$$

де n - число обертів шнекового валу;

δ - ширини вихідної щілини преса;

P – тиск, що розвивається у зєєрній камері;

B_M - вологість мезги, що поступає;

t - температура мезги, що поступає;

f - коефіцієнт тертя пресованої мезги по робочим органам

преса.

Аналізуючи роботу шнекового преса, робимо висновок, що потужність, яка підводиться до нього, витрачається на:

– стискання мезги від первинного об'єму до кінцевого, в залежності від міри стискання мезги, що відповідає характеристиці даного преса;

– подолання сил тертя, що виникають між стискуваною мезгою і шнековим валом, який обертається;

– подолання сил тертя між рухомою мезгою і внутрішньою поверхнею зєєра;

– подолання сил тертя у підшипниках;

– руйнування вторинних структур мезги і часткове її дроблення;

– подолання сил тертя у редукторі.

Досліджуючи зміну споживаної пресом потужності і ККД шнекового валу при зміні таких факторів, як вологість мезги, що поступає на пресування, ширина вихідної щілини і число обертів шнекового валу, можна зазначити наступне. Збільшення ширини вихідної щілини преса ФП призводить до різкого зниження споживаної потужності від 32 кВт при $\delta = 7,5$ мм до 7,4 кВт при $\delta = 12$ мм. Одночасно із зменшенням споживаної потужності зменшується і ККД шнекового валу від 0,86 до 0,22.

При зміні вологості мезги, що поступає на пресування, а саме, при її збільшенні, потужність, яка витрачається, різко знижується, що пояснюється зменшенням пружних властивостей мезги і наростанням її пластичних властивостей. ККД шнекового вала в цьому випадку змінюється дуже мало і практично можна вважати його постійним.

При зміні числа обертів шнекового вала, а саме, при збільшенні їх, потрібна потужність лінійно зростає, що є наслідком збільшення швидкостей руху мезги і, отже, збільшення роботи сил тертя. ККД шнекового вала в цих умовах знижується, що вказує на те, що за цих умов доля потужності, яка витрачається на подолання сил тертя, зростає при майже незмінній витраті потужності на стискання мезги.

Підсумовуючи, можна зазначити, що і в рівнянні розрахунку потужності на стискання мезги, і в рівнянні тиску присутній емпіричний коефіцієнт α , складнощі у визначенні якого вказані вище. Крім того, необхідно розраховувати теоретичну і дійсну міри стискання мезги на витках і, загалом, по пресу. У розрахунку потужності, що витрачається на подолання сил тертя, введений умовний коефіцієнт тертя, який, відповідно методиці В.А. Маслікова, приймається у межах 0,0015-0,0020 при великих навантаженнях і 0,0020-0,0030 при малих навантаженнях. Але природа цього коефіцієнта не пояснюється і відсутня схема його визначення.

Висновки. До теперішнього часу не існує повної теорії роботи шнекових пресів і їх створення, в основному, спирається на експериментальні дослідження і емпіричні залежності, отримані на основі експериментів.

На основі розробленої В.А. Масліковим методики з'явилася можливість проектувати преси, подібні по конструкції і продуктивності пресам типу ФП. Проте, як показала практика останніх років, виникла потреба в обладнанні малої потужності для сфери малого і середнього виробництва. Використання методики в цьому випадку неможливе з кількох причин. Одна з них представляється в тому, що розрахункові формули, які включають емпіричні коефіцієнти, виявляються непридатними при переході до пресів малої продуктивності. Крім того, деякі розрахункові коефіцієнти, які отримані дослідним шляхом, особливо ті, які представлені у вигляді таблиць, мають вузький діапазон описання за технологічними параметрами, що дуже обмежує їх застосування, а у багатьох випадках і взагалі виключають таке.

Література:

1. *Голдовский А.М.* Теоретические основы производства растительных масел / А.М. Голдовский. – М.: Пищепромиздат, 1958. – 446 с.
2. *Масликов В.А.* Исследование процесса прессования подсолнечной мезги на прессе типа ФП: Дис. канд. техн. наук. – Краснодар, 1955. – 205 с.
3. *Масликов В.А.* Некоторые вопросы конструкции шнековых прессов // Маслобойно-жировая промышленность. – 1953. № 6. С. 11 – 15.
4. *Масликов В.А.* Примеры расчетов оборудования производства растительных масел / В.А. Масликов. – М.: Пищепромиздат, 1959. – 224 с.
5. *Масликов В.А.* Коэффициент возврата и его расчет / В.А. Масликов, П.И. Чечевицин // Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1966. № 5. С. 127 – 132.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПРЕССА НА ПОТРЕБЛЯЕМУЮ ИМ МОЩНОСТЬ**

Горбенко Е.А., Стрельцов В.В., Горбенко Н.А.

Аннотация - данная работа посвящена теоретическому анализу процесса отжима масличного материала в шнековом прессе.

**A THEORETICAL STUDY OF THE INFLUENCE OF DESIGN AND
PROCESS PARAMETERS ON THE PRESS POWER ABSORBED
BY THEM**

E. Gorbenko, V. Streltsov, N. Gorbenko

Summary

This work deals with analysis of oilseed extraction process material in a screw press.

УДК 621.928.37

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ РОЗРАХУНКУ ФРАКЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИТЕЧНИХ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Савченко-Перерва М.Ю., аспірант*,
Якуба О.Р., д.т.н.,
Сумський національний аграрний університет
Тел.(0542) 62-78-30

Анотація – дану роботу присвячено розробці рівнянь для удосконалення моделей розрахунку фракційної ефективності протитечних пиловловлювачів для харчових виробництв.

Ключові слова – вдосконалення моделей, протитечні апарати-циклони, аналіз рівнянь, ефективність, запилений газ.

Постановка проблеми. Основним перетином моделювання фракційної ефективності є необхідність інтегрування складних функцій з розкладенням у ряди [1]. Вибір необхідної кількості членів розкладу в ряд дає об'єктивні показники [2].

Аналіз останніх досліджень. У даній роботі зроблено аналіз одержаних раніше розрахункових рівнянь та зроблені зусилля їх спрощення і підвищення ефективності при прогнозуванні ефективності експлуатації устаткування, що виготовляється для харчових продуктів.

Постановка завдання. Задачею вдосконалення моделей розрахунку фракційної ефективності протитечних апаратів – циклонів є підвищення об'єктивності отриманих результатів, спрощення самих залежностей, які іноді дуже об'ємні і не дають об'єктивних показників [2].

Основна частина. Принципова схема протитечних циклонних пило- та каплевловлювачів приведена на рис. 1 [3]. Запилений газ потрапляє через тангенціальний завихровувач та рухається між корпусом 1 та вихлопною трубою 2. Газ спускається до бункера 3, а потім повертає і рухається догори в привісній частині у вихідну трубу 2. Тверді частинки під дією відцентрових сил відокремлюються від газу і осідають на стінках циклону, а далі зсипаються у бункер 3. При побудові розрахункових залежностей фракційної ефективності будемо рахувати за височину зони сепарації відстань від вихідної труби до бункера Н. Інші параметри приведені на рис. 1.

© Савченко-Перерва М.Ю., аспірант, Якуба О.Р., д.т.н., професор

* Науковий керівник – д.т.н., професор Якуба О.Р.

На частинки в закрученому потоці діють відцентрові сили $m\omega^2 r$, їм протидіють сили опору газу. Для ламінарного режиму обтікання ($Re < 2$) сила опору згідно закону Стокса складає $F_c = 3\pi d\mu v_r$ [4]. У циклонах ефект опору підсилюється наявністю радіального стоку [5], який здійснює частина вторинного потоку (L_{20}), яка переходить у первинний поступово змішуючись з ним. Друга частина потоку (L_{10}) рухається до самого низу без змішування [6]. Він після повороту стає основою для формування привісського висхідного потоку.

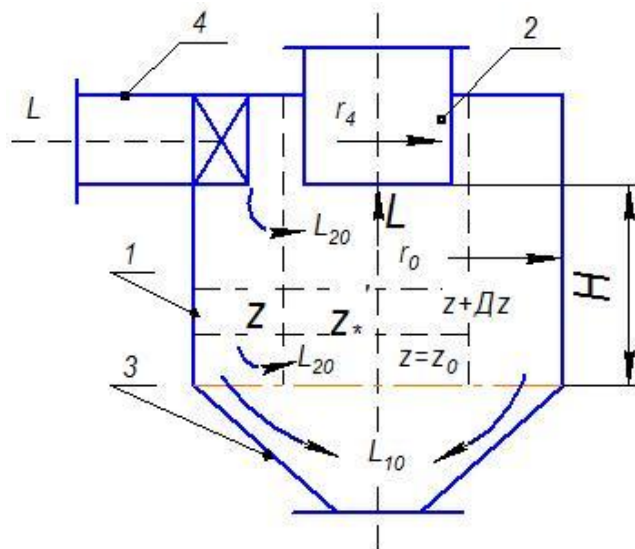


Рис. 1. Схема потоків протитечного циклона:

1 – корпус; 2 – вихідна труба; 4 – конічна частина для розвантаження пилю; 4 – вхідний завихровувач запиленого газу; L_1 – приосьовий потік; L_2 – пристінний потік.

Рівність прикладених до частинок сил виразиться законом Ньютона [4]

$$m\omega^2 r = 3\pi d\mu \left(\frac{dr}{dt} - v_r \right). \quad (1)$$

Для зовнішнього опору:

$$L_{20} = K_\varepsilon L_3; \quad L_{10} = (1 - K_\varepsilon) L_3 \quad \text{та} \quad K_{\varepsilon \text{ cp}} = 0,35.$$

Радіальна швидкість визначається на межі розділу потоків у просторі між стінкою і поверхнею розділу

$$V_{r^*} = -\frac{L_{20}}{2\pi r^* H}; \quad (2)$$

$$V_{r2} = \frac{L_{20}(r^2 - r_0^2)}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2)r^2}.$$

Із рівняння (1)

$$\frac{dr}{dt} = \frac{m\omega^2 r}{3\pi d\mu} + V_r. \quad (3)$$

Осьова швидкість у периферії

$$V_{z2} = -\frac{L_2 - L_{20} \frac{z}{H}}{\pi(r_0^2 - r_*^2)}. \quad (4)$$

Встановимо зв'язок між параметрами

$$dt = \frac{dz}{V_z}; \quad \frac{dr}{dt} = V_z \frac{dr}{dz}. \quad (5)$$

Підстановка параметрів в (3)

$$V_z \frac{dr}{dz} = \frac{d^2 \rho_T \omega^2 r}{18\mu} + \frac{L_{20}(r^2 - r_0^2)}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2)r}, \quad (6)$$

де ρ_T - густина частинок.

Підстановка значень V_z та ω для зовнішнього шару

$$\omega_2 = \omega_1(z) \frac{r_*^2}{r^2} = C_0 \frac{L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z}{L_3} \frac{r_*^2}{r^2}. \quad (7)$$

для внутрішнього шару

$$\omega_0 = \frac{C_0 r_*^2 L_{10}}{(L_{10} + L_{20})}; \quad \omega_1 = \omega_0 \left(1 + \frac{L_{10}}{L_{20}} \frac{z}{H}\right). \quad (8)$$

$$V_z \frac{dr}{dz} = d^2 \frac{\rho_T C_0^2 \left[L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z \right]^2 \frac{r_*^4}{r^3}}{18\mu \cdot L_3^2} + \frac{L_{20}(r^2 - r_0^2)}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2)r}; \quad (9)$$

$$\frac{V_z}{dz} = d^2 = \frac{\rho_0 c_0^2 (L_{10} + \frac{l_{20}}{H} z)^2 \frac{r_*^4}{r^3}}{18\mu \cdot L_3^2 dr} + \frac{l_{20}(r^2 - r_0^2)}{2\pi H (r_0^2 - r_*^2) r dr}. \quad (10)$$

Інтеграція рівнянь для зовнішнього шару:

$$\int \frac{dV_{z2}}{dz} = \int_0^H \frac{L_3 - L_{20} \frac{z}{H}}{\pi(r_0^2 - r_*^2) dz} = \int_0^H \frac{L_3}{\pi(r_0^2 - r_*^2) dz} - \int_0^H \frac{l_{20} \frac{z}{H}}{\pi(r_0^2 - r_*^2) dz} = \frac{L_3}{\pi(r_0^2 - r_*^2) dz} - \frac{\frac{L_{20}}{H}}{\pi(r_0^2 - r_*^2) \frac{dz}{z}} = \frac{L_3}{\pi(r_0^2 - r_*^2) H} - \frac{\frac{L_{20}}{H}}{\pi(r_0^2 - r_*^2) \cdot \ln z} \Big|_0^H; \quad (11)$$

$$\ln z = (H-1) = \frac{(x-1)^2}{2} + \frac{(x-1)^3}{3} - \frac{(x-1)^4}{4}. \quad (12)$$

Позначимо $\ln z = f(H)$, тоді

$$\int \frac{dV_{z2}}{dz} = \frac{L_3}{\pi(r_0^2 - r_*^2) H} - \frac{L_{20}}{\pi H (r_0^2 - r_*^2)} \left[(H-1) = \frac{(H-1)^2}{2} + \frac{(H-1)^3}{3} - \frac{(H-1)^4}{4} \right]. \quad (13)$$

Підстановка V_{z2} та інтеграція лівої частини

$$\int_0^H \frac{L_3 - L_{20} \frac{z}{H}}{\pi(r_0^2 - r_*^2)} = \int_0^H \frac{L_3 - L_3 \cdot K_\Sigma \frac{z}{H}}{\pi(r_0^2 - r_*^2)} = \frac{L_3}{\pi(r_0^2 - r_*^2)} - \frac{L_3 K_\Sigma}{\pi H (r_0^2 - r_*^2) \ln z}; \quad (14)$$

Результат інтеграції лівої частини:

$$\frac{L_3}{\pi(r_0^2 - r_*^2)} - \frac{L_3 K_\Sigma}{\pi H (r_0^2 - r_*^2) f(z)} = \int \frac{dV_{z2}}{dz}. \quad (15)$$

Інтеграція правої частини рівняння:

$$\int d^2 \frac{\rho + C_0^2 \left[L_{10} + \frac{L_{20}}{H} (H_{cp}) \right]^2}{18\mu L_3^2 dr \cdot r^3} = d^2 \frac{2\rho_T C_0^2 \left[L_{10} + \frac{L_{20}}{z} \right]^2 r_*^4}{\rho \mu L_3^2 (r_0^4 - r_{cp}^4)}; \quad (16)$$

$$H_{cp} = \frac{H}{2};$$

$$\int_{r_{cp}}^{r_0} \frac{L_{20}(r^2 - r_0^2)}{2\pi H[r_0^2 - r_*^2] \cdot r} = \int_{r_{cp}}^{r_0} \frac{L_{20} \cdot r}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2) dr} - \int_{r_{cp}}^{r_0} \frac{L_{20} r_0^2}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2) r dr}; \quad (17)$$

$$\int_{r_{cp}}^{r_0} \frac{L_{20} r}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2) dr} = \int_{r_{cp}}^{r_0} \frac{L_{20}}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2) \frac{dr}{r}} = \int_{r_{cp}}^{r_0} \frac{L_{20}}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2) \ln r} = \frac{L_{20}}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2) f(r)}, \quad (18)$$

$$f(r) = \left[(r_{cp} - 1) - \frac{(r_{cp} - 1)^2}{2} + \frac{(r_{cp} - 1)^3}{3} - \frac{(r_{cp} - 1)^4}{4} \right] - \int_{r_{cp}}^{r_0} \frac{L_{20} r_0^2}{2\pi H[r_0^2 - r_*^2]} r dr =$$

$$= - \frac{L_{20} r_0^2}{2\pi H[r_0^2 - r_*^2][r_0^2 - r_{cp}^2]}. \quad (19)$$

Підстановка результатів інтеграції у (13)

$$\frac{L_3}{\pi(r_0^2 - r_*^2)H} - \left[1 - \frac{K_\Sigma}{f(H)} \right] = d^2 \frac{2\rho_T C_0^2 \left[L_{10} + \frac{L_{20}}{2} \right] r_*^4}{9\mu L_3^2 (r_0^4 - r_{cp}^4)} + \frac{L_{20}}{2\pi H(r_0^2 - r_*^2) f(r)} -$$

$$- \frac{L_{20} r_0^2}{\pi H(r_0^2 - r_*^2)(r_0^2 - r_{cp}^2)}. \quad (20)$$

Перетворення (20) до виду

$$\frac{r_0 - r_{cp}}{r_0 - r_*} = d^2 \frac{2\rho_T C_0^2 \left[L_{10} + \frac{L_{20}}{2} \right] r_*^4 \pi H(r_0 + r_*)}{\rho\mu L_3^2 (r_0 + r_{cp})(r_0 + r_{cp}^2) f(H)} + \frac{K_\Sigma (r_0 + r_*)(r_0 - r_{cp})}{2(r_0^2 - r_*^2) \cdot f(r_0 - r_{cp})} +$$

$$+ \frac{K_\Sigma r_0^2}{(r_0^2 - r_*^2) \cdot f(H)} = \eta_{cp2}, \quad (21)$$

де $\frac{r_0 - r_{cp}}{r_0 - r_*}$ – являє собою геометричну ймовірність уловлення

частинок, які потрапляють на орбіту з радіусом $r = r_{cp}$, тобто, середню фракційну ефективність у зовнішньому шарі η_{cp2} .

Для внутрішнього шару.

У внутрішньому шарі діють сили аналогічно зовнішньому шару

(1). Складові для внутрішнього шару аналогічні також:

$$\omega_1(z) = C_0 \left[\frac{L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z}{L_3} \right]; \quad \omega = \omega_1(z); \quad (22)$$

$$V_{z1} = \frac{L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z}{\pi r_*^2}; \quad V_{r1} = -\frac{L_{20} r}{2\pi H r_*}. \quad (23)$$

Підстановка (23) в (1)

$$\frac{dr}{dt} = \frac{m\omega^2 r}{3\pi d\mu} + V_r. \quad (24)$$

З урахуванням (5):

$$V_z \frac{dr}{dz} = \frac{1/6 \pi d^3 \rho_T \omega_1^2(z) r}{3\pi d\mu} - \frac{L_{20} r}{2\pi H r_*}; \quad (25)$$

$$\frac{L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z}{\pi r_*^2} \frac{dr}{dz} = d^2 \rho_T C_0^2 \frac{\left(L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z \right)^2 r}{L_3^2} - \frac{L_{20} r}{2\pi H r_*^2}. \quad (26)$$

Відокремлення змінних

$$\frac{dr}{r} = \pi r_*^2 C_0^2 \frac{d^2 \rho_T \left[L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z \right]^2 dz}{18\mu L_3^2} - \frac{L_{20} dz}{2H \left[L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z \right]}. \quad (27)$$

Інтеграція складових

$$\int_r^{r_*} \frac{dr}{r} = \ln \frac{r_*}{r} = \ln \frac{1}{1-\eta}, \quad (28)$$

де $\frac{r_* - r}{r_*} = \eta$ – геометрична ймовірність уловлення частинок, які

потрапили на орбіту з радіусом r .

$$1 - \frac{r}{r_*} = \eta; \quad \frac{r}{r_*} = 1 - \eta; \quad \frac{r_*}{r} = \frac{1}{1 - \eta}; \quad (29)$$

$$\int_0^H \left(L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z \right) dz = L_{10} z + \frac{L_{20}}{H} \frac{z^2}{2} \Big|_0^H = L_{10} H + \frac{L_{20}}{H} \frac{H^2}{2} = H \left(L_{10} + \frac{L_{20}}{2} \right); \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \int_0^H \frac{dz}{\left(L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z \right) \frac{L_{20}}{H}} &= \frac{1}{\frac{L_{20}}{H}} \ln \left[L_{10} + \frac{L_{20}}{H} z \right] \Big|_0^H = \frac{H}{L_{20}} [\ln(L_{10} + L_{20}) - \ln L_{20}] = \\ &= \frac{H}{L_{20}} \ln \frac{L_{10} + L_{20}}{L_{10}}; \end{aligned} \quad (31)$$

$$\ln \frac{1}{1-\eta} = d^2 \frac{\pi \rho_T r_*^2 C_0^2 H \left(L_{10} + \frac{L_{20}}{2} \right)}{18 \mu L_3^2} - \frac{L_{20}}{2H} \frac{H}{L_{20}} \ln \frac{L_{10} + L_{20}}{L_{10}}. \quad (32)$$

Визначимо через A

$$\ln \frac{1}{1-\eta} = A; \quad \eta = \frac{\exp A - 1}{\exp A}, \quad (33)$$

$$\text{де} \quad A = d^2 \frac{\pi \rho_T r_*^2 C_0^2 H \left(L_{10} + \frac{L_{20}}{2} \right)}{18 \mu L_3^2} - \frac{1}{2} \ln \frac{L_{10} + L_{20}}{L_{10}}. \quad (34)$$

Де аналогічно відношення $\frac{r_* - r}{r_*}$ – є геометричною ймовірністю уловлення частинок, які потрапили на орбіту з радіусом r , а при $r = r_{cp}$ будемо мати середню фракційну ефективність.

Висновки. Проведені розрахунки показують об'єктивність отриманих рівнянь, але вони дещо завищені порівняно з проведеними промисловими експериментами, приведеними в [5]. Тому при проектуванні промислових апаратів слід використати моделюючі коефіцієнти.

Література:

1. *Бронштейн И.П.* Основним перетином моделювання фракційної ефективності є необхідність інтегрування складних функцій з розкладенням в ряди / *И.П. Бронштейн, К.А. Семендяев // Справочник по математике. – Изд. М.: Наука. – 1981. – С.720.*

2. Якуба О.Р. Вибір необхідної кількості членів розкладу в ряд дає об'єктивні показники є необхідність інтегрування складних функцій з розкладенням в ряди / О.Р. Якуба, С.О. Тимчук, Р.В. Галіч // Розрахунок ефективності пило- та каплеуловлювачів очищення газів компресорних станцій. – Вісник СНАУ, серія КВ, вип. 10, Суми. – 2003. – С.277-282.

3. Страус В. Принципова схема протитечних циклонних пило- та капле уловлювачів приведена на рис. 1 / В. Страус // Промышленная очистка газов. – Изд. М.: Химия. – 1981. – С.616.

4. Ciliberti D.F., Для ламінарного режиму обтікання сила опору згідно закону Стокса складає $F_c = 3\pi d\mu v_r$ / D.F. Ciliberti, B.W. Lancaster // Performance of rotary flow cyclones. – Alche Journal, vol. 22. – 1976. – P. 394-399.

5. Пирумов А.И. В циклонах ефект опору підсилюється наявністю радіального стоку / А.И. Пирумов // Обеспыливание воздуха. – Изд. М.: Стройиздат. – 1980. – С.296.

6. Белоусов А.С. Друга частина потоку рухається до самого низу без змішування / А.С. Белоусов // Структура встречных закрученных потоков и расчёт эффективности центробежного разделения газовзвесей. // Дисс. канд. техн. наук. – Изд. М.: МТИ. – 1996. – С.267.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТА ФРАКЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИТЕЧНЫХ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

Савченко-Перерва М.Ю., Якуба А.Р

Аннотация - данная работа посвящена разработке уравнений для усовершенствования моделей расчета фракционной эффективности противоточных пылеуловителей для пищевых производств.

IMPROVEMENT OF MODELS OF CALCULATION OF FRACTIONAL EFFICIENCY OF CYLINDRIC COUNTER-CURRENT DUST EXTRACTOR-CYCLONE

M. Savchenko-Pererva, A. Yakuba

Summary

Hired sanctified to development of equalizations for the improvement of models of calculation of fractional efficiency of cylindric counter-current dust extractor-cyclone for food productions.

УДК 663.938-027.332:664.047

КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ ЗІ ШЛАМУ КАВИ

Терзієв С.Г., к.т.н.,

Ружицька Н.В., аспірант*

Одеська національна академія харчових технологій

Тел.(067) 589-66-54

Анотація – в даній роботі розглянуто кінетику процесу екстрагування олії зі шламу кави.

Ключові слова – шлам кави, олія кави, мікрохвильове екстрагування.

Шлам кави – це відхід виробництва розчинної кави. Він являє собою порошкоподібну масу вологістю 79-82%, темно-коричневого кольору, з вираженим ароматом кави. Утворюється після екстрагування водорозчинних речовин з подрібнених зерен кави.

На 1 т готової розчинної кави припадає 1,5...2 т шламу [1]. Відповідно, шламу в Україні утворюється близько 1,5 – 2 тис. т на рік. Неутилізований шлам спричиняє негативний вплив на навколишнє середовище [2].

Після екстрагування шлам кави містить до 4% екстрактивних речовин [3]. Найбільш цінними компонентами шламу кави, доцільними для подальшої переробки, є: кавова олія (7 – 17%), целюлоза та лігнін (60 – 75%), суміш смако-ароматичних речовин (кофеоль) – (3 – 5%), білок (5 – 7%) [4, 5]. Також у кавовому шламі містяться макро- та мікроелементи і вітаміни В₂ і РР [3].

Жирнокислотний склад олії кави наступний: пальмітинова кислота 33,7 - 34,5 %; стеаринова кислота 8,9 - 9,1 %; лінолева кислота 40,3 - 41,0 %; ліноленова кислота 1,0 - 1,1 %; олеїнова кислота 10,2 - 10,4 % [6]. Як видно, олія кави є багатим джерелом поліненасичених жирних кислот.

Олія зелених зерен кави використовується у косметичній промисловості завдяки пом'якшуючій дії, зумовленій жирними кислотами та здатності блокувати шкідливу дію сонячного проміння на шкіру людини. Її вміст у зернах складає близько 10 – 15% і ринкові ціни на даний продукт постійно ростуть.

Олія обсмажених кавових зерен також широко використовується як джерело аромату у харчових продуктах та

© Ружицька Н.В., аспірант

Науковий керівник – к.т.н. Терзієв С.Г.

парфумерії. А завдяки зниженому рівню дитерпенових сполук ця олія є значно більш стабільною при зберіганні.

З фізіологічної точки зору найбільш цікавими біологічно активними речовинами кави є кофеїн, дитерпени кафестол і кафеол, поліфеноли, хлорогенова кислота.

Кавова олія містить пентациклічні дитерпени (кафестол і кафеол), які не було знайдено в жодних інших харчових продуктах. Їх кількість коливається від 1,3 – 1,9% у зернах арабіки та 0,2 – 1,5% у робусті.

Для фармацевтичної промисловості кавова олія представляє інтерес завдяки антиканцерогенній та протизапальній дії, притаманній кафестолу і кафеолу.

Одним з найсучасніших методів інтенсифікації процесу екстрагування з рослинної сировини є застосування мікрохвильового поля.

Мікрохвилі – неіонізуючі хвилі частотою від 300 МГц до 300 ГГц і у електромагнітному спектрі розташовуються між рентгенівським та інфрачервоним промінням [7]. Принцип нагріву мікрохвилями базується на їх безпосередній взаємодії з полярними матеріалами та розчинниками і керується двома явищами: іонною провідністю та обертанням диполів, які у більшості випадків відбуваються одночасно. Нагрівання спостерігається лише при частоті 2450 МГц. Коли молекули розчинника прагнуть вишикуватися у лінію за полем, проте електричний компонент поля змінюється з такою швидкістю, що молекули починають вібрувати і внаслідок тертя виникає тепло.

У капілярах рослинної сировини, в тому числі і шламу кави, вода, або полярний розчинник під дією мікрохвиль швидко нагрівається і утворюються локальні зони утворення парових бульбашок. Тиск у капілярі зростає, в певний момент під дією надлишкового тиску відбувається руйнування стінок і цільовий компонент легко потрапляє до потоку екстрагенту, а також додатково турбулізує прикордонний шар. Цей процес називають бародифузією. Слід відмітити, що при використанні мікрохвиль енергія поглинається водою та розчинником (полярним) і не витрачається на нагрівання радіопрозорих структур сировини [2].

Екстрагування проводили в умовах традиційного нагріву суміші (термостат) та у мікрохвильовому полі за температур 30...78 °С. Вивчався також вплив характеру екстрагенту на прикладах спирту (полярний розчинник) та гексану (неполярний).

Одним з факторів, що впливають на швидкість процесу, є температура. Зі збільшенням температури зменшується в'язкість розчинів, збільшується коефіцієнт молекулярної дифузії, збільшується

інтенсивність природної конвекції. В умовах кипіння також відбувається турбулізація приграничного шару.

Вплив температури на швидкість екстрагування олії кави показано на рис. 1.

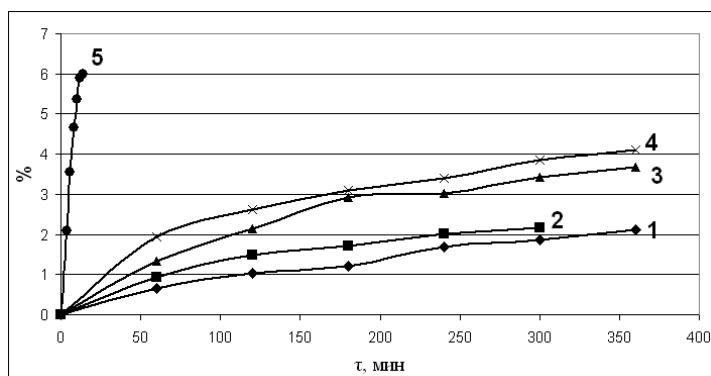


Рис. 1. Вплив температури екстрагенту (спирт) при:
1 - 30° С; 2 - 40°С; 3 - 50°С; 4 - 60°С; 5 – 78,5 °С (кипіння).

У той же час ініціювання явища бародифузії у мікрохвильовому полі дозволяє збільшити швидкість процесу екстрагування навіть без досягнення умов кипіння. На рис. 2 показано результати екстрагування олії кави спиртом та гексаном як в мікрохвильовому полі, так і при традиційному підводі енергії.

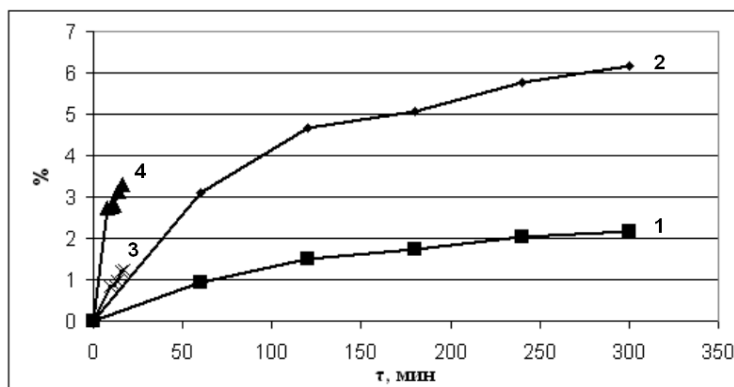


Рис. 2. Вплив характеру підводу енергії при 40 °С:
1– спирт, термостат; 2 – гексан, термостат; 3 – спирт, в полі; 4 – гексан, в полі.

Як видно з графіків, за однакової температури швидкість процесу під дією мікрохвильового поля збільшується у десятки разів.

Для вилучення рослинних олій використовують різноманітні розчинники. Найбільш широко у промисловості застосовуються гексан та нефрас – неполярні розчинники на основі вуглеводнів. Також для екстрагування олій використовують етиловий спирт – один

з найбільш безпечних розчинників для харчової та фармацевтичної промисловості. При екстрагуванні гексаном у мікрохвильовому полі нагрівається лише волога, що міститься у сировині, в той час, як спирт нагрівається під дією НВЧ-хвиль [7].

Результати дослідження процесу екстрагування різними екстрагентами наведено на рис. 3 та 4.

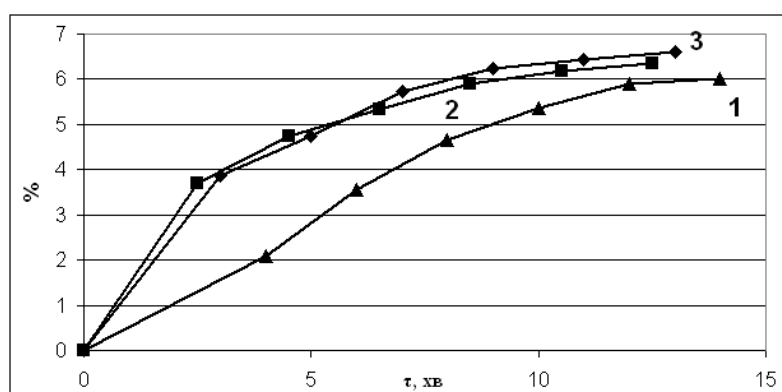


Рис. 3. Вплив характеру екстрагенту:
1 – спирт; 2 – нефрас; 3 – гексан.

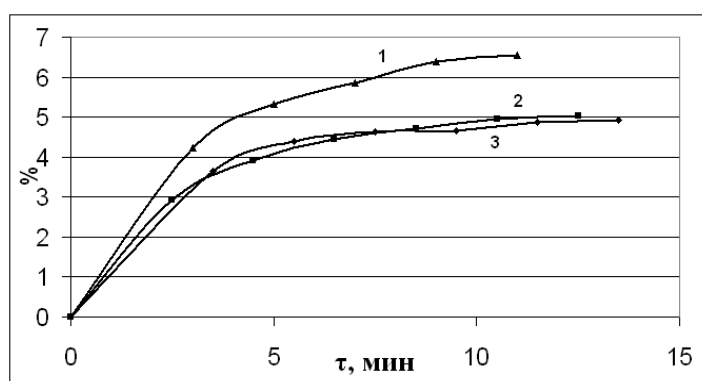


Рис. 4. Вплив характеру екстрагенту в полі (кипіння):
1 – спирт; 2 – нефрас; 3 – гексан

Як видно з рис. 3 та 4, в умовах підводу мікрохвильової енергії, ефективність спирту як екстрагенту для олії кави значно зростає.

У результаті дослідів було отримано зразки кавових олій: чисту та ароматизовану. Як чиста, так і ароматизована олії – тверді за кімнатної температури. Чиста олія має світлий, жовтуватий колір, без властивого каві аромату. Ароматизована олія має темно-коричневий колір, добре виражений смак та аромат кави. Виявлено, що використання мікрохвильової обробки суттєво (в десятки разів) інтенсифікує процес екстрагування.

Література:

1. <http://www.waste.ru/uploads/library/specificshowing.pdf>
Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления
2. *Бурдо О.Г.* Экстрагирование в системе «кофе- вода» / О.Г. Бурдо, Г.М. Ряшко.- Одесса, 2007.- 176с.
3. *Косенко И.С.* Возможность использования отходов производства кофе и чая в комбикормах / И.С. Косенко, Е.С. Шумелев, Е.В. Соловьева // Известия ВУЗов. Пищевая технология, № 2, 2007. – С. 101 – 102.
4. Процеси переробки шламу в технологіях виробництва розчинної кави / Бурдо О.Г., Терзієв С.Г., Шведов В.В. Ружицька Н.В.// Наукові праці ОНАХТ, - Одеса/ ОНАХТ. – 2010. – Вип. 37. – С. 252 – 255.
5. *Башашкина Е.В.* Комплексная переработка кофейного шлама с получением белково-углеводной кормовой добавки и «сырого» экстракта кофейного масла: Автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 2011. – 19 с.
6. Coffee Oil, Cafestol, and Khaweoil: Extraction Using Supercritical Carbon Dioxide // Julio M.A., Delcio Sandi and Jane S.R. Coimbra, Food Science and Technology: New Research, Nova Science Publishers, Inc, New York, 2008, P. 441 – 457.
7. PHCOG REV.: Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research // Vivecananda Mandal, Yogesh Mohan, S. Hemalatha, Pharmacognosy Reviews, Vol.1, Issue 1, Jan-May, 2007, P. 7 – 18.

КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ МАСЛА ИЗ КОФЕЙНОГО ШЛАМА

Терзієв С.Г., Ружицька Н.В.

Аннотация – в данной работе рассматривается кинетика процесса экстрагирования масла из кофейного шлама.

THE KINETICS OF THE COFFEE OIL EXTRACTION PROCESS FROM COFFEE PULP

S. Terziev, N. Ruzhitskaya

Summary

This work is devoted to the extraction kinetics of coffee oil from coffee pulp.

УДК 641.512.06

АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ПОДАЧІ ПРОДУКТУ В ЗОНУ РІЗАННЯ

Заплетніков І.М., д.т.н.,

Пільненко А.К., ст. викладач

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені
Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062) 304-50-46

Анотація – в роботі виявлені кінематичні параметри механізму подачі продукту, котрий здійснює гойдальний рух на дисковий ніж.

Ключові слова – процес різання, кінематичне дослідження, механізм подачі, дисковий ніж.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток техніки і виробництва ставить все зростаючі вимоги до продуктивності ріжучих машин, їх економічності й якості роботи.

У закладах ресторанного господарства значне місце в технологічному процесі механічної обробки харчових продуктів займає подрібнення продуктів способом різання. Найбільш поширені на ринку України конструкції машин, що складаються з обертового дискового ножа, опорного стола, механізму подачі і регулювання товщини різання.

У дослідженнях процесу різання вчені звертають увагу на великий вплив тангенціальної V_t та нормальної V_n складової швидкості різального інструменту на економічні та якісні характеристики процесу [1,2].

У науковій і довідковій літературі відсутні дані до вибору конструктивних, кінематичних параметрів і способів подачі продукту в процесі різання. Кінематичне дослідження способів подачі продукту в літературі не проводилось. Відсутні значення впливу способу подачі продукту на енергетичні параметри процесу. Немає ідеальних, простих у використанні методик, за допомогою яких можна досліджувати процес різання і математично описати його закономірності, встановити раціональні параметри процесу.

Аналіз останніх досліджень. Наведені в літературі результати досліджень процесів подрібнення продуктів [1,2] свідчить про

значний вплив способів подачі продукту на якість зрізу, енергопродуктивність та економічні параметри процесу різання.

Формулювання цілей статті. Для вирішення вищевказаних проблем необхідно оптимізувати вплив кінематичних параметрів механізму подачі продукту в зону різання.

Ціль дослідження виконати аналіз кінематичних характеристик процесу різання дисковим ножом при гойдальному способі подачі продукту.

Основна частина. Для здійснення процесу різання необхідне відносне переміщення робочого інструменту та продукту. Відомо чотири основних види робочих рухів і, відповідно, чотири класи ріжучих машин: обертальний, зворотно-поступовий, коливальний і поступовий [2].

Застосовують ріжучі інструменти різноманітних форм і конфігурацій. Для різання пластичних харчових продуктів найбільше поширення отримали дискові ножі. Дискові ножі здійснюють рівномірно-обертальний рух, який може бути попутним або зустрічним по відношенню до напрямку подачі продукту.

Дисковим ножом різання проводиться шляхом: – обертання ножа і зворотно-поступовим рухом продукту; – обертання ножа і гойдальним (маятниковим) рухом продукту (рис. 1); – обертання ножа і обертання продукту, планетарного руху ножа при нерухомому продукті.

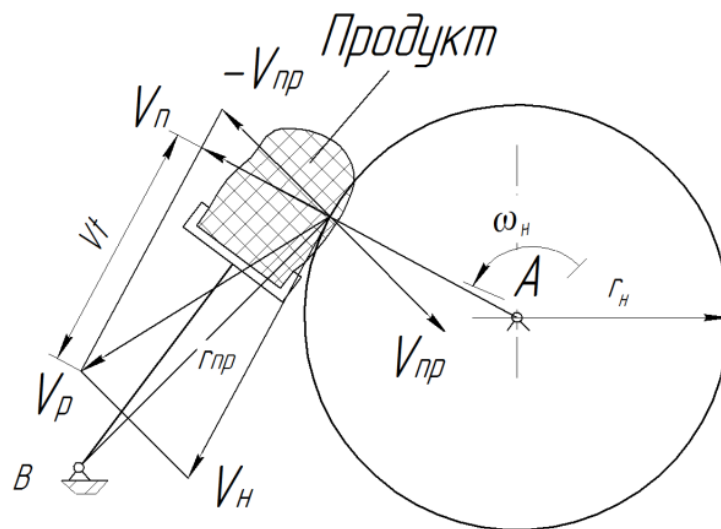


Рис. 1. Схема ковзаючого різання при гойдальному русі продукту і обертальному русі дискового ножа.

Подача продукту в процесі різання (рис. 1) здійснюється зворотно-обертальним рухом. Для здійснення такого руху широко використовують шарнірно-стрижневі механізми, які перетворюють

обертальний рух ведучого вала машини в періодичний гойдальний рух. Подача продукту в процесі різання здійснюється гойдальним рухом. Такий рух здійснює кривошипно-коромисловий і кривошипно-кулісний механізми (рис. 2).

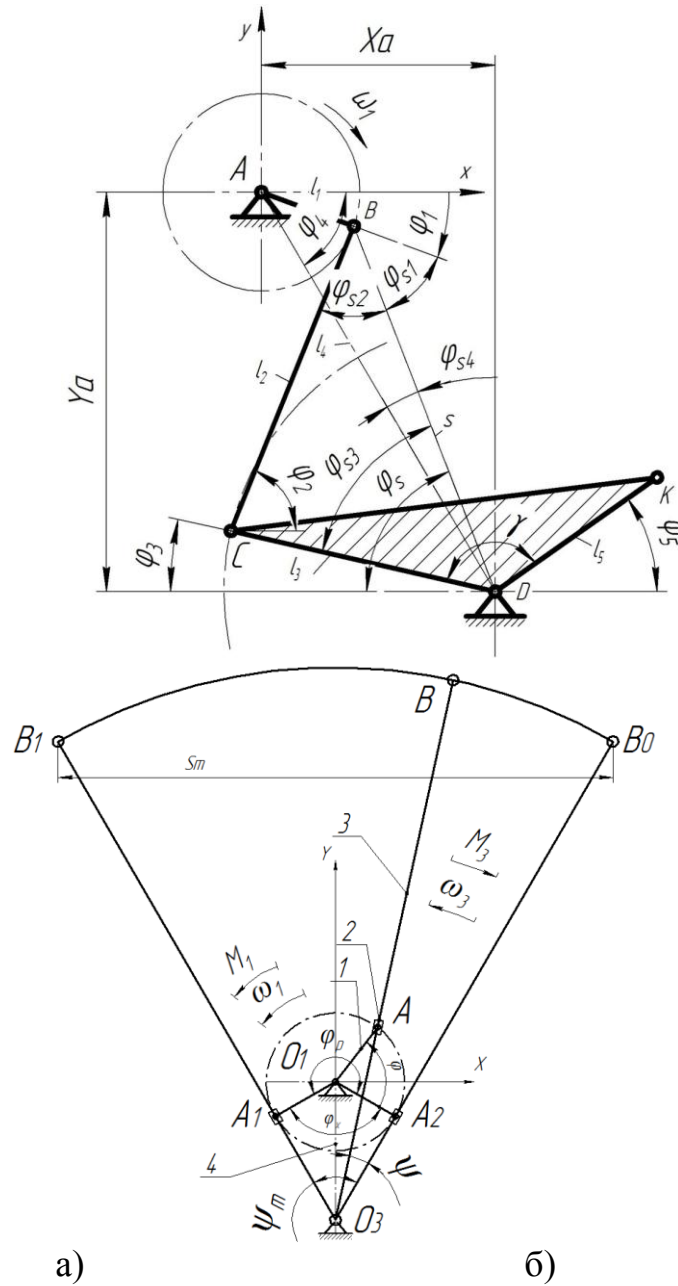


Рис. 2. Схеми механізмів подачі: а – кривошипно-коромисловий механізм, б - кривошипно-кулісний механізм.

Графічні методи кінематичного аналізу наочні і універсальні, але не завжди володіють тією точністю. Аналітичне дослідження механізму виконувалось методом векторних контурів, розробленим В.А. Зінов'євим [3].

Аналітичний метод дозволить виявити взаємозв'язок кінематичних параметрів механізму з його метричними параметрами, тобто розмірами ланок, з будь-яким ступенем точності. Отриманий зв'язок між основними кінематичними і структурними параметрами механізму обчислюється за допомогою програмного забезпечення MathCAD на ПК, за допомогою якої можна отримати всі необхідні результати.

Кінематичні параметри визначаються траєкторією робочих органів і величинами швидкостей подачі і різання. Кінематичне дослідження механізму полягає, в основному, в рішенні трьох наступних завдань:

- а) визначення переміщення ланок і траєкторій;
- б) визначення швидкості окремих точок ланок і кутових швидкостей ланок механізму;
- в) визначення прискорень окремих точок ланок і кутових швидкостей прискорень ланок механізму.

Першим розглянемо кривошипно-коромисловий механізм подачі продукту, який являє собою чотирьохшарнірний механізм, представлений на рис. 2,а.

Визначення положень важеля подачі буде визначатися кутом повороту $\phi_5(t) = \phi_1(t)$ для першої схеми (рис. 2, а) та для другої схеми (рис. 2, б) $\psi(t) = \phi(t)$.

Функція переміщення важеля подачі продукту на дисковий ніж для кривошипно-коромислового механізму була визначена за формулою

$$\begin{aligned} \phi_5(t) = & \arctg\left(\frac{l_4 \sin \phi_4 - l_1 \sin \phi_1}{l_4 \cos \phi_4 - l_1 \cos \phi_1}\right) - \\ & - \arccos\left(\frac{l_3^2 - l_2^2 + l_1^2 + l_4^2 - 2l_1 \cdot l_4 \cos(\phi_4 - \phi_1)}{2l_3 \sqrt{l_1^2 + l_4^2 - 2l_1 \cdot l_4 \cos(\phi_4 - \phi_1)}}\right). \end{aligned} \quad (1)$$

Функція переміщення важеля подачі для кривошипно-кулісного механізму була визначена за формулою

$$\psi(t) = 0,5\psi_m - \arctg \frac{\lambda \sin(\phi + 0,5\phi_x)}{1 - \lambda \cos(\phi + 0,5\phi_x)}. \quad (2)$$

Для визначення швидкостей і прискорень ланок механізму складалось векторне рівняння замкнутості контуру ABCD. $\overline{AB} + \overline{BD} + \overline{CD} = \overline{AD} \Rightarrow l_1 + l_2 + l_3 - l_4 = 0$.

Функції кутових швидкостей і прискорення важеля подачі для першої схеми (рис. 2,а) визначається за рівнянням (3) і для другої схеми (рис. 2,б) за рівнянням (4).

$$\begin{cases} \omega_3(t) = -\omega_1 \frac{l_1 \sin(\phi_1 - \phi_2)}{l_2 \sin(\phi_3 - \phi_2)} \\ \varepsilon(t) = \omega_1^2 \cdot i'_{31} + \varepsilon_1 \cdot i_{31} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \omega_3(t) = \frac{\lambda[\lambda - \cos(\varphi + 0,5\varphi_x)]}{1 - 2\lambda \cos(\varphi + 0,5\varphi_x) + \lambda^2} \omega_1 \\ \varepsilon(t) = \frac{\lambda(1 - \lambda^2) \sin(\varphi + 0,5\varphi_x)}{[1 - 2\lambda \cos(\varphi + 0,5\varphi_x) + \lambda^2]^2} \omega_1^2 \end{cases} \quad (4)$$

Для побудови графіка зміни кутових швидкостей ω_2, ω_3 ланок l_2, l_5 були використані формули (3), (4) відповідно на рис. 3.

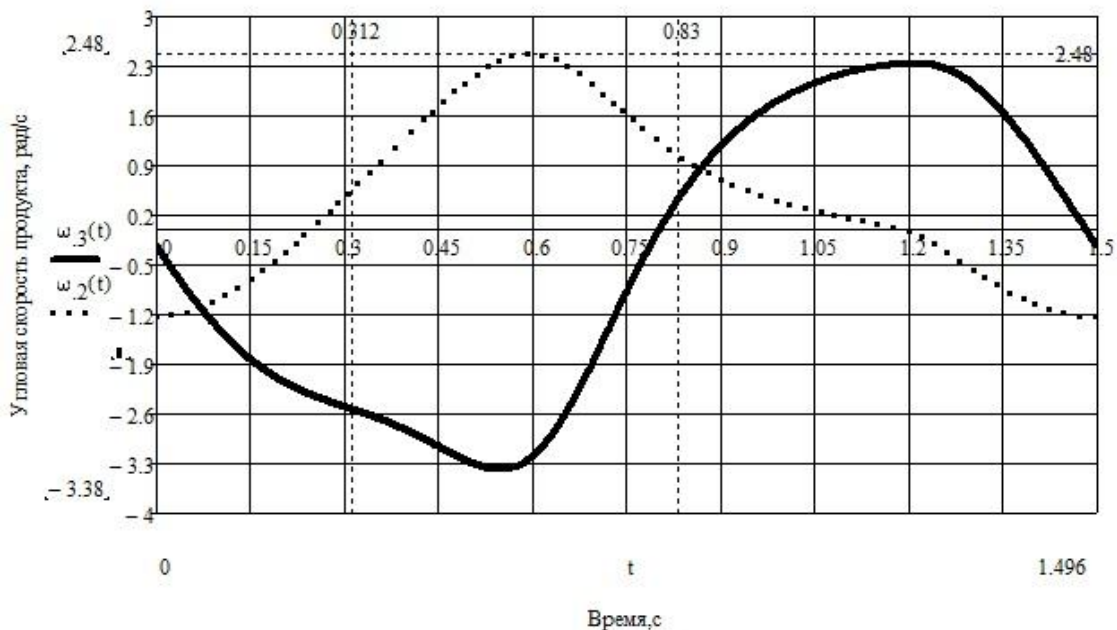


Рис. 3. Графік зміни кутових швидкостей важеля подачі l_5 і ланки l_2 кривошипно-коромислового механізму подачі.

Залежність швидкості подачі в процесі гойдального руху продукту зображена на рис. 4.

Другий спосіб перетворення обертального руху в гойдальний рух - це застосування кривошипно-кулісного механізму (рис. 2, б).

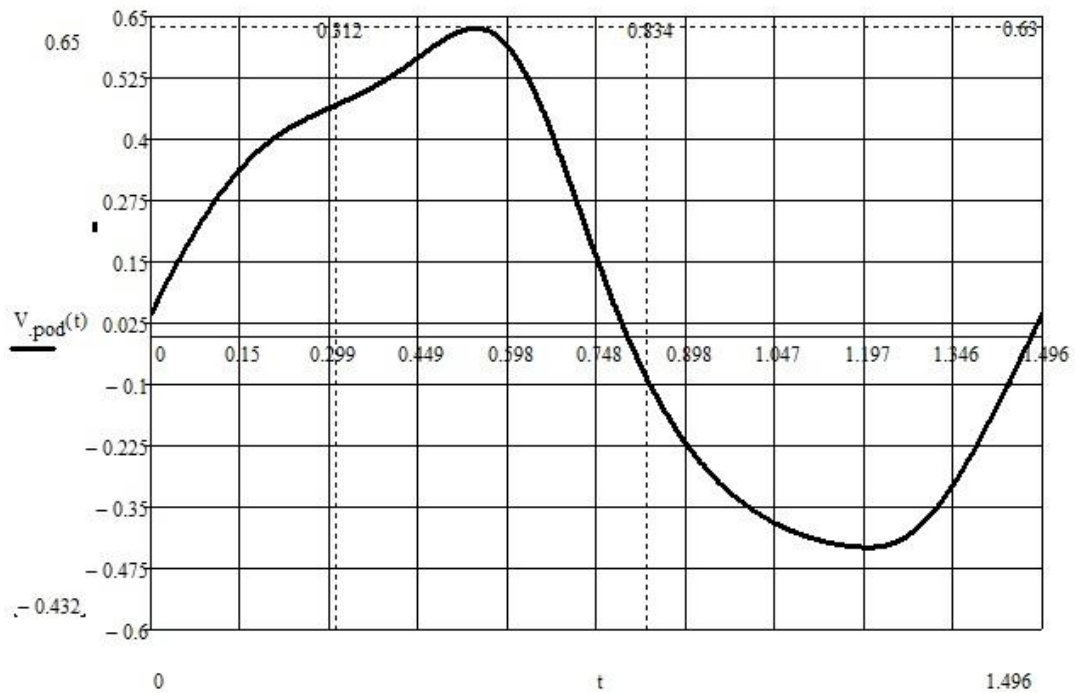


Рис. 4. Графік зміни швидкості важеля подачі $V_{pod}(t)$ продукту для кривошипно-коромислового механізму.

На основі отриманих залежностей (4) для кривошипно-кулісного механізму був побудований графік зміни швидкості та прискорення важеля подачі продукту (рис. 5).

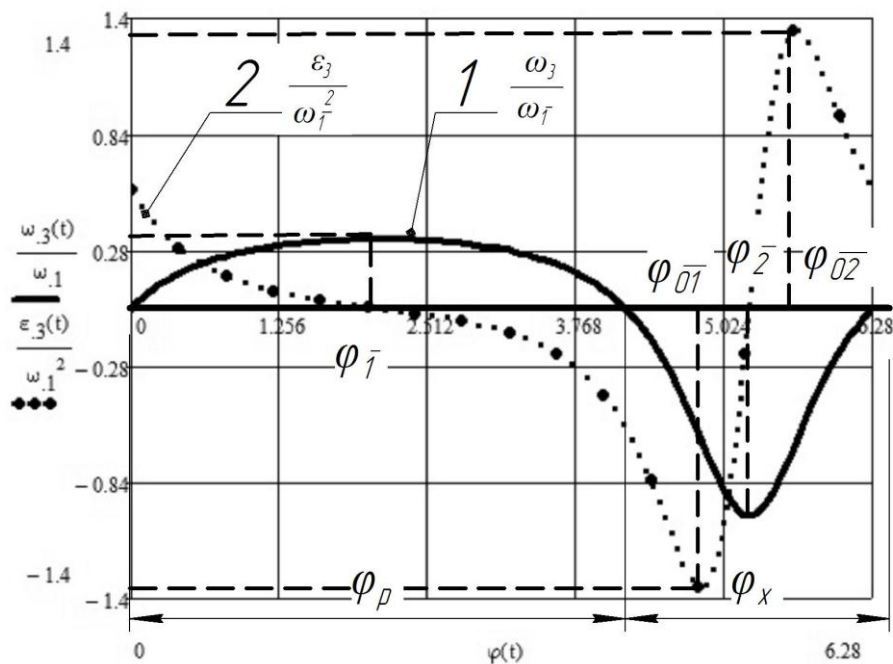


Рис. 5. Зміни відносних швидкості і прискорення куліси кривошипно-кулісного механізму.

Як видно з графіка, при повороті кривошипа від початкового моменту ($\varphi = 0$) до моменту, коли кут повороту кривошипа дорівнює φ_1 , і від моменту ($\varphi = \varphi_p$) до моменту, коли кут повороту кривошипа дорівнює φ_2 , куліса рухається прискорено.

Висновки. Наведений аналітичний аналіз механізмів дозволяє оптимізувати вплив кінематичних параметрів гойдального способу подачі продукту на дисковий ніж.

Перспективами подальших досліджень є дослідження динамічних характеристик процесу різання дисковим ножом і гойдальним способом подачі продукту.

Література:

1. *Даурский А.Н.* Резание пищевых материалов: Теория процесса, машины, интенсификация /А.Н. Даурский, С.А. Мачихин. - М.: Пищ. промышленность, 1980.– 240с.

2. *Резник Н.Е.* Теория резания лезвия и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М. Машиностроение, 1975. – 311с.

3. *Артоболевский И. И.* Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. –М.: Наука. Гл. ред. физ.–мат. лит., 1988.–640 с.

АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПОДАЧИ ПРОДУКТА В ЗОНУ РЕЗАНИЯ

Заплетников И.Н., Пильненко А.К.

Аннотация - в работе выявлены кинематические параметры механизма подачи продукта, который осуществляет качательное движение на дисковый нож.

ANALYSIS OF KINEMATIC STUDIES OF THE MECHANISMS PRODUCT FEED TO THE CUTTING AREA

I. Zapletnikov, A. Pilnenko

Summary

The article reveals the kinematic parameters of the feeder product that provides oscillating motion on disc blade.

УДК 641.514.06

ДО ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ МАСЛО- ТА ЖИРОПЛАВИТЕЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НАДВИСОКОЧАСТОТНОЇ ЕНЕРГІЇ

Кудрявцев В.М., к.т.н.,

Парамонова В.А., к.т.н.,

Куропятник Д.В., інженер

*Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062) 304-50-46

Анотація - у даній роботі описані конструктивні особливості і принцип дії масло- та жироплавителя з використанням енергії електромагнітного поля надвисокої частоти.

Ключові слова - надвисокочастотний генератор, перфорована циліндрична резонаторна камера, насос, вершкове і пряжене масло, кондитерський жир.

Постановка проблеми. Одна з важливих задач харчової промисловості - впровадження сучасних технологій у виробничий процес, що дозволяє виробляти якісні і біологічно повноцінні продукти.

Одним з харчових продуктів, на який є значний попит у молочній промисловості, є пряжене масло. Для одержання пряженого масла застосовують плавители різних конструкцій, у яких у якості джерела теплоти зазвичай застосовують тели і парові сорочки.

Аналогічні задачі вирішують у кондитерській промисловості для топлення кондитерського жиру. Слід зазначити, що ефективність роботи шоколадного виробництва і якість продукції, що випускається, суттєво залежать від ступеня морального і фізичного зносу застосовуваного обладнання, а також якості вихідної сировини. Неправильна температурна обробка готового шоколаду і вихідних у нього кондитерських жирів приводить до появи грубого смаку і поступового утворення на поверхні такого шоколаду сірого нальоту.

В енергетичному балансі плавильні процеси займають одне з перших місць. Тому гостро постає проблема зниження енергетичних витрат і розробки нових технологій, які б дозволили поліпшити якість продукту та зменшити енерговитрати.

Аналіз останніх досягнень. Обсяг виробництва (включно переробку) пряженого масла і кондитерського жиру в Україні за останні роки в середньому складає 20 тис. тонн, але при цьому енергетичні витрати досить високі [1]. Існують жиротопки, засновані на тепловому впливі. Наприклад, жиротопка марки АРЖ-МИ продуктивністю 30 кг/год. призначена для розтоплювання блоків жиру, вершкового масла. Жиротопка являє собою двостінну судину, укомплектовану електричними тенами і циркуляційним насосом [2]. Енергетичні витрати при цьому досить високі і складають 0,45...0,5 кВт·год/кг.

Формулювання цілей статті. Розробка технології і технічних засобів для вироблення пряженого масла і кондитерського жиру з використанням енергії електромагнітних випромінювань НВЧ-діапазона, які дозволять зменшити втрати продукту й енергетичні витрати на топлення.

Основна частина. Метою цієї роботи є підвищення ефективності виробництва пряженого масла шляхом впливу на процес енергії електромагнітного поля надвисокої частоти й обґрунтування режимів роботи масло- та жироплавителя.

При цьому вирішуються наступні наукові задачі:

- розробити методику впливу потоку електромагнітного випромінювання НВЧ-діапазона на вершкове масло та жир;
- обґрунтувати технологічні режими роботи та конструкційні параметри об'ємного резонатора для високотемпературного топлення пряженого масла та кондитерського жиру;
- оцінити техніко-економічну ефективність застосування маслоплавителя (жироплавителя).

Для підвищення якості розтопленого масла (жиру) і прискорення процесу топлення розроблено плавитель періодичної дії з використанням енергії електромагнітного випромінювання (рис. 1).

Технологічний процес топлення вершкового масла і кондитерського жиру відбувається у робочій ємності 1. Зовнішня поверхня ємності оточена надвисокочастотними генераторними блоками 2, що містять джерело енергії - магнетрон 3. Для напрямку потоку енергії від магнетрона в резонаторну камеру є отвір на поверхні робочої ємності. В середині ємності розташовані відповідні об'ємні перфоровані резонаторні камери 4. Кожна камера 4 з'єднана з відповідним електронним блоком НВЧ-генератора через діелектричну пластину 5 [3].

Резонаторні камери можна вивертати за рахунок різьблення на діелектричній пластині, жорстко закріпленої до електронного блоку НВЧ-генератора. Діелектрична пластина також є кришкою резонатора і закриває отвір, що є на поверхні ємності. На верхній частині робочої

ємності передбачений патрубок, з'єднаний із трубопроводом 6, призначеним для циркуляції розтопленого масла за допомогою насоса 7 з метою змішування з вихідною сировиною 13. Цей трубопровід містить вентиль 7 для зливу готового продукту. Нижня підставка робочої ємності 1 містить патрубок, з'єднаний з трубопроводом 8 і вентилем 9 для викачування готового продукту (пряженого масла і кондитерського жиру) 10. У резонаторну камеру 4 через перфорацію стікає частково розплавлене за допомогою нагрівального елемента 12 вершкове масло (жир) 11. Вихідна сировина - вершкове масло (жир) 13 завантажується через кришку 14 НВЧ-маслоплавителя і потрапляє на сито з нагрівальними елементами 12.

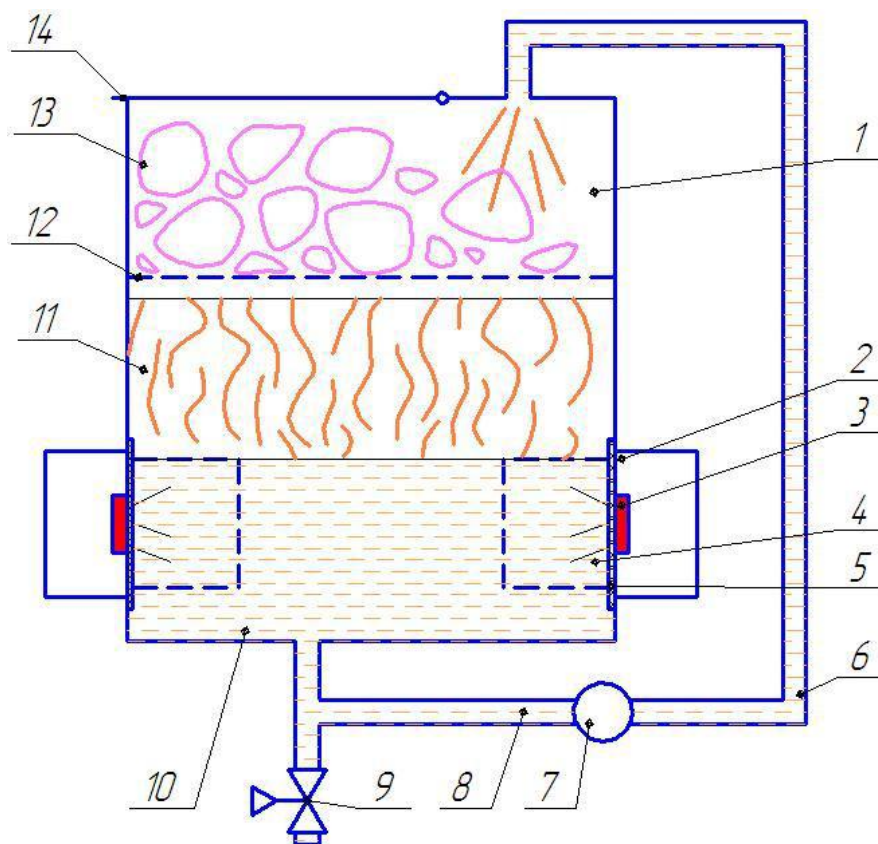


Рис. 1. Схематичне зображення НВЧ-маслоплавителя:

1 - робоча ємність, 2 - НВЧ-генератори, 3 - джерело НВЧ-енергії - магнетрон, 4 - перфоровані резонаторні камери, 5 - діелектрична пластина - кришка резонатора з різьбленням, 6 - трубопровід для перекачування продукту в ємність, 7 - циркуляційний насос, 8 - трубопровід для викачування продукту з робочої ємності, 9 - вентиль для зливу пряженого масла, 10 - пряжене масло, 11 - частково розплавлене вершкове масло, 12 - сито з нагрівальним елементом, 13 - вершкова олія - вихідна сировина, 14 - кришка НВЧ-маслоплавителя

Процес плавлення вершкового масла (кондитерського жиру) відбувається у такий спосіб. У робочу ємність 1 через кришку 14 завантажують підготовлену сировину 13. Ємність заповнюють сировиною на 50 % від її загального геометричного об'єму. Одночасно подають напругу на нагрівальні елементи 12.

Вмикають НВЧ-генератори 2, при цьому в об'ємних резонаторних камерах 4 утворюється електромагнітне поле надвисокої частоти. Частково розплавлена за допомогою нагрівальних елементів сировина 11 стікає через сито 12 і попадає у перфоровану резонаторну камеру 4, де за рахунок струмів поляризації сировина ендогенно нагрівається, розтоплюється і стікає на нижню частину робочої ємності 1. При цьому з резонаторної камери 4 розтоплена продукція не впливає за межі робочої ємності 1, тому що отвір у ній закритий діелектричною пластиною 5. Частково розтоплене вершкове масло (кондитерський жир) 11, потрапляючи на зовнішню поверхню перфорованої резонаторної камери 4, додатково нагрівається ендогенно за рахунок крайових ефектів електричного поля. Розмір отворів (перфорації) обґрунтований так, що дозволяє стікати усередину резонаторної камери з достатньою ефективністю частково розтопленій сировині (за рахунок нагрівальних елементів і крайового ефекту електричного поля), і рівень потоку випромінювань через отвори не порушує роботи сусідніх НВЧ-генераторів, а лише забезпечує додаткове ендогенне нагрівання сировини, що знаходиться на поверхні камери. Обсяг резонаторної камери (0,5...2,0 л) набагато менше, ніж обсяг НВЧ-мікрохвильових печей, що забезпечує високу напруженість електричного поля при визначеному рівні потоку випромінювань усередині резонаторної камери. Тільки така висока напруженість (2...10 кВ/см) дозволить знищити бактеріальну мікрофлору в продукті. Після нагромадження визначеного обсягу розтопленого масла 10 на нижній підставці робочої ємності 1 необхідно увімкнути насос 7 для циркуляції пряженого масла трубопроводами 6 і 8 з метою змішування з вихідною сировиною 13 у робочій ємності 1. Після закінчення топлення вершкового масла 13 готове пряжене масло (кондитерський жир) 10 зливається через вентиль 9. Насос 7 забезпечує турбулентний режим і механічну обробку сировини. За рахунок ендогенного нагрівання масла-сирцю до 80...85 °С у перфорованих резонаторних камерах 4 та механічної обробки в процесі перекачування пряженого масла за допомогою насоса масло розтоплюється. Далі пряжене масло з плавителя направляють у ванну-відстійник і в маслоохолоджувач.

Як достоїнство даного методу плавлення слід зазначити відсутність локального перегріву оброблюваного продукту, що значно поліпшує якість готового продукту. Так, для топленого масла це

означає відсутність зайвого жовтого кольору і більш м'який за сприйняттям аромат і смак. А для плавленого кондитерського жиру під час його застосування у кондитерських виробках (зокрема при додаванні в шоколад), при збереженні цукерок не утвориться "посивілий" продукт. Подібний дефект різко знижує органолептичне сприйняття цукерок.

Нами проведена техніко-економічна оцінка застосування НВЧ-маслоплавителя для фермерських господарств (таблиця 1).

Таблиця 1 - Техніко-економічна оцінка застосування НВЧ-маслоплавителя для фермерських господарств

Показники	Базовий маслоплавитель	Проектний маслоплавитель
Балансова вартість, грн.	12500	5500
Продуктивність установки, кг/год	30	30
Споживана електроенергія, кВт·год/кг	0,43	0,172
Експлуатаційні витрати на вироблення пряженого масла, грн./місяць	6000	5000
Собівартість витрат на вироблення пряженого масла, грн./кг	1,04	0,85
Ціна сировини, грн./кг	27,5	27,5
Собівартість пряженого масла, грн./кг	28,54	28,35
Ціна реалізації пряженого масла, грн./кг	37,5	37,5
Прибуток, грн./кг	8,96	9,16
Обсяг виробленої продукції, кг/ місяць	5880	5880
Капітальні витрати, грн./(кг/місяць)	2,12	0,97
Економічна ефективність, грн./рік	29847,38	
Рентабельність, %	31,41	32,3
Рентабельно при обсязі продукції, що випускається, понад, кг/місяць	-	5880

Загальний економічний ефект від застосування НВЧ-маслоплавителя продуктивністю 30 кг/год складає 29847,38 грн./рік.

Висновки. Описаний спосіб топлення масла і кондитерського жиру дозволяє виключити з апаратурної схеми виробництва пряженого масла і розтопленого кондитерського жиру пастеризатор, або зменшити температурний напір у пастеризаторі, знизити енергетичні витрати.

Література:

1. *Степанова Л. И.* Справочник технолога молочного производства / Л. И. Степанова // Технология и рецептуры. Т. 2 : Масло коровье и комбинированное. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 336 с.
2. *Крусь Г. Н.* Технология молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусь, А. Г. Храмцов и др. – М. : Колос, 2004. – 455 с.
3. *Александрова Г.А.* СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ МАСЛОПЛАВИТЕЛЬ / Г.А. Александрова, О.В. Михайлова //Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. № 2 (74) - Серия «Естественные и технические науки». – 2012. –С. 12-14

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАСЛО- И ЖИРОПЛАВИТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭНЕРГИИ

Кудрявцев В.Н., Парамонова В.А., Куропятник Д.В.

Аннотация – в данной работе описаны конструктивные особенности и принцип действия маслоплавителя с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

TO QUESTION OF THE DESIGNING BUTTER- AND FATMELTER WITH USE MICROWAVE ENERGY

V.N. Kudryavtsev, V.A. Paramonova, D.V. Kuropyatnik

Summary

The design features and the operating principle of the microwave electromagnetic field butter melter are described.

УДК 664.143.4.001.57

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ В'ЯЗКОПЛАСТИЧНИХ ХАРЧОВИХ МАС

Лавріненко Н.М., д.ф.-м.н.

Науково-технологічний центр "Реактивелектрон" НАН України

Бескровний О.І., к.т.н.

Донецький національний технічний університет

Тел.(066) 040-04-35

Анотація – у роботі досліджено структурно-механічні характеристики харчових мас при перемішуванні, а, саме, поведінку частинок наповнювача у формі еліпсоїда у дисперсній фазі під впливом деформації простого зсуву.

Ключові слова – перемішування дисперсних середовищ, деформаційна мода, включення (еліпсоїд)-оболонка-матриця, ефективне зсувне напруження.

Постановка проблеми. Більшість заготовок або штучних виробів харчової промисловості отримують формуванням харчових мас, які є сумішшю різних компонентів. Тому при будь-якій технології виготовлення застосовується перемішування, яке забезпечує отримання мас різного складу. Так, наприклад, у виробництві ковбас із м'яса відбувається перемішування інгредієнтів для отримання фаршу. Для виробництва макаронів та хліба при перемішуванні муки, води та інших інгредієнтів отримують тісто. У виробництві пралінових цукерок, шоколаду шляхом перемішування горіховмістких сипучих мас з жирами та іншими компонентами отримують масу, яка відповідає необхідним вимогам до способу її формування.

Розглянемо, наприклад, перемішування пралінових мас. У змішувальний апарат одночасно в заданому співвідношенні надходять жир і праліне. Робочі органи утворюють поверхні зрізу, деформують матеріал, у результаті чого обсяг жиру поділяється, збільшуючи поверхню контакту з праліне. Багаторазове розподілення і деформування об'ємів рідини призводить до того, що поступово частинки виявляються покритими шаром жиру. Це відповідає початку другої стадії утворення високов'язкої кондитерської маси, до кінця якої практично всі частинки виявляються у неперервному рідко-дисперсному середовищі. Утворення двофазної дисперсної системи

багато в чому залежить від процесів, що відбуваються на межі розділу фаз. З точки зору гідродинаміки процес перемішування зводиться до динамічної взаємодії обертових робочих органів змішувача з в'язким середовищем, яке представляє собою трифазну систему: включення (кластер), оболонка і матриця.

Аналіз останніх досліджень. Поведінка включення у матриці при деформації простого зсуву інтенсивно вивчалася представниками різних наукових напрямків. Згідно гіпотези Ешелбі, вплив постійного напруження, прикладеного на нескінченності, призводить до встановлення постійного напруження усередині включення, тобто при довільній комбінації чистого і простого зсувів, при довільній орієнтації і характеристичному співвідношенні еліпсоїдального включення всередині нього завжди встановлюється однорідне напруження, яке описується одним єдиним тензором напружень [1]. Цей результат має фундаментальне значення у прикладних науках, оскільки в реальних системах зв'язок між включенням та матрицею, як правило, не є ідеальним або через прослизання на міжфазній границі, або через наявність третьої фази, тобто оболонки. Як показано в [2], гіпотеза Ешелбі не виконується для циліндричних та еліптичних включень з прослизанням.

Метою статті є дослідження структурно-механічних характеристик харчових мас при перемішуванні: поведінка дисперсного середовища з наповнювачем у вигляді зерен у формі еліпсоїда під впливом деформації простого зсуву.

Основна частина. У якості моделі використовувалася трифазна система: включення(зерно наповнювача у формі еліпсоїда)-оболонка-матриця, що знаходиться під впливом деформації простого зсуву. Система достатньою мірою ізольована, так що граничні умови не мають на включення збурюючої дії. Взаємодією між включеннями, вважаємо, можна знехтувати. Оскільки передбачається, що ефективна в'язкість оболонки менше ефективної в'язкості матриці, то оболонку можна вважати шаром мастила. Це дає можливість розглядати також і граничний випадок, коли товщина шару змащення прямує до нуля, але прослизання між включенням та матрицею дозволено. У припущенні плоских деформацій задача розв'язується у двовимірному випадку. У разі еліптичного включення з прослизанням розв'язок має вигляд нескінченного ряду. На практиці використовують урізаний ряд, який із заданим ступенем точності описує процес. Для чисельного моделювання процесу ми будемо використовувати метод скінченних елементів.

Початкову конфігурацію чисельного експерименту показано на рис. 1. Наявність границь системи може вплинути на рух включення [3], тому у всіх моделях передбачається, що довжина включення

складає лише 5% від довжини зони зсуву. Товщина оболонки (шару мастила) змінюється від 0 до 50% довжини короткої вісі еліпса. У двовимірному випадку еліпсоїдальні зерна наповнювача мають форму еліпса. Характеристичне співвідношення еліпсоїдального включення $R = a/b$. Ми будемо розглядати включення у формі еліпса з характеристичним співвідношенням $R = 2/1 = 2$. Орієнтація включення характеризується кутом між довгою віссю еліпса і площиною зсуву ψ . На відміну від включень у формі шару кут нахилу ψ тепер істотно впливає на всі фізичні характеристики системи (рис. 2-6). Кут зсуву φ є мірою зсувних деформацій γ і визначається формулою $\gamma = \operatorname{tg} \varphi$.

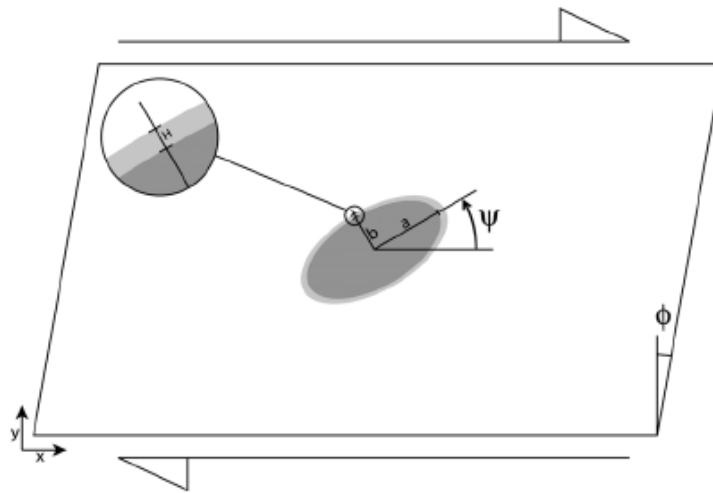


Рис. 1. Початкова конфігурація. Включення (темно-сіре) оточене оболонкою (світло-сірою) та поміщено в матрицю з проміжним значенням ефективної в'язкості.

Граничні умови задано у вигляді постійної зсувної швидкості деформацій на верхній і нижній сторонах і вільних від напружень бічних сторонах. За означенням зсувна швидкість деформацій дорівнює $\dot{\gamma} = \frac{\partial v_x}{\partial y}$, v_x - горизонтальна швидкість у декартовій системі координат. Додатне значення відповідає зсуву верхньої сторони зліва направо.

Розглянута реологія відповідає ньютонівським рідинам і неньютонівським рідинам, підпорядковуваним степеневому закону, коли тензор напружень τ_{ij} і тензор швидкостей деформацій $\dot{\varepsilon}_e$ пов'язані співвідношенням $\tau_{ij} = 2\eta \dot{\varepsilon}_{ij}$, де η - ефективна в'язкість матеріалу, яка за означенням дорівнює $\eta = B \dot{\varepsilon}_e^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}$. Тут $\dot{\varepsilon}_e$ - швидкість ефективних деформацій, n - показник ступеня, B - матеріальна

константа, яка у випадку ньютонівської рідини ($n = 1$) дорівнює в'язкості. Швидкість ефективних деформацій визначається формулою

$$\dot{\varepsilon}_e = \sqrt{\left(\frac{\dot{\varepsilon}_{xx} - \dot{\varepsilon}_{yy}}{2}\right)^2 + \dot{\varepsilon}_{xy}^2} \text{ аналогічно визначенню ефективного зсувного}$$

напруження
$$\sigma_e = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{2}\right)^2 + \sigma_{xy}^2} .$$

На рис. 2 показано жорстке еліптичне включення з ідеальним зв'язком між включенням та матрицею; гіпотеза Ешелбі справедлива, як і у випадку кругових включень.

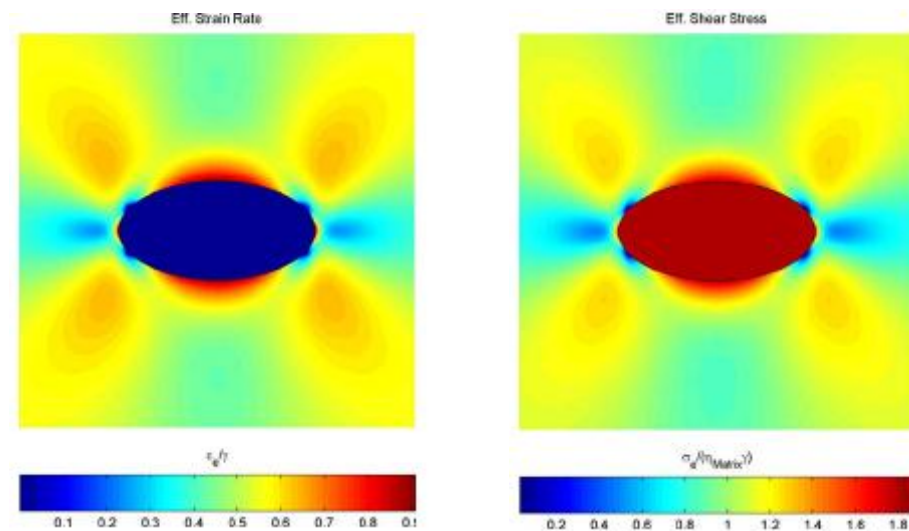


Рис. 2. Жорстке еліптичне включення з ідеальним зв'язком між включенням та матрицею $H = 0$; $\psi = 0^\circ$, $R = 2$.

Введення проміжного шару (рис. 3-4) призводить до того, що тиск та ефективні зсувні напруження дорівнюють нулю всередині включення. Це знаходиться у відповідності з аналітичним розв'язком, отриманим в [4], згідно з яким еліптичне включення з неідеальним зв'язком з матрицею, яка знаходиться під дією деформації простого зсуву, паралельного довгій осі еліпса, не відчуває напруження. Відсутність напружень усередині включення буде спостерігатися також і для вертикального еліпса, так як його можна розглядати як вироджений випадок горизонтального еліпса.

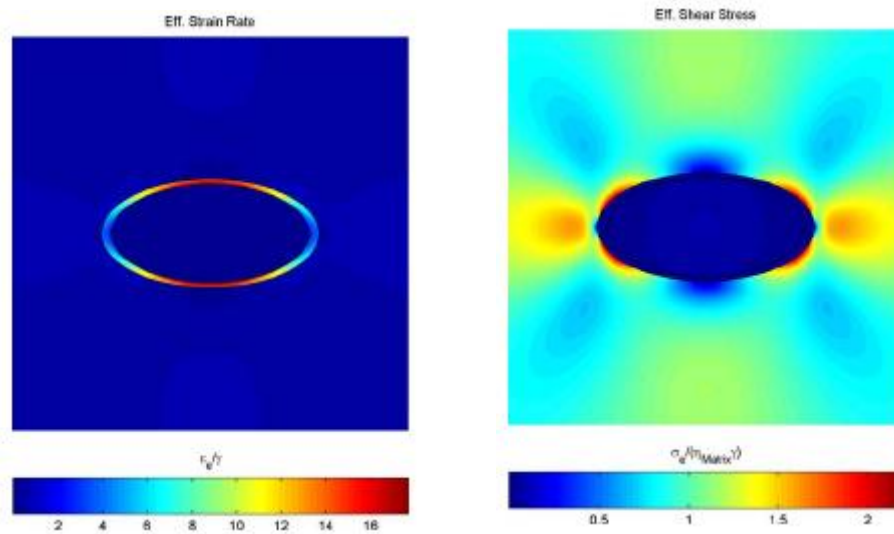


Рис. 3. Жорстке еліптичне включення з проміжним шаром $H = 10$; $\eta_{\text{lubricant}}/\eta_{\text{matrix}} = 1/1000$, $\psi = 0^\circ$, $R = 2$.

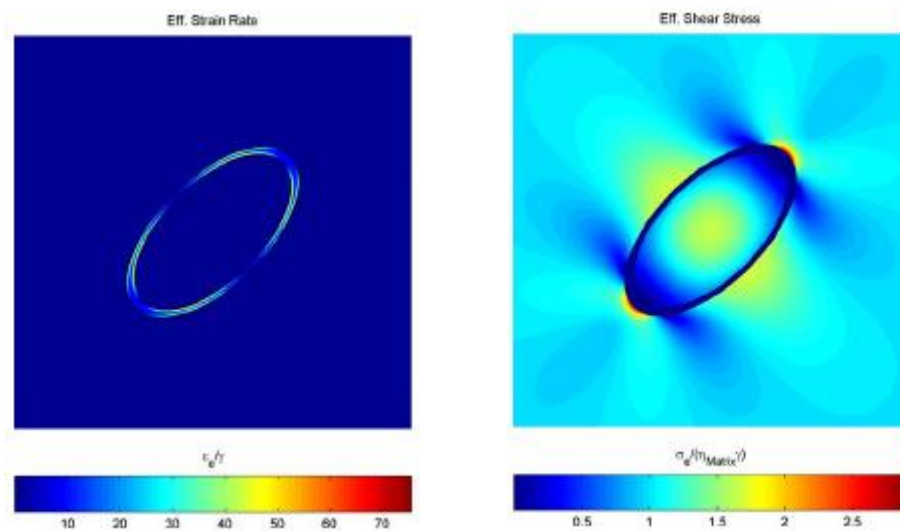


Рис. 4. Жорстке еліптичне включення з проміжним шаром $H = 10$; $\eta_{\text{lubricant}}/\eta_{\text{matrix}} = 1/1000$, $\psi = 45^\circ$, $R = 2$.

Якщо використовуються неньютонівські матеріали, то гіпотеза Ешелбі несправедлива, як і у випадку кругових включень (рис. 5).

Поведінка при скінченних деформаціях для жорсткого еліптичного включення з проміжним шаром і характеристичним співвідношенням 2:1 показана на рис. 6. Скінченна деформація в цьому випадку дорівнює $\gamma = 0.86$. Хоча величина цієї деформації відносно мала, але виявилася достатньою для істотного зменшення товщини проміжного шару в квадрантах стиснення і формування хвостів. Включення переходить у метастабільний стан; гострі кінці хвостів служать концентраторами напружень.

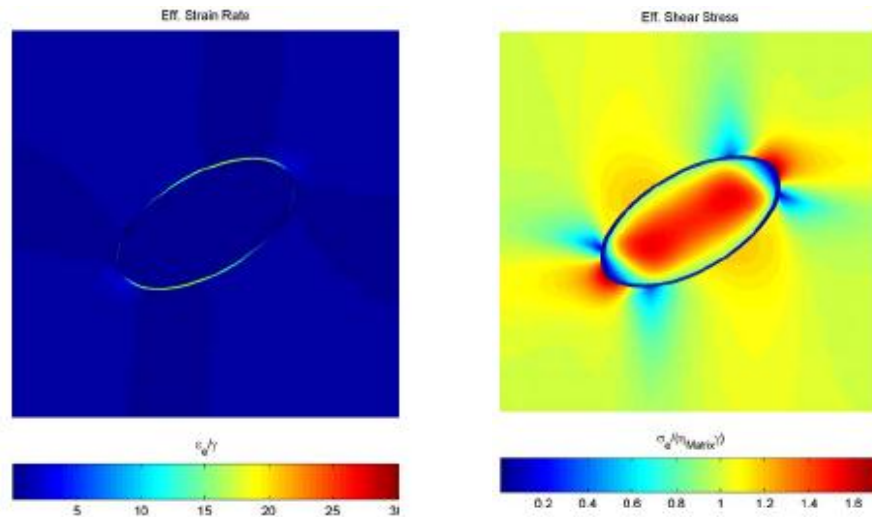


Рис. 5. Жорстке еліптичне включення з проміжним шаром. Проміжний шар і матриця описуються степеневим законом $H = 10$; $n_{clast} = 1$, $n_{lubricant} = 3$, $n_{matrix} = 3$, $\eta_{lubricant}/\eta_{matrix} = 1/10$, $\psi = 30^\circ$, $R = 2$.

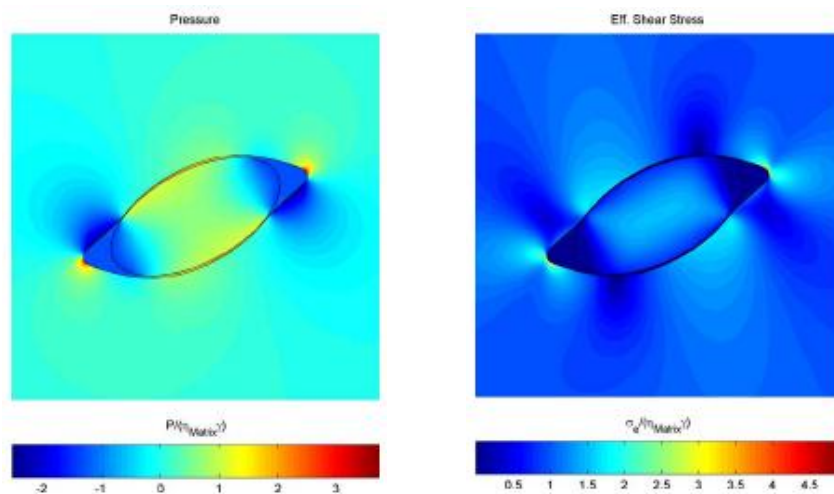


Рис. 6. Скінченні деформації для жорсткого еліптичного включення з проміжним шаром ($\gamma = 0.86$).

На відміну від кругових включень введення проміжного шару (шару мастила) робить істотний вплив на кінематичну поведінку еліптичного включення. Починаючи з початкового положення, паралельного зсувній течії, еліптичне включення обертається у напрямку, протилежному течії простого зсуву. При збільшенні зсувних деформацій включення досягає квазістатичного нахилу величиною приблизно 30° до зсувної площини. Цей нахил не є статичним через безперервний рух рідини проміжного шару у напрямку до хвостів (рис. 6). Кут квазістатичного нахилу залежить від різниці в'язкостей проміжної фази та матриці, показника степеневого закону та характеристичного співвідношення включення.

Таким чином, можна зробити такі висновки:

1. Для всіх характеристичних відношень і реологічних рівнянь спостерігається одна і та ж тенденція – при зменшенні в'язкості проміжного шару збільшується область зворотних обертань на площині $\psi - H$.

2. При зменшенні в'язкості проміжного шару менше 1/1000 в'язкості матриці поведінка включення стає нечутливою до подальшого зменшення в'язкості проміжного шару.

3. Збільшення характеристичного співвідношення приводить до зменшення кута квазістатичного нахилу в межах від 40° до 0° .

4. Для неньютонівських матеріалів кут квазістатичного нахилу збільшується.

Література:

1. *Mura T.* Some new problems in the micromechanics / *T. Mura* // Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing. – 2000. – v. 285(1-2). – P. 224-228.

2. *Shen H.* Analysis of internal stress in an elliptic inclusion with imperfect interface in plane elasticity / *H. Shen, P. Schiavone, C.Q. Ru, A. Mioduchowski* // Mathematics and Mechanics of Solids. – 2000. – v. 5(4). – P. 501-521.

3. *Marques F.O.* Rotation of rigid elliptical cylinders in viscous simple shear flow: analogue experiments / *F.O. Marques, S. Coelho* // Journal of Structural Geology. – 2001. – v. 23(4). – P. 609-617.

4. *Stagni L.* Elastic field perturbation by an elliptic inhomogeneity with a sliding interface / *L. Stagni* // Journal of Applied Mathematics and Physics. – 1991. – v. 42. – P. 881-819.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ МАСС

Лавриненко Н., Бескровный А.

Аннотация - в работе исследованы структурно-механические характеристики пищевых масс при перемешивании, а, именно, поведение частиц наполнителя в форме эллипсоида в дисперсной фазе под влиянием деформации простого сдвига.

COMPUTER SIMULATION OF VISCOPLASTIC STIRRING FOOD MASSES

N. Lavrinenko, O. Beskrovnyy

Summary

We have studied the structural and mechanical characteristics of the food mass with stirring, and it is the behavior of the filler particles in the form of an ellipsoid in the dispersed phase under the influence of a simple shear deformation

УДК [637.521.47:599.735.52]:641.822

ВПЛИВ ВИДУ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ НА ЯКІСТЬ СНЕКІВ З ДЕСТРУКТУРИЗОВАНОГО М'ЯСА БАРАНИНИ

Орешина О.О., інженер,

Молоканова Л.В., к.т.н.

*Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062) 335-34-73

Анотація – роботу присвячено підбору зв'язувального компонента при виготовленні снєків з баранячого фаршу для формування їх товарного виду і смакових характеристик.

Ключові слова – баранячий фарш, зв'язувальний компонент, структура і консистенція, смак, профільний аналіз.

Постановка проблеми. Останнім часом м'ясні снєки стають все більш споживаними та популярними, оскільки вони не мають обмежень у споживанні – вікових чи будь яких інших. Слово «Snack» означає «легка закуска» через їх основне призначення – можливість швидко гамувати голод, перекусити між основними прийомами їжі, що означає їх повну готовність до вживання і високу поживну цінність [1].

Аналіз сучасного ринку м'ясних снєків та дослідження щодо стабільності їх хімічного складу в межах, заявлених виробником, показали можливість та доцільність застосування для виготовлення нових видів снєків м'яса баранини та його деструктуризації [2].

Одними з основних характеристик, які визначають поняття «снєк», виступають структура і консистенція продукту: пружна і міцна у разі сушіння м'яса та еластична і гнучка – у разі в'яління. Але, в будь якому випадку розуміється повна збереженість наданої продукту форми як після виготовлення, так і в процесі реалізації.

Враховуючи специфічні властивості м'язової тканини баранини (менш пружна, ніж яловичина, та менш еластична, ніж свинина) при використанні деструктуризованого м'яса, тобто фаршу, постає необхідність застосування компонентів, які сприяють підвищенню його зв'язності та пластичності.

Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день снєки, виготовлені з фаршу (яловичий, свинячий, курячий, з конини), представлені продукцією ТОВ «Драйд Фудз» та ПП «SNACK». Для зв'язування фаршу ці виробники використовують пшеничне борошно,

крохмаль, рослинні олії (соняшникова, маслинова, кукурудзяна), яечний білок та меланж [3].

Яечний білок є традиційно зв'язувальним агентом фаршів при виготовленні м'ясних січених напівфабрикатів, пшеничне борошно і крохмаль використовують для збільшення вологозв'язувальної та вологозатримної здібності ковбасних фаршів, рослинна олія виконує роль зв'язувального компоненту і надає фаршам належної пластичності та еластичності в обох випадках [4, 5].

Щодо снєків з баранини, то на тепер не існує будь-яких рекомендацій стосовно зв'язувальних компонентів, оскільки снєки з деструктуризованої баранини вітчизняною промисловістю не випускаються.





Формулювання цілей статті. У якості зв'язувальних компонентів для виготовлення снєків з баранини нами розглянуто яечний білок, рисове борошно та соняшкову олію.

Ми виходили з того, що яечні продукти, пшеничне борошно і крохмаль, а також рослинні олії використовуються в рецептурах напівкопчених ковбас з баранини і означені в нормативних документах як сировинні компоненти [6].

Стосовно рисового борошна – воно обрано нами через те, що пшеничне борошно і крохмаль у складі м'ясних виробів не завжди позитивно сприймаються споживачами з різних причин. Соняшкова олія, з усіх перерахованих в НД, розглядається нами, як найбільш розповсюджена і недорога.

Таким чином, метою роботи стало дослідження впливу зв'язувальних компонентів на формування якості снєків з деструктуризованого баранячого м'яса.

Основна частина. Для досліджень, визначених метою, виготовлено композиції з наступним співвідношенням баранячої деструктуризованої м'язової тканини (фарш) та зв'язувальних компонентів:

- зразок № 1: фарш : рисове борошно – 9 : 1; 
- зразок № 2: фарш : яечний білок – 9 : 1; 
- зразок № 3: фарш : соняшкова олія – 9 : 1; 
- зразок № 4: (контроль) чистий фарш. 

Зразки виготовлені у формі прямокутників розміром 3×2 см, товщиною 2,5 мм, масою 5 г. Залежно від введеного зв'язувального компоненту зразки суттєво відрізнялися за зовнішнім виглядом. Так, контрольний зразок і зразок із рисовим борошном мали матову поверхню, зразок із яечним білком – слабоблискучу, а зразок із рослинною олією – блискучу. Введення у фарш рослинної олії не вплинуло на колір зразка, в ньому зберігся нативний червоний колір. Додавання яечного білка спричинило червоно-сірий колір фаршу, а рисового борошна – світлий червоно-бежевий.

На першому етапі досліджень, з метою визначення поведінки різних модельних композицій під дією високих температур, здійснено їх пробне сушіння. Для цього застосовано найбільш поширений метод конвективної сушки. Зразки висушували в експериментальній конвективній сушарці, яку обладнано ваговимірювальним обладнанням, за температури 60⁰ С. Вибір температури сушіння зумовлений впливом нагрівання на мікрофлору і температурним інтервалом денатурації білків.

Денатурація основної частини м'язових білків при нагріванні м'яса відбувається у температурному інтервалі від 45 до 80⁰С, у тому числі основного білка міоглобіну – за температури 60-70⁰С [7].

Крім того, при виборі температури сушки враховано, що за температури нагріву м'ясних виробів до 60-70⁰С протягом 5-10 хв. гине більшість мікроорганізмів у вегетативній формі, в результаті чого забезпечується їх санітарно-гігієнічна безпека і підвищується стабільність при зберіганні [7].

Сушіння зразків тривало протягом чотирьох годин. Після закінчення сушіння була визначена маса кожного зразка, маса зразків № 1,3,4 склала 2гр., зразка № 1 - 1 грам.

Характеристику зразків після сушіння подано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Органолептична характеристика зразків баранячих снєків

Зразок	Показники			
	Колір	Структура і консистенція	Запах	Смак
№ 1	Бурий, нерівномірний, непривабливий зі світлими прошарками за всією площею	Досить крихка, щільна, ламається без зусиль, зв'язна	Властивий сушеному м'ясу без сторонніх запахів	невиражений, пустий
№ 2	Бордовий з коричнюватим відтінком, привабливий, рівномірний за всією площею	Злегка крихка, зв'язна, міцна, щільна	Властивий сушеному м'ясу без сторонніх запахів	баранини, добре виражений
№ 3	Червоно-коричневий, привабливий, рівномірний за всією площею	Досить еластична (можна згинати), щільна, гнучка, зв'язна	Властивий сушеному м'ясу з легким приємним олійним ароматом	баранини з легким піджаристим присмаком
№ 4	Інтенсивний темно-бордовий привабливий, рівномірний за всією площею	Досить еластична, але дає дрібні тріщини щільна, гнучка,	Властивий сушеному м'ясу без сторонніх запахів	баранини, добре виражений

Виходячи з таблиці 1, зразки снеків суттєво відрізнялись за органолептичними показниками. З метою оцінювання впливу композиційного складу на органолептичні характеристики баранячих снеків здійснено їх експертну оцінку та профільний аналіз.

За контроль взято зразок № 4, виготовлений з чистого баранячого фаршу.

Для оцінювання органолептичних показників отриманих зразків визначено позитивні (+), негативні (-) та нейтральні (такі, що можуть як покращувати, та погіршувати показник) дескриптори (таблиця 2).

Таблиця 2 – Дескриптори для оцінювання показників зразків снеків

Дескриптори				
Характеристика	Позитивні (+)	Негативні (-)	Нейтральні	
	Зовнішній вигляд			
	Привабливий, рівномірний колір, колір властивий харчовому продукту, гладка поверхня	Непривабливий, нерівномірний колір, наявність тріщин	Інтенсивність кольору, наявність відтінків	
	Структура і консистенція			
	Зв'язна, гнучка, еластична	Крихка, ламка	Щільна, міцна	
	Смак			
	Властивий, смак сушеного м'яса, смак смаженого м'яса, піджаристий присмак, гармонічність	Невластивий, пустий, сторонні присмаки, неприємний	Виражений	

Виходячи з таблиці 1 і 2, зрозуміло, що для оцінювання та побудови профілів нами обрано лише ті показники, які мали суттєвий вплив на якість снеків.

Отримані зразки суттєво відрізнялись за кольором і зовнішнім виглядом. Так, усі зразки, крім зразка № 1, мали привабливий зовнішній вигляд і колір від бордового до темно-бордового з коричнюватим відтінком, рівномірний за всією площею продукту. Зразок № 1 був непривабливий, бурого кольору зі світлими прошарками за всією площею, що відбилося на оцінці зовнішнього виду в цілому (рис. 1).

Структура і консистенція усіх отриманих зразків була зв'язна і щільна, перший і другий зразок за цим показником суттєво не відрізнялись, зразок № 1 досить крихкий – ламається без зусиль; зразок № 2 менш крихкий; зразки № 3 і № 4 мали досить еластичну консистенцію, що давало можливість згинати їх, але при цьому на зразку № 4 при згинанні з'являлися дрібні тріщини (рис. 2).

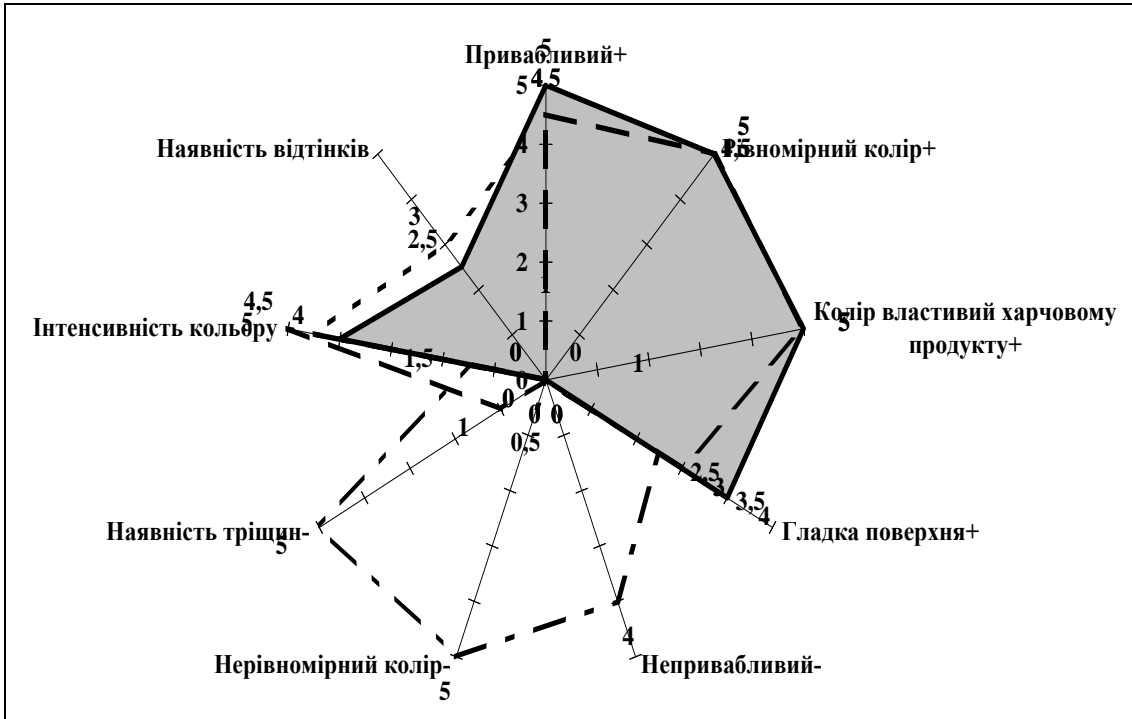


Рис. 1. Сенсорний профіль зовнішнього виду зразків снєків.

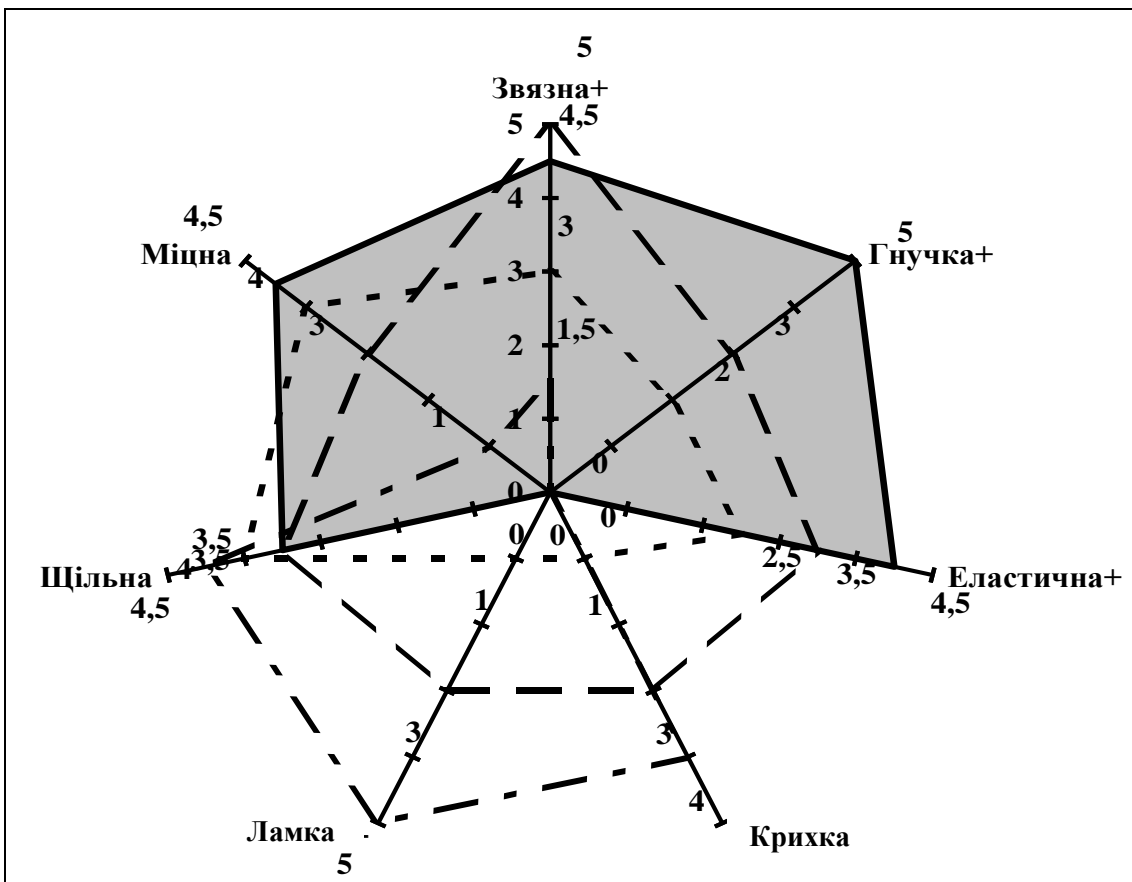


Рис. 2. Сенсорний профіль структури і консистенції зразків снєків.

Запах усіх зразків був властивий сушеному м'ясу. У зразку № 3, крім того, був присутній легкий приємний олійний аромат. Щодо смаку, зразок № 1 і № 2 мали однаковий смак – властивий сушеному м'ясу баранини, добре виражений. Смак зразка № 1 властивий сушеному м'ясу, але пустий і не виражений. Смак зразка № 2 властивий смаженому м'ясу баранини з легким піджаристим присмаком.

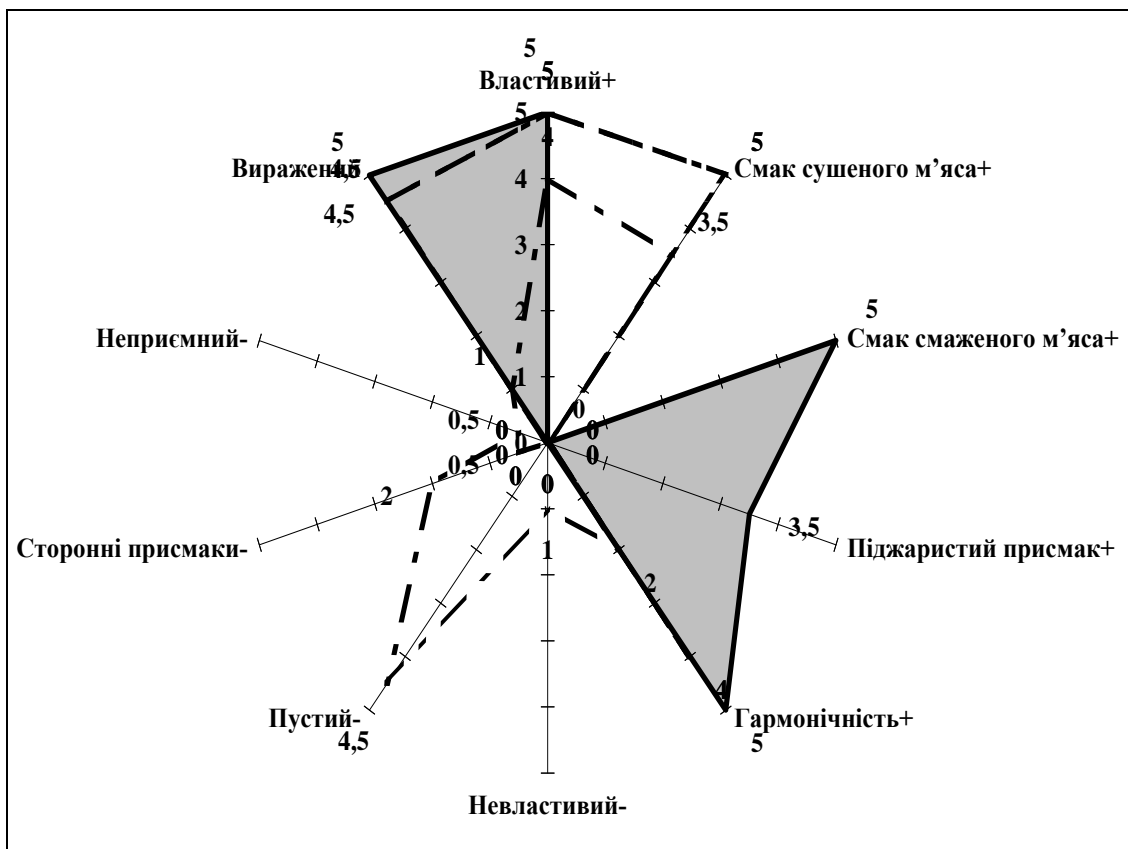


Рис. 3. Сенсорний профіль смаку і запаху зразків снєків.

Порівняння профілограм, складених за результатами експертної бальної оцінки зразків, дозволило найбільш привабливим визнати зразок № 3, до складу якого входила соняшникова олія.

Висновки. За результатами проведеного експерименту було виявлено позитивний вплив на споживчі властивості снєків з баранячого м'яса введення соняшникової олії, як зв'язувального компоненту. Введення олії до композиції снєків сприяє поліпшенню їх структури і консистенції, смаку і запаху. Аналіз проведених досліджень дозволяє вести подальші дослідження, спрямовані на розробку композиційного складу найкращого зразка для гармонізації його смакоароматичних характеристик.

Література:

1. Курзина М.Н. Снэки и продукты быстрого приготовления /М.Н. Курзина // Пищевая промышленность – 2002. – № 5. – С. 15-18.
2. Молоканова Л.В. Хімічний склад вітчизняних м'ясних снєків / Л.В. Молоканова, О.О. Орешина // Науковий вісник ПУЕТ. – 2011. – № 1 (52). – С. 119-124
3. <http://objerky.com.ua/ru/product/1/>
4. Берлова Г.А. Новое в производстве мясных продуктов с растительными белками и зерновыми / Г.А. Берлова // Сб. науч. труд. РУК «Проблемы экономического развития пищевой промышленности». М: ИЦ РУК. – 2000. – С. 102-122
5. Поварова Н.Н. Использование биомодификации фарша при производстве варено-копченых колбас с пониженным содержанием нитрита натрия / Н.Н. Поварова, А.В. Асауляк, Л.Г. Винникова // Зб. наук. пр. молодых ученых, аспи́р. та студ. ОНАХТ. Одеса: ВЦ ОНАХТ. – 2008. – С. 234-236
6. ДСТУ 4435:2005 «Ковбаси напівкопчені. Загальні технічні умови». Київ: Держпоживстандарт. – 2005. – 19 с.
7. Перкель Т. П. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов: Учебное пособие / Т.П. Перкель. Кемерово: ИЦ КТИПП. – 2004. – 100 с.

ВЛИЯНИЕ ВИДА СВЯЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА КАЧЕСТВО СНЕКОВ ИЗ ДЕСТРУКТУРИЗОВАНОВОГО МЯСА БАРАНИНЫ

Орешина О.А., Молоканова Л.В.

Аннотация – данная работа посвящена подбору связующих компонентов при изготовлении снєков из бараньего фарша для формирования их товарного вида и вкусовых характеристик.

EFFECT OF BINDING COMPONENTS ON THE QUALITY SNECKS FROM THE DESTRUCTURED LAMB MEAT

O. Oreshyna, L. Molokanova

Summary

This work is devoted to the selection of binding components in the production of snacks from minced lamb for the formation of marketable condition and taste characteristics.

УДК 664.74.001

СЕПАРАЦІЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ НА ТРИ ФРАКЦІЇ ПРИ ЇХ ВІБРАЦІЙНОМУ ПЕРЕМІЩЕННІ

Фалько О. Л., к.т.н.

Донецький інститут залізничного транспорту.

Тел. (095) 6071894

Анотація - запропоновано пристрій для сепарації порошкового матеріалу на три фракції, проведено аналітичні дослідження.

Ключові слова – сепарація, порошкові матеріали, сипка суміш.

Постановка проблеми. У харчовій, хімічній, фармацевтичній галузях відбувається сепарація сипких сумішей. Сепарація сипких сумішей, які містять дрібнодисперсні порошкові фракції часток, є технологічним процесом, який важко реалізується через посилені адгезійні властивості дрібнодисперсних часток. Наприклад, сортування муки ситовим способом (очищення від домішок, що засмічують) є неможливим при відносній вологості більше 14% через забивання комірок сит [1]. Інші достатньо поширені способи сепарації, що застосовуються для порошкових матеріалів (вібраційний, пневматичний), також мають істотні недоліки [1], обумовлені аутогезійними та адгезійними властивостями дрібнодисперсних часток.

Аналіз останніх досліджень. Для вирішення цієї проблеми було розроблено декілька нових, більш ефективних способів сепарації: віброадгезійний [2], за різницею у висоті польоту часток [3,4], за різницею у дальності польоту часток [5], які, на відміну від поширених способів сепарації, реалізуються саме завдяки адгезійним властивостям часток.

Формування цілей статті. Цілями статті є опис конструкції нового пристрою і аналітичний опис процесу вібропереміщення і сепарації порошкових матеріалів на новому пристрої.

Основна частина. На рис. 1 представлено принципову конструктивну схему нового пристрою для сепарації сипких сумішей. Пристрій має завантажувальний вібробункер 1 із заслінкою 2 для регулювання подачі сипкої суміші з посиленими адгезійними властивостями. Вібропривод 3 приводить у коливальний рух робочий

орган, який складається з верхньої пластини 4, до якої знизу впритул жорстко закріплена решітка 5 із наскрізними вертикальними каналами, які закрито знизу пластиною 6, а в каналах розташовано ударники 7 з можливістю руху під дією інерції та співударяння у кожному періоді коливань робочого органу з нижньою стороною пластини 4. Кут нахилу робочого органу до горизонту – 45° .

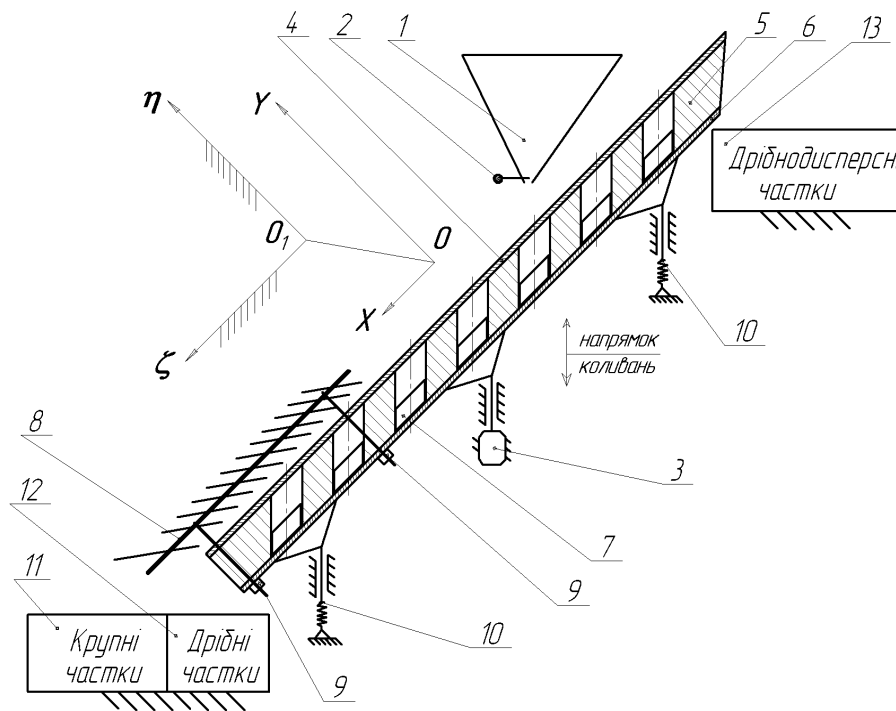


Рис. 1. Конструктивна схема пристрою для сепарації.

Над пластиною 4 у нижній частині встановлено пакет розподільчих пластин 8 з можливістю регулювання його висоти (7-20 мм) відносно верхньої робочої поверхні пластини 4 за допомогою регулювальних гвинтів 9. Пластини 8 встановлено під тупим кутом нахилу до пластини 4 і, водночас, під від'ємним тупим кутом нахилу до горизонту з можливістю регулювання відстаней між ними уздовж лінії нахилу пластини 4. Розподільчі пластини 8 встановлюються паралельно одна до одної на однаковій відстані від поверхні пластини 4. Відстань між самою нижньою з розподільчих пластин 8 і найближчою до неї (15-20 мм) перевищує рівні відстані між іншими розподільчими пластинами (8-10 мм). Кут нахилу розподільчих пластин 8 до пластини 4 регулюється.

Робочий орган встановлено на пружних елементах 10. Під нижнім кінцем робочого органу розташовані приймальна ємність 11 для часток крупної фракції (приблизно сита 250×250 мкм) і приймальна ємність 12 для часток дрібної фракції (приблизно прохід сита 250×250 мкм).

мкм і схід сита 140*140 мкм) суміші відповідно, а під верхнім кінцем робочого органу розташована приймальна ємність 13 для часток дрібнодисперсної фракції (приблизно прохід сита 140*140 мкм).

Працює пристрій наступним чином. Суміш, що складається з часток різних фракцій, із завантажувального вібробункера 1 подається на поверхню пластини 4, що вертикально коливається з частотою 15 - 25 Гц і амплітудою 3-4 мм. Спочатку на поверхні 4 відбувається віброадгезійна сепарація [2] сипкої суміші, при якій крупна і дрібна фракції часток рухаються донизу, а дрібнодисперсна фракція легких часток вібропереміщується нагору коливною поверхнею робочого органу [2] під впливом рівнодіючої сил інерції і адгезії.

У процесі вібропереміщення нагору уздовж пластини 4 дрібнодисперсні частки під дією інерції від коливань шаром налипають на поверхню пластини 4, утворюючи з нею адгезійні зв'язки. Руйнуються ці зв'язки ударниками 7, які в кожному періоді коливань рухаються каналами решітки 5 і наносять удар по нижній стороні пластини 4 у моменти, коли пластини 4 знаходиться у своєму найвищому положенні відносно лінії статичної рівноваги. У ці моменти сила інерції, що діє на шар налиплих часток, максимальна, але недостатня для руйнування адгезійних зв'язків, і лише завдяки додатковій дії ударного імпульсу від зіткнення ударників 7 з нижньою стороною пластини 4 адгезійні зв'язки руйнуються. Відстань між ударниками 7 і нижньою поверхнею пластини 4 встановлювалася такою, щоб співударяння між ними відбувалися у кожному періоді коливань робочого органу в моменти, коли робочий орган знаходиться у найвищому крайньому положенні, де його віброприскорення максимальне.

Частки дрібної і крупної фракцій здійснюють вібропереміщення донизу нахиленою поверхнею пластини 4 з етапами ковзання і польоту. У процесі вібропереміщення крупні частки рухаються значно швидше і значно вище на етапах польоту над коливною поверхнею (КП) пластини 4, тому за досягнення розподільчих пластин 8 крупні частки заскакують на пластини 8, рухаються ними донизу і потрапляють у ємність 11. Дрібні частки, які не спроможні на етапах польоту досягти розподільчих пластин 8, рухаються під ними поверхнею пластини 4 і потрапляють у ємність 12.

Процес заскоку крупних часток на розподільчі пластини 8 здійснюється наступним чином. Спочатку частина крупних часток потрапляє на першу - саму верхню розподільчу пластину. На наступні, нижні за розташуванням розподільчі пластини потрапляють ті крупні частки, траєкторія польоту яких пройде під попередніми, верхніми розподільчими пластинами. Якщо знайдеться частка, яка за траєкторією свого польоту спроможна пройти під усіма

розподільчими пластинами 8 завдяки зіткненням з найближчими до пластини 4 кромками і нижніми неробочими частинами поверхонь розподільчих пластин 8, то вона заскочить на останню найнижчу розподільчу пластину, оскільки відстань між нею і попередньою перевищує рівні відстані між іншими розподільчими пластинами (8-12 мм). Ця конструктивна особливість допомагає врахувати усі можливі траєкторії польоту крупних часток для їх заскоку на розподільчі пластини 8. Вплив часток дрібної і дрібнодисперсної фракцій на крупні у розрідженому шарі матеріалу є несуттєвим. Можливого утворенню аутогезійних зв'язків між частками різних фракцій перешкоджає «ударний» режим руху крупних часток по КП (внаслідок чого виникає ефект обтрушування).

Фізична суть процесу полягає у тім, що крупні частки сипкої суміші через слабші адгезійні зв'язки і більшу питому вагу легко відриваються від КП пластини 4 і мають при цьому початкову швидкість, яка майже дорівнює найбільшій швидкості руху пластини (момент відриву відбувається близько до нейтрального положення робочого органу, де його швидкість найбільша), легко переборюють опір повітря (яке односпрямоване з польотом крупних часток нагору) і здійснюють політ над поверхнею пластини 4 на більшій висоті, ніж частки дрібної фракції.

Для дрібних часток, які рухаються разом з крупними донизу по КП, у певній мірі знижують початкову швидкість польоту адгезійні зв'язки з КП, через що момент відриву від КП затримується майже до верхнього положення робочого органу, коли спрямована вверх сила інерції найбільша і здатна розірвати слабкі адгезійні зв'язки дрібних часток. Польоту дрібних часток, які мають меншу питому вагу, суттєво протидіє сила опору повітря, тим більше, що напрямок повітряного потоку здебільшого протилежний польоту нагору (повітряний потік починає рухатися за КП донизу). Через названі фактори виникає достатня для сепарації різниця висот польоту часток дрібної і крупної фракцій.

Рух крупної і дрібної фракцій часток униз по КП відбувається прискорено, а їх швидкість не є визначальним фактором для продуктивності процесу. Визначальним фактором для продуктивності, як граничною умовою, є така ступінь завантаженості при потраплянні сипкої суміші на КП, при якій частки крупної і дрібної фракцій не перешкоджають руху дрібнодисперсних часток нагору. Тому задачею аналітичного опису у цій статті є визначення різниці висот польоту часток крупної і дрібної фракцій, завдяки якій відбувається сепарація, і яка впливає на висоту розташування розподільчих пластин 8.

Для аналітичних досліджень пов'яжемо рухому декартову систему координат із КП і направимо вісь абсцис OX донизу по

нахилу КП, а вісь ординат OY нагору перпендикулярно до КП (рис. 2). Нерухому систему координат $\zeta O_1 \eta$ розташуємо паралельно до рухомої і вважатимемо, що вісь абсцис ζO_1 проходить лінією статичної рівноваги КП, а O_1 співпадає з O у середньому положенні робочого органу.

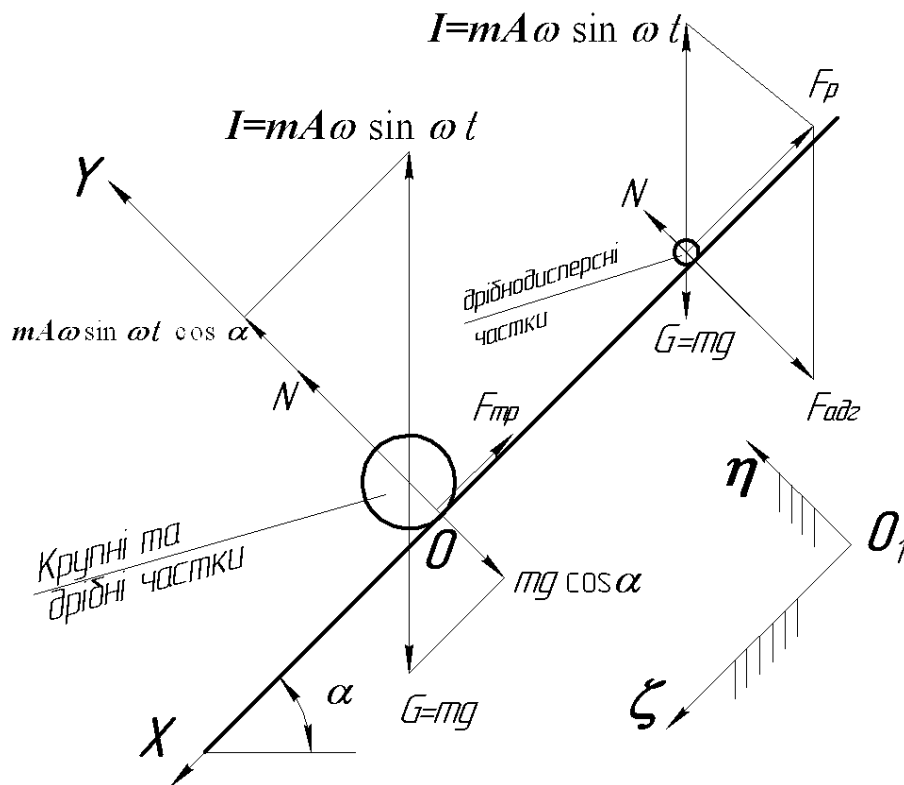


Рис. 2. Схема сил, що діють на частки різних фракцій.

При потраплянні на КП сипка суміш під дією коливань розподіляється. Згідно рис. 2 дрібнодисперсна фракція легких часток вібропереміщується нагору [2] на етапах польоту під впливом переважної для них рівнодіючої F_p сил інерції I і адгезії $F_{адг}$. Етапи ковзання для дрібнодисперсних часток відсутні [2] завдяки посиленій адгезії. Цей процес віброадгезійної сепарації, а саме рух дрібнодисперсних часток нагору по КП і ударників у каналах решітки робочого органу є детально дослідженим аналітично і експериментально [2].

Крупні і дрібні частки прискорено переміщуються донизу з етапами польоту і ковзання під дією переважної для них сили тяжіння G (N – нормальна реакція КП, $F_{тр}$ – сила тертя на етапах ковзання).

Відрив крупних часток від КП здійснюється у момент часу, що визначається за умови $N=0$ (момент відриву) з рівняння сил уздовж осі Y і відповідає значенню фазового кута відриву φ_0

$$\varphi_0 = \omega t_0 = \arcsin\left(\frac{g}{A\omega^2}\right), \quad (1)$$

де A і ω – амплітуда і частота коливань, m – маса частки;
 g – прискорення вільного падіння, α – кут нахилу КП до горизонту;

$t_0 = \varphi_0 / \omega$ – момент часу відриву;

φ_0 – фазовий кут відриву.

Політ крупних часток відносно осі ОУ описується диференціальним рівнянням

$$\ddot{y} = A\omega^2 \sin \omega t \cos \alpha - g \cos \alpha, \quad (2)$$

де t – поточний час польоту.

Інтегруючи рівняння (2), знайдемо швидкість \dot{y} , а після повторного інтегрування — координату y польоту крупних часток:

$$\dot{y} = -g(t - t_0) \cos \alpha - A\omega(\cos \omega t - \cos \omega t_0) \cos \alpha + \dot{y}_0, \quad (3)$$

$$y = -g \frac{(t - t_0)^2}{2} \cos \alpha + A\omega \cos \omega t_0 (t - t_0) \cos \alpha - A(\sin \omega t - \sin \omega t_0) \cos \alpha + \dot{y}_0(t - t_0) + y_0, \quad (4)$$

де \dot{y}_0 – швидкість у момент відриву, $\dot{y}_0 = 0$.

y_0 – координата в момент відриву, $y_0 = 0$,

Координата η_0 і швидкість $\dot{\eta}_0$ руху часток у момент відриву від КП відносно нерухомої системи координат $\zeta O_1 \eta$ дорівнюють координаті і швидкості руху КП у момент, що відповідає куту φ_0 :

$$\eta_0 = A \sin \varphi_0 \cos \alpha, \quad (5)$$

$$\dot{\eta}_0 = A\omega \cos \varphi_0 \cos \alpha. \quad (6)$$

Рівняння, що описує швидкість польоту крупних часток уздовж $O_1\eta$ має вид

$$\dot{\eta} = \dot{\eta}_0 - gt \cos \alpha = A\omega \cos \varphi_0 \cos \alpha - gt \cos \alpha. \quad (7)$$

Дорівнявши вираз (7) до нуля, отримаємо з нього час польоту крупних часток уздовж $O_1\eta$ до зупинки у повітрі з координатою $\eta = \eta_{\max}$ у момент $t = t_1$

$$t_1 = \frac{A\omega \cos \varphi_0}{g}. \quad (8)$$

Найбільшу висоту польоту часток крупної фракції відносно місця початку польоту визначимо згідно законів кінематики

$$\eta_{01} = \dot{\eta}_0 t_1 - \frac{gt_1^2 \cos \alpha}{2} = A\omega \cos \varphi_0 \cos \alpha * t_1 - \frac{gt_1^2 \cos \alpha}{2}. \quad (9)$$

Найбільшу висоту польоту часток крупної фракції відносно нейтрального положення КП визначимо як суму виразів (5) і (10)

$$\eta_{\max} = \eta_0 + \eta_{01} = A \sin \varphi_0 \cos \alpha + \dot{\eta}_0 t_1 - \frac{gt_1^2 \cos \alpha}{2} = \quad (10)$$

$$A \sin \varphi_0 \cos \alpha + A\omega \cos \varphi_0 \cos \alpha * t_1 - \frac{gt_1^2 \cos \alpha}{2}.$$

Якщо врахувати положення КП у момент t_1 , а саме $\eta_{КП} = A \sin(\omega(t_1 + t_0)) \cos \alpha$, то найбільша висота польоту крупних часток над КП у момент t_1 складе

$$\eta_{\max 1} = \eta_0 + \eta_{01} - \eta_{КП} = A \sin \varphi_0 \cos \alpha + A\omega \cos \varphi_0 \cos \alpha * t_1 - \frac{gt_1^2 \cos \alpha}{2} - A \sin(\omega(t_1 + t_0)) \cos \alpha. \quad (11)$$

Фактично в правій частині (11) ми отримали вираз (4) при умові нерозривності виміру часу $t = t_1 + t_0$ для (4).

Слід зазначити, що найбільша висота польоту крупних часток над КП обчислюється за формулою (11) приблизно, оскільки КП здійснює швидкий рух і найбільша висота польоту може бути

досягнута близько до моменту t_1 . Тому більш точне значення дасть дослідження формули (4) на максимум, наприклад, за допомогою програми MathCad, чи аналітично.

На політ дрібних часток значно впливає сила опору повітря, особливо при протилежному напрямку повітряного потоку від КП, а початкова швидкість їхнього польоту уздовж $O_1\eta$ залежить від моменту відриву від КП, залежного від адгезійних властивостей часток (не фіксований чітко момент), через що аналітичне визначення найбільшої висоти польоту цих часток над КП ускладнено. Однак з експериментальних спостережень при куті нахилу 45^0 і інтенсивності коливань $A\omega^2 \leq 10g$ більшість часток дрібної фракції вібропереміщується по КП із найбільшою висотою польоту над не $H_{дф} < 3,5$ мм.

Очевидно, що різниця висот польоту часток крупної $Y_{кф}$ і дрібної $Y_{дф}$ фракцій складе

$$\Delta Y = Y_{кф} - Y_{дф}. \quad (12)$$

Очевидно, що висота розташування розподільчих пластин $Y_{пл}$ у пристрої (рис. 1) визначається з нерівності

$$Y_{дф} < Y_{пл} < Y_{кф}. \quad (13)$$

Рахуючи можливі нестабільності властивостей часток і гранулометричного складу порошкового матеріалу, найбільш доцільно прийняти висоту розташування пластин усереднено

$$Y_{пл} = \frac{Y_{кф} + Y_{дф}}{2}. \quad (14)$$

Висновки, що отримані за результатами досліджень:

1. Запропоновано нову конструкцію пристрою для сепарації сипких матеріалів за ознаками різниці в адгезійних властивостях часток різних фракцій і в подоланні опору повітря частками різних фракцій.

2. Отримано рівняння, що описують політ крупних часток сипкого матеріалу нагору перпендикулярно до КП, визначено розрахункову висоту розташування розподільчих пластин, що є основою для подальших аналітичних та експериментальних досліджень.

Література:

1. Барский М.Д. Фракционирование порошков. / Барский М.Д. – М.: Недра, 1980.- с. 17 - 29.
2. Фалько Л.Г. Вібродгезійна сепарація сипких харчових продуктів. / Фалько Л.Г.: Автореф. дис. канд. техн. Наук. – Харків: ХДАТОХ, 1996. – 22 с.
3. Пат. 47872 А (UA). МПК В 07 В 13/00. Спосіб сепарації сипучих матеріалів під дією коливань і пристрій для його здійснення. / Фалько Олексій Леонідович (UA) – заявка № 2001106988 від 15.10.01; Опубл. 15.07.02, Бюл. № 7.
4. Пат. 10806 (UA). МПК В 07 В 13/00. Пристрій для сепарації порошкових матеріалів. / Шамота В.П., Фалько О-ій Л. (UA) – заявка № у 200506394 від 29.06.05; Друк. 15.11.05, Бюл. № 11.
5. Пат. 3315 (UA). МПК В 07 В 13/00. Пристрій для сепарації порошкових і дрібних сипких матеріалів. / Фалько О-ій Л. (UA) – заявка № 2004010243 від 13.01.04; Опубл. 15.11.04, Бюл. № 11.

СЕПАРАЦИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРИ ФРАКЦИИ ПРИ ИХ ВИБРАЦИОННОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ

Фалько А.Л.

Аннотация – Предложено устройство для сепарации порошкового материала на фракции, проведены аналитические исследования.

THE SEPARATION OF LOOSE MATERIALS ON THREE FRACTIONS AT THEIR VIBRATING MOVING.

O. Falko

Summary

The device for separation of a powder material on fraction is offered, analytical researches are carried out.

УДК 631.363

**ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА
ВИТІКАННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ КРІЗЬ
ВИВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ОТВІР БУНКЕРА – ЗВОЛОЖУВАЧА
ЗЕРНА**

Гвоздєв О.В., к.т.н.,

Гвоздєв В.О., к.т.н.,

Шпиганович Т.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена визначенню факторів, які суттєво впливають на процес витікання зернової суміші крізь вивантажувальний отвір бункера – зволожувача зерна.

Ключові слова – зерно, зволоження, бункер, фактор, вплив.

Постановка проблеми. Зволоження зерна є важливим етапом підготовки зерна до помолу, що впливає як на підвищення ефективності процесу подрібнення, так і на кінцеві результати - вихід і якість готової продукції [1].

Як показав аналіз способів обробки зерна водою, незалежно від способів холодного кондиціонування безпосередньо перед розмелом повинен бути передбачений обов'язковий етап зволоження зерна з короткочасним відволоженням.

Одним з факторів, що впливають на якість і енергоємність процесу зволоження зерна є правильний вибір обладнання для зволоження, його конструктивне виконання з мінімальною витратою вологоносія [1, 2].

Недотримання цієї вимоги може знизити якість технологічного процесу підготовки зерна до помолу, привести до перевитрати вологоносія та енерговитрат.

Аналіз останніх досліджень. Способи зволоження зерна при переробці на борошно та крупи можна розділити на три види:

- статичний контакт зерна з рідиною й поглинання її масою при зануренні зерна у воду або при відволоженні в бункері;
- механічний перерозподіл сухих і вологих часток в об'ємі суміші зерна та води, наприклад, у гвинтовому зволожувачі.
- динамічний контакт зерна з рідиною у момент вивантаження його з бункера;

Недоліком цих способів є високі енерговитрати та витрати вологоносія.

Тому проблемою тут є правильний вибір типу зволожувача, який був би простий за конструкцією, мав мінімальну енергоємність, а, головне, забезпечував би рівномірність зволоження зерна за заданим ступенем точності та продуктивності.

На наш погляд, найбільш ефективно проводити зволоження зерна при динамічному контакті зерна з рідиною у момент вивантаження його з бункера (в потоці, що падає) [3, 4].

Постановка завдання. Метою даної роботи є вдосконалення технологічного процесу зволоження зерна в момент вивантаження його з бункера та визначення ступеня впливу факторів на витікання зернової суміші крізь вивантажувальний отвір бункера – зволожувача зерна.

Основна частина. Незалежно від способів холодного кондиціювання безпосередньо перед розмелом повинен бути передбачений обов'язковий етап дозволоження зерна з короткочасним відволоженням його в бункерах. На цьому етапі дозволоження вологість зерна підвищується на 0,3...0,5%, а тривалість відволоження не перевищує 20 - 30 хв. Тому що до зерна додається невелика кількість води, а тривалість відволоження теж невелика, то для зволоження потрібні апарати, у яких вода подається у розпиленому стані [3, 4].

Нами пропонується проводити зволоження зерна в потоці, що падає у момент вивантаження його з бункера. Даний спосіб не потребує додаткових витрат енергії на переміщення зерна й може ефективно вписатися у технологічну лінію гідротермічної обробки зерна.

Виходячи з проведеного аналізу літературних і патентних джерел і результатів теоретичних досліджень [3] був розроблений спосіб зволоження зерна при підготовці його до помолу та розроблена конструкція розподільника зерна бункера – зволожувача, що відрізняється простотою конструктивного виконання й надійністю у роботі [5].

Розподільник зерна для бункерів - зволожувачів використовується таким чином (рис. 1).

При завантаженні бункера потік зерна із завантажувального пристрою потрапляє на конусний розсікач потоку зерна 5, де, вирівнюючись, рівномірним шаром стікає внутрішньою поверхнею приймальної лійки 1 на конічну поверхню гравітаційного конусного клапана 4. При подальшому наповненні приймальної лійки 1 маса зерна переважає масу вантажу 6, гравітаційний конусний клапан 4, опускаючись униз, відкривається і зерно через щілину між поверхнею гравітаційного конусного клапана 4 та нижньою кромкою

приймальної лійки 1 витікає на поверхню розподільчого конуса 8. За рахунок тиску потоку зерна на ребра 9 розподільчого конуса 8, він починає обертатись на підшипниках 7 відносно вертикальної вісі й рівномірно розподіляти усі частки сипучих матеріалів (зерна) різної маси та розмірів за площею круга, обмеженого зовнішньою та внутрішньою стінками бункера.

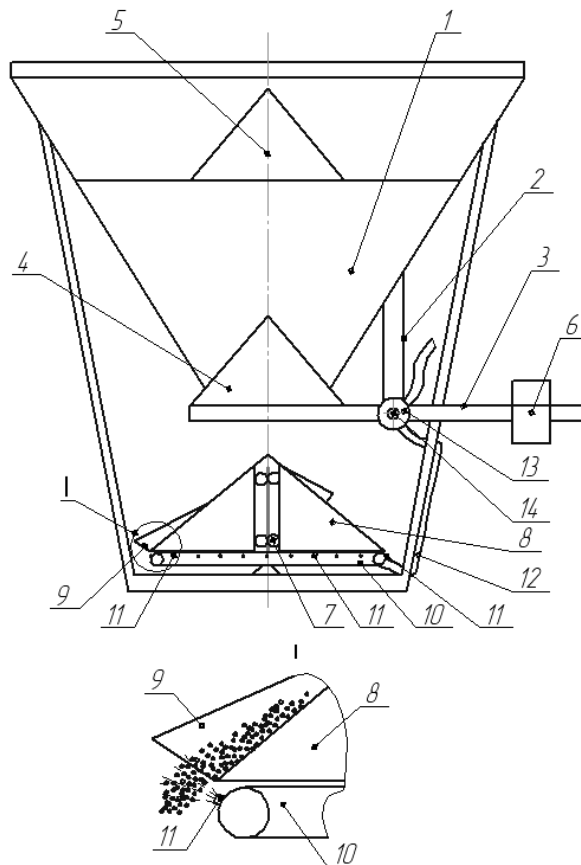


Рис. 1. Схема розподільника зерна бункера – зволожувача:

1- приймальна лійка; 2 – кронштейн; 3 – важіль; 4 - гравітаційний конусний клапан; 5 - конусний розсікач потоку зерна; 6 – вантаж; 7 – підшипники; 8 - розподільний конус; 9 - спіральні ребра; 10 – труба; 11 – розпилювачі; 12 – трубопровід; 13 - півобертвовий кран; 14 – вентиль.

Одночасно, з опусканням гравітаційного конусного клапана 4 вниз вентиль 14 півобертвового крану 13, який жорстко з'єднаний з важелем 3 конусного клапана 4, також повертається й рідина дозовано подається у порожнину труби 10 та рівномірно розпилюється за допомогою розпилювачів 11 у тонко розріджений шар сипучих матеріалів, що сходять з розподільчого конуса 8. При зміні об'єму надходження сипучих матеріалів на гравітаційний конусний клапан 4 змінюється величина його опускання вниз, а також й змінюється об'єм

подачі рідини в розпилювачі 11 за рахунок узгодженого повороту вентиля 14 півобертового крана 13, який жорстко з'єднаний з важелем 3 конусного клапана 4.

Таке сполучення суттєвих ознак, як виконання під розподільним конусом труби у вигляді кільця з діаметром, рівним діаметру розподільчого конуса, й на зовнішньої стороні якої встановлені розпилювачі рідини, дозволяє забезпечити рівномірне зволоження тонкого розрідженого шару сипучих матеріалів, що сходять рівномірно з спіральних ребер розподільчого конуса, що обертається. Причому, подача кількості рідини залежить від подачі кількості сипучих матеріалів, що надходить на розподільчий конус за рахунок взаємозв'язку порожнини труби з розпилювачами за допомогою півобертового крану, вентиль якого жорстко з'єднаний з важелем конусного клапана розподільника зерна, за рахунок чого розширюється область застосування розподільника зерна, збільшується продуктивність та рівномірність зволоження сипучих матеріалів.

Для визначення ступеня впливу факторів на витікання зернової суміші через вивантажувальний отвір розподільника зерна бункера - зволожувача під дією сили ваги були проведені експерименти, що відсівають, з використанням методу випадкового балансу [6]. За критерій оцінки прийнята пропускна здатність Q_0 вивантажувального отвору

$$Q_0 = \phi(x_1, x_2, \dots, x_8), \quad (1)$$

де x_1, x_2, \dots, x_8 — фактори, прийняті на основі апріорної інформації (таблиця 1).

Для проведення дослідів була використана матриця [6], реалізована в трикратній рандомизованій послідовності.

Стабільність зволоження зерна, у першу чергу, залежить від рівномірності витікання його по перетину вивантажувального отвору.

Тому за оцінний критерій був обраний показник нерівномірності δ (%) витікання зернової суміші з вивантажувального отвору

$$\delta = \frac{\sigma}{m} 100, \quad (2)$$

де σ — середнє значення середнього квадратичного відхилення, кг;

m - середнє значення маси зерна, що фактично просипалася у секцію, кг.

Таблиця 1 – Фактори, що впливають на пропускну здатність вивантажувального отвору бункера

Фактор	Найменування	Рівні варіювання	
		нижній (-)	верхній (+)
x_1	Товщина шару зернової суміші, м	$0,4 \times 10^{-1}$	$0,6 \times 10^{-1}$
x_2	Радіус розподільчого конусу, м	0,15	0,45
x_3	Вихідна вологість зерна, %	10,5	16,5
x_4	Кут при вершині конусу, рад.	1,047	1,832
x_5	Гранулометричний склад зернової суміші	дрібна	велика
x_6	Відстань між розподільним конусом та гравітаційним клапаном, м	0	0,15
x_7	Висота шару зерна в бункері, м	0,30	0,60
x_8	Відстань між спіральними ребрами, м	0,05	0,15

У результаті побудована діаграма розсіювання (рис. 2), що дозволила виявити на першому етапі вплив факторів x_1 , x_2 і x_5 . Кількісну оцінку ефектів факторів проводили за допомогою таблиць із двома входами, а їхня значимість — за допомогою критерію Стюдента t . Потім здійснювали коректування результатів експериментів, що відсівають, і, використовуючи діаграми розсіювання, оцінювали менш значимі фактори і їхні взаємодії. Після третього коректування результатів експерименту медіани значень стали рівними помилці досліду.

За результатами відсівання факторів побудували діаграму ефектів (рис. 3), на підставі якої виділено п'ять найбільш значимих факторів і одна парна взаємодія.

При проведенні досліджень припускали, що математична модель процесу має вигляд [6]

$$Q_o = b_o + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n, \quad (3)$$

де b_o , b_1 , ..., b_n — коефіцієнти регресії при виділених лінійних членах і парних взаємодіях; n — загальне число лінійних ефектів.

Рух в область оптимуму методом крутого сходження [8] дозволив встановити математичну модель пропускну здатності Q_o вивантажувального отвору бункера – зволожувача поліномом першого ступеня.

$$Q_o = 0,752 + 0,359x_1 + 0,308x_2 + 0,033x_3 - 0,074x_5 - 0,136x_6 + 0,047x_6x_7 \quad (4)$$

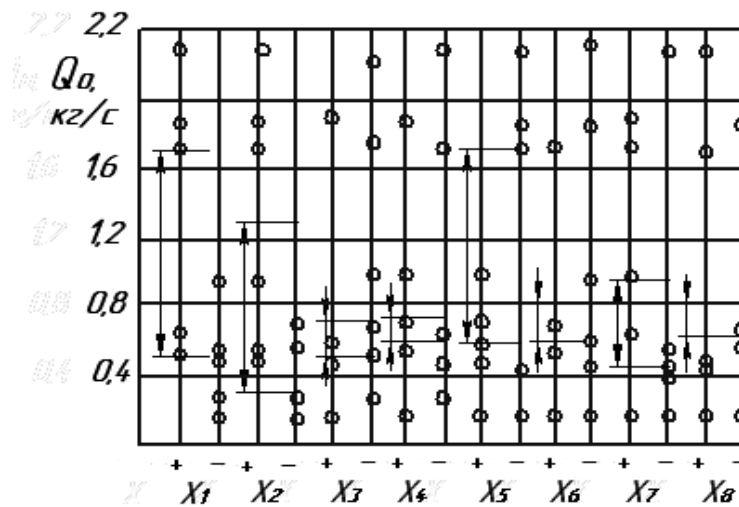


Рис. 2. Діаграма розсіювання Q_o при різних факторах x_i .

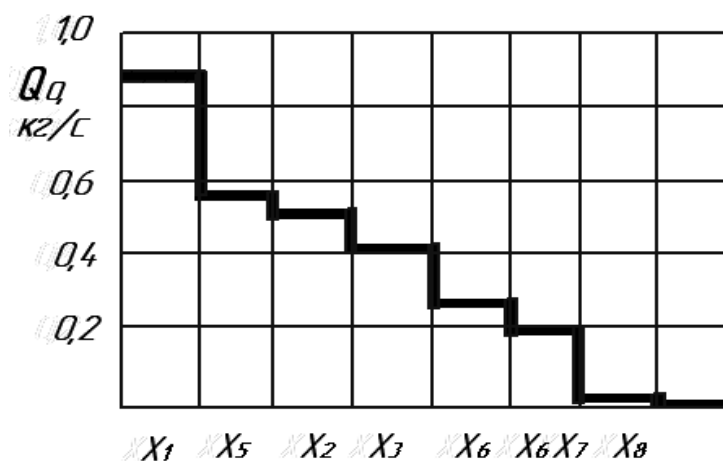


Рис. 3. Діаграма ефектів від різних факторів x_i .

Критерій Фішера $F_p = 160,18$, що менше табличного $F_{табл} = 215$.

Аналіз рівняння 4 показав, що на пропуску здатність вивантажувального отвору бункера – зволожувача впливають його розміри (радіус розподільного конусу R) і відстань між спіральними ребрами l , товщина шару зернової суміші, B , вологість W , гранулометричний склад зернової суміші й висота H шару зернової суміші у бункері.

На підставі рівняння регресії (4) отримана поверхня відгуку пропускну здатності Q_o вивантажувального отвору бункера – зволожувача за допомогою програмного забезпечення Maple 7 (рис. 4).

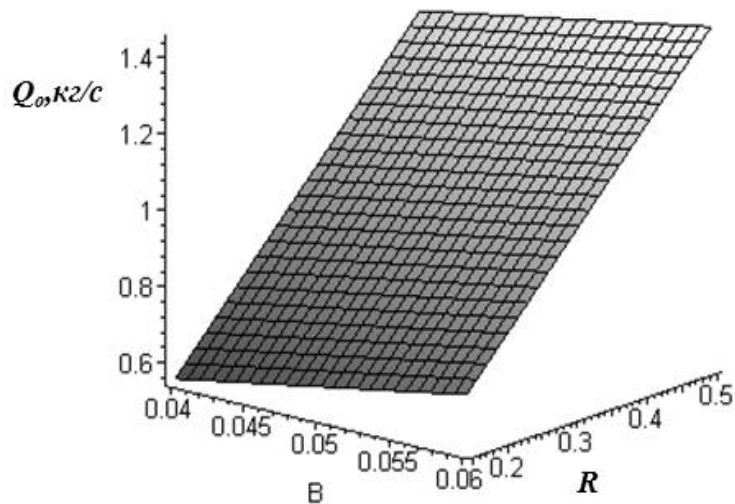


Рис. 4. Поверхня залежності пропускної здатності Q_o вивантажувального отвору бункера від товщини шару зернової суміші B та радіуса розподільного конусу R вивантажувального отвору.

Параметри, що рекомендуються для даного випадку при забезпеченні пропускної здатності вивантажувального отвору бункера – зволожувача $Q_o = 0,8 \dots 1,4$ кг/с: $R \geq 0,2$ м, $B \geq 0,45 \cdot 10^{-1}$ м, $W \leq 16,5\%$, $l = 0,15$ м, $H \geq (10 \dots 15)B$.

Висновки. З існуючих способів зволоження зерна при переробці на борошно та крупи найбільш ефективно проводити зволоження зерна при динамічному контакті зерна з рідиною у момент вивантаження його з бункера (в потоці, що падає).

У результаті реалізації експериментів, що відсівають, з використанням методу випадкового балансу отримана математична модель пропускної здатності Q_o вивантажувального отвору бункера - зволожувача, що описується поліномом першого ступеня.

Аналіз рівняння математичної моделі показав, що на пропускну здатність вивантажувального отвору бункера - зволожувача впливають його розміри (радіус розподільного конусу R) і відстань між спіральними ребрами l , товщина шару зернової суміші B , вологість W , гранулометричний склад зернової суміші R й висота H шару зернової суміші у бункері.

Параметри, що рекомендуються для даного випадку при забезпеченні пропускної здатності вивантажувального отвору бункера – зволожувача $Q_o = 0,8 \dots 1,4$ кг/с: $R \geq 0,2$ м, $B \geq 0,45 \cdot 10^{-1}$ м, $W \leq 16,5\%$, $l = 0,15$ м, $H \geq (10 \dots 15)B$.

Література:

1. Бутковский В.А. Технологии зерноперерабатывающих производств / В.А Бутковский, А.И. Мерко, Е.М. Мельников. – М.: Интеграф сервис, – 1999 – 472с.

2. *Дацишин О.В* Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / О.В. Дацишин, А.І Ткачук, О.В. Гвоздев та ін.; за ред.. О.В. Дацишина. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 488 с.

3. *Новиков Н.Н.* Исследование и обоснование способа и параметров аппарата для увлажнения комбикорма в падающем потоке. – Автореф. канд.. дис. – Саратов, 1975. 17 с.

4. *Гвоздев О.В.* Визначення діаметру розпилювачів бункерного зволожувача зерна / О.В. Гвоздев, В.І. Котенко, Є.В. Мендюк. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : ТДАТУ. Вип. 11, т.6. – 2011. - С. 177–183.

5. Пат. №72590 Україна, МПК В65 G 3/04. Розподільник зерна для циліндричних бункерів./ Шпиганович Т.О., Гвоздев О.В., Мендюк Є.В.; ТДАТУ.Опубл. 27.08.2012;Бюл.№16.

6. *Мельников С.В.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин , П.М. Роцин – Л.: Колос, 1972. – 200 с.

7. *Вознесенский В. А.* Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях./ В.А. Вознесенский — М.: Статистика. - 1974. – 220 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ИСТЕЧЕНИЕ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ СКВОЗЬ ВЫГРУЗНОЕ ОТВЕРСТИЕ БУНКЕРА – УВЛАЖНИТЕЛЯ ЗЕРНА

Гвоздев А.В., Гвоздев В.А., Шпиганович Т.О.

Аннотація – **робота** посвящена определению факторов, которые существенно влияют на процесс истечения зерновой смеси сквозь выгрузное отверстие бункера – увлажнителя зерна.

DEFINITION OF EXTENT OF INFLUENCE OF FACTORS ON THE EXPIRATION OF THE GRAIN MIX THROUGH VYGRUZNOYE THE BUNKER OPENING – THE GRAIN HUMIDIFIER

A. Gvozdev, V. Gvozdev, T. Shpiganovich

Summary

Work is devoted to definition of factors which essentially influence on process of the expiration of a grain mix through a vygruzny opening of the bunker – a grain humidifier.

УДК 62-755

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ЗА СЧЕТ БАЛАНСИРОВКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА

Кольцов А.Г., ст. препод.,

Реченко Д.С., к.т.н.

Омский государственный технический университет

Дмитриев Ю.А., ст. препод.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619)42-21-32.

Анотация – в данной работе рассмотрены проблемы, связанные с несбалансированностью подвижных частей электродвигателя шлифовального станка, рассмотрена методика балансировки с применением современных вибродиагностических комплексов. Также приведены динамические показатели системы, позволяющие анализировать влияние вибраций на качество обработки.

Ключевые слова – динамические показатели станка, виброустойчивость, электродвигателя, балансировка, ДИАНА-2М, синусоидальное колебание, гармоника, виброперемещение, шероховатость,

Одним из наиболее важных параметров, влияющих на качество обработки материалов, являются динамические показатели станка. Эти показатели зависят от многих параметров станка и факторов, таких, как: виброустойчивость, зависящая от массы и жесткости станка; сбалансированность подвижных механизмов станка; условия и режимы работы станка.

Одним из основных факторов, влияющим на динамические показатели технологической системы, является несбалансированность подвижных узлов, таких, как: ротор электродвигателя, высокоскоростные валы, шпиндель и т.д., что приводит к повышенным вибрациям элементов станка и, как следствие, потере точности обработки. В связи с этим необходимо осуществлять динамическую балансировку наиболее ответственных элементов станка.

Двухплоскостную динамическую балансировку производят по методике, разработанной изготовителем вибродиагностического прибора ДИАНА-2М, который применялся в данных исследованиях. Используемая методика динамической двухплоскостной балансировки предполагает производить повторяемые исследования при одной и той

же частоте вращения ротора, так как это позволяет осуществить более тонкую балансировку ответственных элементов станка. Кроме того, нижний предел частот вращения не должен быть ниже 10 Гц, так как при частоте ниже указанной, виброакустические датчики, используемого прибора не обеспечивают корректные измерения.

Процесс балансировки считается окончательным тогда, когда первая гармоника в вибросигнале станет меньше допустимой, в идеале - нулевой. Так, например, при работе шлифовального станка 3А110 с высокоскоростным приводом возникают вибрации, негативно сказывающиеся на качестве обрабатываемой заготовки. При этом основным источником вибраций является асинхронный электродвигатель АИР132. Для анализа влияния вибраций на качество обрабатываемых на этом станке деталей были исследованы динамические показатели системы с помощью вибродинамического стенда (рис. 1). Все пуски электродвигателя осуществлялись с частотой вращения ротора электродвигателя 6000 об/мин (100 Гц).

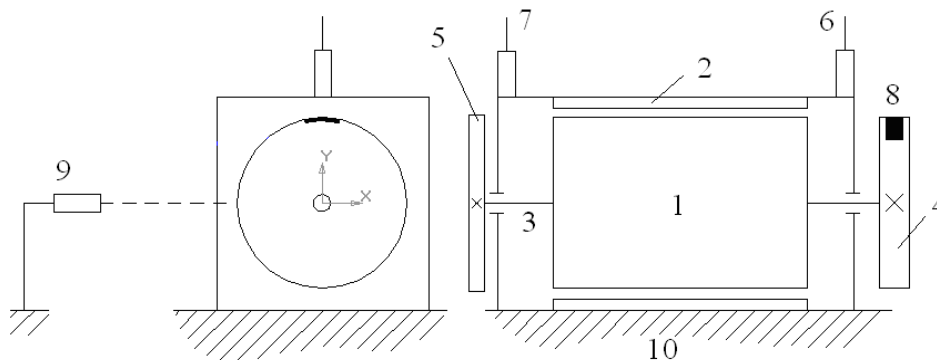


Рис. 1. Стенд двухплоскостной динамической балансировки:

1 – ротор электродвигателя; 2 – статор электродвигателя; 3 – вал электродвигателя; 4 – шкив; 5 – маховик; 6 – вибро-акустический датчик 1 опоры (1 канал); 7 – вибро-акустический датчик 2 опоры (2 канал); 8 – светоотражающая лента; 9 – лазерный отметчик; 10 – неподвижная основа

Ниже приведены результаты временных реализаций предварительного пуска, иллюстрирующих важные понятия частотного анализа (рис. 2). Они определяют некоторые характерные черты, присущие спектрам вибрации машин.

Синусоидальное колебание содержит несколько частотных компонент, в данном случае из графиков видно, что присутствуют две основные гармоники: низкочастотная (20 Гц) и высокочастотная (100 Гц) (рис. 2.а и рис. 2.б). При этом фазы временных реализаций, измеренные по двум каналам, смещены друг относительно друга на 180° . Это справедливо для обеих гармоник. Теоретически истинное

синусоидальное колебание существует в неизменном виде бесконечное время. В машине с дисбалансом ротора возникает синусоидальная возбуждающая сила с частотой $1X$, то есть один раз за один оборот.

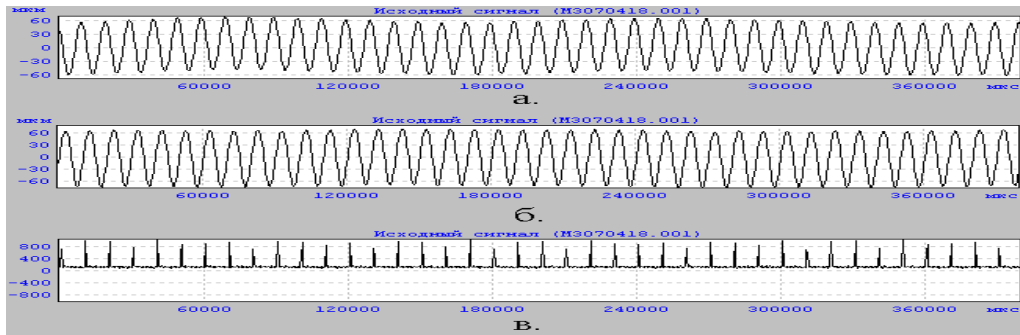


Рис. 2. Результаты предварительного пуска электродвигателя:
а. – график виброперемещений (1 опора); б. – график виброперемещений (2 опора); в. – график сигнала отметчика.

Результаты временных реализаций пуска электродвигателя со случайно расположенным грузом, случайной массы на шкиве приведены на рис. 3.

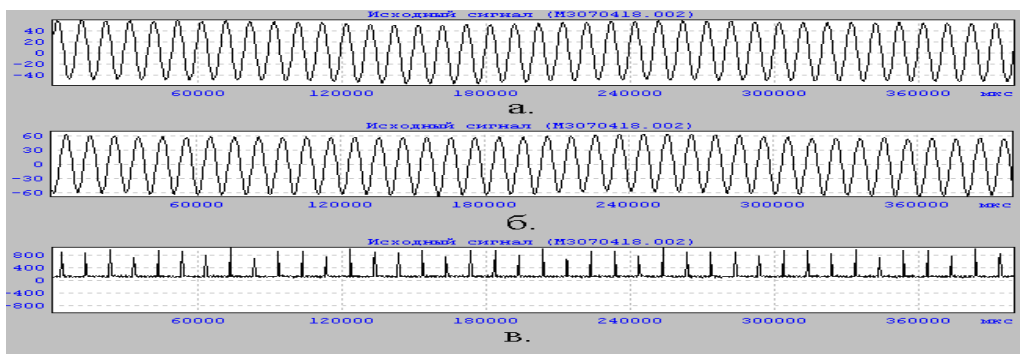


Рис. 3. Результаты пуска электродвигателя со случайно расположенным грузом на шкиве:
а. – график виброперемещений (1 опора); б. – график виброперемещений (2 опора); в. – график сигнала отметчика.

Второй пуск электродвигателя осуществлялся до той же частоты вращения, что и предварительный. Из графика видно (рис. 3), что в основе также остались две гармоники, но амплитуда виброперемещений на первом канале уменьшилась в 1,5 раза, а также изменилась фаза низкочастотной гармоники, она совпадает по обоим каналам.

После второго пуска электродвигателя осуществляется третий пуск со случайно расположенным грузом на маховике, не снимая груза, установленного на шкиве.

Результаты временных реализаций пуска электродвигателя со случайно расположенным грузом, случайной массы на маховике приведены на рис. 4.

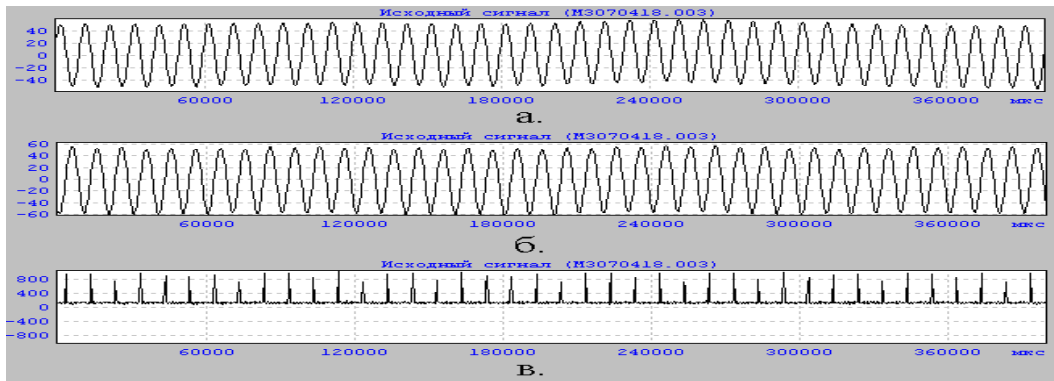


Рис. 4. Результаты пуска электродвигателя со случайно расположенным грузом на маховике:

а. – график виброперемещений (1 опора); б. – график виброперемещений (2 опора); в. – график сигнала отметчика.

После третьего пуска электродвигателя осуществляется расчет выходных данных: угловое расположения груза и его массы. Расчет масс корректирующих грузов и угла установки относительно светоотражающей ленты производится вибродиагностическим прибором. После получения выходных данных корректирующие грузы устанавливаются на том же радиусе, что и случайно расположенные грузы. После осуществляется контрольный пуск электродвигателя для проверки результатов балансировки. Результаты временных реализаций контрольного пуска электродвигателя приведены на рис. 5.

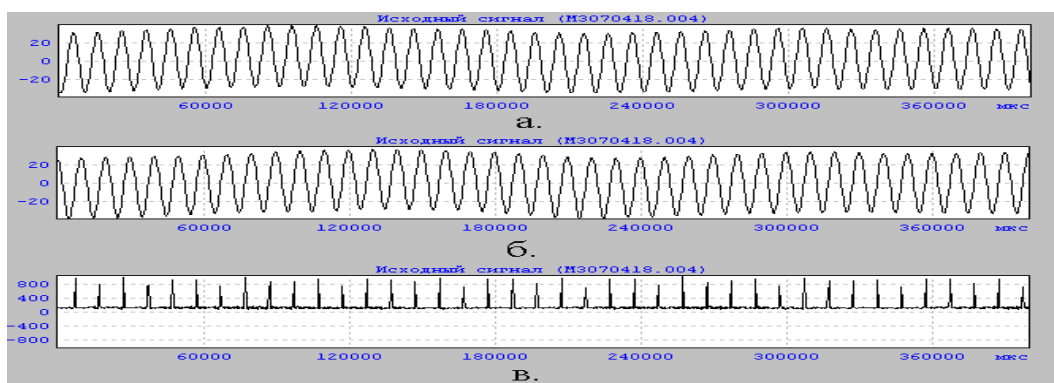


Рис. 5. Результаты контрольного пуска электродвигателя:

а. – график виброперемещений (1 опора); б. – график виброперемещений (2 опора); в. – график сигнала отметчика.

Из графика видно (рис. 5), что амплитуды обеих гармоник уменьшились в 2-3 раза. Идеальным считается случай, когда исследуемая машина не имеет перемещений, то-есть при возникновении вынужденных колебаний машина на них не реагирует.

Для окончательной проверки результатов динамической двухплоскостной балансировки производился разгон-выбег для определения амплитудно-частотной характеристики до и после балансировки. Результаты разгона-выбега до балансировки приведены на рис. 6. Разгон осуществлялся от 3000 до 6000 об/мин.

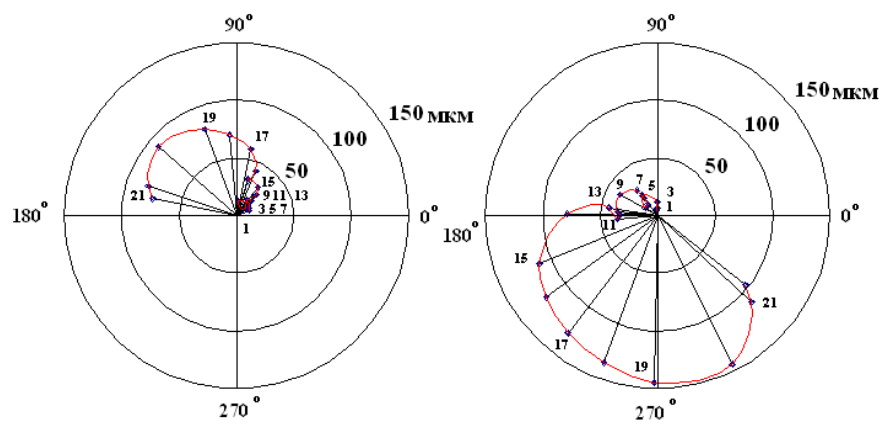
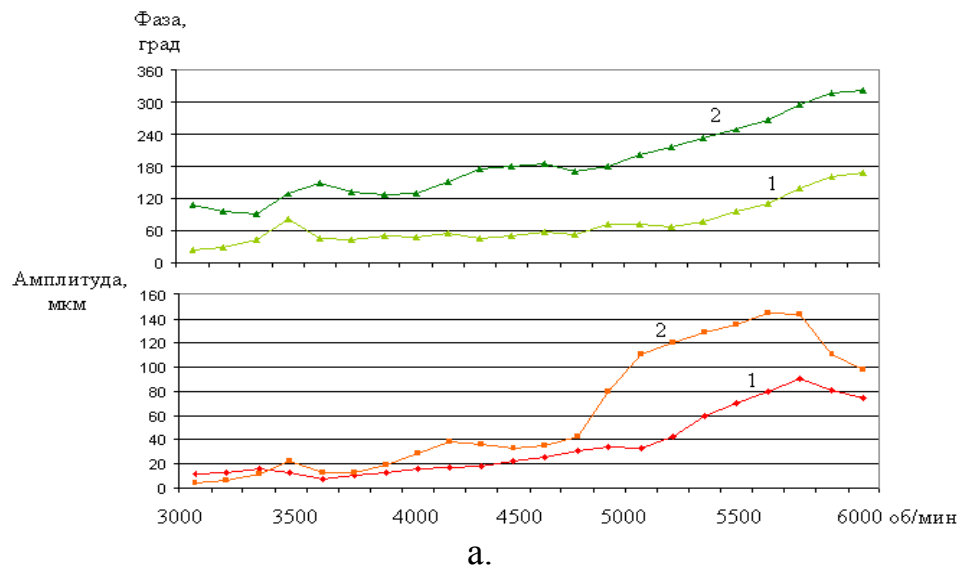
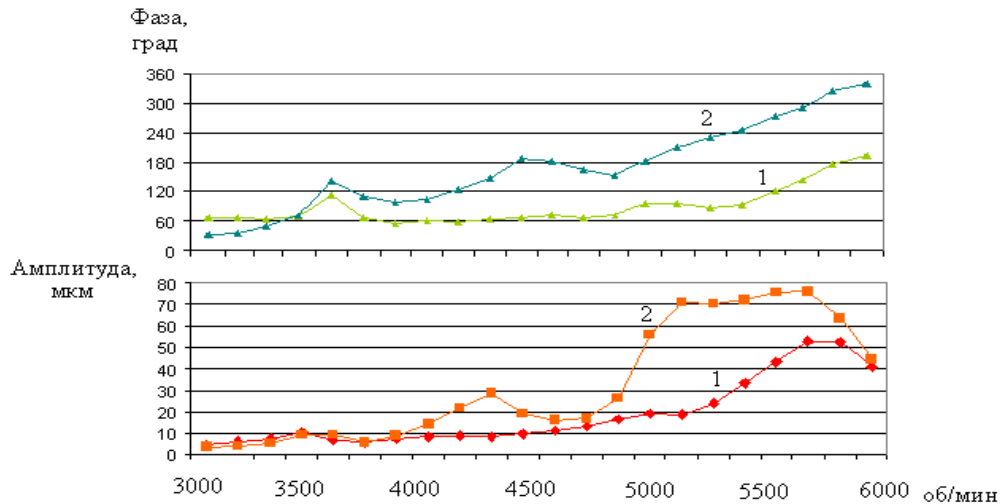


Рис. 6. Результаты разгона-выбега электродвигателя до балансировки перемещения и фазы оси вращения ротора при разгоне-выбеге для 1 опоры и 2 опоры: а. – графики; б. – круглограммы.

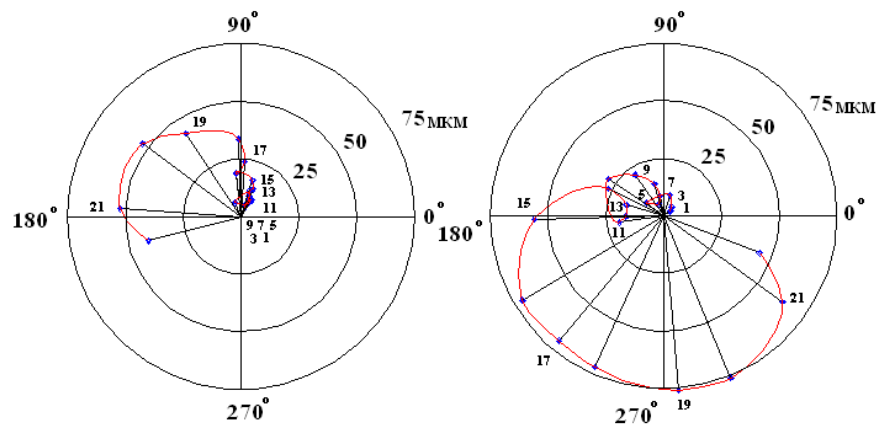
Из графика видно (рис. 6), что пиковые значения виброперемещений находятся на оборотной частоте 5500 об/мин (91

Гц) и составляют порядка 90 мкм на первой опоре и 144 мкм на второй опоре. При прохождении указанной частоты наступает спад виброперемещений.

Результаты разгона-выбега после балансировки приведены на рис. 7. Разгон осуществлялся от 3000 до 6000 об/мин.



а.



б.

Рис. 7. Результаты разгона-выбега электродвигателя после балансировки перемещения и фазы оси вращения ротора при разгоне-выбеге для 1 опоры и 2 опоры: а. – графики; б. – круглограммы.

Из графика видно (рис. 7), что пиковые значения виброперемещений также находятся на оборотной частоте около 5500 об/мин, но составляют порядка 52 мкм на первой опоре и 76 мкм на второй опоре. Также наблюдается резкий спад при прохождении указанной частоты. Значения виброперемещений, указанные на графиках, полученные до 600 об/мин (10 Гц) считаются некорректными. Поэтому прогнозируется дальнейший спад при

повышении указанной частоты вращения ротора электродвигателя. Рекомендуются осуществлять обработку в пределах между пиковыми значениями виброперемещений электродвигателя.

Результатом динамической двухплоскостной балансировки является то, что шероховатость обрабатываемых деталей уменьшилась с $R_a=0,63$ до $0,16$ мкм, а также увеличился ресурс подшипников.

Также изменились частоты, возбуждающие резонансные явления (рис. 8).

Из графика на рис. 8 видно, что пиковые значения находятся на частотах 50, 100, 150 и т.д., кратных 50 Гц оборотной частоты. При совпадении вынужденных колебаний ротора электродвигателя с данными частотами происходит явление резонанса, отрицательно сказывающееся на процессе обработки детали. Поэтому, рекомендуется осуществлять обработку в пределах между пиковыми значениями резонансных частот электродвигателя. А также при прохождении ротором электродвигателя пиковых значений резонансных частот, каждое последующее резонансное явление протекает менее интенсивно.

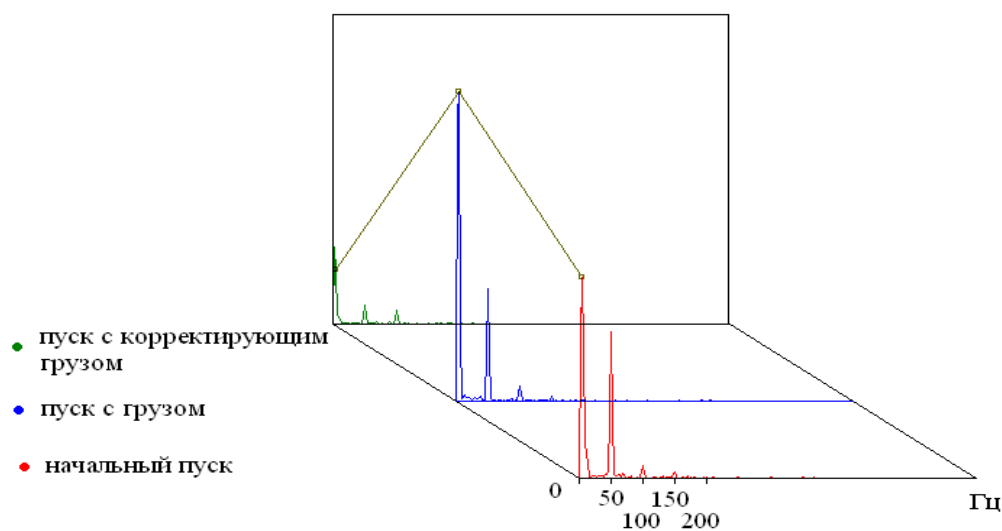


Рис. 8. График резонансных частот.

Также можно производить двухплоскостную динамическую балансировку с дополнительным виброакустическим датчиком, по приведенной методике с большим количеством пусков, что является более предпочтительным, так как это позволяет осуществить более тонкую балансировку ответственных элементов станка, таких, как шпиндель.

Литература:

1. *Кудинов В.А.* Динамика станков / В.А.Кудинов. - М., 1967. - 360 с.
2. *Ширман А.Р.* Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. Библиогр. / А.Р. Ширман, А.Б. Соловьев, - М., 1996. - 276 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБЛЮВАНИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА РАХУНОК БАЛАНСУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ШЛІФУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

Кольцов А.Г., Реченко Д.С., Дмитриев Ю.А.

Анотація - у даній роботі розглянуті проблеми, пов'язані з незбалансованістю рухливих частин електродвигуна шліфувального верстата, розглянута методика балансування із застосуванням сучасних вибродіагностичних комплексів. Також приведені динамічні показники системи, що дозволяють аналізувати вплив вібрацій на якість обробки.

QUALITY DEVELOPMENT MACHINED PARTS BY BALANCING ELECTRIC SANDING MACHINE

A.G. Koltsov, D.S. Rechenko, Y. A. Dmitriev

Summary

In this work the problems associated with the imbalance of moving parts of the motor grinding machine, the technique of balancing vibration diagnostics with modern facilities. Just shows the dynamic performance of the system, to analyze the effect of vibrations on the quality of treatment.

УДК [339.564 : 633.1](477)

ПРОБЛЕМИ ЕКСПОРТУ ЗЕРНА В КОНТЕКСТІ НЕДОСКОНАЛОСТІ СУЧАСНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗЕРНОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ

Оносова І.А., к.е.н.

*Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062)304-50-46.

Анотація - у статті наведено аналіз основних ланок інфраструктури зернового ринку України, визначено проблеми функціонування та оцінено можливий вплив на розвиток зернового експорту.

Ключові слова - зерно, ринок, інфраструктура, експорт.

Постановка проблеми. Створення умов для реалізації експортного потенціалу галузі ґрунтується на основних державних пріоритетах аграрної політики, визначених Законом України «Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року», відповідає законодавчо визначеним стратегічним цілям аграрної політики, зокрема, в частині гарантування продовольчої безпеки держави, що неможливо, перш за все, без створення сприятливих умов для реалізації експортного потенціалу аграрного сектору економіки. А це, в свою чергу, пов'язано з державною підтримкою розвитку конкурентоспроможного сільськогосподарського виробництва через врегулювання системи стандартів якості зерна (зернових культур) в Україні та країнах ЄС, що закріплено як нагальна необхідність у комплексній державній цільовій програмі розвитку зернового сектора та ринку зерна "Зерно України - 2008-2015".

Для досягнення визначеної мети найбільш доцільним є комплексний підхід щодо *визначення шляхів і способів розв'язання проблем* розвитку зернового сектора та ринку зерна України. Найважливішим серед шляхів вирішення проблеми ефективного розвитку зернового сектора та ринку зерна України є вдосконалення систем стандартизації, сертифікації та контролю якості зерна згідно вимог світового ринку та європейських інтеграційних намірів України, оновлення та сертифікація лабораторій якості зерна відповідно до міжнародних стандартів, розвиток інфраструктури зернового ринку України, систем зберігання і транспортування зернових, зокрема через тарифи на перевезення зерна, підтримки

економічних механізмів, що стимулюватимуть модернізацію та оновлення основних фондів підприємств агропродовольчого комплексу.

Протягом останніх 20 років виробництво зернових культур в Україні, незважаючи на коливання, має тенденцію до зростання (рис. 1) [1].

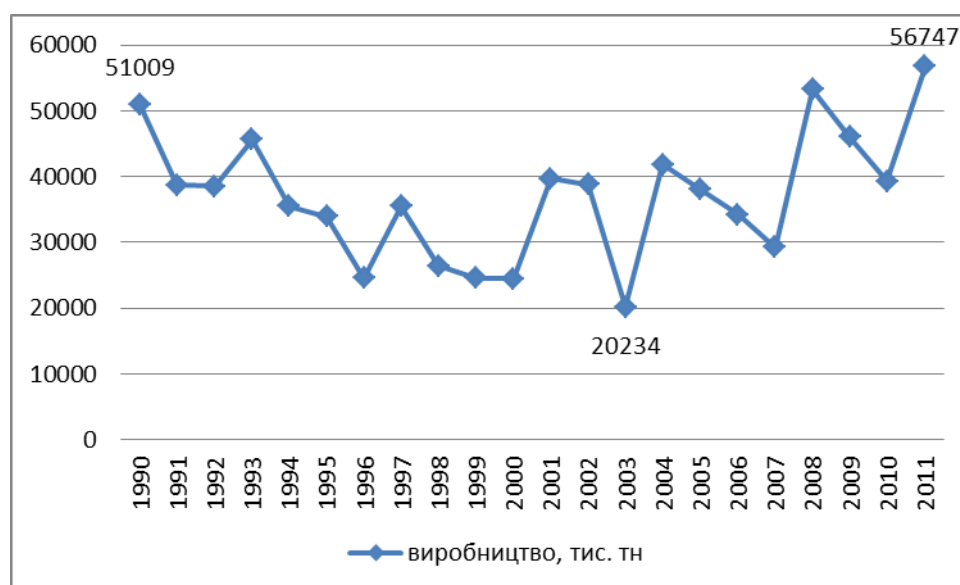


Рис. 1. Динаміка виробництва зернових в Україні.

На рис.1 видно, що у 2011 році виробництво зернових в Україні склало 56,8 млн. тонн і тим самим досягло максимуму за останні 20 років.

Внутрішнє споживання зерна в Україні оцінюється на рівні 28 млн. тон на рік. За підсумками 2011/12 МР Україна поставила на зовнішні ринки 22,9 млн. тонн зернових культур.

Наведені показники дозволили Україні зайняти на світовому ринку зерна 7 місце з виробництва зерна і 6 місце з його експорту (згідно з рейтингом USDA) [2].

Згідно з національним проектом «Зерно України» Україна до 2015 року повинна збільшити виробництво зерна до 75-80 млн. тонн на рік і, відповідно, експортувати більше 30 млн. тонн [3]. Орієнтир на експорт об'єктивно пов'язаний з досить стабільним внутрішнім споживанням, що обумовлено низкою об'єктивних і суб'єктивних факторів (постійне зниження чисельності населення, обмежені потреби кормового споживання і т.п.).

Метою написання статті є характеристика інфраструктури зернового ринку та оцінка її впливу на розвиток зернового експорту України.

Виклад основного матеріалу досліджень. Наведені обсяги виробництва і загальна тенденція до їх зростання (на рівні 30% протягом останнього п'ятиріччя) свідчать про наявність потенціалу розвитку галузі. До основних чинників, які сприяють розвитку ринку, можна віднести впровадження нових технологій та підвищення культури агровиробництва. При цьому до основних лімітуючих факторів відноситься, насамперед, недосконале технологічно-технічне забезпечення та неузгодженість дій логістичного ланцюжка інфраструктури зернового ринку.

Інфраструктура зернового ринку включає у себе три основних сегменти: систему збирання, зберігання, транспортну систему та портові потужності.

Якщо говорити конкретно про кожен ланку інфраструктури, то, в першу чергу, потрібно виділити збирання зерна і доставку з поля на елеватор. Відомо, що стан збиральної техніки відіграє велику роль. З метою скорочення втрат зернових і підвищення ефективності зернозбиральної компанії виробники інвестують значні кошти в нові комбайни. Набагато менші кошти інвестуються у транспортну інфраструктуру. Такий розподіл інвестицій призводить до існування очевидного дисбалансу між ланкою збирання та ланкою транспортування в інфраструктурі зернового ринку України. Результатом такого стану є оптимізація умов збирання і невідповідність транспортного забезпечення та значні втрати на ланцюгу від збирання до зберігання зернових.

Система зберігання зерна в Україні представлена зерносховищами безпосередньо в господарствах, на хлібоприймальних підприємствах та елеваторах, зернопереробних комплексах і в портах.

Основні складові системи зберігання зерна представлені на рис. 2.

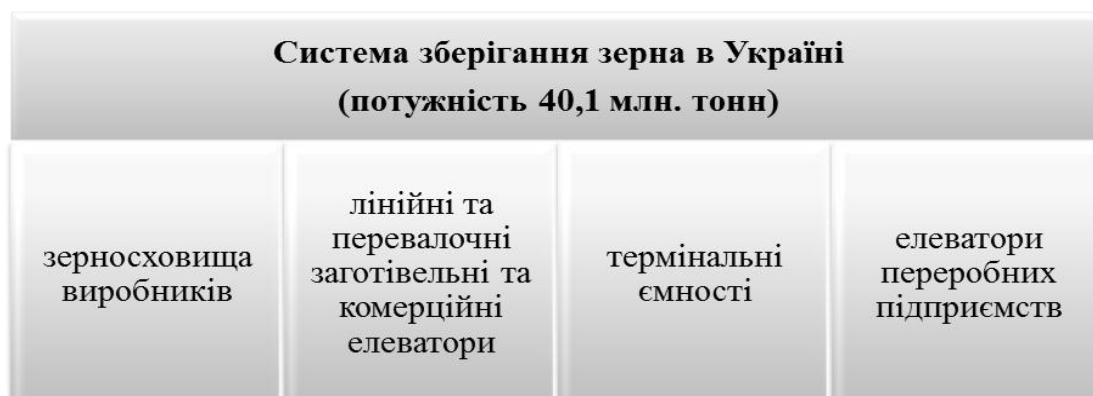


Рис. 2. Основні складові системи зберігання зернових в Україні.

До системи зберігання зерна в Україні відносяться зерносховища сільгоспвиробників, лінійні і перевалочні заготівельні і комерційні елеватори, термінальні ємності й елеватори переробних підприємств. За офіційними даними, на початок 2012 р. обсяг потужностей зі зберігання зерна в Україні складає близько 40,1 млн. тонн [1]. Система зберігання представлена 870 зерновими сховищами. Із загальної кількості об'єктів сертифіковано 673 зерносховища загальною ємністю близько 29 млн. тонн. Фактично за останні 10 років ємність одноразового зберігання зросла майже в 1,5 рази (з 28,2 млн. тонн у 2001р.) Виходячи із обсягів виробництва зернових на рівні 56,7 млн. тонн можна розрахувати, що забезпеченість України зерносховищами складає 69,6% (сертифікованими – 49%).

Значним утримувачем зернових сховищ у країні є держава в особі своїх компаній і структур. 82 підприємства входять до складу ДАК «Хліб України», ДПЗКУ і Держрезерву. Сумарна ємність одноразового зберігання на державних зерносховищах складає більше 5,8 млн. тонн [5]. Близько 85 % елеваторів є приватними.

Завантаженість елеваторів по всій країні – 95%. Низька забезпеченість і висока завантаженість в Україні сформували проблему спекуляції на дефіциті сховищ, слідством чого стала відмова від приймання зерна на зберігання з метою зниження ціни, та позаелеваторне зберігання врожаю сільгоспвиробниками. З цієї причини значна частина запасів зерна (близько 53%) зберігається у зерносховищах сільгоспвиробників, ємність яких оцінюється у 16 млн. тонн. При цьому даний сегмент сховищ на 90% представлений підлоговими складами з низьким ступенем механізації і відсутністю у більшій мірі лабораторіями визначення якості зерна. Дані фактори визначають негативний вплив на якість зберігання зібраного зерна. Крім того, таке високе завантаження позбавляє учасників логістичного ланцюга маневру, адже найменший збій чреватий колапсом всієї системи і значними економічними втратами.

Виходячи із наведених раніше перспектив розвитку до 2015 року [3] в потенціалі ми повинні мати додатково близько 16-30 млн. тонн одноразового зберігання, що за підрахунками фахівців з урахуванням мінімальних витрат на введення в експлуатацію однієї тонни зберігання (без додаткової інфраструктури) потребує близько 2,9-4,5 млрд. \$ інвестицій [5].

Другою важливою складовою інфраструктури є транспортна система (рис. 3), яка представлена залізничним, автомобільним і водним транспортом.

Серед основних проблем транспортної системи ринку зерна всередині України є стан автотранспортного парку, який є основним чинником, що свідчить про економічну доцільність його

використання. Економічно ефективна відстань перевезення складає 150-200 км. Інша проблема при використанні автомобільного автотранспорту полягає у санітарному стані автомобілів, адже в господарствах одні й ті ж автомобілі перевозять, окрім зерна, й інші продукти сільськогосподарського виробництва.

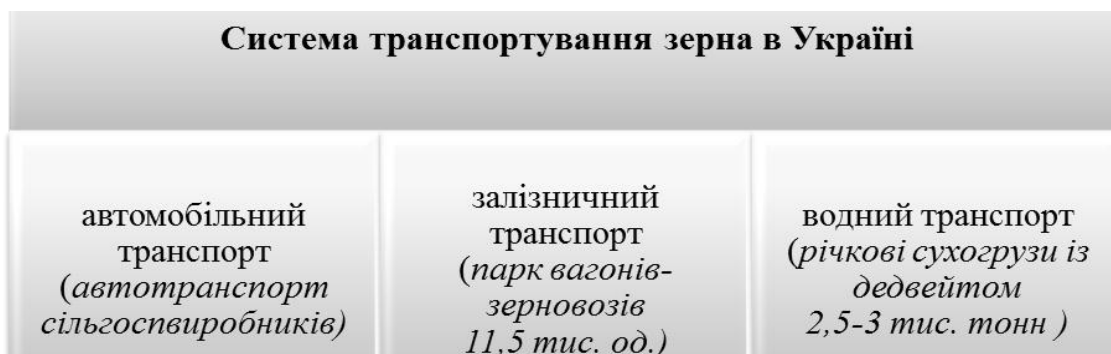


Рис. 3. Складові транспортної системи ринку зерна всередині України.

Залізничний транспорт обслуговує основні потоки зерна в порти для перевалки на експорт (забезпечуються залізничними ешелонами). Тут виникає низка проблем логістичного характеру, а саме: збільшення навантаження на рухомий склад призвело до зниження темпів експорту; близько 85% зерна, що транспортується залізницею, було доставлено в порти для формування експортних партій, а це виявило проблеми портів у прийманні та обробці вантажів з залізниці, адже основні потоки зерна в порти для перевалки на експорт забезпечуються залізничними складами. Логістичний ланцюг “залізничний транспорт - система зберігання - портові потужності” як сегмент транспортної системи має власні проблеми, які проявляються у тривалому завантаженні вагонів на елеваторах і розвантаженні в портах. Натепер парк вагонів-зерновозів становить 11,5 тис. од., що вкрай недостатньо при сучасній організації перевезень з причини спільного використання цього рухомого складу країнами СНД. Також звертає на себе увагу тривалий період оборотності вагонів, який, у середньому по Україні, становить 8-10 днів при оптимальному значенні показника 3-4 дні. При цьому середньодобове завантаження залізничного транспорту зерном складає 884 вагони на добу [6].

Дослідження показало, що у структурі вантажних перевезень «Укрзалізниці» перевезення зернових вантажів становить дуже незначну частину. Відповідно, держава в особі монопольного перевізника не зацікавлена в оновленні парку вагонів-хоперів, а приватні парки залізничних вагонів-зерновозів в Україні не окупаються. За даними дослідників [6], зношеність рухомого складу

вантажних вагонів становить 86%, і в найближчі 2 роки буде здійснюватися списування 1,5-2 тис. зношених вагонів щорічно.

Альтернативою залізничному транспорту для транспортування великих експортних партій зерна в морські порти на сьогодні є річковий транспорт. Так, середній дедвейт річкового суховантажу в Україні становить 2,5-3 тис. тонн зерна, що, взагалі відповідає вантажопідйомності залізничного складу, але при цьому собівартість транспортування нижче, ніж залізницею. Пояснити це можна тим, що даний сегмент в Україні знаходиться в занепаді і потребує негайного розвитку. Водночас, існуючі великі річкові термінали можуть забезпечити інтенсивність завантаження зерна на суховантажі в обсязі 900-3000 тонн на добу, що перевищує середній показник по завантаженню залізничних складів. Крім того, сухогруз не вимагає формування складу та може бути швидше перевантажений у морське судно.

Враховуючи те, що більше 90% експортного потоку зернових з України відвантажується через порти, важливою ланкою інфраструктурного ланцюга вважаються морські порти.

Аналізуючи портову інфраструктуру ринку зерна країни, доцільно зауважити, що основна перевалка експортних і транзитних зернових вантажів йде в акваторіях 13 морських торговельних портів з 18 існуючих в Україні, а саме: в Іллічівському, Одеському, Південному, Белгород-Дністровському, Миколаївському, Херсонському, Скадовському, Ізмаїльському, Ренійському, Бердянському, Маріупольському, Керченському, Севастопольському, Усть-Дунайському. З перелічених портів 11 розташовані на Чорному морі.

За логістичним підходом Чорноморське узбережжя України є ідеальним для портової інфраструктури ринку зерна з точки зору розташування для відвантажень зернових. Доречно зазначити: великі судові партії можуть відвантажуватися по всьому світу, невеликі судові партії - у напрямку середземноморських країн. Важливо ще й те, що фрахтові ставки при перевезеннях з чорноморських портів у зазначених напрямках нижче в порівнянні з відвантаженнями з таких країн, як Німеччина і Франція.

Експортні відвантаження зернових, крім зазначених вище чорноморських портів, здійснюють 2 порти на Азовському морі. Крім того, деякі обсяги зернових відправляються на експорт через Іллічівський і Керченський річкові порти, Миколаївський, Херсонський і Дніпропетровський річкові порти, причали і термінали судноремонтних заводів.

За даними дослідження (рис. 3) транспортування зернових із України здійснюється насипом як судами великої вантажопідйомності, так і малими та середніми судами - вантажопідйомністю від 3 до 10 тис. тонн, причому, перевалку ведуть як самі порти, так і розташовані в їх акваторіях приватні термінали.

Портова інфраструктура ринку зерна України (заявлена пропускна здатність - 32 млн. тон)		
порти, в акваторіях яких є потужні спеціалізовані зернові термінали <i>(Іллічівськ, Одеса, Южний, Севастополь)</i>	порти, де є спеціалізовані зернові термінали невеликої ємності, неспеціалізовані термінали, переобладнані для перевалки зернових, обмежені глибини біля причалів <i>(Миколаїв, Херсон)</i>	порти, які не мають елеваторів та спеціалізованих терміналів, працюють за прямим варіантом «вагон-судно», «автомобіль-судно» і «баржа-судно» <i>(Білгород-Дністровський, Рені, Скадовськ, Бердянськ, Усть-Дунайськ)</i>

Рис. 3. Характеристика портової інфраструктури ринку зерна України.

Заявлена пропускна здатність зернових терміналів в українських портах, за даними досліджень ряду компаній [8,9], становить 32-34 млн. тонн на рік, однак більша частина цих терміналів розташована в мілководних і річкових портах. Вказана обставина суттєво зменшує ефективність і прибутковість експортних операцій через такі термінали.

Однак, не можна не відмітити й інші проблеми портової інфраструктури, які полягають у тому, що, по-перше: існує нерівномірність завантаження портів, а саме, поряд з інтенсивною роботою Одеського, Іллічівського, Миколаївського та Херсонського портів спостерігається недовантаження Ренійського, Білгород-Дністровського, Феодосійського та інших морських портів); по-друге: хаотичний фрахт суден призводить до швидкого заповнення портових терміналів і використання їх у якості сховищ, а портові вантажно-складські комплекси не розраховані на довгострокове зберігання зерна на відміну від лінійних (внутрішніх) елеваторів (до того ж у портах зерно не проходить необхідні для довгого зберігання сушку і очистку); по-третє: неритмічність вивезення зернових, бо в пікові періоди попиту на відвантаження морем глибоководні термінали завантажені на 100%, і при цьому попит на них частково покривається прямим варіантом, найбільш ризикованим і не оптимальним для відправника вантажу та всіх учасників транспортування.

Виходячи із аналізу портової інфраструктури, можна констатувати: Україна має достатні потужності портових зернових терміналів для задоволення експортних потреб. Однак, насправді за цифрами потенційно можливих обсягів експорту стоять значні проблеми, які не дозволяють вважати портову інфраструктуру України досконалою і здатною задовольнити потреби для експорту та транзиту зернових.

Узагальнюючи вищевикладене, доречно сказати, що в Україні існують проблеми інфраструктурного характеру, що не дозволяє українським зернотрейдерам досягти максимальних обсягів експорту.



Рис. 4. Основні важелі впливу інфраструктури зернового ринку України на розвиток експорту.

Серед основних важелів впливу інфраструктури зернового ринку України на розвиток експорту (рис. 4) на увагу заслуговують, перш за все, заходи щодо поліпшення та розвитку існуючої транспортної інфраструктури і взаємодія транспорту і системи зберігання, недосконалість яких обмежує експорт зернових культур із України.

Висновок. Ручне управління галуззю впродовж останніх декількох років позбавило учасників ринку стимулів до модернізації інфраструктури. Як показує аналіз, з метою забезпечення стабільності на цьому сегменті продовольчого ринку необхідним є розробка комплексу заходів із поліпшення та розвитку існуючої інфраструктури, адже всі ці роботи і послуги впливають на кінцеву якість і ціну українських зернових, на їх конкурентоспроможність на світовому ринку.

Література:

1. [Рослинництво \(1990-2011pp.\)](http://www.ukrstat.gov.ua) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <<http://www.ukrstat.gov.ua>>.
2. Мир в цифрах 2012. Карманный справочник / [Пер. с англ. Д. Журавлева, Н. Кононовой]. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2012. – 272 с.
3. Програма “Зерно України – 2015”. – К.: ДІА, 2011. – 48 с.
4. Украина. Проблемные вопросы экспортно-ориентированной инфраструктуры зернового рынка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <<http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1009587>>
5. Стан та перспективи системи зберігання зерна в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <<http://beetlekill.com.ua/systema.php>>
6. Украине нужна единая программа развития как мирового экспортера зерна [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <<http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1009322>>
7. Все о портах Украины. Справочник. Издание 5-е / Одесса: Порты Украины, – 2005 г. – 664 с.
8. *Скворцов Е.* Проблемы перевалки зерновых в портах Украины/ *Е. Скворцов* // Порты Украины. – № 04 (106). – 2011 – с.
9. Украина: Логистика экспорта зерна. – К.: ПроАГРО. – 2010. – 243 с.

**ПРОБЛЕМЫ ЭКСПОРТА ЗЕРНА В КОНТЕКСТЕ
НЕСОВЕРШЕНСТВА СОВРЕМЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ЗЕРНОВОГО РЫНКА УКРАИНЫ**

Оносова И.А.

Аннотация - в статье приведен анализ основных звеньев инфраструктуры зернового рынка Украины, определены проблемы функционирования и оценено возможное влияние на развитие зернового экспорта.

**GRAIN EXPORT PROBLEMS IN THE CONTEXT OF PRESENT
INFRASTRUCTURE IMPERFECTIONS OF THE GRAIN MARKET
IN UKRAINE**

I.Onosova

Summary

The analysis of the main infrastructure sections of the grain market in Ukraine is given, problems of functioning are determined and the possible influence upon the grain export development is estimated in the article.

УДК 641.437.075.8

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ И ДЕФРОСТАЦИИ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

Ялпачик В.Ф., к.т.н.,

Стручаев Н.И., к.т.н.,

Ялпачик Ф.Е., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Аннотация – в статье приведены результаты исследования теплофизики замораживания и дефростации плодоовощной продукции. Приведены полученные расчетные формулы для определения основных параметров замораживания и дефростации.

Ключевые слова – замораживание, дефростация, плодоовощная продукция, теплофизические характеристики, время замораживания и размораживания.

Постановка проблемы. Современные тенденции формирования стратегии обеспечения населения Украины высококачественной плодоовощной продукцией круглый год включают несколько составляющих. Одним из важных направлений является замораживание овощей в период массового сбора с последующим хранением в замороженном виде и дефростацией по мере необходимости для переработки или непосредственного потребления.

Для практического применения замораживания и дефростации необходимо выполнять теплофизические расчеты, которые до настоящего времени носят фрагментарный характер.

Традиционно их проводят на основе решения уравнения теплового баланса и уравнения Планка. Поэтому проблема обобщения и совершенствования теплофизических расчетов при замораживании и дефростации плодоовощной продукции является актуальной.

Анализ последних достижений. Вопрос определения теплофизических характеристик пищевой продукции неоднократно затрагивался в работах Громова М.Д., Гиндзбурга А.С., Платоновой Е.С. [1-5]. Ими обобщены данные различных исследователей и получены эмпирические формулы. Однако не нашло отображения их применение в теплофизических расчетах замораживания и дефростации плодоовощной продукции.

Основная часть. Для определения основных теплофизических параметров процессов замораживания и дефростации необходимо

* Ялпачик В.Ф., к.т.н., доц., Стручаев Н.И., к.т.н., доц., Ялпачик Ф.Ю., к.т.н., проф.

совместное решение дифференциального уравнения теплопроводности (1) и уравнения Фурье (2).

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{1}{c \cdot \rho} \cdot \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \cdot \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \cdot \frac{\partial t}{\partial z} \right) \right] + \frac{q_v}{c \cdot \rho}, \quad (1)$$

$$Q = \frac{\alpha}{\delta} \cdot F (t_2 - t_x) \cdot \tau, \quad (2)$$

где t - температура, С°;

τ - время, с;

c - удельная теплоемкость, кДж/кг·К;

ρ - плотность, кг/м³;

x, y, z - координаты, м;

q_v - мощность внутренних источников теплоты, Вт/м;

Q - количество теплоты, кДж;

δ - толщина слоя, м;

F - площадь поверхности теплообмена, м².

Решение этих уравнений сводится к прямой и обратной задачам, где прямая задача - это определение количества теплоты при известных теплофизических характеристиках, геометрических размерах и форме плода, рабочих и криоскопических температурах и времени процесса.

Обратная задача сводится к:

1 – определению времени замораживания или дефростации;

2 – подбору геометрических размеров и формы кусочков плодов;

3 – подбору температуры в холодильной камере.

Обычно дополнительно составляется уравнение теплового баланса (3)

$$Q_{зам} = Q_{охл} + Q_{ф.п} + Q_{хр}, \quad (3)$$

где $Q_{зам}$ - количество теплоты, необходимое для замораживания, кДж;

$Q_{охл}$ - количество теплоты, необходимое для охлаждения, кДж;

$Q_{ф.п}$ - количество теплоты, необходимое для фазового перехода, кДж;

$Q_{хр}$ - количество теплоты, необходимое для замораживания до температуры хранения, кДж.

При решении прямой задачи необходимо указать граничные и краевые условия, для этого необходимо знать размеры и форму тела, условия теплообмена или распределение температур, теплофизические характеристики и время процесса.

Наиболее сложным моментом является нахождение коэффициента теплопроводности, который входит в формулы (1) и (2). Это связано с тем, что коэффициент теплопроводности значительно изменяется для различных диапазонов температур и имеет 3 отчетливых участка. Он изменяется от 0,4 Вт/(м·К) до 1,4 Вт/(м·К) для основных групп овощей.

Нами были проведены исследования и предложена эмпирическая зависимость на первом участке (от + 40°C до 0°C)

$$\lambda = a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + a_4T^4 + a_5T^5 + a_6T^6 + \dots + a_9T^9$$

$$\text{или } \lambda_i = a_0 + \sum_{i=1}^9 a_i T^i, \quad (4)$$

где $a_0 \dots a_9$ - эмпирические коэффициенты, Вт/(м·Т²);
 T - температура, К.

Значения коэффициентов представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Значения коэффициентов для овощей на первом участке (положительные температуры от + 40°C до 0°C)

Коэффициент	Овощи			
	баклажан	кукуруза	перец	тыква
a_0	$8,38 \cdot 10^8$	$-1,6 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^7$
a_1	$-2,29 \cdot 10^7$	$2,6 \cdot 10^4$	$-8,6 \cdot 10^8$	$-5,9 \cdot 10^5$
a_2	$2,75 \cdot 10^5$	$-1,4 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^7$	$6,1 \cdot 10^3$
a_3	$-1,88 \cdot 10^3$	0,036	$-9,5 \cdot 10^4$	-3,5
a_4	8,04	0,002	$4,9 \cdot 10^2$	0,12
a_5	-0,02	$-1 \cdot 10^{-5}$	-1,7	-0,002
a_6	$3,75 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	0,004	$2,8 \cdot 10^{-7}$
a_7	$-3,67 \cdot 10^{-8}$	$-1,1 \cdot 10^{-11}$	$-5,7 \cdot 10^{-6}$	$-1,4 \cdot 10^{-10}$
a_8	$1,56 \cdot 10^{-11}$	0	$4,9 \cdot 10^{-9}$	0
a_9	0	0	$-1,9 \cdot 10^{-12}$	0

На втором участке $\lambda_k = b + d \cdot T$, (5) где b, d - коэффициенты.

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів на другому участку (от 0°C до температури -15°C)

Коефіцієнт	Овощи			
	баклажан	кукуруза	перец	тыква
b	22	19	16	20
d	-0,081	-0,068	-0,06	-0,072

На третьем участке от температуры -15°C до - 40°C происходит плавное повышение теплопроводности плодов

$$\lambda_i = f_0 + \sum_{i=1}^5 f_i T^i, \quad (6)$$

где f_i - эмпирические коэффициенты, Вт/(м·Т²);
 T – текущая температура, К.

Таблиця 3 – Значення коефіцієнтів на третьем участке

Коефіцієнт	Овощи			
	баклажан	кукуруза	перец	тыква
f_0	$-1,6 \cdot 10^3$	$-7,2 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^4$
f_1	5,92	$1,19 \cdot 10^2$	$-1,05 \cdot 10^3$	$-6,7 \cdot 10^2$
f_2	0,18	0,73	8,67	5,65
f_3	-0,0017	0,002	-0,04	-0,024
f_4	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$-2,1 \cdot 10^{-6}$	$7,4 \cdot 10^{-5}$	$4,99 \cdot 10^{-5}$
f_5	$-6,1 \cdot 10^{-9}$	0	$-6,2 \cdot 10^{-8}$	$-4,19 \cdot 10^{-8}$

С учетом уравнения (1-6) можно получить время послойного промерзания овощей (Табл.1-3).

$$\tau = \frac{\left[(1 - \mu_{\text{сух}}) \cdot r + c_{\text{пл}} \cdot \rho_{\text{пл}} (t_{\text{пл}} - t_{\text{кр}}) \right]}{2(t_{\text{кр}} - t_{\text{пл}})} \cdot \left[(D_1^2 - D_i^2) \left(\frac{1}{\alpha \cdot D_1} + \frac{1}{4\lambda} \right) + \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{D_i^2}{2} \cdot \ln \frac{D_1}{D_i} \right], \quad (7)$$

где $\mu_{\text{сух}}$ - доля сухих веществ;

r - теплота кристаллизации воды, 335 кДж/кг;

$c_{\text{пл}}$ - теплоемкость плодов, кДж/кг·град;

$\rho_{\text{пл}}$ - плотность плодов, кг/м³;

$t_{\text{пл}}$ - начальная температура плода, °С;

$t_{\text{кр}}$ - криоскопическая температура плода, °С;

D_1 - внешний диаметр плода, м;

D_i - диаметр i - го не промерзшего слоя, м;

α - коэффициент теплоотдачи, Вт/м·град.

Анализ уравнения (7) показывает, что наиболее низкий темп охлаждения наблюдается для слоев, удаленных от поверхности на одну треть диаметра. Это объясняется тем, что градиент температур здесь меньше, чем при замерзании поверхностных слоев, а количество теплоты, оставшееся в незамерзшей части, еще достаточно велико, кроме того, начинает сказываться увеличение концентрации растворенных веществ: кислот, сахаров и т.д.

Следующей разновидностью обратной задачи является нахождение толщины δ (см. уравнение 2) кусочков плодов или овощей, оптимальной для данной технологии замораживания и параметров холодильной машины.

Решение этой задачи актуально как при замораживании крупноплодных овощей, таких как тыква, кабачки, баклажаны, а также в случае замораживания суповых наборов или наборов для рагу, где все овощи измельчают в виде отдельных кусочков.

Из уравнения теплового баланса (3) находим количество теплоты, которое необходимо отвести для охлаждения, подмораживания (фазового перехода), а затем и замораживания кусочков до температуры хранения. Подставив его в уравнение теплопроводности (2) получим уравнение для оптимальной толщины кусочков плода (принимаемых обычно в виде кубиков или пластин)

$$\rho \cdot (2\delta)^3 \cdot c \cdot (t_{нл} - t_{кр}) = \frac{\lambda}{\delta} (2\delta)^2 \cdot (t_{нл} - t_{ср}) \cdot \tau, \quad (8)$$

где ρ - плотность плода кг/м³;

δ - половина толщины кусочка, м;

$(2\delta)^3$ - объем кусочка, м³; $(2\delta)^2$ - площадь кусочка, м²;

c - теплоемкость плода, кДж/кг·К;

$t_{нл}$ - температура плода, °С;

$t_{кр}$ - криоскопическая температура, °С;

$t_{ср}$ - температура охлаждения среды, °С;

τ - время, с.

Дальнейшее решение осуществляется графоаналитическим способом [5].

Следующий член уравнения теплопроводности - криоскопическая температура (температура фазового перехода $t_{кр}$) до настоящего времени не имеет аналитического решения и практически не освещен в литературе. Криоскопическая температура в значительной степени зависит не только от вида плодов и овощей, но

даже от сорта, условий произрастания и погоды во время вегетации, что объясняется различным содержанием минеральных солей, органических кислот, сахаров, эфирных масел, глицеринподобных веществ и т.д. Однако температуру фазового перехода можно определить для конкретного вида плодоовощной продукции экспериментальным путем. Для этого необходимо укрепить несколько термопар по глубине плода, начиная от поверхности до центра и начать замораживание, фиксируя значение температур каждой термопары через небольшие промежутки времени (например, 1-5 минут в зависимости от температуры в холодильной камере, а затем построить график зависимости температуры от времени. Четко наблюдается ровная площадка постоянной температуры (см. рис.1). Эта температура и будет равна криоскопической для данного типа плодов при данном давлении.

Например, на графике замораживания баклажан (рис.1) видим площадку постоянной температуры $t_{кр} = -0,86^{\circ}\text{C}$.

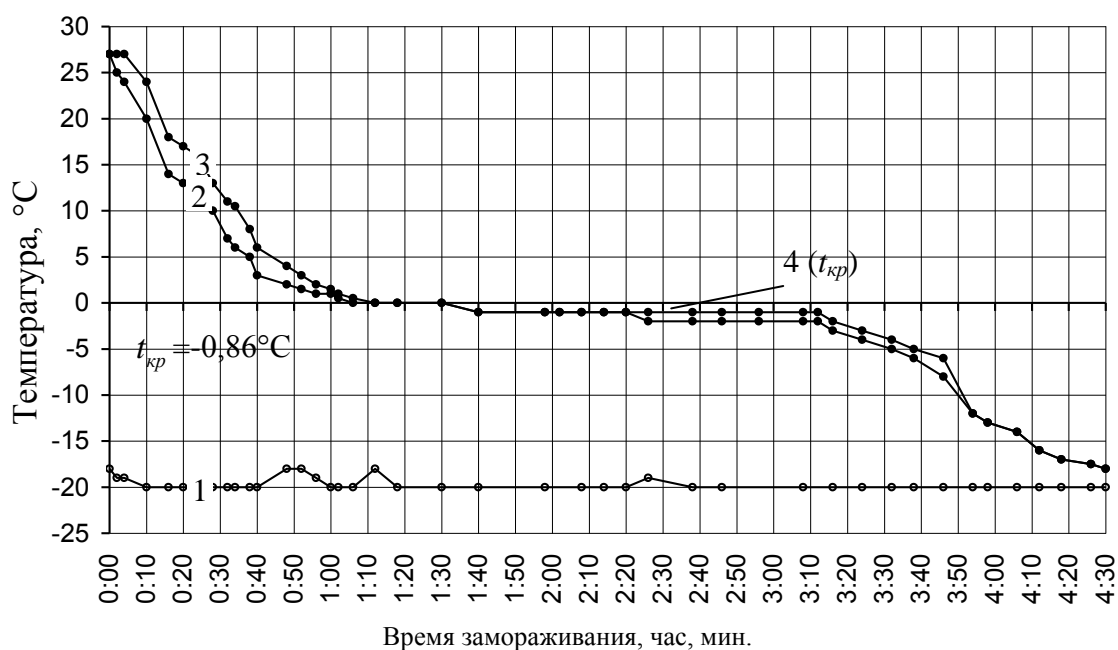


Рис. 1. Определение криоскопической температуры баклажан при давлении $P=101325$ Па:

1 – температура воздуха в камере; 2 - температура поверхности; 3 – температура центра; 4 – криоскопическая температура.

Рекордсменом по части криоскопической температуры является чеснок, у которого $t_{кр} = -3,6^{\circ}\text{C}$.

Определим количество теплоты, необходимой для размораживания овощей или фруктов.

Составим уравнение теплового баланса

$$Q_1 = \sum_{i=1}^4 Q_i = Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (9)$$

где Q_1 - количество теплоты, необходимое для дефростации, кДж;
 Q_2 - количество теплоты, необходимое для нагревания
 плода от температуры низкотемпературного хранения до температуры
 фазового перехода, кДж;

Q_3 - количество теплоты, необходимое для фазового
 перехода льда, находящегося в плодах в жидком состоянии, кДж;

Q_4 - количество теплоты, необходимое для нагревания
 плода от температуры фазового перехода до температуры переработки
 или потребления, кДж.

Определим составляющие теплового баланса

$$Q_1 = m_T \cdot c_T \cdot (t_{T.H.} - t_{T.K.}), \quad (10)$$

где m_T - масса греющего теплоносителя, кг;

c_T - теплоемкость греющего теплоносителя, кДж/кг·К;

$t_{T.H.}, t_{T.K.}$ - температура греющего теплоносителя начальная и
 конечная, соответственно, К.

$$Q_2 = m_{nl} \cdot c_{nl} \cdot (t_{плав} - t_{xp.}), \quad (11)$$

где m_{nl} - масса плода, кг;

c_{nl} - теплоемкость плода при отрицательных температурах,
 кДж/кг·К;

$t_{плав}$ - температура плавления, К;

$t_{xp.}$ - температура хранения К.

$$Q_3 = q_{nl} \cdot m_l, \quad (12)$$

где m_l - масса льда в плоде, кг;

q_{nl} - удельная теплота плавления льда, 335 кДж/кг.

$$Q_4 = m_{nl} \cdot c_{nl}^+ \cdot (t_{переп} - t_{плав.}), \quad (13)$$

где $c_{пл}^+$ - теплоемкость плода при положительных температурах, кДж/кг·К;

$t_{перер}$ - температура переработки или потребления, К;

Есть еще один вид задач, когда необходимо подобрать температуру в холодильной камере ($t_{х.к}$). Этот вид задач возникает в том случае, когда технологи четко указывают время замораживания, то-есть, необходимо подобрать такое холодильное оборудование, которое обеспечит необходимый температурный переход, скорость, а значит и время замораживания.

Для ее решения необходимо предварительно определить количество теплоты Q , которое требуется отвести. Далее определяют коэффициент теплопроводности (как показано выше: уравнения 4,5,6 и табл. 1,2,3), определяют или задают толщину образца δ , экспериментально определяют криоскопическую температуру $t_{кр}$ (рис.1). Специально необходимо определить площадь поверхности плода (если он замораживается в целом виде) или кусочков F . Время (τ) замораживания в данном случае не вычисляют, а используют значение, указанное технологами, тогда

$$t_{х.к} = t_{кр} - \frac{Q \cdot \delta}{\lambda \cdot F \cdot \tau}, \quad (14)$$

Выводы. Предлагаемая методика позволяет выполнять теплофизические расчеты для широкого круга задач, возникающих при разработке процессов замораживания и дефростации плодоовощной продукции:

- решать прямую задачу, то-есть, определять количество теплоты Q , которое необходимо отвести при замораживании плодоовощной продукции и далее рассчитывать холодильную мощность холодильной машины;

- решать ряд обратных задач, как-то:

- определять коэффициент теплопроводности λ плодоовощной продукции по предлагаемым и апробированным эмпирическим зависимостям;

- определять оптимальную толщину продукции δ ;

- определять криоскопическую температуру $t_{кр}$;

- подбирать температуру в холодильной камере $t_{х.к}$ для обеспечения заданной технологами скорости замораживания, то есть, подбирать тип холодильной машины и марку хладагента;

- определять продолжительность послойного замораживания, τ ;

- определять количество теплоты, необходимое для дефростации при заданном давлении.

Литература:

1. Гиндзбург А.С. Теплофизические свойства зерна, муки и крупы / А.С. Гиндзбург, М.А. Громов. – М.: Колос, 1984. – 304 с.

2. Громов М.А. Универсальное уравнение для расчета коэффициентов теплопроводности соков / М.А. Громов // Консервная и овощная промышленность. – 1972. - №8. – с.32-33.

3. Громов М.А. Теплофизические характеристики плодов при отрицательных температурах / М.А. Громов // Консервная и овощная промышленность. – 1972. - №2. – с.34-35.

4. Платонова Е.С. Определение теплофизических характеристик пищевых продуктов в области кристаллизации связанной влаги / Е.С. Платонова // Вестник международной академии холода. – 1999. – Вып.1. – с.41-44

5. Стручаев К.Н. Методика определения оптимальных кусочков тыквы при замораживании / К.Н. Стручаев, В.Ф. Ялпачик // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку аграрної механіки». – Дніпропетровськ, 2004.- с.92-94

ТЕПЛОФІЗИЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРИ ЗАМОРОЖУВАННІ І ДЕФРОСТАЦІЇ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Ялпачик В.Ф., Стручаев М.І., Ялпачик Ф.Ю.

Анотація - у статті наведені результати дослідження теплофізики заморожування і дефростації плодоовочевої продукції. Наведено отримані розрахункові формули для визначення основних параметрів заморожування і дефростації.

THERMOPHYSICAL CALCULATIONS FREEZING AND THAWING HORTICULTURAL PRODUCTS

V.Yalpachik, N. Struchaev, F.Yalpachik

Summary

The results of the study Thermophysics freezing and defrosting produce. Shows the obtained formulas for calculating the basic parameters of freezing and defrosting.

УДК 631.563.4

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ КОНСТРУКЦІЙ СТРУМИННИХ ЗМІШУВАЧІВ РІДКИХ КОМПОНЕНТІВ

Самойчук К.О., к.т.н.,

Полудненко О.В., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет (ТДАТУ)

Тел.(06192) 42-13-06

Анотація – у статті наведено результати аналізу конструкцій струминних змішувачів і пристроїв для перемішування рідких компонентів.

Ключові слова – перемішування, струминний змішувач, поточне змішування, аналіз конструкцій.

Постановка проблеми. Сьогодні у технології виробництва безалкогольних напоїв спостерігається тенденція повернення до використання натуральної сировини, адже раніше напої виготовлялись на основі натуральних соків з додаванням екстрактів та концентратів настоїв різноманітних зборів лікарських трав, тобто, при виготовленні безалкогольних напоїв одним з основних процесів є перемішування рідких компонентів. З огляду на зростаючі об'єми виробництва безалкогольних напоїв актуальними є розробка і впровадження у виробництво змішуючих апаратів, які забезпечать якісне перемішування рідких компонентів при мінімальних витратах енергії і часу.

Аналіз останніх досліджень. В залежності від методу підведення енергії в середовища, що перемішуються, перемішування може бути пневматичним, інерційним в потоці рідини, циркуляційним, механічним або струминним. [1]

Проаналізувавши різні способи перемішування рідких компонентів струминне перемішування було виділено як найбільш доцільний спосіб тому що для досягнення одного і того ж технологічного ефекту при використанні інших способів витрачається більше часу і енергії на перемішування ніж при використанні струминних апаратів безперервної дії.

В струминних апаратах на відміну від об'ємних і лопатевих потужність рідині, що перемішується передається в наслідок безпосереднього контакту з підсмоктуючим її струменем рідини. В процесі турбулентного перемішування двох потоків відбувається

обмін кількостей руху між часточками рідини, що мають різні швидкості. Перенос кількості руху здійснюється завдяки поперечному руху часточок, властивому турбулентному потоку.

Ступінь і ефективність перемішування в струминних апаратах дуже високі внаслідок підведення значних потужностей до невеликого об'єму. В струминних апаратах немає ніяких рухомих механізмів, що говорить про їх надійність. Простота схем включення таких апаратів у різні установки поряд з виключною простотою їх конструкції, а також невеликою складністю виготовлення забезпечили широку область використання струминних змішувачів.

Струминний апарат звичайного типу (рис.1) складається із сопла 1, розташованого у всмоктуючому трубопроводі 2, до якого під'єднано змішувальний патрубок 3, а також може бути під'єднано дифузор і нагнітальний трубопровід 5. При проходженні струменя через сопло в ньому різко збільшується швидкість і динамічний тиск. В місці витікання рідини, де швидкість є максимальною, створюється значне розрідження, завдяки чому у кільцевий зазор між соплом і камерою змішування всмоктується рідина, яка перемішується із робочою рідиною і надходить в мережу.

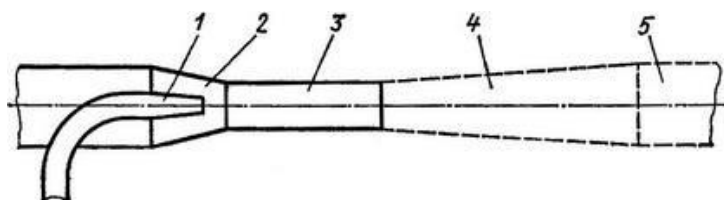


Рис.1. Струминний апарат.

Підвищення тиску інжектваного потоку без безпосередньої затрати механічної енергії є основною, принциповою якістю струминних апаратів. Завдяки цій якості використання таких апаратів у багатьох галузях виробництва дозволяє отримувати більш прості і надійні технічні рішення порівняно з використанням інших змішувальних пристроїв.

Постановка завдання. Для вирішення задач інтенсифікації процесу перемішування у струминних змішувачах, призначених для використання на підприємствах харчової промисловості необхідні подальші дослідження з обґрунтування режимів роботи та параметрів конструкції змішувачів. Вирішення цієї задачі вимагає ретельного аналізу існуючих конструкцій струминних апаратів з метою виділення найбільш перспективних конструкцій.

Основна частина. Для порівняльної оцінки різних перемішувальних пристроїв зазвичай використовують дві їх найбільш

важливі характеристики: ступінь (або однорідність) перемішування, інтенсивність та ефективність процесу [2].

Ступінь (однорідність) перемішування характеризується рівномірністю розподілу фаз в системі після проведення процесу і визначає якість перемішування.

Інтенсивність визначає швидкість досягнення поставленої мети перемішування, характеризується часом проведення процесу.

Ефективність – якісний показник, що характеризує досягнутий технологічний ефект (мету перемішування). Тому ефективність пов'язана з інтенсивністю, а основною задачею є оптимізація процесу – досягнення технологічного ефекту при мінімізації витрат енергії.

Струминні змішувачі відрізняються формою камер змішування, кількістю каналів підводу інжекттованих компонентів та способом підведення інжекттованого компоненту

Протитечійний змішувач (рис. 2) має корпус у вигляді двох співвісних циліндроконічних тіл 1 і 2, в яких просвердлено по вісі симетрії осьові канали 3 і 4 підводу змішуваних рідин [3]. Частини 1 і 2 корпусу встановлені в отворах фланців 5 і 6 камери 7 зливу перемішаної рідини і жорстко закріплені болтовими з'єднаннями 8 і 9 до приварених фланців 10 і 11 камери 7. Вихідний отвір камери змішування 12 має форму кільцевої щілини 13. Насосами струмені компонентів подаються двома каналами назустріч один одному. Струмені зіштовхуються з великою швидкістю, завдяки чому відбувається кавітація і змішування компонентів. Даний змішувач може працювати при будь-яких високих швидкостях змішуваних потоків, тому забезпечує високу продуктивність перемішування.

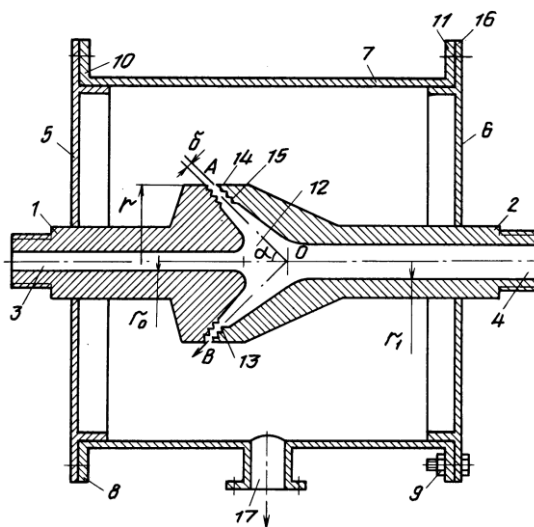


Рис.2. Протитечійний змішувач.

Струминний змішувач (рис.3) має напірну 1 і змішувальну 2 камери, з'єднані конфузуром. Патрубок інжектваного середовища 4 встановлений всередині патрубка основного компонента 5 [4]. При цьому сопло 6 патрубка 4 всередині має гвинтову нарізку 8 і дифуззор 9. Частина патрубка 5 всередині напірної камери 1 виконано перфорованим за рахунок отворів 10. Сопла 6 і 7 встановлені на різі з можливістю осьового переміщення. Підвід основного компонента здійснюється через патрубок 11.

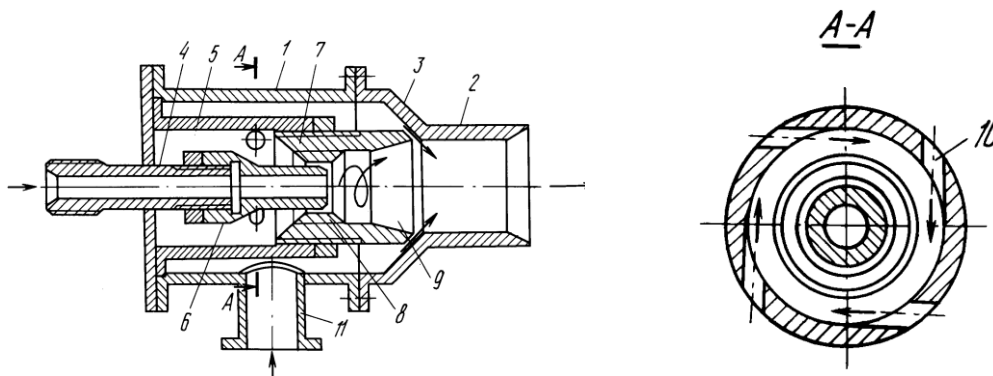


Рис.3. Струминний змішувач.

Сполучення в пристрої гвинтової нарізки і дифузора в соплі нагнітального патрубка, перфорації в нагнітальному патрубку і осьового переміщення сопел, дозволяє значно інтенсифікувати масообмін за рахунок закручування руху суміші на виході сопла і різноспрямованого руху потоків основного і інжектваного компонентів, а також змінювати ступінь дисперсності суміші за рахунок осьового переміщення сопел.

В багатоконусному струминному апараті (рис.4) через патрубок 2 вводять у напрямку А робочий потік під підвищеним тиском, через патрубок 3 в напрямку Б вводять підмішуваний компонент, який через зазори між конусними насадками натікає на струмінь робочого потоку [5]. Подальший рух продукту по конусним насадкам 4, розташованим нижче перегородки 5 приводить до високодисперсного розподілу фази у середовищі за рахунок витягування в тонку плівку підмішуваного компоненту на струмені робочого потоку.

Перемішування відбувається за рахунок гідравлічних ударів при русі продукту по конусним насадкам, розташованим нижче перегородки 5. Готовий продукт виводиться із апарату через дифузор 6 у напрямку С.

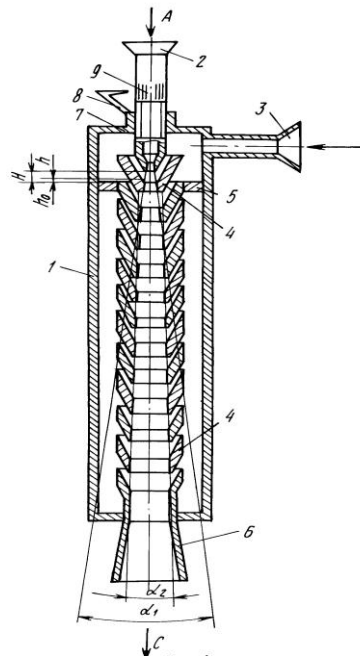


Рис.4. Багатоконусний струминний апарат.

Пристрій для струминного змішування рідин (рис.5) працює наступним чином. В режимі перемішування клапани 1, 2, 3, 4 відкриті. Рідкі компоненти під тиском через сопла голчатих клапанів надходять у змішувальну камеру, де відбувається їх інтенсивне перемішування методом зіткнення струменів. Готова суміш надходить на наступну технологічну операцію.

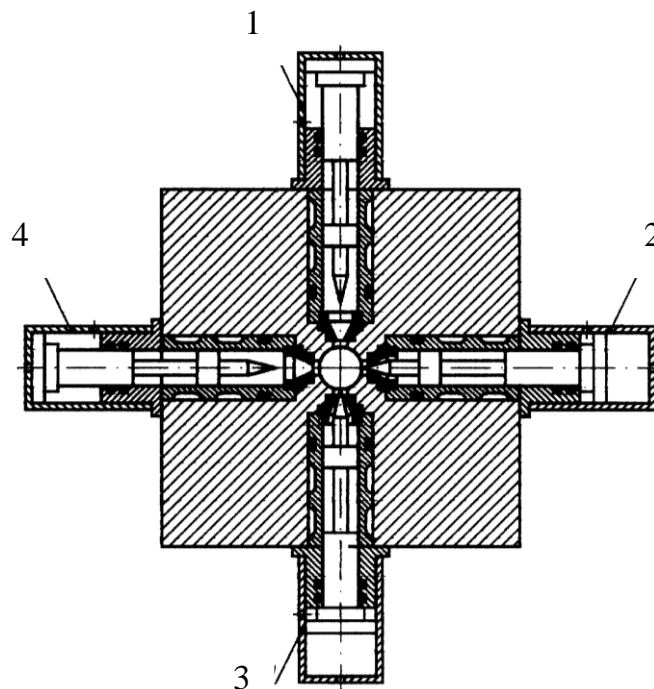


Рис.5. Пристрій для струминного змішування рідин.

Цей пристрій дозволяє досягти високої якості змішування двокомпонентних систем при співвідношенні компонентів значно перевищуючих 1:1. На цьому ж пристрої можливо здійснювати отримання композицій при співвідношеннях компонентів, близьких до 1:1 [6].

В пристрої для отримання дозованих сумішей підвищення якості інжектіваних середовищ в потоці робочого середовища, оптимізація процесу інжекції і можливість регулювання співвідношення змішуваних середовищ досягається тим, що робоче середовище для змішування подають не менш ніж трьома потоками, для чого його розділяють на центральний і як мінімум два периферійних потоки, затим центральний потік робочого середовища подають під тиском, а периферійні потоки піддають закручуванню за рахунок подачі їх в зону змішування під кутом до центрального потоку [7].

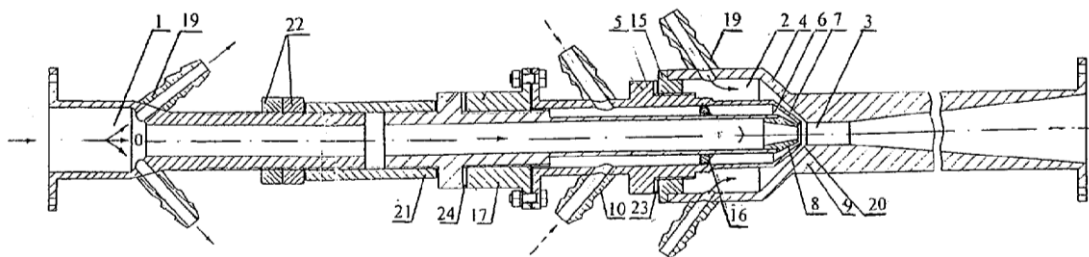


Рис. 6 – Пристрій для отримання дозованих сумішей:

1 – центральна камера; 2 – напірна камера; 3 – змішувальна камера; 4 – конфузом; 5 – патрубок інжектіваного середовища; 6 – нагнітальний патрубок; 7, 8 – сопла патрубоків; 9 – кільцева щілина; 10 – патрубок підводу інжектіваних середовищ; 11 – з'єднувальні трубки; 12 – невозвратні клапани; 13 – крани; 14 – резервуари; 15 – кришка; 16 – ребра; 17 – муфта; 18 – з'єднувальні трубки; 19 – периферійні нагнітальні патрубки; 20 – кільцева щілина; 21 – циліндрична муфта; 22 – гайки; 23, 24 – розсувні змінні шайби.

Висновки. Найбільш перспективні конструкції для використання у виробництві безалкогольних напоїв мають протитечійний змішувач і багатоконусний струминний апарат.

Перевагою протитечійного змішувача є висока продуктивність перемішування при достатньо простій конструкції. Недоліком – необхідність попередньо з'єднувати компоненти у ємності.

Багатоконусний струминний апарат має більш складну конструкцію (а значить меншу надійність), ніж протитечійний змішувач, але при цьому апарат забезпечує якісне перемішування і введення підмішуваного компонента в робочий потік при одночасному високоточному регулюванні кількості підмішуваного компонента.

У подальшому планується провести детальне дослідження процесу перемішування у змішувачах обраних конструкцій з метою розробки конструкції змішувача безперервної дії, який зможе забезпечити якісне перемішування і високоточне регулювання кількості підмішуваного компоненту.

Література:

1. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Ф. Стренк Пер. с польск. под ред. И.А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.
2. Штербачек З. Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, П. Тауск. Пер. с чешск. – Л.: Госхимиздат, 1963. – 417 с.
3. Пат. 2016641 РФ, МПК В01F5/00. Гидродинамический смеситель / Пятков М.В. (РФ); заявитель Акционерное общество "Авиастар". – № 4786991/26; заявл. 09.11.1989; опубл. 30.07.1994, Бюл. № 27.
4. Пат. 2040322 РФ, МПК В01F5/00, В01F5/04 Смеситель / Ю.В.Егоров, В.С. Белых (РФ); заявители Егоров Ю.В., Белых В.С. – № 5042290/26; заявл. 15.05.1992; опубл. 25.07.1995, Бюл. № 24.
5. Пат. 2080164 РФ МПК В01F5/04. Многоконусный струйный аппарат / В.А. Бородин. (РФ); заявитель Бородин Владимир Александрович. – № 93015447/25; заявл. 24.03.1993; опубл. 27.05.1997.
6. Пат. 2166357 РФ, МПК В01F5/00, В29В7/06 Устройство для струйного смешения жидкостей / А.С. Клинков, О.В. Матырский, А.В.Межуев (РФ); заявитель Тамбовский государственный технический университет – № 98121384/12; заявл. 25.11.1998; опубл. 10.05.2001, Бюл. № 11.
7. Пат. 2264848 РФ МПК В01F5/00. Устройство для получения дозированных смесей / Ю.В. Гуськов, И.Н. Калячкин, В.А Едуков. (РФ); заявка – № 2004109872/15; заявл. 31.03.2004; опубл. 31.03.2004,

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ КОНСТРУКЦІЙ СТРУМИННИХ ЗМІШУВАЧІВ РІДКИХ КОМПОНЕНТІВ

Самойчук К.О., Полудненко О.В.

Аннотация – в статье приведены результаты анализа конструкций струйных смесителей и устройств для перемешивания жидких компонентов.

RESULTS OF ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF STREAM MIXERS OF LIQUID COMPONENTS

K. Samoychuk, O. Poludnenko

Summary

In the article results over of analysis of constructions of stream mixers and devices are brought for interfusion of liquid components.

УДК 637.134.001.57

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ІМПУЛЬСНОЇ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Паляничка Н.О., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація - представлені результати експериментальних досліджень впливу конструктивних та технологічних параметрів імпульсного гомогенізатора молока на якість гомогенізації з використанням номограмного методу аналізу рівняння регресії.

Ключові слова – імпульсна гомогенізація, експеримент, молоко, ступінь гомогенізації, енерговитрати.

Постановка проблеми. Для гомогенізації молока і молочних продуктів на сьогоднішній день в основному використовують клапанні гомогенізатори. Але аналіз клапанних гомогенізаторів показав, що вони мають істотні недоліки: значні габаритні розміри і маса, висока металоємність, високі енерговитрати, швидкий знос робочих поверхонь клапану і досить висока вартість обладнання (близько 30 тис. грн. при продуктивності 5000 л/год.). А інші види гомогенізаторів не дозволяють досягти такого ступеня дисперсності жирової фази. На нашу думку перспективною в цьому сенсі є імпульсна гомогенізація, яка дозволяє отримати ступінь диспергування не нижче клапанних зі значно меншими енерговитратами [1, 2].

Аналіз останніх досліджень. В наслідок проведених теоретичних досліджень було визначено, що імпульсна гомогенізація дає можливість отримати високу якість гомогенізації молока та на 15% менші енерговитрати на процес гомогенізації в порівнянні з найбільш перспективними видами гомогенізаторів [3]. Розроблено пристрій для проведення експериментальних досліджень.

Впливовими факторами процесу імпульсної гомогенізації молока є амплітуда коливання поршня-ударника, частота коливання поршня-ударника, подача молока в імпульсний гомогенізатор, температура гомогенізації, форма отворів поршня-ударника, довжина робочої камери гомогенізатора, діаметр робочої камери [4].

Досліджено вплив амплітуди коливання поршня-ударника імпульсного гомогенізатора, частоти коливання та подачі молока на

ступінь гомогенізації та енерговитрати на процес імпульсної гомогенізації молока.

Основна частина. Для виконання експерименту використовувалося молоко за ГОСТ 3622-68 (Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию).

Досліджували вплив таких факторів як амплітуда коливання поршня-ударника h , частота f , подача молока Q , на ступінь гомогенізації Nm , температура гомогенізації T та енерговитрати на процес гомогенізації E , а також взаємний вплив цих факторів. Три фактори варіювалися на двох рівнях.

В результаті реалізації повнофакторного експерименту було отримано рівняння регресії в кодованому вигляді

$$Y = 4,88 + 0,694X_1 + 0,602X_2 - 0,588X_3 + 0,2X_1X_2 + \quad (1) \\ + 0,426X_1^2 - 0,663X_2^2 - 0,459X_3^2$$

Для аналізу результатів повнофакторного експерименту, представлених у вигляді рівняння регресії (1), що адекватно описує процес імпульсної гомогенізації молока, пропонується номограмний метод, який дає можливість побачити одночасно вплив на параметр оптимізації всіх змінних незалежних факторів, що беруть участь у рівнянні регресії, тобто як вони впливають на реальний технологічний процес [5].

За допомогою комп'ютерної програми Mathcad [6, 7] і розробленої методики, побудовано номограму (рис.1) для аналізу й дослідження рівняння регресії (1).

Стаavimo завдання, визначити при яких допустимих межах коливань змінних факторів X_1 , X_2 , X_3 багатфакторного експерименту параметр оптимізації (ступінь гомогенізації молока Nm) не буде нижче 4,7. Завдання ставиться для умов подачі молока в імпульсному гомогенізаторі $Q = 1800...2000$ кг/год. Завдання вирішуємо двома шляхами з наступним об'єднанням області оптимізації й інтервалів варіювання факторів.

Перший шлях. На осі ординат правого нижнього квадрату відкладаємо інтервал $Q = 1800...2000$ і проводимо горизонтальні лінії до перетинання з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку $h - Q$.

Далі піднімаємося до перетинання з віссю h , одержуємо інтервал варіювання $h_1 = 10...13$ мм і точки перетинання з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку $h - f$ (верхній правий квадрат). З отриманих точок проводимо горизонтальні лінії до перетинання з віссю f , одержуємо інтервал варіювання $f_1 = 53...62$ Гц.

Другий шлях. На осі абсцис лівого верхнього квадрату відкладаємо інтервал $Q = 1800 \dots 2000$ і проводимо вертикальні лінії до перетинання з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку $f - Q$. Далі із точок перетинання проводимо горизонтальні лінії до перетинання з віссю f , одержуємо інтервал варіювання $f_2 = 53 \dots 59$ Гц. Далі аналогічно першому шляху одержуємо інтервал варіювання $h_2 = 10 \dots 13$ мм.

Таким чином, поєднуючи отримані інтервали варіювання факторів, одержуємо, що для імпульсного гомогенізатора з подачею молока $Q = 1800 \dots 2000$ кг/год і ступіню гомогенізації 5 необхідно мати: $h = 10 \dots 13$ мм та $f = 53 \dots 62$ Гц.

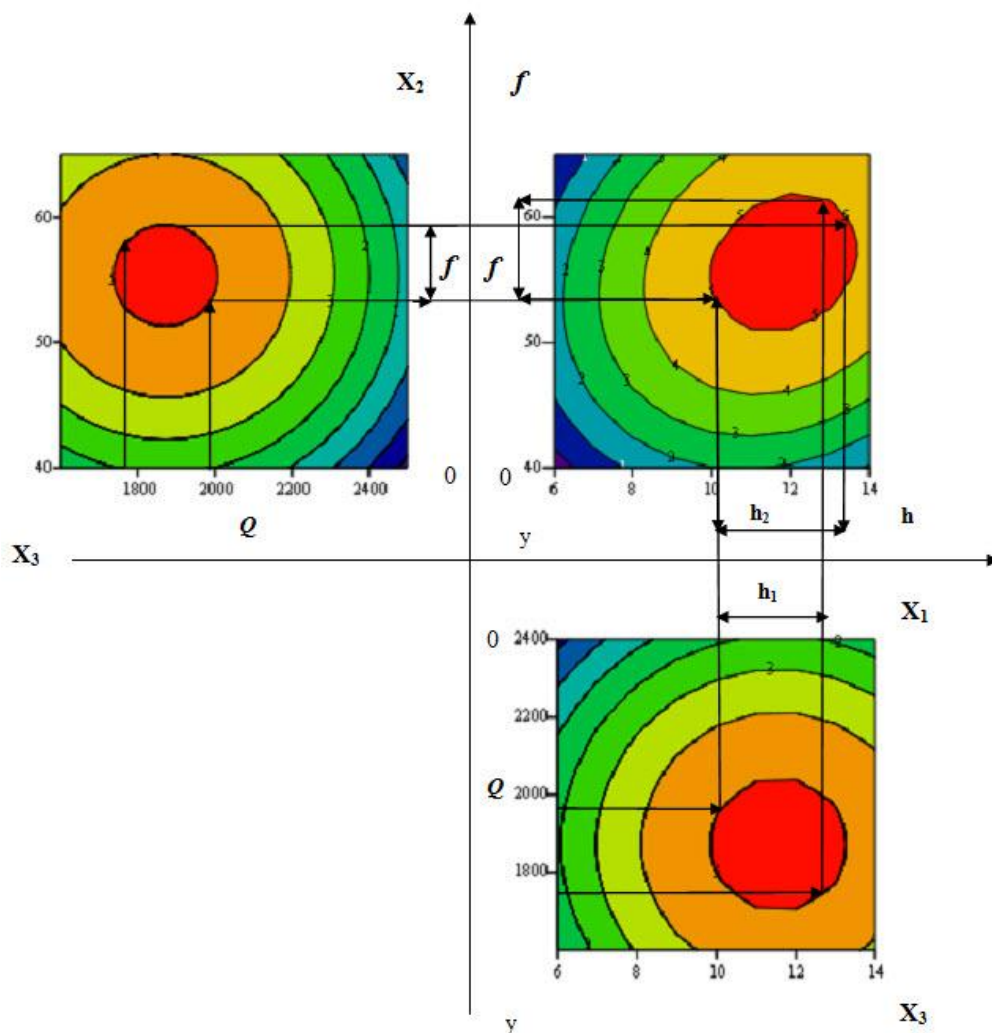


Рис. 1. Номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують ступінь гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі не нижче 4,7.

Відхилення теоретичних значень h та f від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів знаходиться в межах 11%, що підтверджує адекватність отриманих даних.

Використовуючи дану методику також визначимо при яких допустимих межах коливань змінних факторів X_1 , X_2 , X_3 багатофакторного експерименту параметр оптимізації (енерговитрати та питомі енерговитрати на процес гомогенізації E та E_{num}) буде мінімальним. Завдання ставиться для умов подачі молока в імпульсному гомогенізаторі $Q = 1800 \dots 2000$ кг/год. За допомогою комп'ютерної програми «MathCad» і розробленої методики, будемо номограму (рис. 2) для аналізу й дослідження рівняння регресії (2).

$$Y = 1,045 + 0,038X_1 + 0,032X_2 - 0,025X_3 + 0,19X_1^2 - 0,2X_2^2 - 0,2X_3^2 \quad (2)$$

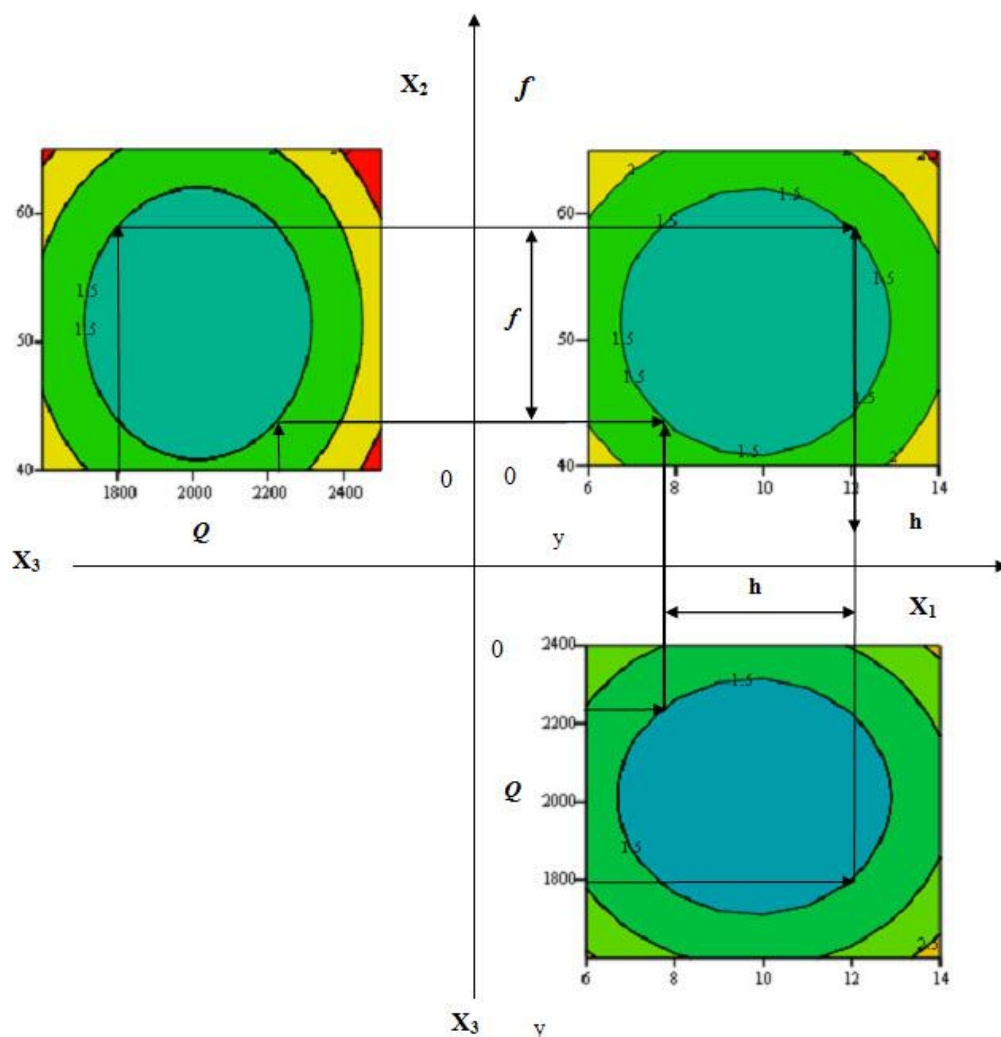


Рис. 2. Номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують мінімальні енерговитрати на процес імпульсної гомогенізації.

Далі згідно описаного алгоритму відкладаємо і визначаємо інтервали варіювання факторів f та h . В результаті поєднання

інтервалів варіювання факторів було отримано, що для імпульсного гомогенізатора з подачею молока $Q = 1800 \dots 2000 \text{ кг/год}$ і $h = 8 \dots 12 \text{ мм}$ та $f = 43 \dots 59 \text{ Гц}$ енерговитрати на процес гомогенізації становлять 1,5 кВт, а питомі енерговитрати – 0,83 Дж/кг.

В результаті суміщення оптимумів двох номограм можна зробити висновок, що для одержання максимального ступеня гомогенізації $N_m = 5$ при мінімальних питомих енергозатрат $E_{\text{пит}} = 0,83 \text{ Дж/кг}$ необхідно мати наступні умови: амплітуду коливання поршня-ударника $h = 10 \dots 12 \text{ мм}$ частоту коливання $f = 55 \dots 59 \text{ Гц}$ та подачу молока в імпульсному гомогенізаторі $Q = 1800 \dots 2000 \text{ кг/год}$.

Відхилення теоретичних значень h та f від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів менше 9%, що підтверджує адекватність отриманих даних.

Номограмний метод аналізу призначений для візуального дослідження результатів багатофакторного експерименту, для визначення меж коливань, що допускаються, незалежних змінних факторів, що забезпечують знаходження параметра оптимізації технологічної системи в заданій області значень із мінімальною похибкою.

Висновки. В наслідок проведених експериментальних досліджень з використанням номограмного методу аналізу рівняння регресії було визначено, що раціональними параметрами роботи імпульсного гомогенізатора для отримання максимального ступеня гомогенізації 5 при питомих енерговитратах 0,83 Дж/кг є: амплітуда коливань поршня-ударника 10...12 мм; частота коливань поршня-ударника 55...59 Гц; подача молока 1800...2000 кг/год.

Література:

1. *Нужин Е. В.* Гомогенизация и гомогенизаторы. Монография / Е. В. Нужин, А. К. Гладушняк ; – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264с.
2. *Самойчук К.О.* Обгрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / К.О. Самойчук – Донецьк, 2008. – 155 с.
3. *Гвоздев О.В.* Комп'ютерне моделювання імпульсного гомогенізатора молока з використанням програмного забезпечення Ansys Workbench / О.В. Гвоздев, К.О. Самойчук, Н.О. Паляничка // Обладнання та технології харчових виробництв: тематичний збірник наукових праць. – Донецьк. – 2012. Вип. 28. С. 294–300.
4. *Паляничка Н.О.* Експериментальне обгрунтування параметрів імпульсного гомогенізатора молока / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздев // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса. – 2011. Вип.39., Т.2. С. 177–181.

5. *Шпиганович Т. О.* Вдосконалення процесу попередньої сепарації зерна в дробарці прямого удару: дис. Канд. Техн. Наук: 05.0511 / Т. О. Шпиганович – Сімферополь, 2012. – 247.

6. *Ракитин В. И.* Руководство по методам вычислений и приложения МATHCAD / В. И. Ракитин. – М.: Физматлит, 2005. – 264 с.

7. *Макаров Е. Г.* Инженерные расчеты в Mathcad: учебный курс / Е. Г. Макаров. – СПб: Питер, 2005. – 448 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА

Паляничка Н.А.

Аннотация – представлены результаты экспериментальных исследований влияния конструктивных и технологических параметров импульсного гомогенизатора молока на качество гомогенизации с использованием номограмного метода анализа уравнения регрессии.

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF PROCESS OF IMPULSIVE HOMOGENIZATION OF MILK

N. Palyanichka

Summary

The presented results of experimental researches of influence of structural and technological parameters of impulsive homogenizator of milk are on quality of homogenization with the use of nomogram method of analysis of equalization of regression.

УДК 631.361; 635.6

БАЛАНС ПОТУЖНОСТІ ТА КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ ЗЕРНОВОЇ ДРОБАРКИ

Ялпачик О.В., інженер,

Буденко С.Ф., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – робота містить результати теоретичних досліджень з встановлення балансу потужності і прогнозування коефіцієнта корисної дії подрібнювача концентрованих кормів у залежності від ступеня подрібнювання зернової маси.

Ключові слова – подрібнювання зерна, баланс потужності, ступінь подрібнювання, робота подрібнювання, ККД.

Постановка проблеми. Із усього різноманіття існуючих способів переробки кормів найбільше застосування одержала механічна технологія готування кормів, у якій найпоширенішим і важливим процесом є подрібнювання, обумовлене зоотехнічними вимогами відгодівлі тварин.

Відомо, що живильні речовини, присутні у кормах, засвоюються організмом тварини тільки в розчинному виді, а швидкість обробки часток корму шлунковим соком прямо пропорційна площі їх поверхні. У результаті подрібнювання корму утворюється безліч часток з високорозвиненою поверхнею, що сприяє прискоренню процесів травлення і підвищенню засвоюваності живильних речовин.

Подрібнювання є одним з найбільш енергоємних процесів при переробці фуражного зерна на корм худобі і птиці. Рациональний розмір часток зерна, тобто ступінь подрібнення зернової маси для кожного виду тварин регламентується відповідними зоотехнічними вимогами.

На даний час у кормоприготуванні застосовуються різні за принципом дії і конструктивному виконанню, в основному, молоткові дробарки. При тонкому подрібнюванні ці дробарки дають до 30 % пилоподібної фракції, а при грубому до 20 % недоподрібненої фракції.

Проблема економії енергії, підвищення коефіцієнта корисної дії була, є і буде завжди актуальною, особливо на даний час, коли частка вартості енергоносіїв у калькуляції собівартості кормів продукції тваринництва постійно зростає.

Аналіз останніх досліджень. Основи теорії подрібнювання були закладені В.Л. Кирпичевим, Ф. Кіком, Ф. Бондом, П.А. Ребіндером. У середині та в кінці ХХ сторіччя вагомий вклад у теорію і практику внесли вчені школи ЛСГІ, яку очолював С.В. Мельников.

За останні роки в Україні, Росії та країнах ближнього зарубіжжя був захищений ряд кандидатських і докторських дисертацій, тим чи іншим чином присвячених вдосконаленню конструкцій машин та технологічного процесу подрібнювання кормів.

Достатньо великий об'єм досліджень за виявленням закономірностей процесу дроблення провели вчені ТДАТУ (на той час МІМСГ, ТДАТА), ця робота не припиняється і продовжується, в тому числі і авторами даної публікації.

Метою даної публікації є одержання на основі теоретичних досліджень прогнозованих значень коефіцієнта корисної дії процесу подрібнення зерна на дробарці прямого удару.

Основна частина. Згідно з висновками всіх учених, які досліджували енерговитрати процесу подрібнювання тієї чи іншої кормової суміші, потужність, потрібна для привода подрібнювача, розглядалася як сума окремих складових.

Так, наприклад, за даними [2] баланс потужності для сталого режиму роботи подрібнювача кормів можна представити наступним рівнянням:

$$P = P_{nd} + P_{ев} + P_{та} + P_{mn} + P_{те} + P_{np} + P_{nt}, \quad (1)$$

де P_{nd} - потужність, потрібна на подрібнення;

$P_{ев}$ - потужність на циркуляцію маси (вентиляційні втрати);

$P_{та}$ - потужність транспортування маси в самому апараті;

P_{mn} - потужність подачі матеріалу до апарата;

$P_{те}$ - потужність відведення продукту від апарата;

P_{np} - потужність на подолання опору в передачах привода;

P_{nt} - потужність на подолання опору в транспортерах.

Дане вираження має загальний характер і, в залежності від конкретної конструкції дробарки, воно може змінюватись, як правило, в сторону спрощення (наприклад, при відсутності транспортуючих пристроїв на завантаженні і вивантаженні).

Так, для зернової пальцевої дробарки з вертикальною віссю ротора, яка не має додаткових пристроїв навантажування і розвантажування з урахуванням наведеної в [1] потужності холостого ходу ($P_{х.х}$) баланс потужності буде мати вигляд:

$$P = P_{nd} + P_{\text{вв}} + P_{\text{та}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{х.х}} \quad (2)$$

У даному рівнянні найбільший інтерес представляє значення першого доданку – P_{nd}

При відомій продуктивності дробарки Q (кг/с) потужність, яка потрібна на реалізацію процесу подрібнення, за формулою С.В. Мельникова [1] може бути визначена як:

$$P_{nd} = Q \cdot A_{nd} \quad (3)$$

де A_{nd} - питома робота подрібнювання, Дж/кг.

С.В. Мельников в [1] для визначення питомої роботи подрібнювання стеблових кормів наводить спрощену формулу:

$$A_{nd} = C(\lambda - 1), \quad (4)$$

де C - об'єднаний коефіцієнт, який враховує умови дроблення;
 λ - ступінь подрібнення матеріалу.

За загальною методикою [1] за ступінь подрібнення λ прийнято приймати відношення середнього діаметра шматка вихідного матеріалу D до середнього розміру d часток продукту подрібнення.

$$\lambda = D/d \quad (5)$$

При визначенні ступеня подрібнення зерна сільськогосподарських культур їх розміри характеризують величиною еквівалентного діаметра зернівки D_e , тобто діаметр кулі, об'єм якої дорівнює дійсному об'єму зернини.

У таблиці 1, складеній за даними [1], наведені дані по крупності часток і ступеню подрібнення для зерна ячменю з еквівалентним діаметром 4,2 мм при щільності 1300 кг/м³.

Таблиця 1 – Ступінь подрібнення і питома площа поверхні ячмінної дерті

Показник		Модуль помелу:			
		надмілкий	мілкий	середній	крупний
Крупність часток d_{cp} , мм		0,2	1,0	1,8	2,6
Ступінь подрібнення λ		21,0	4,2	2,3	1,6
Питома площа поверхні S_k	м ² /кг	23,0	4,6	2,5	1,8
	м ⁻¹	$30 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$3,3 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^4$

При подрібненні кормів на решітних молоткових дробарках регулятором тонкості помелу служить решето, встановлене в дробильній камері. Абсолютні значення ступеня подрібнення зерна злакових культур за даними [1] в залежності від діаметра отвору решета представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Ступінь подрібнення у решітних зернових дробарках

Діаметр отвору решітки, мм	10	6	3	2
Ступінь подрібнення λ	1,5...1,6	2,0...2,4	5...7	8,4...9,7

Таким чином, можна констатувати, що при подрібненні зернових кормових сумішей слід приймати в якості розрахункових значень ступеня подрібнення в межах 1,5...5 і як граничні значення $\lambda = 10$.

Для об'єктивної оцінки значення питомої роботи подрібнення і коефіцієнта корисної дії процесу скористаємось основним законом подрібнення у наступному вигляді [3]:

$$A_{nd} = C_{np}(A_v + A_s), \quad (6)$$

де C_{np} - коефіцієнт, який характеризує фактори процесу;

A_v - робота, витрачена на деформацію тіла, що руйнується;

A_s - робота, витрачена на створення нових поверхонь.

Коефіцієнт C_{np} залежить від конструктивних особливостей подрібнювача і виражає кореляційний зв'язок між теоретичними і дійсними витратами енергії.

З метою знаходження значення коефіцієнта C з формули (3) запишемо формулу (6) у наступному вигляді:

$$A_{nd} = C_{np}[C_v \lg \lambda^3 + C_s(\lambda - 1)], \quad (7)$$

де C_v - коефіцієнт, що виражає роботу пружних деформацій, віднесена до 1 кг подрібненої маси, Дж/кг;

C_s - коефіцієнт, що представляє роботу, яка витрачається на створення нових поверхонь дробленого матеріалу, Дж/кг

Винесемо за дужки в правій частині рівняння $C_s(\lambda - 1)$

$$A_{nd} = C_{np} C_s \left(\frac{C_v}{C_s} \cdot \frac{\lg \lambda^3}{\lambda - 1} + 1 \right) \cdot (\lambda - 1)$$

і одержимо значення коефіцієнта C з формули (4)

$$C = C_{np} C_S \left(\frac{C_V}{C_S} \cdot \frac{\lg \lambda^3}{\lambda - 1} + 1 \right) \quad (8)$$

У теорії процесу подрібнювання прийнято, що корисною роботою є робота A_S - робота, витрачена на створення нових поверхонь.

Таким чином, коефіцієнт корисної дії процесу подрібнювання можна визначити за виразом:

$$\eta_{nd} = \frac{A_S}{A_{nd}} = \frac{A_S}{A_V + A_V} \quad (9)$$

Після підстановки одержимо:

$$\eta_{nd} = \frac{C_{np} C_S (\lambda - 1)}{C_{np} [C_V \lg \lambda^3 + C_S (\lambda - 1)]}$$

І в результаті з метою виявлення закономірності змінення ККД процесу подрібнювання від ступеня подрібнювання і відношення C_V/C_S одержимо наступну формулу:

$$\eta_{nd} = \frac{1}{\frac{C_V}{C_S} \cdot \frac{\lg \lambda^3}{\lambda - 1} + 1} \quad (10)$$

Для визначення відношення C_V/C_S ми скористались характеристиками фуражного зерна за експериментальними даними С.В. Мельникова (таблиця 3).

Таблиця 3 – Характеристика фуражного зерна

Культура	Еквівалентний діаметр, мм	Коефіцієнти		
		C_V , кДж/кг	C_S , кДж/кг	C_V/C_S
Ячмінь	4,2	8,50	7,50	1,13
Овес (без плівок)	3,7	2,34	1,96	1,19
Жито	3,3	8,40	6,40	1,31
Пшениця	3,8	4,60	8,15	0,56
Горox	6,3	10,70	3,66	2,92

Як видно з таблиці, значення відношення C_V/C_S для зернових культур, що служать сировиною для приготування кормів, суттєво відрізняються і знаходяться у діапазоні від 0,5 до 3,0.

На рис. 1 показані графіки змінення величини $lg \lambda^3 / (\lambda - 1)$ і значень ККД подрібнення культур, представлених в таблиці 3 в залежності від ступеня подрібнювання λ .

Графіки побудовані при умові, що відношення C_V/C_S протягом всього процесу є постійною величиною.

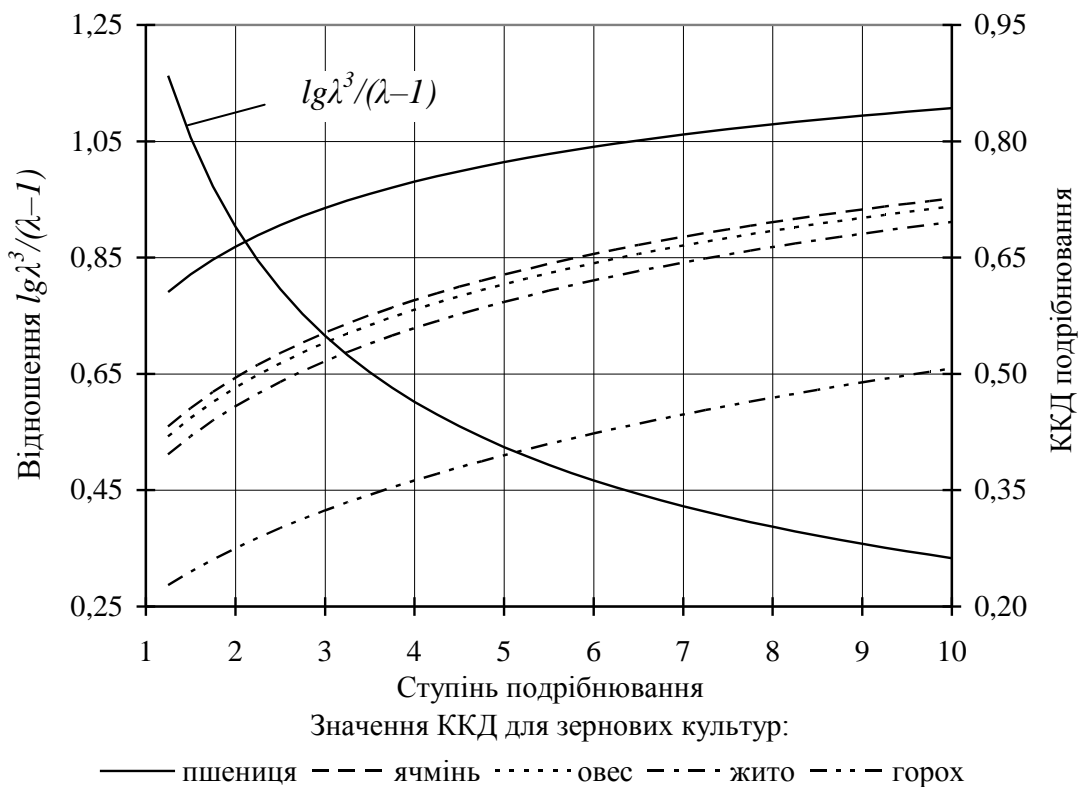


Рис.1. Графіки змінення ККД і $lg \lambda^3 / (\lambda - 1)$ у залежності від ступеня подрібнювання.

Зі збільшенням ступеня подрібнювання λ величина $lg \lambda^3 / (\lambda - 1)$ зменшується і, як випливає з залежності (10), при умові $C_V/C_S = const$ значення η_{nd} збільшується.

На рис. 2 зображені графіки залежності коефіцієнта корисної дії процесу подрібнення від величини відношення коефіцієнтів C_V/C_S при різних значеннях ступеня подрібнювання λ .

Закономірність збільшення коефіцієнта корисної дії по мірі збільшення ступеня подрібнювання погоджується з теорією руйнування крихких матеріалів.

У процесі утворення кожної нової поверхні збільшуються існуючі і виникають нові концентратори напружень (тріщини та інші вади і дефекти) не тільки в тому перетині на який безпосередньо діє робочий орган подрібнювача, а й в ближніх до нього перетинах. Чим кожна послідуєча тріщина буде ближчою до тріщин, що виникли раніш, тим вплив концентраторів буде суттєвішим.

Цим явищем можна пояснити зниження питомих витрат і збільшення ККД зі збільшенням ступеня подрібнювання. Однак, ця закономірність зберігається тільки до деякого мінімального розміру частки, за яким подальше зменшення супроводжується ущільненням шару матеріалу і тим самим збільшенням питомих витрат енергії.

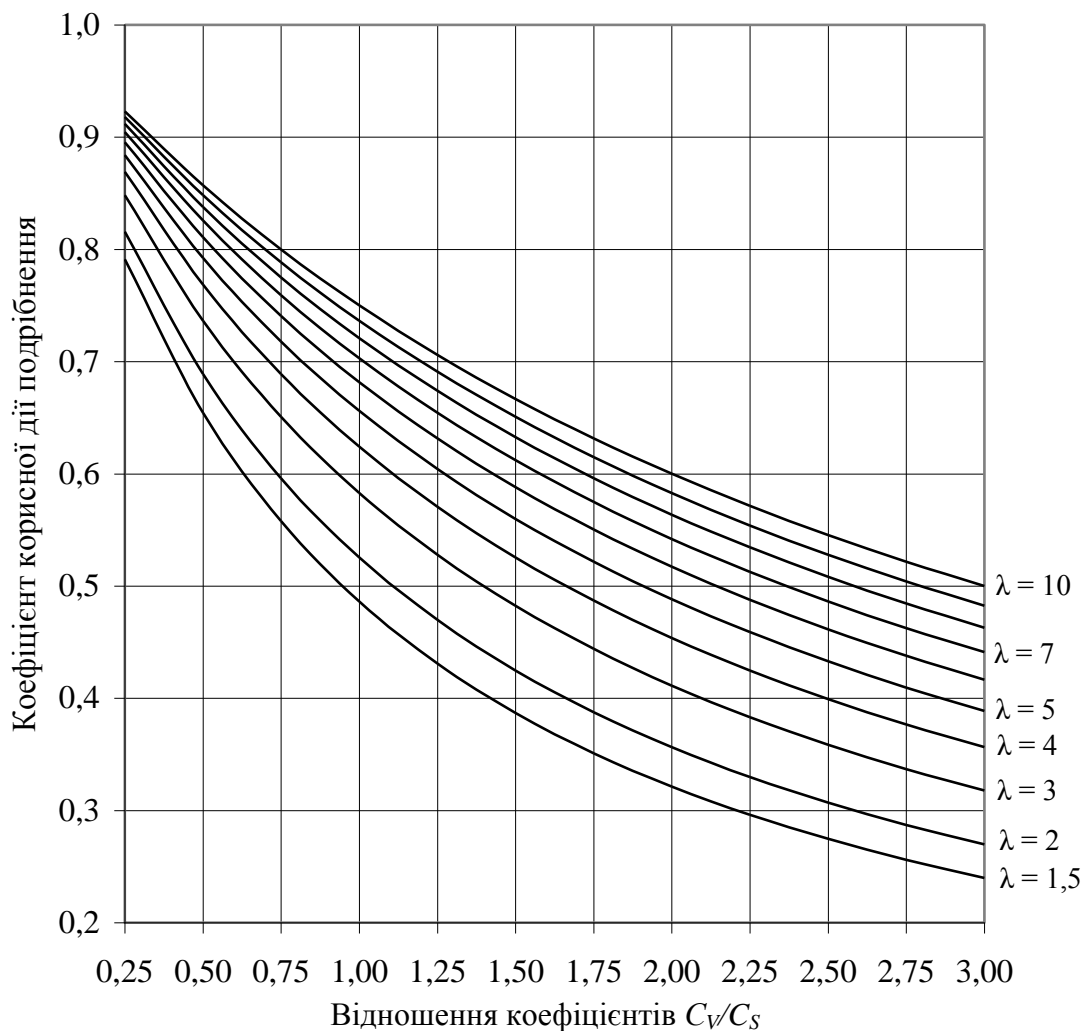


Рис.2. Графіки залежності ККД подрібнення від величини відношення коефіцієнтів C_v/C_s .

Визначення інших складових, що входять до формули (2), великих труднощів не представляють.

Потужність, що витрачається на циркуляцію робочої зернової маси в подрібнюючій камері дробарки (вентиляційні втрати) можна визначити за відомою формулою:

$$P_{\text{вв}} = k_{\text{в}} (1 + K_{\text{ц}} \mu_{\text{ц}}) v_{\text{м}}^3 \quad (11)$$

де $k_{\text{в}}$ - дослідний коефіцієнт, що враховує конструкцію барабана;

$K_{\text{ц}}$ - кратність циркуляції матеріалу;

$\mu_{\text{ц}}$ - коефіцієнт концентрації (кг/кг) матеріалу;

$v_{\text{м}}$ - колова швидкість крайніх точок ротора подрібнювача.

Потужність, що витрачається на транспортування маси в порожнині самого апарата і одночасне перетирання її, визначається як частка потужності подрібнювання:

$$P_{\text{та}} = f_{\text{сл}} P_{\text{нд}} \quad (12)$$

де $f_{\text{сл}}$ - коефіцієнт, подібний коефіцієнту підбою В.П. Горячкіна

Потужність на подолання опору в передачах привода визначають виходячи зі значення загального коефіцієнта корисної дії привода $\eta_{\text{пр}}$, який, у свою чергу, визначають, перемножуючи значення ККД кожної з передач, що входить у привод.

$$P_{\text{пр}} = (P_{\text{нд}} + P_{\text{вв}} + P_{\text{та}}) (1 - \mu_{\text{пр}}) \quad (13)$$

Витрати потужності на холостий хід передбачають роботу барабана дробарки при знятих молотках і приймаються у розмірі 15...20% від потужності потрібної на подрібнення.

У цілому ж, за висновками багатьох дослідників, основне головне місце в балансі потужності займає потужність подрібнення, а сума всіх інших складових балансу не перевищує 15...20%, тобто:

$$P = (1,15...1,2) P_{\text{нд}} \quad (14)$$

Таким чином, для точного прогнозування енерговитрат при подрібнюванні зернового матеріалу потрібно з максимальною точністю прогнозувати значення ККД процесу подрібнювання і, тим самим, величину потужності потрібної для реалізації цього процесу.

Висновки. Проведені теоретичні дослідження дають змогу реалізувати прогнозування коефіцієнта корисної дії та потужності подрібнювання сировини на зерновій дробарці.

Література:

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников. - Л.: Колос, 1978.-560 с.
2. Ялпачик Ф.Е. Кормодробилки. Конструкции. Расчет. / Ф.Е. Ялпачик и др., Запорожье. Коммунар. 1992. – 289 с.

БАЛАНС МОЩНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ЗЕРНОВОЙ ДРОБИЛКИ

Ялпачик Е.В., Буденко С.Ф.

Аннотация - работа содержит результаты теоретических исследований по установлению баланса мощности и прогнозированию коэффициента полезного действия измельчителя концентрированных кормов в зависимости от степени измельчения зерновой массы.

BALANCE OF POWER AND ENERGY EFFICIENCY GRAIN CRUSHER

E.Yalpachyk, S.Budenko

Summary

This paper contains the results of theoretical research on establishing the balance of power and predicting the efficiency of the shredder concentrated feed, depending on the degree of grinding grain mass.

УДК.664.64.014.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН

Хассай Д.В., к.т.н.,

Янаков В.П., к.т.н.,

Голованов М.В., ст.викладач.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел/факс (06192) 421-306

Анотація — стаття присвячена розгляду вдосконалення тістомісильних машин. Інтенсифікація процесу замісу тіста визначає час, якість і різноманітність процесів перемішування тіста. Багатогранність енергетичного впливу тістомісильних машин характеризує методи досягнення оптимальних технологічних показників тіста. Вирішення питання вдосконалення процесу перемішування тіста базується на детальному аналізі технології, обладнання та теорії.

Ключові слова — тістомісильна машина, теорія, експеримент, технологія, тісто, якість.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою даної статті являється визначення спрямувань покращення процесу перемішування тіста. Аналіз факторів — технічних, технологічних та економічних, що розглядаються, спричиняє здатність переоцінити чинні технології замісу тіста. Визначення засобів взаємовідношень енергетичного впливу, якісних показників тіста в ході його замісу і отриманих під час бродіння та виготовлення хліба, дає змогу визначити шляхи вдосконалення тістомісильних машин.

Постановка проблеми. Виробництво хлібопекарної продукції залежить від енергетичної ефективності та технологічної надійності роботи тістомісильних машин. Однією з найбільш енергозатратних операцій технології виробництва хлібопекарної продукції являється заміс тіста. Тістоприготування ґрунтується на виборі варіантів енергетичного впливу тістомісильних машин в ході замісу тіста та отриманих якісних показників тіста, що призводить шаблону зміни тістомісильних машин. Цей науковий підхід розглядає відношення технології виробництва, конструктивного здійснення тістомісильних машин і теорії тістоприготування.

Аналіз останніх досягнень. Новітні дослідження тістомісильного обладнання та теорій тістоприготування спрямовані на підвищення їх ефективності роботи і технологічної надійності. Простежимо їх виконання.

У своїх дослідженнях Л.Д. Титаренко проводила товарознавчу оцінку складових рецептури тіста і їх фізичних властивостей. Одержані результати показали коливання показників компонентів рецептури тіста в межах 3–13 %. При цьому в дослідженнях не показаний взаємозв'язок хімічних, структурно-механічних властивостей, а також механічного впливу з якістю кінцевої продукції.

Е.Ю. Райкова і Ю.В. Додонкін у своїх дослідженнях вивчали принципи управління асортиментом і якістю тіста, а також хлібопекарної продукції. Дані результати досліджень демонструють змогу варіювати широчиною асортименту тіста і хлібопекарної продукції в межах 5–7 % від початкових показників. З іншої сторони, дослідження не відбивають змогу корегування технологічних показників тіста і хлібопекарної продукції за допомогою енергетичного впливу.

З.П. Матюхіна, Є.П. Королькова і С.П. Ащеулова визначали в особистих дослідженнях технологічні властивості ланцюга — зерно—тісто—хліб. Отримані дані про трансформації складових рецептури тіста і хлібопекарної продукції. Визначена енергетична цінність та процентний склад компонентів, а також відповідність вимогам ДСТУ. В дослідженнях не порушено питання взаємозв'язку і аналізу якісних і енергетичних показників тіста і хлібопекарної продукції.

М.А. Талейсник, Л.М. Аксенова і Т.С. Бернштейн обумовлювали в своїх дослідженнях змогу впливу на процес тістоутворення технологічних факторів: вологості, температури, часу і якості компонентів тіста. Отримані результати по класифікації тіста та хлібопекарної продукції, по їх фізичних і мікробіологічних показниках. Не розглянуті питання динаміки зміни технологічних факторів у процесі замісу тіста.

Л.В. Мармузова визначала способи приготування тіста у взаємозв'язку з циклами технології утворення тіста. Отримані дані дають змогу визначити тимчасові показники досягнення необхідних технологічних показників тіста. До недоліків досліджень доцільно віднести стабілізацію механічної дії тістомісильних машин. Отже, питання отримання необхідних технологічних показників тіста вирішувалися за допомогою вузького спектру факторів.

У дослідженнях Т.Б. Циганової розглядався увесь технологічний цикл виробництва хлібопекарної продукції. В аналізі приготування тіста апаратурних схем і технологічного забезпечення замісу тіста отримані дані про точність дозування інгредієнтів, у схемах і даних розрахунків виробничих рецептур тіста. До недоліків досліджень розумно зачислити єдність в технологічному оформленні замісу тіста.

Сформульовані напрямки сучасних досліджень технології процесів перемішування тіста і хлібопекарних виробів. Змога керування процесом замісу тіста визначається:

1. показниками компонентів рецептури;
2. широчиною асортименту тіста;
3. складовими рецептури тіста;
4. застосуванням апаратурними схемами і технологічним забезпеченням;
5. контролем досягнень необхідних технологічних показників.

Основна частина. Аналіз технології виготовлення тіста і хлібопекарної продукції дає змогу визначити, що операція замісу тіста формує якість тіста, а вона є в свою чергу визначальною ланкою, що започатковує відмінні показники кінцевої продукції. Введення новітніх технологій замісу тіста залежить від достатнього і необхідного впливу на тісто енергопередаючого обладнання (місильного органа, перегородок, віброприводів, та інших) тістомісильної машини та передачі ними енергії тісту.

Економічний ефект впровадження результатів роботи тістомісильної машини в технологічну практику хлібопекарних підприємств підтверджується такими факторами:

1. скороченням енерговитрат та затрат сировини при замісі тіста на одиницю продукції за рахунок використання доцільних режимів проведення технологічних процесів перемішування;
2. зниженням витрат коштовних видів сировини за рахунок заміни їх вітчизняними, загальнодоступними;
3. зростанням обсягів реалізації тіста за рахунок підвищення якості хлібопекарної продукції і можливості зниження їх відпускних цін завдяки скороченню собівартості їх виготовлення;
4. зменшенням тривалості обробки тіста за рахунок підвищення ефективності сучасних методів процесів перемішування;
5. зниженням матеріалоемності тістомісильної машини, застосованої для здійснення сучасних технологічних процесів, а також скороченням витрат сировини і матеріалів.

Визначений масштаб економічного ефекту від якості проведення процесів перемішування тістомісильної машини представлений на рис. 1.

Розглядаючи структуру факторів впливу роботи тістомісильної машини (рис. 1) і економічний ефект впровадження результатів роботи тістомісильної машини в технологічну практику хлібопекарних підприємств, можна дійти до висновку — є змога точно визначити значимість якісних показників тіста у майбутньому хлібопекарної продукції. Варіювання значимістю 5 факторів на рівні проведення замісу тіста, здійснення і регулювання процесів замісу тіста дають змогу визначити якість тіста і хлібопекарної продукції.

Економічний ефект від ефективності процесів перемішування тіста тістомісильною машиною залежить від асортименту і технології виробництва хлібопекарної продукції. У великій мірі, вона

визначається ціновою політикою хлібопекарного підприємства та суцільного економічного становища в країні. На даний момент економічність хлібопекарного виробництва визначається, головним чином, економією часу, борошна та рецептурних добавок.

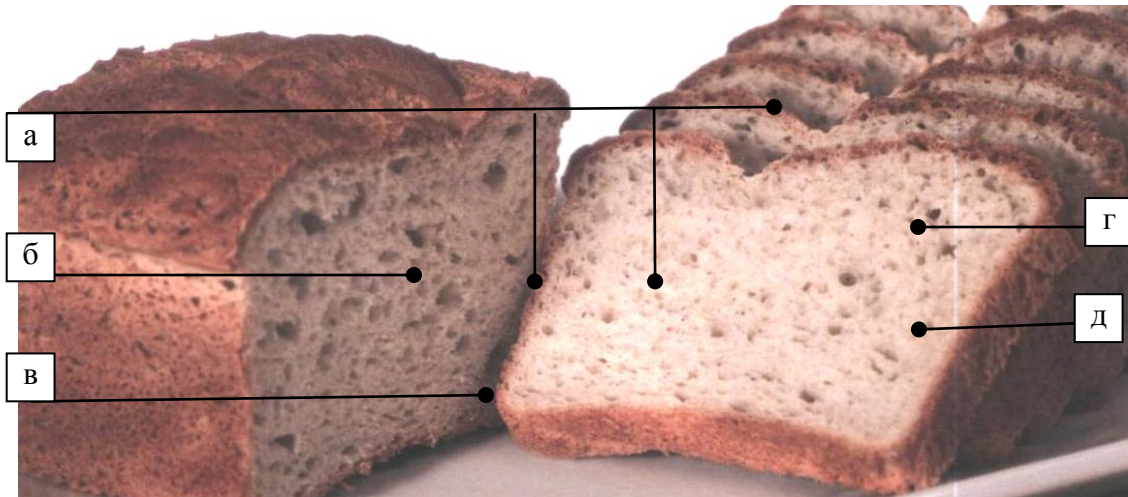


Рис.1. Розподіл факторів впливу роботи тістомісильної машини на якість хлібопекарної продукції:

а – рівномірність структури м'якушки; б – рівномірність будови скоринки; в – щільність розподілення включення в м'якушку; г – смакові показники; д – індивідуальні технологічні показники хліба.

Вона формується поєднанням таких підходів:

1. обладнання;
2. процес;
3. технологія;
4. товарознавство.

Досить повну уяву про економічний ефект від використання нових підходів в процесах перемішування тіста тістомісильною машиною, представлено

$$K_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n q_i K_i \quad (1)$$

$$K_i = \sum_{j=1}^{n^{(i)}} k_j^{(i)} x_{ij} \quad (2)$$

$$K_1 = \sum_{j=1}^{n^{(1)}} k_j^{(1)} x_{1j} \quad (3)$$

$$x_{1j} = \sum_{s=1}^{n_j} k_{js}^{(1)} x_{1js} \quad (4)$$

де, K_{Σ} – ефективність застосування обладнання (тістомісильної машини);

K_i – ефективність застосування технології тіста й хлібопекарної продукції;

K_1 – ефективність застосування експертної оцінки (K_Σ и K_i);

x_{1j} – час виробництва тіста;

q_i – коефіцієнт, що характеризує передачу кінетичної енергії через енергопередаючі механізми тістомісильної машини;

$k_j^{(i)}$ – коефіцієнт, що характеризує передачу потенціальної енергії тісту, яка демонструє якісні зміни в хлібопекарній продукції;

$k_{js}^{(i)}$ – потенціальна енергія, яка демонструє якісні зміни в хлібопекарній продукції;

x_{1js} – коефіцієнт, що характеризує якість перетворення в хлібопекарній продукції;

n_i – кількість факторів при замісі тіста, котрі можливо змінювати для корегування технологічного процесу замісу тіста;

$n^{(1)}$ – відповідність якісних показників сировини технології;

s – результативність технічних можливостей тістомісильної машини.

Аналізуючи формули (1–4) економічного ефекту від використання нових підходів у процесах перемішування тіста тістомісильною машиною, можна дійти до висновку — процеси перемішування повинні забезпечувати оптимальний вибір виробничої функції тістомісильної машини, які б дозволяли досягнути найбільшого випуску тіста при коштах, які має хлібопекарне виробництво. Подібний підхід санкціонує оцінку економічної ефективності якості тіста з точки зору політики мінімізації затрат і систематизувати цей підхід, як прибуткову ефективність хлібопекарного виробництва.

У порядок розгляду прибуткової ефективності хлібопекарного виробництва входять показники:

1. зниження собівартості тіста, що дозволяє забезпечити доступність хлібопекарної продукції за ціною;

2. збільшення обсягів виробництва та продажу хлібопекарної продукції (тіста, хліба, батонів, булочок);

3. економії обігових витрат, яка досягається за рахунок прискорення обертання сировини й матеріалів хлібопекарного виробництва, також резерви зниження витрат на виробництво тіста і хлібопекарної продукції.

Цей підхід дозволяє проводити контроль і корегування економічної та технічної ефективності виробництва тіста та хлібопекарної продукції, для реалізації мети розширення збуту тіста й хлібопекарної продукції.

Особливістю оцінки комплексного показника ефективності виробництва тіста є — відокремлювання впливу економічних (F_1 - F_3),

технічних (K_1-K_4) і технологічних (C_1-C_7) факторів при здійсненні процесів перемішування тіста; аналіз впливу на результати економічної діяльності хлібопекарного підприємства. Даний підхід відображений на (рис. 2) комплексний показник виробництва тіста.

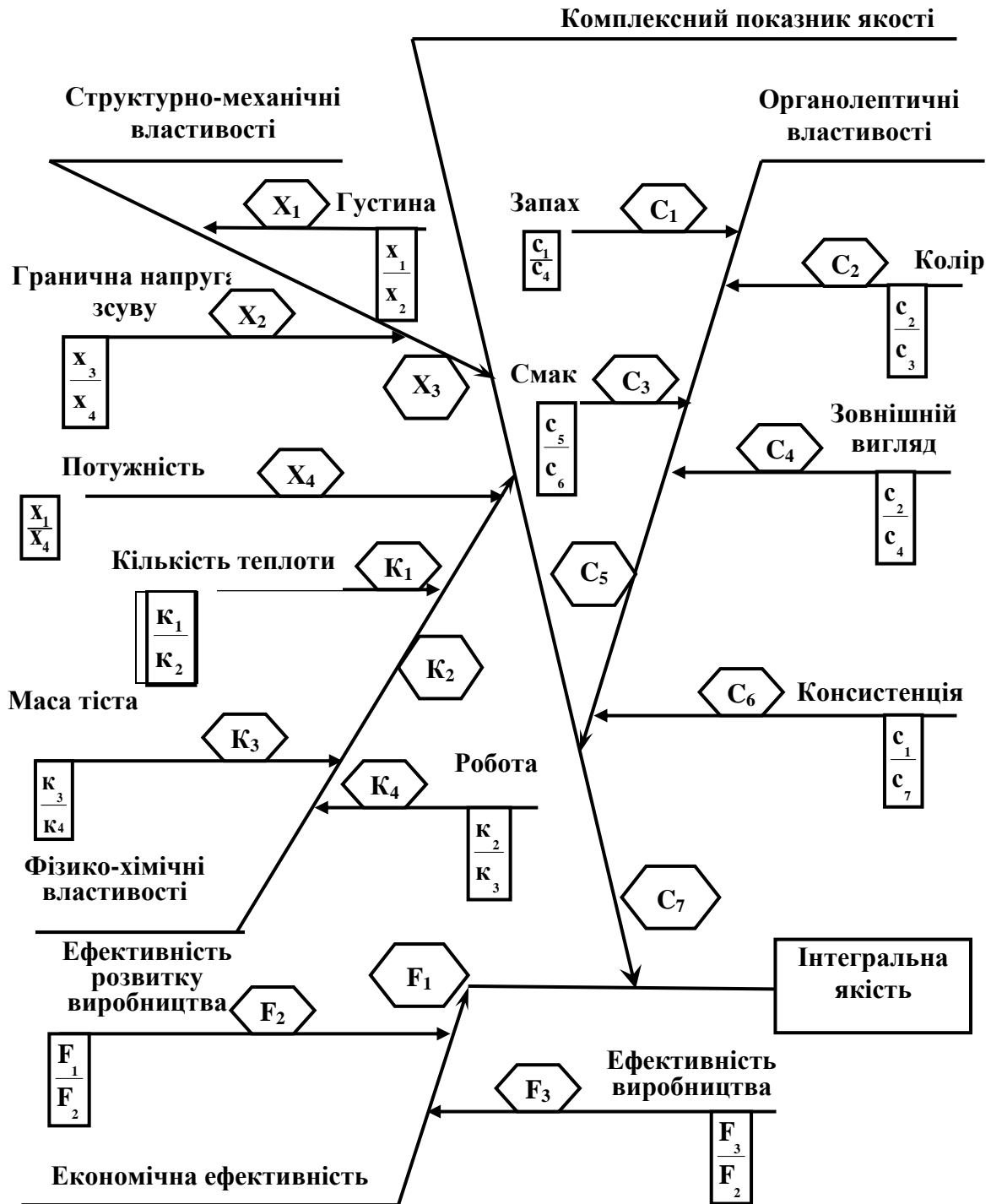


Рис.2. Комплексний показник виробництва тіста.

Комплексний показник підприємства і ефективність виробництва тіста дозволяє розрахувати ощадливість за рахунок оптимізації технологічного процесу, що виявляється у зниженні собівартості, та сформулювати переваги у маневруванні ціною та асортиментною діяльністю хлібопекарного підприємства.

Підаючи аналізу рис. 2, можна дійти до висновку — є змога точно визначити значення енергетичного впливу тістомісильної машини. Показник ефективності енергетичного впливу тістомісильної машини дозволяє оцінити можливості функціонування процесу перемішування тіста, а також поділити їх на варіанти:

1. розвитку — розширення, модернізація;
2. функціонування — закріплення конкурентних переваг;
3. за рахунок додатково вивільненої сировини і матеріалів завдяки ефективному моделюванню процесу перемішування.

Розглядаючи економічну, технічну і технологічну ефективність якості тіста і хлібопекарної продукції з точки зору підвищення здійснення виробництва хлібопекарної продукції, тобто досягнення оптимальних пропорцій у комплексному управлінні факторами впливу роботи тістомісильної машини на якість хлібопекарної продукції, досягнення достатнього рівня рентабельності хлібопекарного виробництва.

Висновки. Отримані показники досліджень по вдосконаленню технології замісу тіста та побудови тістомісильних машин, що дозволяють дійти до висновків:

Сформульовані сучасні напрямки досліджень виробництва тіста: показники компонентів рецептури; широчина асортименту; складові рецептури; апаратурні схеми, технологічне забезпечення; контроль технологічних показників.

Визначені положення взаємозв'язку принципів результативності технологічного процесу замісу тіста, вони формуються технологічним ланцюжком: обладнання → процес → технологія → товарознавство.

Поєднання передових технологій і теорії впливу тістомісильних машин зумовлюють спроможність сформулювати напрями вдосконалення тістомісильних машин, технології виготовлення тіста та хлібопекарних виробів.

Література:

1. *Титаренко Л.Д.* Теоретичні основи товарознавства / Л.Д. Титаренко. – Центр навчальної літератури. 2003. – 227 с.
2. *Райкова Е.Ю.* Теория товароведения / Е.Ю. Райкова, Ю.В. Додонкин. М.: Издательский центр "Академия". 2010. – 240 с.
3. *Матюхина З.П.* Пищевые продукты (товароведение) / З.П. Матюхина, Э.П. Королькова, С.П. Ащеулова. – М.: Экономика, 1982. – 232 с.

4. *Талейсник М.А.* Технология мучных кондитерских изделий / М.А. Талейсник, Л.М. Аксенова, Т.С. Бернштейн – М.: Агропромиздат. 1986. – 224 с.

5. *Мармузова Л.В.* Технология хлебопекарского производства. Сырьё и материалы / Л.В. Мармузова. – М.: Издательский центр "Академия". 2008. – 208 с.

6. *Цыганова Т.Б.* Технология хлебопекарного производства / Т.Б. Цыганова. – М.: ПрофОбрИздат. 2001. – 432 с.

7. *Полевич В.В.* Моделювання технологічних процесів і розробка прогресивного обладнання для переробки харчової сировини: автореф. дис. на здобуття наук. д-ра техн. наук: 05.18.12. "Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв" / В.В. Полевич. - Х., - 2002. - 34 с.

8. «Семь инструментов качества» в японской экономике. - М.: Издательство стандартов, 1990. – 88с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕСТОМЕСИЛЬНЫХ МАШИН

Хассай Д.В., Янаков В.П., Голованів М.В.

Аннотация — статья посвящена анализу совершенствования тестомесильных машин. Интенсификация процесса замеса, улучшение качества, разнообразие технологий теста определяет разнообразие энергетического воздействия тестомесильных машин. Решение вопроса усовершенствования процесса перемешивания теста основано на детальном анализе технологии, оборудования и теории.

DEFYING TECHNOLOGICAL EFFICIENCY IN MODERN DOUGH MIXING EQUIPMENT.

D.Hassay, V. Yanakov, M. Holovaniv

Summary

The article analyses modern dough mixing equipment and its improvement. The article highlights ways to improve dough mixing process and its quality. Diversification of dough types and ways to diversify energy influence bring new opportunities. To improve dough mixing process is based on detailed analysis of technology, equipment and theoretical suggestions.

УДК 631.355.06

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗМІРНО-МАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОСЛИН КУКУРУДЗИ

Завірюха М.В., інженер

Миколаївський національний аграрний університет

тел. +38 (067) 89 87 832

Анотація - у роботі проведено дослідження розмірно-масових характеристик сортів кукурудзи, які районовані на території Степової зони України.

Ключові слова – збирання кукурудзи, маса, качан, площа перерізу стебла.

Постановка проблеми. Кукурудза – універсальна культура практично необмеженого використання. Останніми роками склалась тенденція до використання закордонної кукурудзозбиральної техніки, яка не може бути рекомендована як універсальна для вирощуваних сортів і будь-якого регіону кукурудзяного поясу. Для розвитку національного сільськогосподарського машинобудування необхідно розробляти конструкції, які будуть адаптовані до умов роботи відповідного регіону і при цьому мати гідний показник ціна-якість. Для цього кінематично-конструктивні показники техніки, яка проектується, повинні виходити з розмірно-масових та фізико-механічних властивостей стебла, качанів та зерен кукурудзи. Тому вивчення даних питань на території півдня України є особливо актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботи з удосконалення робочих органів кукурудзозбиральної техніки проведені різними науково-дослідними інститутами СРСР і конструкторськими бюро закордонних фірм. Глибокі теоретичні розробки в цій області проведені такими відомими вченими як П.П. Карпуша, Л.І. Анісімов, К.В. Шатілов, М.В. Тудела, А.І. Буянов, В.Т. Бондарєв, М.Є. Резник та іншими [1, 2, 5, 6]. Ці роботи, в основному, присвячені теоретичному обґрунтуванню протягування стебел і відокремлення качанів на пікерних вальцях, розрахунку пропускної здатності і продуктивності збиральних машин і не висвітлюють питання вдосконалення технологічного процесу роботи та конструктивної схеми кукурудзозбиральної техніки, які на сучасному етапі розвитку стали актуальними.

Формування мети статті. У роботі проведено дослідження розмірно-масових та фізико-механічних характеристик сортів кукурудзи, які районовані на території Степової зони України.

Виклад основного матеріалу досліджень. Висота стебла кукурудзи, висота розташування першого та останнього качанів є важливими параметрами, які необхідно враховувати при проектуванні кукурудзозбиральної техніки. Висота стебла значною мірою впливає на пропускну здатність та частоту обертання протягувальних вальців, так як визначає кількість стебел, які одночасно знаходяться у зоні протягувального вальця. Цей показник значною мірою впливає на якість роботи кукурудзозбиральних машин, так як може призводити до забивання робочої зони протягувального вальця. Мінімальна та максимальна висота кріплення качанів необхідні для обґрунтування величини зазору між стріперними пластинами під час роботи кукурудзозбиральної техніки.

Експериментальні дослідження проводились на протязі 2009-2012 років на полях сільськогосподарських підприємств Миколаївської області та на базі проблемної лабораторії Миколаївського ДАУ по вдосконаленню основних робочих органів збиральних машин. Досліджувались чотири гібриди різного часу дозрівання Української селекції, які районовані для Степової зони країни і занесені до каталогу сортів та гібридів сільськогосподарських культур Інститутом сільського господарства степової зони НААН України: "Почаївський 190 МВ", "Бестселер 287 СВ", "Гіаліт 391 МВ", "Соколов 407 МВ". Культури вирощувались на зрошувальних ділянках землі площею 1 гектар з дотриманням агротехніки за індустріальною технологією [3, 4].

Вищезгадані показники визначались за допомогою рейки та рулетки з ціною поділки 0,002 м. Узагальнені статистичні показники проведених вимірювань зведені до таблиці 1.

Таблиця 1 - Розмірні характеристики рослин кукурудзи різної групи стиглості

Розмірні характеристики рослин кукурудзи		Гібрид			
		"Почаївський 190 МВ"	"Бестселер 287 СВ"	"Гіаліт 391 МВ"	"Соколов 407 МВ"
Висота стебла, мм	min	1730	2250	2240	2340
	max	2370	2790	2620	2680
	сер.	1990	2343	2424	2504
Висота кріплення першого качана, мм	min	630	910	840	830
	max	880	1150	1130	1110
	сер.	746	1022	988	955
Висота стебла, мм	min	710	1160	1180	1220
	max	870	1420	1380	1410
	сер.	776	1262	1410	1309

Як видно з таблиці 1, параметри, що досліджуються, мають досить широкий діапазон варіювань, особливо це стосується висоти стебла кукурудзи. В окремих випадках, діапазон варіювання між мінімальним та максимальним значенням відносно середнього досягав 33%. Останній показник є більш високим для ранньостиглих гібридів (33%) і відповідно зменшується для пізніх (14%). Висота кріплення першого та останнього качана залежить від кількості качанів, які знаходяться на стеблі, а також висоти самого стебла. У дослідних зразках дані показники варіювались у досить незначних межах, які не можуть у значній мірі вплинути на якісні показники роботи кукурудзозбиральної техніки.

Після статистичного обробітку експерименту були отримані узагальнюючі математичні моделі залежності розташування першого (ПК) та останнього (ОК) качанів від висоти стебла кукурудзи (ВС) для ранньостиглих та пізніх гібридів, що зображені на рис. 1.

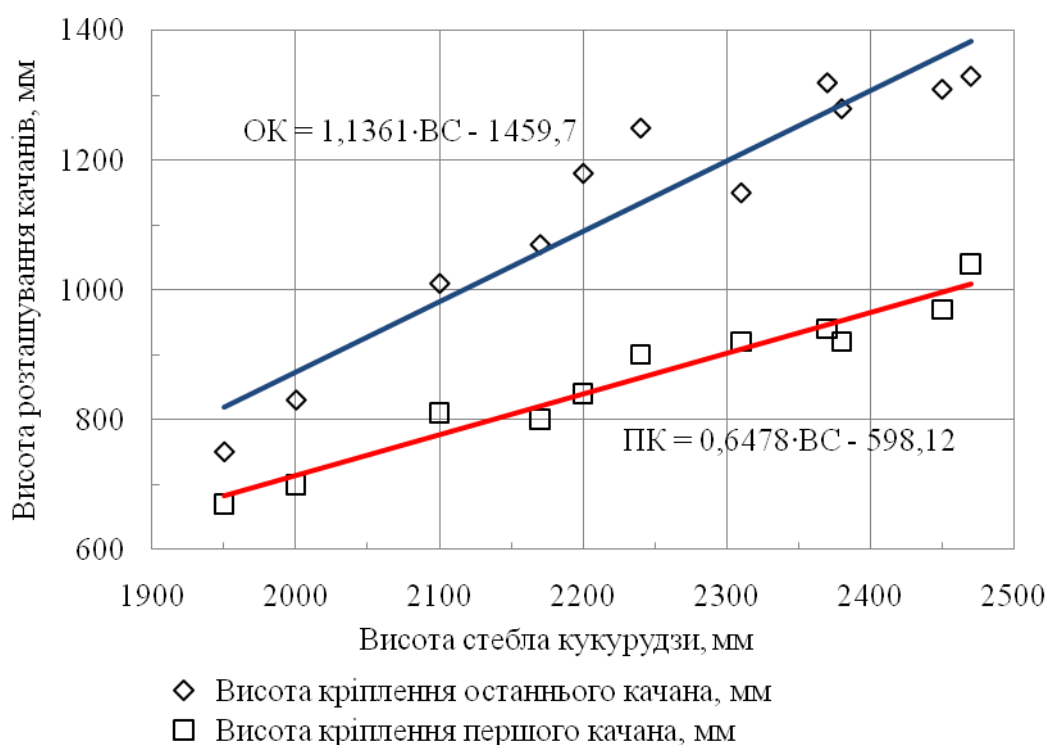


Рис. 1. Апроксимація даних залежності висоти розташування першого та останнього качанів від висоти стебла кукурудзи

Досліджуючи розмірно-масові характеристики стебел кукурудзи не можна не відмітити такий показник, як зміна діаметра стебла по висоті, що проводилась для 100 зразків. Окремо до цієї величини можливо визначити діаметри стебел без листової маси та качанів, а також сумарний діаметр. Узагальнюючою величиною даних

показників приймаємо площу поперечного перерізу (рис. 2). Нехтуючи тим фактором, що переріз стебла кукурудзи не являється абсолютно круглим, тобто нижче міжвузля має «виїмки» і овальну форму, можливо знайти його діаметри за допомогою штангенциркуля ШЦ-1 з ціною поділки 0,1 мм.

Визначення даних показників є важливим для роботи різально-подрібнювального пристрою, так як вхідна частина інтегрованого подрібнювального апарату (ножі) зазнає значно більших навантажень, ніж та частина, що перерізає частину стебла, яка розташована над останнім качаном. Діаметри комлевої частини стебла у 9,3 разів більші, ніж діаметр стебла біля волоті, тому дані показники навантажень необхідно враховувати при проектуванні кукурудзозбиральної техніки.

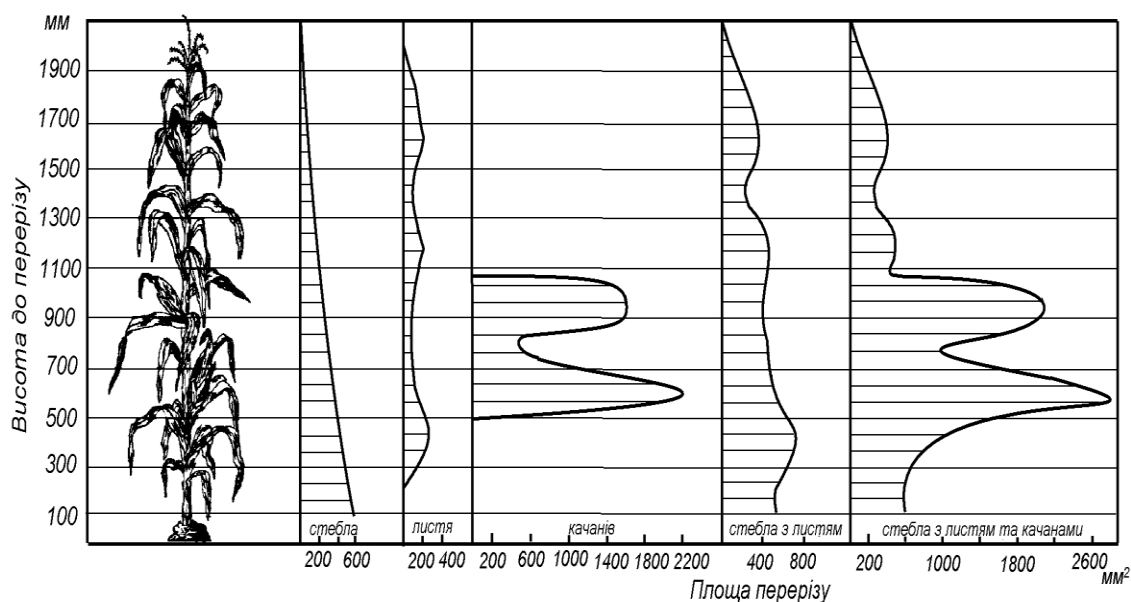


Рис. 2. Діаграми зміни площі перерізу стебел, листя та качанів кукурудзи, а також об'єднані діаграми стебла з листям і стебла з листям та качанами для гібриду "Почаївський 190 МВ".

Для визначення показника пропускної здатності качановідокремлювального апарату необхідно визначити масу листостеблової частини врожаю, яка підлягає переробці. Визначення маси листостеблової частини врожаю та качанів проводилось на електронних вагах (рис. 3). Для цього вибирались стебла кукурудзи різного строку збирання – нормативних (маса вологого стебла) і пізніх (сухе стебло). Значення даних параметрів наведені в табл. 2.



Рис. 3. Визначення маси стебел та качанів кукурудзи.

Процес збирання качанів відбувається з руйнуванням зв'язку качан-плодоніжка в процесі протягування стебла в просторі стріперних пластин, тому для теоретичного обґрунтування зусилля руйнування плодоніжки необхідно знати її граничні розмірні показники, тобто її діаметр та довжину. Узагальнені статистичні показники експериментальних даних зведені в табл. 3.

Таблиця 2 - Масові характеристики рослин кукурудзи

Масові характеристики рослин кукурудзи		Гібрид			
		"Почаївський 190 МВ"	"Бестселер 287 СВ"	"Гіаліт 391 МВ"	"Соколов 407 МВ"
Маса вологого стебла, г	min	193	212	199	223
	max	277	328	286	314
	сер.	227	261	241	267
Маса сухого стебла, г	min	92	102	94	99
	max	146	172	159	168
	сер.	117	139	127	130
Маса качана, г	min	235	241	229	221
	max	292	353	315	337
	сер.	259	285	268	275

Аналізуючи результати, які приведені в табл. 2 можна зробити висновок, що масові характеристики частин рослини кукурудзи мають незначний діапазон варіювання, окрім маси качанів. Маса стебел необхідна для визначення пропускну здатності кукурудзозбиральної машини. Маса качанів необхідна для визначення інерційних сил і ударних навантажень у процесі відокремлення качанів на стріперних пластинах.

Таблиця 3 - Розмірні характеристики плодоніжки кукурудзи

Гібрид	Довжина плодоніжки, мм			Діаметр плодоніжки, мм		
	min	max	сер.	min	max	сер.
"Почаївський 190 МВ"	98	183	133	8	18	13
"Бестселер 287 СВ"	112	228	161	7	16	11
"Гіаліт 391 МВ"	89	186	134	7	15	11
"Соколов 407 МВ"	103	214	157	9	19	13

Важливими параметрами, які підлягають вивченню, є розмірні характеристики качана кукурудзи, а саме, середній діаметр качана та діаметр у зоні відокремлення, а також його довжина. Ці показники необхідні для обґрунтування зазору між стріперними пластинами, а також для визначення розмірів транспортуючих пристроїв. Вивчення розмірних характеристик качанів проводилось у період масового збирання кукурудзи. Качани мали вологість не більше 25%, що рекомендовано для механічного збирання кукурудзи. На рис. 4 приведений повздовжній розріз качана та діаметри, які підлягають визначенню. Узагальнені статистичні показники експериментальних даних зведені в табл. 4.

Таблиця 4 - Розмірні характеристики качанів кукурудзи

Розмірні характеристики качана кукурудзи		Гібрид			
		"Почаївський 190 МВ"	"Бестселер 287 СВ"	"Гіаліт 391 МВ"	"Соколов 407 МВ"
Довжина качана, мм	min	198	210	204	213
	max	287	292	289	283
	сер.	234	245	245	247
Максимальний діаметр качана, мм	min	65	62	59	62
	max	72	73	69	71
	сер.	68	67	64	66
Діаметр качана в зоні відокремлення, мм	min	42	44	40	41
	max	57	59	56	58
	сер.	48	47	47	49

При аналізі отриманих результатів можна прийти до висновку, що основний із параметрів, необхідний для визначення величини зазору між стріперними пластинами в процесі відокремлення – діаметр качана в зоні відокремлення. Степова зона України відзначається низькою кількістю опадів і високою температурою повітря у процесі вегетації, що призводить до підвищеної кількості недорозвинених качанів, збирання яких також бажано проводити. Але

в результаті збільшення зазора між стріперними пластинами більшість недорозвинених качанів опиняється у зоні протягування, що зменшує показник загальної врожайності.

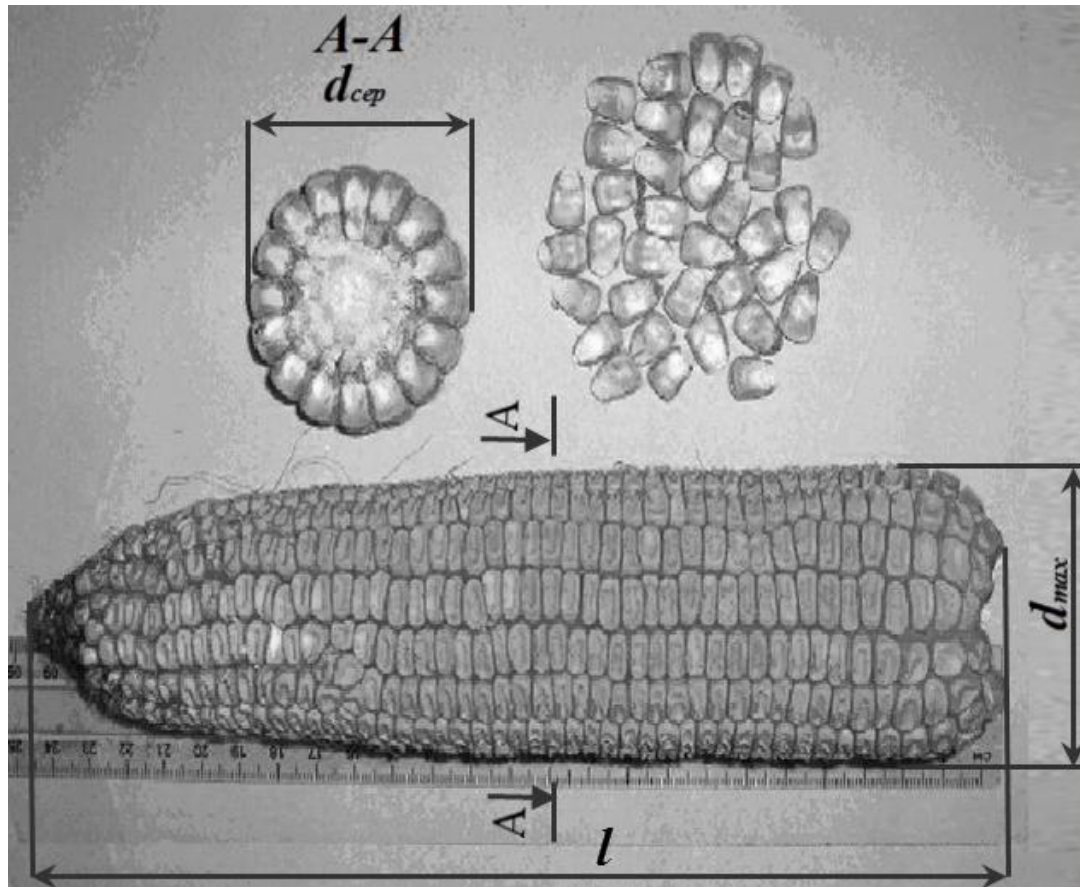


Рис. 4. Вид та переріз качана, а також його розмірні характеристики.

Висновки. Отримані дані дають змогу проаналізувати геометричні та масові характеристики рослин кукурудзи, що районовані в Степовій зоні України, а також проводити проектування робочих органів кукурудзозбиральних машин (КЗМ) виходячи з отриманих показників. Потребують подальшого розгляду питання, пов'язані з фізико-механічними властивостями рослин кукурудзи, які необхідні для визначення кінематичних та геометричних параметрів робочих органів КЗМ.

Література:

1. Бурмистрова М.Ф. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений / М.Ф. Бурмистрова, Т.К. Комолькова, Н.В. Клемм. — М.: Сельхозгиз, 1956. — 343 с.

2. *Евтушенко Ю.В.* Изучение физико-механических свойств растений кукурузы селекции КНИИСХ /*Ю.В. Евтушенко* // Механизация работ в селекции и семеноводстве: сб. науч. тр. / КНИИСХ. — Краснодар, 1987. — С 65—77.

3. *Маслов Г.Г.* Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента / *Г.Г. Маслов, О.Н. Дидманидзе, В.В. Цыбулевский.* - М.: УМЦ «Триада», 2007. - 292 с.

4. *Третьяк Л.Н.* Обработка результатов наблюдений: Учебное пособие / *Третьяк Л.Н.* — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. — 171 с.

5. *Шатилов К.В.* Кукурузоуборочные машины / *К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов.* — М.: Машиностроение, 1981. — 224 с.

6. *Шнаар Д.* Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання / *Шнаар Д., Гінапп К., Захаренко А., Коваленська С. та ін..* — К.: Альфа-стевія ЛТД, 2009. — 396 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗМЕРНО-МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ

Завирюха Н.В.

Аннотация - в работе проведено исследование размерно-массовых характеристик сортов кукурузы, районированных на территории Степной зоны Украины

RESEARCH SIZE-MASS CHARACTERISTICS OF THE CORN PLANT

M.V. Zaviryuha

Summary

The article study of size and mass characteristics of maize varieties that are zoned in the steppe zone of Ukraine

УДК 631.3:6311/6

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАСІННЕВОЇ МАСИ ОВОЧЕ-БАШТАННИХ КУЛЬТУР

Огієнко М.М., к.т.н.

Миколаївський національний аграрний університет

Тел. +38(0512) – 34-01-91

Анотація – досліджено процес визначення в'язкості рідини теоретичним та експериментальним методами. Приведено результати досліджень параметрів в'язкості складного рідкого середовища технологічної маси овочебаштанних культур для кожної з них.

Ключові слова - в'язкість технологічної маси, доробка насінневої маси, гідропневмосепаратор, експериментальні дослідження.

Постановка проблеми. Сукупність якостей насінневої технологічної маси плодів і насіння овочевих та баштанних культур є важливою передумовою при проектуванні призначених для їх переробки, тих чи інших робочих органів та машин в цілому.

Для довіділення залишків насіння із попередньо переробленої технологічної маси овочебаштанних культур створено гідропневмосепаратор [1], особливістю якого є те, що процес відмивання насіння проходить у ємності, яка наповнена складним рідким середовищем з технологічною насінневою масою, за рахунок поєднання двох способів сепарації – гідравлічного і пневматичного. Для дослідження процесів, що протікають при цьому, потрібно визначити шлях, швидкість та час руху насіння, а також в'язкість цього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз наявних літературних джерел не дозволив знайти аналітичних співвідношень, що визначають в'язкість складного середовища технологічної маси овочебаштанних культур, що утворюється при роботі гідропневмосепаратора, але її можна визначити лише експериментальним шляхом, для чого було виконано аналіз методів, які можуть бути використані при вирішенні поставленої проблеми.

Ламінарний рух рідини спостерігається для достатньо малих швидкостей потоку від 0,1 до 1 м/с. Із збільшенням швидкості течія стає нестійкою, з'являються вихори. Течія стає турбулентною. При

цьому сила внутрішнього тертя різко зростає. Інтенсивність і характер течії визначається числом Рейнольда [2], що виражає відношення кінетичної енергії рідини до втрат енергії за рахунок сил в'язкого тертя.

Відмітимо, що при русі рідини в трубі характерним розміром служить довжина труби, а при обтіканні тіла (кулі) характерним розміром являється діаметр кулі.

Методи вимірювання в'язкості підрозділяються на дві групи: стаціонарні (капілярного витікання, циліндрів, що обертаються, падаючої кульки); нестаціонарні (методи, засновані на дослідженні крутильних коливань системи, вібраційний метод).

Найбільш доступними є стаціонарні методи. Метод капілярного витікання заснований на законі Пуазейля, що описує закономірності руху рідини в капілярі (трубці малого поперечного перетину). Метод можна застосовувати для однорідного середовища, без включень.

Вібраційний метод заснований на визначенні змін параметрів вимушених коливань тіла при зануренні його у в'язке середовище. Метод вимагає створення складної електромеханічної коливальної системи.

Найбільш простим для вимірювання в'язкості складних рідких середовищ є метод падаючої кульки. Звичайно цей метод застосовується для прозорих і досить в'язких середовищ, та заснований на дослідженні падіння кульки радіусу a_0 в рідині, поміщеній в циліндричну скляну посудину радіуса R і висотою H . При ламінарному обтіканні сферичного тіла в'язкою рідиною сила опору руху кульки визначається законом Стокса [3]

$$F = 6\pi a_0 u \eta. \quad (1)$$

Із зростанням швидкості падіння кульки (збільшенням числа Re) сила опору визначається із залежності [4]

$$F = c \cdot w \cdot \rho \frac{u^2}{2}, \quad (2)$$

де c – коефіцієнт опору, залежний від числа Re ;

w – площа поперечного перетину тіла. (Для кульки $w = \pi a^2$).

Аналіз розглянутих методів експериментального визначення в'язкості складного рідкого середовища дозволяє обрати метод падаючої кульки як такий, що, з одного боку, є методом визначення

в'язкості складного середовища, а з іншого боку, дозволяє змоделювати та дослідити падіння насіння дині (огірка) в ньому.

Проте практичне використання методу вимагає попереднього теоретичного дослідження, пов'язаного з визначенням закону опору (1), (2) і з виходом на стаціонарний режим падіння з постійною швидкістю $u = u_0 = const$. Крім того, падіння кульки в ємності кінцевих розмірів (R, H) відрізняється від падіння в необмеженій рідині [3].

Викладення основного матеріалу. При падінні кульки радіусу α_0 в рідкому середовищі гідропневмосепаратора, що має густину матеріалу ρ_T , вона починає занурюватися з поверхні рідини густиною $\rho_{ж}$. Для розгляду процесу занурення обираємо початок координат у точці O на поверхні рідини, а вісь O_y спрямовуємо вниз. Глибина рідини рівна H . На тіло (кульку), що падає у рідині, діють наступні сили (рис. 1):

- сила тяжіння $F_1 = m_T g$;
- сила виштовхування (сила Архімеда) $F_2 = m_{ж} g$;
- сила інерції тіла (кульки) $F_3 = m_T \ddot{y}$;
- сила інерції рідини $F_4 = m_{ж} \ddot{y}$;
- сила опору руху тіла $F_5 = c_y w \rho_{ж} \frac{\dot{y}^2}{2}$,

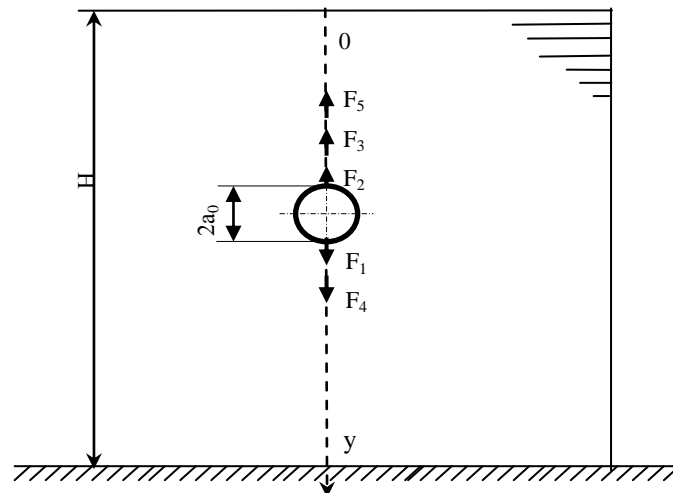


Рис. 1. Розрахункова схема падіння кульки

де g – прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

m_T – маса кульки, кг;

$m_{ж}$ – приєднана маса рідини, кг;

c_y – коефіцієнт опору;

\dot{y} – швидкість падіння кульки, м/с;

\ddot{y} – прискорення падаючої кульки, м/с².

У свою чергу, маємо

$$m_T = \frac{4}{3} \pi a_0^3 \cdot \rho_T; \quad m_{жс} = \frac{4}{3} \pi a_0^3 \cdot \rho_{жс}. \quad (4)$$

Для малих чисел $Re < 2$ [3]

$$c_y = \frac{24}{Re}, \quad (5)$$

$$\text{де } Re = \frac{u \cdot 2a_0}{\nu}. \quad (6)$$

При підстановці у вираз F_5 одержуємо

$$F_5 = 6\pi \nu \rho_{жс} a_0 \dot{y} = 6\pi \eta a_0 \dot{y}, \quad (7)$$

що відповідає закону Стокса.

Для великих чисел Рейнольдса ($Re < 10^5$) у [2] запропонована залежність

$$c_y = \frac{24}{Re} + 0,67 \cdot \sqrt{\dot{y}}. \quad (8)$$

Розглядаючи цю залежність як квадратне рівняння, знайдемо

$$c_y = 0,116 \left[1 + \sqrt{1 + 8,6 \left(\frac{24}{Re} \right)} \right]^2. \quad (9)$$

Рідке середовище (суміш води з технологічною масою дині) поміщалося в скляну посудину завдовжки $l = 1,1$ м (рис.2, а) і діаметром $2R = 50$ мм. Контроль визначення в'язкості проводився з використанням рефрактометрів (рис. 2, б).

Припускалося, що кулька між рисками проходила шлях $H = 1$ м за час t_0 із постійною швидкістю:

$$u_0 = H/t_0. \quad (10)$$

З рівності підйомної сили і сили опору маємо рівність

$$c_y w \frac{u_0^2}{2} \rho_p = \frac{4}{3} \pi a_0^3 (\rho_T - \rho_p) g, \text{ звідки знаходився коефіцієнт}$$

опору

$$c_y = \frac{8 a_0 g}{3 u_0^2} \left(\frac{\rho_T}{\rho_p} - 1 \right). \quad (11)$$

За відомим числом c_y знаходилося число Рейнольда [5]:

$$\text{Re} = \frac{24}{c_y - 0,67 \sqrt{c_y}}. \quad (12)$$

З іншого боку, з визначення числа Рейнольдса маємо:

$$\text{Re} = \frac{2 u_0 a_0}{\nu}. \quad (13)$$

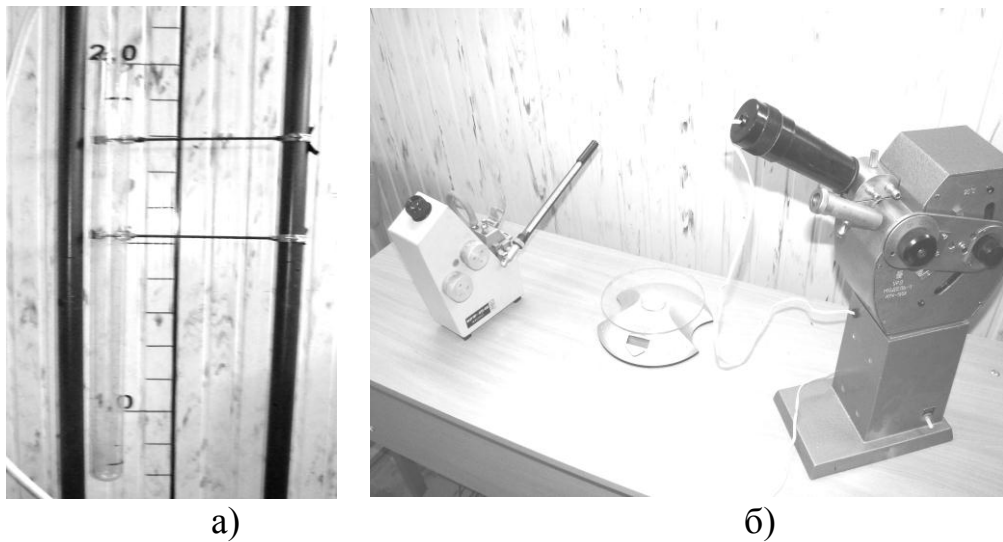


Рис 2. Обладнання для визначення в'язкості:
а) скляна посудина; б) ваги та рефрактометри.

З (12) знаходимо

$$\nu = \frac{2 u_0 a_0}{\text{Re}}. \quad (14)$$

Підставляючи в (14) значення для Re у вигляді (12), отримуємо

$$\nu = \frac{2u_0 a_0}{12} (c_y - 0,67\sqrt{c_y}), \quad (15)$$

де c_y визначається за (11).

Таким чином, для визначення в'язкості за часом падіння кульки t_1 було отримано послідовність підрахунків (10), (11), (15).

Експериментальні дослідження щодо визначення в'язкості рідкого середовища проводилися методом падаючої кульки, тому що він є найбільш простим для вимірювання в'язкості складних рідких середовищ. У якості кульок використовувалися пластмасові кульки діаметром 5,82 мм і щільністю матеріалу $\rho_T = 1940 \text{ кг/м}^3$.

Таким чином, в експерименті приймалися наступні значення параметрів:

радіус кульки $a_0 = 2,91 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; щільність матеріалу кульки $\rho_T = 1940 \text{ кг/м}^3$; щільність рідини $\rho_p = 1000 \text{ кг/м}^3$; висота стовпа $H = 1 \text{ м}$.

Для даного експерименту чисельні результати основних показників згідно (10), (11), (15) мали наступні величини:

$$B = \frac{8}{3} 2,91 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 \left(\frac{1940}{1000} - 1 \right) = 7,16 \cdot 10^{-2}, \text{ м}^2/\text{с}^2;$$

$$\nu = 0,0435 \cdot 10^{-3} \left(\frac{0,4}{u_0} - 1 \right), \text{ м}^2/\text{с}. \quad (16)$$

Або, враховуючи, що, при $H = 1 \text{ м}$, та часі $t_0, \text{ с}$:

$$\nu = 4,35 \cdot 10^{-5} (0,4 \cdot t_0 - 1), \text{ м}^2/\text{с}. \quad (17)$$

Підставляючи у (17) значення часу падіння кульки отримуємо величину коефіцієнта кінематичної в'язкості:

$$\nu = 4,35 \cdot 10^{-5} (0,4 \cdot 3,05 - 1) = 0,956 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Порівняємо результати експерименту (табл. 1) з теоретичними оцінками [6]:

1. Час падіння кульки на глибину $H = 1 \text{ м}$, $t_1 = 3,05 \text{ с}$.
2. Рівноважна швидкість падіння кульки в експерименті

$$u_0 = H/t_1 = 1/3,05 = 0,328 \text{ м/с}.$$

3. Відповідне число Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{2u_0 a_0}{\nu} = \frac{2 \cdot 0,328 \cdot 2,91 \cdot 10^{-3}}{0,956 \cdot 10^{-5}} \approx 200.$$

4. Коефіцієнт опору складного рідкого середовища

$$c_y = 0,116 \left[1 + \sqrt{1 + 8,6 \left(\frac{24}{200} \right)} \right]^2 = 0,68.$$

5. Рівноважна швидкість падіння

$$u_0 = \left[\frac{8}{3} \left(\frac{\rho_T}{\rho_P} - 1 \right) \frac{g \cdot a_0}{c_y} \right]^{1/2} = \left[\frac{8}{3} \cdot 0,94 \cdot \frac{9,81 \cdot 2,91 \cdot 10^{-3}}{0,68} \right]^{1/2} = 0,324 \text{ м/с}.$$

Таблиця 1 - Результати експериментальних досліджень

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6
t_{0i} , с	3,01	3,02	3,22	2,91	2,94	3,20
$\frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 t_{0i}$, с	3,05					
	Експериментальні			Теоретичні		
ν , м ² /с	0,956 · 10 ⁻⁵			10 ⁻⁵		
C_y	0,68			0,7		
u_0 , м/с	0,324			0,328		

Збіг за рівноважною швидкістю падіння достатній.

Висновки. У статті наведено результати математичного моделювання руху насіння овочевих культур в складному рідкому середовищі гідропневмосепаратора. Визначення в'язкості рідкого середовища дало можливість вирахувати значення рівноважної швидкості падіння насіння всередині гідропневмосепаратора, яку використовуємо для моделювання процесу руху насіння в машині та встановлення раціональної глибини ємності для забезпечення повного відмивання насіння. Зіставляючи результати експериментальних $u_0 = 0,328 \text{ м/с}$ та теоретичних $u_0 = 0,324 \text{ м/с}$ досліджень, констатуємо, що ці швидкості чисельно майже повністю збігаються.

Література:

1. Пат. 29598 У України, МПК А23N15/00. Гідропневмосепаратор /Огієнко М.М., Пастушенко С.І, Горбенко О.А./ - заяв.30.03.07; опуб. 25.01.08, Бюл. № 2.
2. *Алтшуль А. Д.* Гидравлика и аэродинамика / А. Д. Алтшуль, П. Г. Киселев. – М. : Стройиздат, 1965. – 274 с.
3. *Хаппель Дж.* Гидродинамика при малых числах Рейнольдса / Дж. Хаппель, Г. Бренер ; пер. с англ. – М. : Мир, 1976. – 630 с.
4. *Шмихтинг Г.* Теория пограничного слоя / Г. Шмихтинг ; пер. с нем. – М. : Наука, 1969. – 742 с.
5. *Бэтчелор Дж.* Введение в динамику жидкости / Дж. Бэтчелор ; пер. с англ. – М. : Мир, 1973. – 758 с.
6. *Пастушенко С.І.* Дослідження фізико-механічних параметрів складного рідкого середовища технологічної насінневої маси овочевих культур / С. І. Пастушенко, М. М. Огієнко // Вісник Сумського національного аграрного університету. – Суми : СНАУ, 2010. – Вип. 1 (21). – С.41–49

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕМЕННОЙ МАССЫ ОВОЩЕ-БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Н.Н. Огиенко

Аннотация - исследован процесс определения вязкости жидкости теоретическим и экспериментальным методами. Приведены результаты исследований параметров вязкости сложной жидкой среды технологической массы овощебахчевых культур для каждой из них.

METHOD OF AND EXPERIMENTAL STUDY OF TECHNOLOGICAL VISCOSITY SEED MASS VEGETABLE AND MELON

N. Ogienko

Summary

The process of determining the viscosity of liquids theoretical and experimental methods. The results of studies of the parameters of a complex viscosity of liquid media technology supply vegetables and melons for each of them.

УДК 631.363 - 52

УСТРОЙСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА КОРМОВ

Каплун В.В., д.т.н.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Тел. (044) 256-29-75

Аннотация - в статье обоснованы принципы и предложены современные технические средства для экспресс-контроля качества сыпучих материалов.

Ключевые слова - высокоточный контроль параметров, монохроматор, локальная сеть, обновление калибровок.

Постановка проблемы. Основой получения качественной продукции животноводства и птицеводства является использование высококачественных кормов. Задача контроля основных параметров сыпучих продуктов (как не измельченных, так и измельченных) является довольно сложной, сопряженной с определением высококорреляционных зависимостей между анализируемыми параметрами и определенными показателями преимущественно электротехнического характера.

Анализ последних достижений. Для определения таких параметров зерновых потоков, как влажность, степень измельчения, цвет, бактериальная зараженность и др. уже созданы и успешно применяются соответствующие технические средства [1, 2]. Однако принципы и элементная база, заложенные в их конструкции, не позволяют добиться требуемой точности измерений.

Целью статьи является аналитический обзор современных разработок по созданию и практическому применению анализаторов кормов нового поколения, способных осуществлять высокоточный оперативный контроль основных качественных показателей сыпучих материалов с целью их использования для создания АСУТП кормопроизводства.

Основная часть. В последнее время широкое распространение получили инфракрасные анализаторы кормов. Заслуживает внимания анализатор NIRS DS2500 компании FOSS. Сочетая высокую точность в широком диапазоне длин волн от 400нм до 2500нм с полной совместимостью со всеми предшествующими и со всеми будущими разработками компании FOSS этот прибор – это шаг в будущее ИК - анализаторов. Анализатор NIRS DS2500 разработан для

использования в лаборатории или на кормопроизводстве и предназначен для анализа кормов, зерна, масличных и др. продуктов.

Он идеален для следующих задач:

- Ежедневный контроль входных компонентов кормов для их правильного и оптимального использования
- Ежедневный контроль производственного процесса, для повышения эффективности и экономичности производства
- Контроль качества готовой продукции по различным параметрам
- Измерение кормов и фуража в молотом и гранулированном виде, например контроль качества с определением таких параметров, как: влажность, зольность, крахмал, аминокислоты, общая клетчатка, жир, белок, клетчатка растворимая и нерастворимая, цвет и многое другое.

Новая технология дисперсионных монохроматоров примененная в анализаторе NIRS DS2500 гарантирует точность и стабильность во всем спектральном диапазоне от 400 до 2500нм. У анализатора ранее не достижимое соотношение Сигнал/Шум, что позволяет без труда проводить анализ таких необходимых параметров как аминокислоты, также как и других параметров нуждающихся в высокой чувствительности прибора.

В ИК-анализатор встроен стандартный образец, с помощью которого контролируется интенсивность источника света, спектральный диапазон и длины волн. Созданный по новой технологии монохроматор гарантирует точность в течение всего срока службы и не нуждается в калибровке. Но для подстройки к параметрам окружающей среды и контроля качества работы анализатора могут быть использованы как встроенные, так и внешние стандартные образцы.

Удаленное управление анализатором

Программное обеспечение FOSS Mosaic позволяет подключать анализатор к сети, и предоставляет возможность удаленного управления прибором. Подключившись к анализатору специалисты FOSS, либо ваша собственная команда могут управлять и оптимизировать работу прибора без прерывания производственного процесса. Используя ПО Mosaic вы можете управлять любыми настройками инструмента и выполнять такие задачи как:

- Контроль работы анализатора и калибровок;
- Диагностика прибора;
- Обновление калибровок;
- Печать отчетов;
- Защита ценной информации и калибровок;

- Техническая поддержка онлайн.

С помощью ПО Mosaic возможна настройка и контроль за работой анализатора по локальной сети. Без доступа к Интернету.

Ключевые отличия NIRS DS2500:

- Очень высокая чувствительность прибора во всем спектральном диапазоне (400 - 2500 нм);
- Стандартизован на заводе. Перенос калибровок от прибора к прибору;
- 100% совместимость с FOSS NIRSystem II и FOSS XDS;
- Стабильные результаты даже в тяжелых условиях производства;
- Готовые к использованию калибровки на корма и ингредиенты кормов;
- Возможно использование по сети LAN или WAN (internet);
- Монохроматор выполнен по новой технологии;
- Широкий набор различных чашек и аксессуаров для высушенных и жидких образцов.

ПО для работы и разработки калибровок

Анализатор FOSS NIRS DS2500 управляется с помощью ПО ISIScan Nova которое поддерживает новейшие калибровки и имеет возможности работы по сети. ISIScan Nova позволяет:

- Автоматическое сохранение результатов;
- Поддерживаемые методы регрессий: PLS, MPLS, LOCAL, FOSS-ANN prediction;
- Определение не стандартных образцов в реальном времени по каждому параметру;
- Анализ результатов в графическом виде;
- Контроль за качеством продукции с помощью установки лимитов, целевых значений и отчетов;
- Дополнительные поля для регистрации пользовательской информации;
- Экспорт данных LIMS;
- Онлайн поддержка пользователей;
- Радиочип для повышения прослеживаемости.

Чашки для образцов содержат встроенный радиочип, который используется в анализаторе NIRS DS2500 для идентификации образцов. В условиях производства этот чип позволяет значительно облегчить работу оператора и повысить прослеживаемость, так как вы всегда знаете что всеми операторами используются правильные чашки. Это не только уменьшает риск ошибки оператора, но и упрощает работу с прибором.

Методика разработки калибровок

Разработка калибровок ведется с помощью программы WinISI, которая поддерживает алгоритмы PLS, MLR и LOCAL, мониторинг за работой калибровки и управление базой данных калибровок.

ПО WinISI может использоваться совместно с сетевым ПО FOSS Mosaic для удаленного управления калибровками. Создайте или откорректируйте калибровку на ваш продукт и вы можете загрузить ее во все приборы используя сетевое ПО Mosaic. Mosaic также позволяет собирать данные и спектры с приборов вашей сети для последующей разработки калибровок.

Глобальные и региональные калибровки

Анализатор NIRS DS2500 поставляется фирмой с установленными глобальными калибровками для различных типов кормов и кормовых ингредиентов. Глобальные калибровки FOSS разработаны на основе образцов собранных из разных стран и разных регионов в течение многих лет. Это позволяет делать надежные и точные калибровки. Помощь и поддержка в использовании калибровок может быть оказана через сетевое ПО Mosaic. Региональные калибровки содержат гораздо меньшее количество образцов и могут работать только в определенном регионе. Технические требования к рассмотренному ИК-анализатору представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические требования к ИК анализатору NIRS DS2500.

Напряжение питания	100-240 В, 50-60 Гц, класс 1, с заземлением
Рабочая температура	5-40°C
Температура хранения	от -20°C до + 70 °С
Влажность	Не выше 93%.
Рабочее место	Стационарное или редко перемещаемое.

Еще одной разработкой компании FOSS является экспресс-анализатор кормов InfraXact (Инфракзакт). Это ИК-анализатор предназначенный как для контроля качества измельченных так и неизмельченных образцов кормов, зерна, масличных и др. продуктов. Он обеспечивает быстрый и точный контроль сырья и комбикормов - залог стабильного и качественного продукта.

ИК-анализатор InfraXact имеет уникальные преимущества:

- Быстрый анализ за 15-40 секунд;
- Простой в использовании и без пробоподготовки;
- Надежные и точные результаты;

- Автоматическая идентификация образца, основанная на радиочастотном принципе(RFID);
- Гарантированные готовые калибровки – определение содержания белка, влаги, жира, клетчатки, крахмала, сахара и других параметров;
- Можно использовать практически для любых кормов и их ингредиентов;
- Контроль над процессом изготовления кормов в реальном времени – от приемки сырья до отгрузки готовых комбикормов;
- Прост в эксплуатации (крышка закрывается – анализ начинается автоматически и через 40 секунд результат виден на экране);
- Модель InfraХаст Pro является пыле- и влагонепроницаемой и отвечает требованиям IP65. Она управляется с помощью встроенного ПК с экраном тачскрин.

Также заслуживает внимания анализатор инфракрасный ИНФРАСКАН – уникальный прибор российского производства, который предназначен для экспресс - анализа качества зерна и продуктов его переработки, обеспечивая определение массовой доли компонентов в пробах зерновых и масличных культур, комбикормов. Анализатор зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 30434-05 и допущен к применению в Российской Федерации, Казахстане и Украине.

Основные технические и эксплуатационные характеристики прибора ИНФРАСКАН:

- Назначение - экспресс - анализ зерновых, масличных культур, семян и комбикормов;
- Область применения - определение массовой доли влаги, протеина, жира, клетчатки, крахмала и др. компонентов в пробах зерновых и масличных культур, комбикормов и других веществ путем измерения оптических характеристик специально подготовленных проб (размол) анализируемого вещества в ближней инфракрасной области спектра;
- Общая характеристика ИК-анализатор работает:
 - a) - в режиме измерений с персональным компьютером и автономно;
 - b) - в условиях повышенной вибрации, колебаний электросети;
 - c) - оборудован автоматизированным устройством формирования проб с температурным контролем;
 - d) - проба анализируемого вещества должна быть размолота;

- е) - предусмотрена возможность объединения нескольких приборов в единую сеть;
- Предусмотрена архивация последних 3000 измерений в памяти прибора с распечаткой на компьютере;
- Комплектность - инфракрасный анализатор с автоматизированным устройством формирования проб и встроенным модулем для определения белизны;
- Площадь измерительной ячейки, см² - 9,2;
- Объем исследуемой пробы, см³ - 70;
- Время установления рабочего режима, мин.- 30;
- Ресурс работы оборудования 5 лет.

Вывод. Для определения целого ряда параметров качества сыпучих материалов целесообразно применять новое поколения инфракрасных преобразователей, которые по своим характеристикам в полной мере могут обеспечить контроль свойств как измельченных, так и неизмельченных материалов, что является основополагающим требованием к техническому обеспечению функционирования АСУТП кормоприготовления.

Литература:

1. *Лазаревич А.П.* Эффективная система кормления животных с элементами технологического обеспечения в экстремальных условиях производства/ А.П. Лазаревич, А.А. Лазаревич. – К.: Аграрная наука, 2004. – 192 с.

2. Анализатор кормов NIRS DS2500: (официальный сайт компании Carlex Export) [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://carlex.kz/catalog/feed/10-nirlds2500.html?showal=1>

ПРИСТРОЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЯКОСТІ КОРМІВ

Каплун В.В.

Анотація - В статті обґрунтовані принципи і запропоновані сучасні технічні засоби для експрес-контролю якості сипких матеріалів.

THE DEVICE FOR FEED QUALITY ANALYSIS

V. Kaplun

Summary

The basics were established and contemporary instrumentality was proposed for express-control of discrete material quality.

Зміст

	стор.
<i>Гербер Ю.Б.</i> Теоретическое обоснование процесса сушки ферроцинсодержащих отходов виноделия	3
<i>Паламарчук І.П., Янович В.П.</i> Оцінка якісних параметрів багатокомпонентних сумішей рослинних інгредієнтів за вібровідцентрового дезінтегрування	10
<i>Гвоздєв О.В., Гвоздєв В.О., Калиниченко О.О.</i> Теоретичне визначення форми робочої поверхні завантажувальної камери дозатора - змішувача	19
<i>Бондарев Р.А., Киркор М.А.</i> Оценка эффективности процесса центробежной классификации	26
<i>Харкевич В.Г.</i> Влияние вида механического воздействия на создание аппаратов для измельчения хрупких пищевых материалов	33
<i>Самойчук К.О., Котенко В.І., Макарова Ю.Ю.</i> Дослідження та оптимізація параметрів барабанного просіювача борошна	42
<i>Котляр О.В., Горальчук А.Б.</i> Визначення впливу поверхнево-активних речовин на стабілізацію суспензій	50
<i>Паромчик І.І., Челомбитько М.А., Королева Н.Ю., Светлугина А.А.</i> Использование пряно-ароматического сырья в производстве хлебобулочных изделий	56
<i>Думенко К.М., Шевченко К.С., Павлюченко І.С., Полянський П.М.</i> Особливості конструювання планетарної машини для подрібнення насінників баклажанів	63
<i>Груданов В.Я., Торган А.Б.</i> Моделирование процесса формирования макаронных изделий в матрицах с улучшенными характеристиками	68
<i>Болгова Н.В., Маренкова Т.І.</i> Аналіз жирнокислотного складу рослинної олії	80
<i>Артюхова Н.О.</i> Застосування температурно-вологісної апроксимації в розрахунках багатоступеневих сушарок	87
<i>Димитрієвич Л.Р., Степанова Т.М., Скуріхіна Л.А.</i> Динаміка процесу окислення вітамінів під час зберігання жиро-рослинних сумішей	96
<i>Капетула С.М., Бурдо О.Г.</i> Бародиффузионные технологии переработки растительного сырья	101
<i>Плотнікова Р.В., Гринченко Н.Г., Пивоваров П.П.</i> Обґрунтування вмісту плодово-ягідної сировини у складі напівфабрикатів десертної продукції на основі молочної сировини	107
<i>Горбенко О.А., Стрельцов В.В., Горбенко Н.А.</i> Теоретичне дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів пресу на споживану ним потужність	115

<i>Савченко-Перерва М.Ю., Якуба О.Р.</i> Удосконалення моделей розрахунку фракційної ефективності протитечних пиловловлювачів для харчових виробництв	122
<i>Терзієв С.Г., Ружицька Н.В.</i> Кінетика процесу екстрагування олії зі шламу кави	130
<i>Заплетніков І.М., Пільненко А.К.</i> Аналіз кінематичного дослідження механізмів подачі продукту в зону різання	135
<i>Кудрявцев В.М., Парамонова В.А., Куропятник Д.В.</i> До питання проектування масло- та жироплавителя з використанням надвисокочастотної енергії	142
<i>Лавріненко Н.М., Бескровний О.І.</i> Комп'ютерне моделювання перемішування в'язкопластичних харчових мас	148
<i>Орешина О.О., Молоканова Л.В.</i> Вплив виду зв'язувальних компонентів на якість снєків з деструктуризованого м'яса баранини	155
<i>Фалько О.Л.</i> Сепарація сипких матеріалів на три фракції при їх вібраційному переміщенні	162
<i>Гвоздєв О.В., Гвоздєв В.О., Штиганович Т.О.</i> Визначення ступеня впливу факторів на витікання зернової суміші крізь вивантажувальний отвір бункера – зволожувача зерна	171
<i>Кольцов А.Г., Реченко Д.С., Дмитриев Ю.А.</i> Повышение качества обрабатываемых деталей за счет балансировки электродвигателя шлифовального станка	179
<i>Оносова І.А.</i> Проблеми експорту зерна в контексті недосконалості сучасної інфраструктури зернового ринку України	187
<i>Ялпачик В.Ф., Ялпачик Ф.Е., Стручаев Н.И.</i> Теплофизические расчеты при замораживании и дефростации плодоовощной продукции	196
<i>Самойчук К.О., Полудненко О.В.</i> Результати аналізу конструкцій струминних змішувачів рідких компонентів	205
<i>Паляничка Н.О.</i> Результати експериментальних досліджень процесу імпульсної гомогенізації молока	212
<i>Ялпачик О.В., Буденко С.Ф.</i> Баланс потужності та коефіцієнт корисної дії зернової дробарки	218
<i>Хассай Д.В., Янаков В.П., Голованов М.В.</i> Визначення технологічної ефективності сучасних тістомісильних машин	227
<i>Завірюха М.В.</i> Дослідження розмірно-масових характеристик рослин кукурудзи	235
<i>Огієнко М.М.</i> Методика визначення та експериментальні дослідження в'язкості технологічної насінневої маси овоче-баштанних культур	243
<i>Каплун В.В.</i> Устройства для анализа качества кормов	251

Наукове фахове видання

Праці Таврійського державного агротехнологічного
університету

Випуск 13. Том.1

Свідоцтво про державну реєстрацію – Міністерство юстиції
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – Ялпачик Ф.Ю.
Коректор – Котенко В.І.

Підписано до друку 18.01.2013 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.
16,2 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10
тел. (06192) 6-88-38