МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Механіко-технологічний факультет

Кафедра ОПХВ ім. проф. Ф.Ю. Ялпачика

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНЯНИХ СМАЖЕНИХ ВИРОБІВ (АВТОМАТИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПИРІЖКІВ І ПОНЧИКІВ)

методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни
" Інноваційні технології та обладнання галузі "
для студентів денної та заочної форми навчання
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»

Мелітополь, 2020

Обладнання для виробництва борошняних смажених виробів (автомати для виготовлення пиріжків і пончиків). Методичні вказівки для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» – Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2020 - 23 с

Розробники: к.т.н., доцент Паляничка Н.О.
к.т.н., ст. викл. Верхоланцева В.О.

Рецензент: доктор технічних наук, професор кафедри МЕЗ Волошина А.А.

Розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри ОПХВ ім. проф. Ф.Ю. Ялпачика
Протокол № від 2020 р.

Методичні вказівки затверджені методичною радою факультету МТ
Протокол № від 2020 р.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНЯНИХ СМАЖЕНИХ ВИРОБІВ (АВТОМАТИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПИРІЖКІВ І ПОНЧИКІВ)

Мета роботи: Розглянути конструкції і характеристики апаратів для виготовлення смажених борошняних виробів. Визначити основні параметри робочої камери і нагрівальних елементів автомата для виробництва пончиків. Дати енергетичну і теплову оцінку автомата.

Час виконання роботи 4 год.

1 Порядок виконання роботи

- розглянути загальні відомості з виробництва смажених борошняних виробів, зокрема пиріжків, чебуреків, пончиків;
- ознайомитись з принципом дії, будовою і технічною характеристикою апаратів з виготовлення пончиків;
- ознайомитись з принципом дії та будовою апарата для виробництва пончиків марки;
- провести аналітичні визначення параметрів теплового режиму нагрівачів автомата АП-3М;
- провести експериментальні дослідження з визначення параметрів теплового режиму нагрівачів апарата;
- обробити результати експерименту, сформулювати висновки;
- оформити звіт по роботі і відзвітуватися перед викладачем.

2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- ***повторити:*** конспект лекцій за темою заняття та опрацювати рекомендовану літературу;
- ***знати:*** принципи дії, будову та область використання обладнання з виготовлення смажених борошняних виробів;
- ***вміти:*** проводити налаштування автомата для виготовлення пончиків, визначати параметри теплового процесу обсмажування пончиків, аналізувати результати досліджень.

3 Теоретичні відомості

3.1 Смажені борошняні вироби

Вироби з тіста з начинкою і без неї (пиріжки, чебуреки, біляші, пампушки, пахлава, пончики і багато інших), обсмажені на сковороді або у

фритюрі, займають проміжне місце між класифікаційними групами „борошняні кондитерські вироби“ і „хлібобулочні вироби“, одночасно являючись і продуктами харчування і ласощами.

Рисунок 1 – Фото деяких смажених борошняних виробів

Розглянемо обладнання для промислового виготовлення смажених борошняних виробів, зокрема пиріжків і пончиків.

Пиріжки – невеликі вироби з тіста переважно дріжджового, з різноманітною начинкою, які звичайно мають подовжену форму і форму півмісяця і випікаються у духовці або обсмажуються на олії (у казанках, каструльках, у фритюрницях). Відповідно вони називаються „пиріжки печені“ або „пиріжки смажені“.

Пончиками називають солодкі борошняні вироби, смажені у великій кількості жиру. Вони можуть мати різні форми, частіше кульку або тор, можуть бути з начинкою або ж мати глазурування.

Рецепт пончиків був відомий ще в Прадавньому Римі. У багатьох країнах миру це кондитерській виріб дотепер є одним із самих улюблених.

У Польщі пончики – популярний вид тістечок. Берлінські пончики з начинкою, або берлінери – ласощі, відомі далеко за межами Німеччини. В Америці випікають донатси, в Італії – галани. У кожній європейській країні виготовляють власні подібні вироби за оригінальними рецептами.

3.2 Обладнання для виготовлення смажених виробів

Вибір обладнання для виготовлення борошняних смажених виробів повністю залежить від програми випуску цих виробів.

Для малих підприємств, таких як заклади громадського харчування з невеликими партіями виготовлення при достатньо великій номенклатурі виробів доцільно застосовувати лінії, скомплектовані з універсального

обладнання і пристроїв (тістоміси, вовчки-м'ясорубки, робочі столи, фритюрниці і т.д.). На цих лініях достатньо велика частка трудомісткості приходиться на ручну працю; достоїнством таких підприємств може бути вираз „Смакує по домашньому".

Для масового виробництва смажених виробів були створені спеціалізовані автомати, які практично виключали ручну працю і реалізовували виконання повного циклу виготовлення кінцевого продукту. Останнім часом з'явилися апарати з невеликою продуктивністю, швидким переналагодженням на потрібну номенклатуру виробів і невеликою часткою ручної праці.

Автомат для готування і смаження пиріжків АЖ-2П повністю механізує усі операції по готуванню і забезпечує формування, розстійку і смаження у маслі пиріжків з різною начинкою (м'ясний фарш, рис, повидло та ін.).

Автомат (рисунок 2) складається з бункера для тіста із пневматичним живильником і дозатора тіста; бункера для начинки зі шнековим живильником і дозатора начинки; формувального патрона з механізмом для відрізання заготовки пиріжків; стрічкового транспортера; скидача; конвеєра розстійки, механізму повороту колисок конвеєра; ванни для смаження з електронагрівниками; прийомного лотка для готових пиріжків.

На рамі автомата змонтовані: привод усіх механізмів; пневматична система, яка забезпечує постійний тиск повітря у дозаторі тіста; система подачі харчового жиру, що забезпечує його постійний рівень у ванні для смаження і змащення колисок розстійки; ніж і стрічки; вентиляційна системи, що забезпечує відсмоктування пари і газу з обсмажувальної ванни; система електричного привода, підігріву і регулювання; механізм скидання пиріжків з ротора.

Конструкція дозуючих пристроїв і формувального патрона представлена на рисунку 3.

Дозатори тіста і начинки призначені для розподілу, відповідно, тіста та начинки на шматки рівної маси і подачі їх одночасно у формувальний патрон. За конструкцією дозатори аналогічні.

У чавунному корпусі на шарикопідшипниках змонтований порожнинний вал з поворотним диском.

Всередині диска в наскрізному циліндричному каналі переміщається плаваючий поршень, у центрі якого закріплений на різьбі стержень. На порожнинному валу дозатора тіста знаходиться кулачок, який служить приводом для механізму відрізки заготовок пиріжків. Диск дозатора одержує обертальний рух від привода. Робота диска дозатора полягає у повороті на

180°. За один цикл дозатор подає у формувальний патрон і на стрічковий транспортер одну заготовку пиріжка.

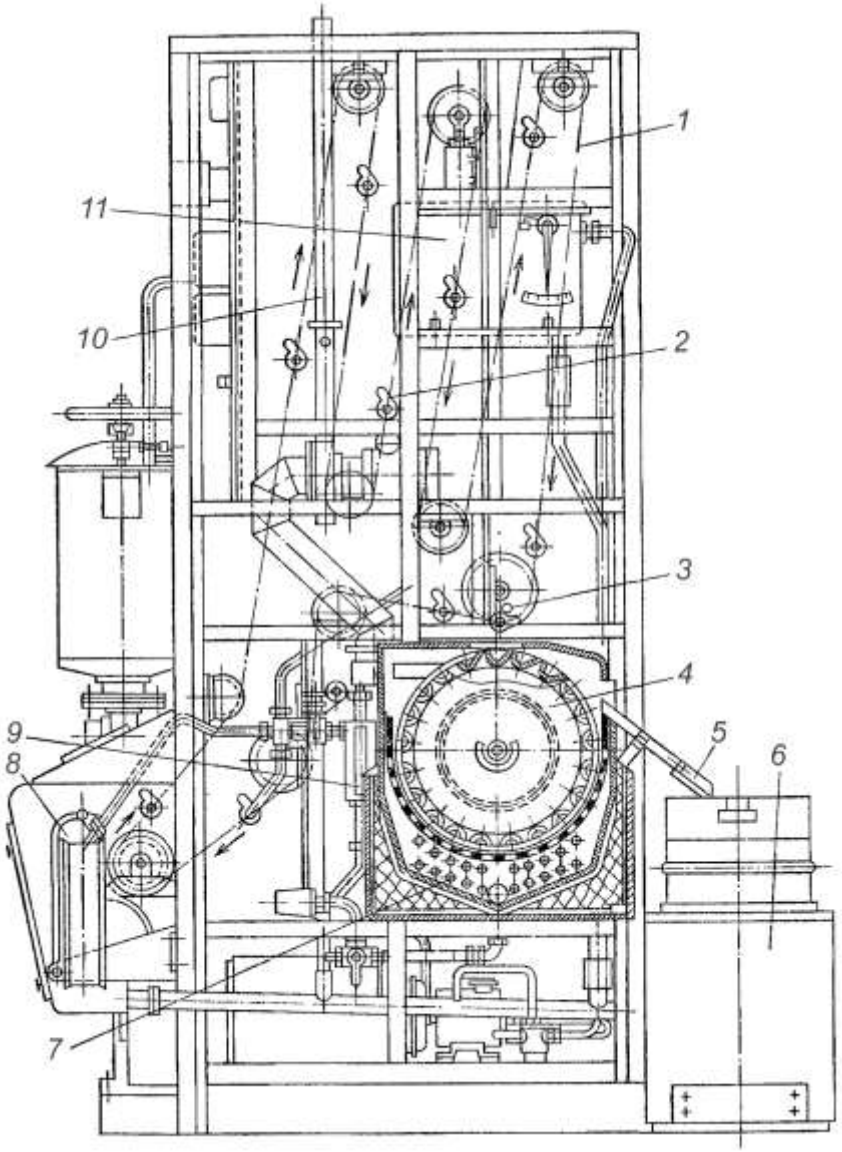

Рисунок 2 – Автомат для готування і смаження пиріжків АЖ-2П:

1 - конвеєр розстійки; 2 - люлька конвеєра розстійки; 3 - механізм повороту люльок; 4 - ванна для смаження; 5 - скидання пиріжків у приймальний лоток; 6 - зливний бак для олії; 7 - нагрівачі; 8 - скидач пиріжків; 9 - реле рівня олії; 10 - вентиляція; 11 - бак розхідний з покажчиком рівня.

Бункер живильника тіста прикріплений до корпуса дозатора. Через штуцер у його кришці від пневмосистеми подається стиснене повітря, під тиском якого тісто нагнітається у мірні кишені дозатора. Пневматична подача тіста не порушує його структури, а сталість тиску повітря забезпечує стабільність маси дози.

До дозатора начинки зверху прикріплений конічний бункер, у центрі якого обертається тихохідний вертикальний шнек. Залежно від виду начинки

встановлюється різне число обертів шнека за допомогою змінних зубчастих коліс у приводі. Якщо начинка досить рідка, то можна працювати і без шнека.

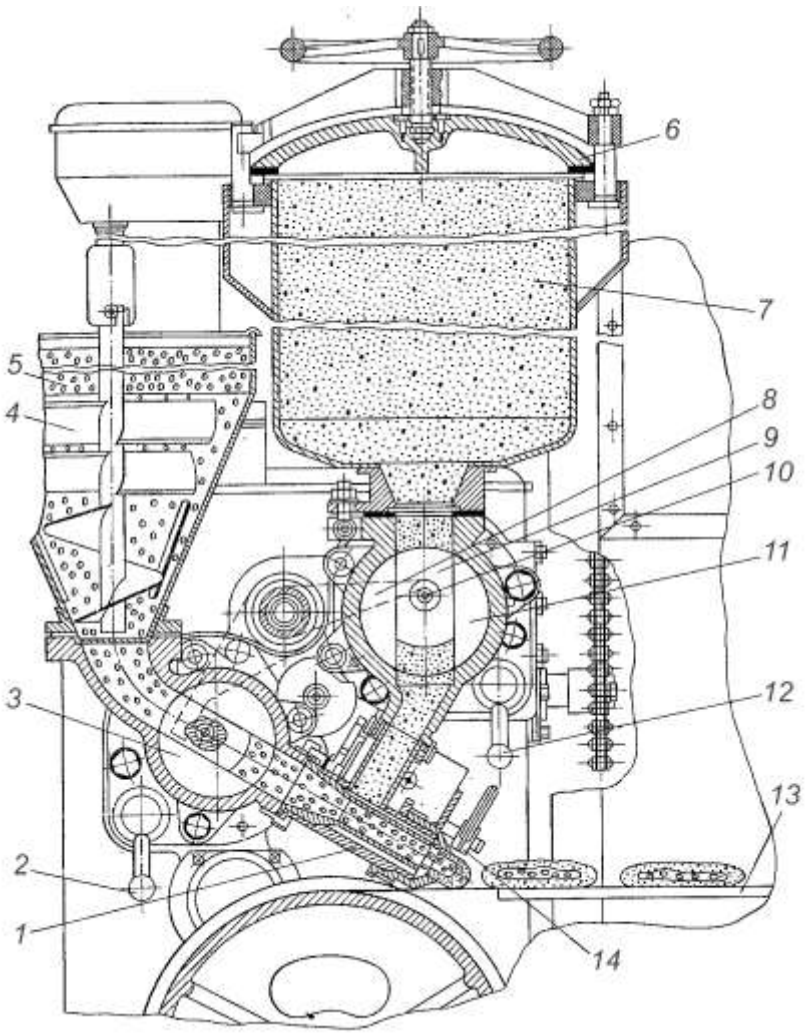

Рисунок 3 – Формувальний пристрій автомата АЖ-2П:

1 - формувальний патрон; 2 - рукоятка для відключення дозатора начинки; 3 - дозатор начинки; 4 - шнек; 5 - бункер для начинки; 6 - кришка бункера; 7 - бункер для тіста; 8 - важіль; 9 - плаваючий поршень; 10 - стержень; 11- дозатор тіста; 12 - рукоятка для відмикання дозатора тіста; 13 - стрічка транспортера; 14 - ніж.

Формування пиріжка відбувається у формувальному патроні. З дозатора тіста в кільцеву порожнину надходить тісто і виходить із патрона у вигляді тістової трубки.

Одночасно з дозатора начинки надходить начинка всередину тістової заготовки. Потім заготовка пиріжка відділяється від патрона відрізним ножем і надходить у колиску конвеєра розстійки. Після розстійки пиріжки

подаються у барабан обсмажувальної ванни, звідки готовими випадають у лоток.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМАТА АЖ-2П

Продуктивність, шт./год.	600...800
Тривалість розстійки, хв.	18...20
Тривалість обсмажування, хв.	2,0..2,5
Об’єм олії в обсмажувальній ванні, л	37...41
Потужність, кВт: загальна	18,57
електродвигунів	3,57
електронагрівників	15,0
Межі регулювання маси пиріжка, г.	40...80
Маса пиріжка, г.	75...80
Температура в обсмажувальній ванні, °С	160...170
Габарити, мм: Д×Ш×В	1900×1500×2400
Маса, кг	1200

Автомат для готування пиріжків АЖ-3П (рисунок 4) є модернізованою конструкцією автомата ***АЖ-2П*** и призначений для готування смажених пиріжків із дріжджового тесту з різною начинкою.

Рисунок 4 – Фото загального вигляду автомата АЖ-3П

Він виконує наступні технологічні операції: дозування тіста; дозування фаршу; формування тіста у вигляді трубки з розташованим усередині неї фаршем; відрізання заготовок пиріжків; групування заготовок по чотири штуки; вивантаження групи заготовок на конвеєр розстійки; розстійку заготовок; вивантаження групи заготовок на конвеєр обсмажувального пристрою; обсмажування заготовок; видачу готових пиріжків в приймальний лоток.

Основною несучою конструкцією автомата є рама, зварена зі сталевого швелерного прокату, на яку встановлений зварний каркас з сталевих труб квадратного перетину.

З лівої сторони на рамі укріплений вузол привода, який забезпечує циклічну роботу усіх основних пристроїв автомата.

У нижній частині автомата на його основі встановлені: головний привод – електродвигун з редуктором; ресивер; компресор і бак збірник олії. Рівень олії в обсмажувальній ванні, температура його нагрівання і тиск повітря у ресивері підтримуються автоматично. В основному, схема автомата АЖ-ЗП аналогічна схемі автомата АЖ-2П.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМАТА АЖ-ЗП

Продуктивність, шт. / год.	850
Тривалість розстійки, хв., не менш	10
Тривалість смаження, хв., не менш .	2,0
Об’єм масла в обсмажувальній ванні, л	37...41
Потужність, кВт: загальна	18,57
електронагрівників	15,0
електродвигунів 3,57	
Межі регулювання маси пиріжка, г	40...80
Маса пиріжка, г	75..80
Час розігріву масла, хв., не більш .	20
Температура в обсмажувальній ванні, °С.	160...170
Габарити, мм: Д×Ш×В	1900×1500×2400
Маса, кг	1200

На рисунку 5 показаний ***автомат ПРФ-11/900*** для виробництва пончиків, який працює як на дріжджовому тесті, так і на сумішах.

Автомат складається з фритюрниці з примусовою поверхневою циркуляцією фритюрного жиру, дільника-дозатора із приводом, механізму

перевороту і вивантаження пончиків, програматора, що здійснює взаємодію складових частин, лічильника готового продукту.

Автоматично виконуються наступні операції: – формується тістова заготовка і опускається у фритюрну ванну; – обсмажується по черзі із обох сторін; – готовий пончик вивантажується з ванни. Пончики переміщаються за допомогою примусової поверхневої циркуляції фритюрного жиру, що дозволяє збільшити продуктивність.

Основні достоїнства: висока продуктивність; широкий діапазон регулювання розмірів і маси пончика – від 35 до 65 грам; малі розміри настільного апарата (займає 0,6 м^2); процес готування пончиків відбувається на очах у клієнта; обладнаний захисним датчиком; простий у експлуатації, легко розбирається і миється.

Рисунок 5 – Фото загального виду автомата ПРФ11/900

Настроювання на різні розміри і форми пончиків відбувається за рахунок застосування змінних плунжерних пар дозатора.

Технічна характеристика автомата ПРФ11/900

Продуктивність максимальна, шт/год.

- дріжджові пончики 450
- пончики з суміші 600

Змінні плунжерні пари, мм 30/36/40

Маса пончиків, г від 35 до 65

Місткість, л

- обсмажувальна ванна 16

- бункер дозатора	7
Встановлена потужність, кВт	5,15
Габарити Д×Ш×В	1200×550×600
Маса суха, кг	35

Повна автоматизація процесу дозволяє використовувати працю одного оператора, що в комбінації з високою продуктивністю установки дає великий економічний ефект; відповідність вимогам санітарних правил – фритюрниці і дозатори легко мити; фритюрниці мають пристрій зливу, усі блоки легко знімаються, дозатори легко розбираються. Подібну конструкцію має автомат ПРФ11/300М, ПРФ11/2400 та ін.

На рисунку 6 представлене фото одного з вітчизняних апаратів для виробництва пончиків серії КИЙ-В. Ці апарати випускаються в модифікаціях КИЙ-В ФП-5, ФП-8, ФП-11, які відрізняються робочим об’ємом фритюрниці (на 5, 8 і 11 л олії).

Рисунок 6 – Фото апарата для виготовлення пончиків КИЙ-В ФП-11

Апарат має просту конструкцію і легкий в експлуатації, привод дозатора ручний, перевертання пончиків у процесі обсмажування також ручне, при знятому дозаторі апарат використовують у якості фритюрниці. Регулювання температури жиру – термостатом.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА:

Продуктивність, шт./год.	350
Потужність, кВт	3,8

Вага одного пончика, г	25
Об’єм масла, л	11,0
Об’єм ємності для тіста, л	3,0
Діапазон регулювання температури, °С	+60…+200
Габаритні розміри, мм	360х640х675
Маса суха, кг	15,6

На даний час ринок насичений обладнанням для виробництва пончиків вітчизняного і імпортного виробництва.

Рисунок 7 – Зразки обладнання для виробництва пончиків

Рисунок 8 – Універсальне обладнання для виготовлення смажених борошняних виробів

3.3. Теоретичні аспекти процесу обсмажування

При обробці продуктів смаженням проміжним теплоносієм, що контактує з продуктом, є рослинний або тваринний жир. У свою чергу, жир розігрівається парою або нагрівачами інших видів. Обробка ведеться при порівняно високій температурі 120...160 °С.

У продукті під дією теплоти протікає ряд пов'язаних між собою фізичних та фізично-хімічних процесів, у результаті чого відбуваються виділення і видалення частини вологи, вбирання олії, об'ємна усадка продукту, збільшення пористості, а також зміна щільності і теплоємності продукту.

Швидкість процесів, що протікають у продукті, залежить від форми і розмірів продукту, температури олії, умов теплообміну між олією і продуктом та інших факторів.

Процес обсмажування поділяють на два періоди. При рівновазі процесу, коли теплота, що надійшла від пари до олії, дорівнює теплоті, відданої олією продукту, інтенсивність теплообміну можна описати так:

Для першого періоду:

$$k \cdot S \cdot \tau (t_n - t_o) \beta = \alpha_з \cdot S_{пр} \cdot \tau (t_o - t_{вип})$$

Для другого періоду:

$$k \cdot S \cdot \tau (t_n - t_o) \beta = (\lambda_к / \delta_к) \cdot S_{пр} \cdot \tau (t_o - t_{вип}) .$$

де k - коефіцієнт теплопередачі; Вт/(м^2·°С); S - площа поверхні нагрівання, м^2; τ - тривалість теплообміну, с; t_n і t_o – відповідно, температури пари і олії, °С; β - коефіцієнт, що враховує теплоту, сприйняту продуктом (β=

0,6...0,7); α_3 - коефіцієнт тепловіддачі від олії до продукту, Вт /(м^2· °С); $S_{пр}$ - площа поверхні продукту, що контактує з олією, м^2; $t_{пр}$ - температура поверхні продукту, °С; $\lambda_к$ - коефіцієнт теплопровідності скоринки продукту, Вт / (м^2·°С); $\delta_к$- товщина скоринки продукту, м; $t_{вип}$ - температура випаровування вологи в продукті, ° С ($t_{вип}$ = 100°).

При обсмажуванні видаляється, головним чином, вільна волога, що виділилася з клітин після їх плазмолізу під дією високої температури. Максимальна кількість вологи видаляється у перший період, тобто, в період нагрівання шматочків продукту.

Видалення з продукту вологи назовні відбувається, в основному, під дією градієнта загального тиску. При цьому в перший період обсмажування рух вологи назовні дещо гальмується через рух частини рідини до центру зразка під дією градієнта температури. З підвищенням температури олії швидкість виділення вологи з виробу збільшується.

Аналіз рівнянь показує, що швидкість руху олії уздовж поверхні продукту інтенсифікує теплообмін тільки в перший період обсмажування, коли ще немає скориночки і при передачі теплоти здійснюється головним чином конвекція, а випаровування вологи відбувається у поверхневих шарах продукту.

У другій період, коли утворюється скоринка, яка являє собою значний термічний опір, швидкість олії уздовж поверхні продукту дуже мало впливає на інтенсивність теплообміну.

Тривалість обсмажування залежить від багатьох чинників і, насамперед, від виду продукту, ступеня подрібнення (розмірів шматочків), температури олії, способу обсмажування, початкового і кінцевого вологовмісту продукту, швидкості видалення вологи, товщини скоринки та ін.

4 Обладнання робочого місця лабораторної роботи

Для проведення експериментальної частини роботи робоче місце оснащене автоматом АП-3М.

Автомат для приготування та смаження пончиків АП-3М входить до групи технологічних автоматів для приготування виробів з рідкого тіста, таких як автомати для приготування та смаження пиріжків АЖ-2П та АЖ-3П, автомат для випікання млинців АВП та ін.

Апарат АП-3М призначений для формування пончиків з рідкого тіста та обсмажування їх у фритюрі.

Автомат складається з таких основних вузлів: каркаса, встановленого на чотирьох стійках 2, бака для обсмажування, закритого двома кришками 15, редуктора 4, приводного диска 5 з лопатками 6, дозатора 7, привода дозатора

8, бака для тіста 9, бака доливання олії 10, компресора 12. Всередині каркаса 1 встановлений щит керування 13, пульт керування розташований у передній частині бака 10.

Робота апарата здійснюється наступним чином. Двигун 16 через клинопасову передачу передає обертаючий момент на редуктор 4, що має дві черв'ячні пари. На вхідному кінці проміжного вала насаджений кулак 17. На вихідному кінці редуктора закріплений диск 5 з лопатками 6, що мають можливість обертатися навколо шарніра. Лопатки 6 рухаються у внутрішньому кільці бака для смаження 3, заповненого фритюром.

У камері ванни розташований корпус нагрівача. У зоні також є отвір з увареним патрубком, через який здійснюється злив олії. Для видалення крихт тіста в нього встановлюється фільтр.

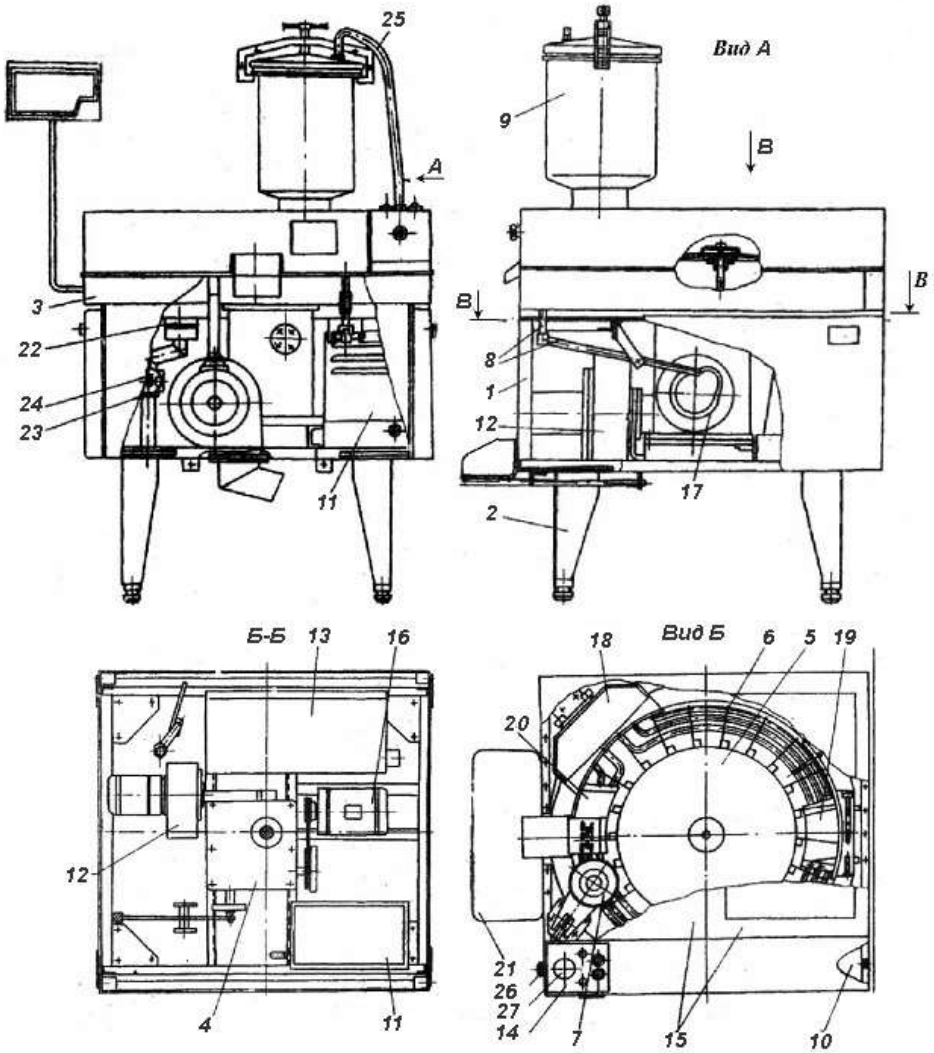

Рисунок 9 – Схема автомата для смаження пончиків АП-3М

1 - каркас; 2 - стійки; 3 - бак для смаження; 4 - редуктор; 5 - приводний диск; 6 - лопатка; 7 - дозатор; 8 - важільна система; 9 - бак для тіста; 10 - бак доливання олії; 11 - компресор; 12 - вентилятор; 13 - щит керування;

14 - пульт керування; 15 - кришка; 16 - двигун; 17 - кулак; 18 - нагрівач; 19 - гірка; 20 - склиз; 21 - приймальна тара; 22 - відстійник; 23 - зливний кран; 24 - відрізний стакан дозатора; 25 - повітропровід; 26 - дросель; 27 - манометр.

Рисунок 10 – Фото загального вигляду автомата АП-3М

Тісто, завантажене у бак, під дією своєї ваги та тиску повітря потрапляє у дозатор 7 та заповнює внутрішню порожнину корпусу дозатора. При підйомі відсікача тісто відсікається, утворюючи кільцевидну заготівку пончиків. Тиск повітря створюється компресором 11. З ресивера повітря повітропроводом 25 подається у бак для тіста 9. Регулювання величини тиску в пневмосистемі проводиться дроселем 26, а контроль – манометром 27.

Нагрівання фритюру здійснюється теплоелектронагрівачами (ТЕНами) вузла нагрівача 18.

На внутрішньому кільці бака для смаження передбачені гірка 19 та склиз 20. На гірці 19 виконується перевертання пончиків на 180°, тобто не обсмаженим боком донизу, а на склизі 20 – здійснюється викидання готового пончика з бака у приймальну тару 21. За допомогою бака підтримки рівень олії, вона автоматично залишається постійним.

Рисунок 11 – Фото робочого простору автомата АП-3М

Лопатки, що підходять до гірки 19 та склизу 20, наїжджають на них та коливаються навколо своїх осей. Дозатор вмикається відкриванням шиберу і тістові заготівки пончиків з нього потрапляють між лопатками, переміщуючись ними по баку для смаження.

Пружини утримують лопатки диска у нижньому положенні. До диска кріпиться скребок, який видаляє з дна ванни крихти тіста у фільтр. Бак має відстійник 22 та зливний кран 23.

Температура олії та її рівень у баку контролюється та підтримується електричною схемою автоматично.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АПАРАТА АП-3М

Продуктивність, шт/год.	500-580
Маса випеченого пончика, г	40-50
Місткість ванни для смаження, л	10
Місткість бака для тіста, л	20
Місткість бака доливання олії, л	13,5
Межі регулювання дозатора, г	35-55
Тиск повітря у бачку для тіста, МПа	0,02-0,07
Температура олії, С°	175-190
Час розігріву олії до робочої температури, хв.	35...40

Потужність електродвигуна, кВт 0,27

Маса, кг 250

5 Вимоги безпеки

Під час проведення роботи додержуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“. Забороняється відкривати кришки робочої зони автомата під час його роботи. Усунення несправностей та регулювання механізмів проводити тільки після остигання олії до кімнатної температури.

6 Методика проведення експерименту

6.1 Визначення геометричних параметрів робочої камери апарата

Прийняти поперечний перетин камери прямокутної форми.

Заміряти лінійкою (0…500 мм) радіус внутрішньої стінки робочої камери й визначити її внутрішній діаметр

$$d_к = 2r_к \quad (1)$$

Заміряти лінійкою (0…500 мм) радіус зовнішньої стінки робочої камери і визначити її зовнішній діаметр

$$D_к = 2R_к \quad (2)$$

Заміряти глибину робочої камери h_k глибиноміром штангенциркуля (0…125 мм).

Визначити об’єм робочої камери:

$$V_к = 0{,}25\pi \cdot h_к (D_к^2 - d_к^2). \quad (3)$$

Отримані параметри занести до таблиці 1.

Таблиця 1 – Геометричні параметри робочої камери

Позначення параметрів	d_k (м)	$D_к$ (м)	h_k (м)	V_k (м)
Числове значення				

6.2 Визначення геометричних параметрів нагрівальних елементів (електричних ТЕНів).

Нагрівальні елементи розташовані в робочій камері по колу, огинаючи диск у три ряди.

Заміряти діаметри трьох ТЕНів D_m лінійкою (0…500 мм), заміри виконувати від осі симетрії ТЕНа, м.

Заміряти зовнішній діаметр спіралі ТЕНа d_m штангенциркулем (0…125мм), м.

Визначити довжину кожного ТЕНа, м.

$$L_{mi} = \pi \cdot D_{mi} + 2l_{mi} - \delta_{mi}. \quad (4)$$

Визначити поверхню тепловіддачі кожного ТЕНа

$$S_{mi} = \pi \cdot d_{mi} \cdot L_{mi}. \quad (5)$$

Отримані параметри занести в таблицю 2.

Таблиця 2 – Геометричні параметри нагрівальних елементів

Позначення параметрів	D_m, м	d_m, м	L_m, м	S_m, м^2
ТЕН №1				
ТЕН №2				
ТЕН №3				

6.3 Визначення електричних параметрів тенів

Заміряти опір ТЕНів тестером R_{mi}

Заміряти напругу на кожному ТЕНі тестером U_{mi}

Заміряти силу струму I_{mi} під час розігріву олії тестером

Визначити потужність ТЕНів:

$$P_{mi} = U_{mi}^2 / R_m. \quad (6)$$

Отримані параметри занести в таблицю 3

Таблиця 3 – Енергетичні параметри електронагрівачів

Позначення параметрів	R_{mi}	U_{mi}	I_{mi}	P_{mi}
ТЕН №1				
ТЕН №2				
ТЕН №3				

6.4 Експериментальне визначення технічних і технологічних показників апарата для приготування пончиків

Визначення маси транспортуючих пристроїв, кг

Від’єднати одну транспортуючу лопатку від приводного диска.

Зважити лопатку на електронних вагах $g_{лоп}$.

Полічити кількість лопаток, $K_{лоп}$.

Визначити масу усіх лопаток $M = g_{лоп} \cdot K_{лоп}$ (7)

Заміряти частоту обертання приводного диска n, об/хв.

Отримані параметри занести в таблицю 4

Таблиця 4 – Основні параметри транспортуючих пристроїв

Позначення параметрів	$g_{лоп}$, кг	$K_{лоп}$, шт	M ,кг	n, об/хв.
Числове значення				

6.5 Визначити продуктивність апарата.

Визначити кількість пончиків, приготованих за 1 хвилину

Зважити кількість пончиків, приготованих за 1 хвилину G'.

Розрахувати продуктивність апарата, кг/с

$$G = G'/60. \tag{8}$$

Порахувати кількість пончиків, приготованих за 1 хвилину $K_{пон}$.

Визначити середню масу одного пончика

$$g_{пон} = G'/K_{пон}. \tag{9}$$

Зважити 10 заготовок з тіста.

Визначити вагу однієї заготовки тіста.

Визначити продуктивність апарата по тісту

$$G_{тз} = g_{тз} \cdot K_{лоп}. \tag{10}$$

Отримані параметри занести в таблицю 5

Таблиця 5 – Експлуатаційні показники апарата для пончиків

Позначення параметрів	$П$, шт/хв.	G', кг/хв.	G, кг/с	$K_{пон}$; шт/хв.	$g_{пон}$, кг	$g_{тз}$, кг	$G_{тз}$, кг
Числове значення							

6.6 Заміряти температурні дані продукту і апарата

Температура тіста, $t_т$

Температура пончика, $t_п$

Температура олії, $t_о$

Температура стінки камери для обсмажування, $t_{кам}$

Температура лопаток транспортуючого механізму до нагріву $t'_{тм}$.

Температура лопаток після нагрівання, $t_{тм}$

Отримані параметри занести в таблицю 6.

Таблиця 6 – Температурні режими процесу смаження пончиків

Позначення параметрів	$t_т$, °С	$t_п$, °С	$t_о$, °С	$t_{кам}$, °С	$t'_{тм}$, °С	$t_{тм}$, °С
Числове значення						

7 Розрахунок кількості теплоти, яку виділяють нагрівачі

7.1 Потужність однієї спіралі нагрівача (ТЕНа) визначається як:

$$P_m = U^2 / R_c \,, \tag{11}$$

де P_m - потужність одного ТЕНа, вт; U - напруга в мережі, В;

R_c - опір спіралі нагрівача, Ом.

Кількість тепла Q_m, яку виділяють нагрівачі:

$$Q_m = P \cdot \tau = \frac{U^2}{R_c} \cdot \tau \,, \tag{12}$$

де τ - тривалість нагріву олії, с.

7.2 Розрахунок теплоти на нагрів продукту, Дж/с

$$Q_1 = G \cdot C \cdot (t_n - t_m) \,, \tag{13}$$

де G - продуктивність апарата за сировиною кг/с;

t_m - температура тіста °С; t_n - температура пончика °С

7.3 Витрата тепла на випаровування вологи при обжарюванні, Дж/с

$$Q_2 = 0{,}01 G \cdot x_u \cdot r \tag{14}$$

де x_u - дійсний процент ужарювання %;

r - теплота випарювання (r = 2130 кДж/кг).

7.4. Витрата тепла через стінки камери, Дж/с = Вт

$$Q_3 = \frac{\lambda}{\delta} \cdot S_к (t_o - t_{кам}) \,, \tag{15}$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу (або стінки) , Вт/м·К; δ - товщина стінки, м; $S_к$ - площа поверхні камери, м^2; t_o - робоча температура олії, ºС; $t_{кам}$ - температура ізоляції або зовнішньої сторони стінки камери, ºС.

$$S_к = S_{1бок} + S_{2бок} + S_{дна} \,. \tag{16}$$

$$S_к = \pi \cdot D_к \cdot h + \pi \cdot d_к \cdot h + 0{,}25(\pi \cdot D_к^2 - \pi \cdot d_к^2) \,. \tag{17}$$

Витрати тепла на нагрівання транспортуючих пристроїв, Дж/с

$$Q_4 = G \cdot M \cdot C_м (t''_{тп} - t'_{тп}), \tag{18}$$

де M - маса транспортуючих пристроїв, кг; $C_м$ - питома теплоємність сталі, Дж/кг·К; τ - час нагріву транспортуючих засобів, с.

$t''_{ту}$, $t'_{ту}$ - температура транспортуючого пристрою до і після нагріву.

7.5 Витрати тепла тепловими потоками від вільної поверхні олії

$$Q_5 = C_o \cdot E \cdot S_{вільн.пов.} \cdot (0{,}01\ T_o), \quad (19)$$

де $C_o = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$(Вт/м^{2}к) - постійна Стефана - Больцмана;

E - коефіцієнт теплового випромінювання, $E \approx 1$;

$S_{вільн.пов.}$ - поверхня випромінювання, м^2.

$$S_{вільн.пов.} = 0{,}25\pi(D_к^2 - d_к^2) \quad (20)$$

7.6 Загальні витрати тепла на виробництво пончиків, Дж/с

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (21)$$

При правильному виконанні розрахунків повинна бути виконана умова теплового балансу

$$Q_T \approx Q \quad (22)$$

7.8 Кількість енергії, витраченої на виробництво одного пончика

$$Q_{понч.} = Q/n. \quad (23)$$

Вартість одного пончика

$$B_п = B_о + B_{ел} + B_б + B_{дод}, \quad (24)$$

де $B_о$ - вартість олії, грн.; $B_{ел}$ -вартість електроенергії, грн.; $B_б$ - вартість борошна, грн.; $B_{дод}$ - вартість додаткових матеріалів, грн.

8 Контрольні питання

1 Яким способом на автоматі АП-3М формується пончик?

2 Як передається тепло від поверхні електричного нагрівача до тістової заготовки пончика?

3 Назвіть способи передачі теплоти і укажіть складові витрат теплоти при виробництві пончиків.

4 Поясніть фізичну сутність питомої теплоємності матеріалу.

5 Укажіть, з яких основних вузлів складається автомат для виробництва пончиків.

6 Назвіть основні складові конструкції привода автомата для виробництва пончиків.

9 Тестові завдання

1) При якій температурі олії проводиться обсмажування тістових заготовок пончиків?

а) 105...125 ºС; б) 175...190 ºС; в) 225...250 ºС.

2) Яким чином здійснюється подача рідкого тіста з бака в дозувальний пристрій?

а) шестеренним насосом; б) самопливом (гравітаційно);
в) самопливом і стисненим повітрям від компресора.

3) На якому пристрої відбувається перекидання пончика на 180º для обсмажування з другої сторони?

а) на гірці; б) на склизі; в) на диску.

4) Укажіть напрям обертання робочого диска автомата АП-3М

а) за годинниковою стрілкою; б) проти годинникової стрілки;
в) напрям обертання не має значення.

5) Укажіть місткість ванни для смаження автомата АП-3М.

а) 10 л; б) 20 л; в) 30 л.

Рекомендована література

1 Белобоков В.В. Тепловое оборудование предприятий общественного питания. / В.В. Белобоков, Л.И. Гордон. - М.: Экономика, 1983. - 302 с.

2 Остриков А.Н. Практикум по курсу «Технологическое оборудование». / А.Н.Остриков. - Воронеж, 1999. - 423 с.

3 Кирпичников В.П. Справочник механика: (Общественное питание)./ В.П. Кирпичников, Г.Х. Леенсон - М.: Экономика, 1990. - 382 с.