

І.С.Гулий, М. М. Пушанко, Л. О. Орлов, В.Г. Мирончук,
А.І. Українець, О.Т. Лісовенко, В.М. Таран,
В.М. Гуцалюк, В.Л. Яровий,
І.М. Литовченко, Н.М. Пушанко.

ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ПЕРЕРОБНОЇ І ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

За редакцією
академіка Української академії аграрних наук І.С.Гулого

Допущено Міністерством освіти і науки України
як підручник для студентів
вищих навчальних закладів

НОВА КНИГА
ВИДАВНИЦТВО

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА В СИСТЕМІ ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ПРОДУКТАМИ ХАРЧУВАННЯ (Л.О.Орлов)	
1.1. Джерела сировини для харчових виробництв. Традиційність продуктів харчування	8
1.2. Напрямки розвитку технологічного обладнання в харчовій промисловості ..	9
1.3. Загальні відомості про технологічне обладнання харчових виробництв	10
1.3.1. Поняття про основні типи технологічного обладнання. Структура і класифікація машин і апаратів харчових виробництв	10
1.4. Значення виду вихідної сировини і готової продукції в технологічному процесі	11
1.5. Форми організації технологічного процесу і основна ознака класифікації обладнання	12
1.6. Класифікація технологічних машин за характером дії і способом відносного руху оброблюваного матеріалу	13
1.7. Основні техніко-економічні показники технічного рівня і ефективності технологічних машин	15
1.7.1. Основні терміни і визначення з надійності обладнання	16
1.8. Теорія продуктивності машин та апаратів	18
1.9. сновні положення інженерної реології харчових продуктів	21
1.9.1. Фізико-механічні і математичні поняття	22
РОЗДІЛ 2. ТИПОВІ РОБОЧІ ОРГАНИ ДЛЯ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, ЇХ КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНКИ (Л.О.Орлов)	
2.1 Робочі органи для транспортування сировини і напівфабрикатів	27
2.1.1. Стрічкові робочі органи	27
2.1.2. Пластинчасті робочі органи	29
2.1.3. Скребокві робочі органи	31
2.1.4. Ківшові робочі органи	33
2.1.5. Пружні робочі органи (грохоти)	34
2.1.6. Гвинтові робочі органи	37
2.2 Ударні робочі органи	43
2.2.1. Ударні робочі органи для подрібнення крихких матеріалів	43
2.2.2 Молоткові дробарки	44
2.2.3 Щокві дробарки	50
2.2.4. Конусні дробарки	53
2.3. Барабанні подрібнювачі	55
2.4. Вальцьові робочі органи	59
2.5. Пальцьові подрібнювачі	64
2.6. Ріжучі робочі органи	68
2.7. Робочі органи для перемішування рідких харчових продуктів	72
2.7.1. Конструкції робочих органів мішалок	74
2.8. Поршневі робочі органи	89

РОЗДІЛ 3. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ДО ОСНОВНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ (М.М.Пушанко, В.Л.Яровий, Н.М.Пушанко)

3.1. Характеристика матеріалів	91
3.1.1. Тарні штучні вантажі	91
3.1.2. Рідкі продукти	93
3.2. Склади для коренеплодів та інших насипних матеріалів	93
3.2.1. Склади для зберігання буряків	93
3.2.2. Склади для картоплі	99
3.2.3. Зерносклади підлогового зберігання	100
3.2.4. Склади безтарного зберігання зернистих і порошкоподібних матеріалів ..	101
3.2.5. Склади для зберігання рідких, пластичних та розчинних продуктів	104
3.3. Обладнання для відділення зайвих домішок від сировини і готової продукції	106
3.3.1. Відділення легких домішок	106
3.3.2. Відділення важких домішок	108
3.3.3. Вловлювачі феромагнітних домішок	112
3.4. Обладнання для очищення рослинної сировини	114
3.5. Обладнання для стерилізації і санітарної підготовки технологічного обладнання	122
3.6. Обладнання для миття сировини і тари	135

РОЗДІЛ 4

4.1. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ СИРОВИНИ ТА НАПІВФАБРИКАТІВ РОЗДІЛЕННЯМ (І.С.Гулий, В.М.Таран)	
4.1.1. Обладнання для розділення сировини методом подрібнення та перетирання	151
4.1.2. Обладнання для розділення рослинної та тваринної сировини та напівфабрикатів різанням	164
4.2. Обладнання для розділення неоднорідних систем шляхом виділення з рідких сумішей зважених твердих і колоїдних частинок	173
4.2.1. Обладнання для розділення неоднорідних систем у гравітаційному полі	173
4.2.2. Обладнання для фільтрування харчових продуктів	184
4.2.3. Осадження в полі відцентрових сил. Центрифуги	199
4.2.4. Сепаратори	215
4.2.5. Відцентрові пилеосадні апарати. Циклони	218

РОЗДІЛ 5. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ СИРОВИНИ І
НАПІВФАБРИКАТІВ З'ЄДНАННЯМ (О.Т.Лісовенко, Л.О.Орлов)

5.1. Класифікація, конструкції і розрахунок змішувальних машин	226
5.1.1. Змішувачі періодичної дії	227
5.1.2. Змішувальні машини безперервної дії	234

РОЗДІЛ 6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ СИРОВИНИ І
НАПІВФАБРИКАТІВ ФОРМУВАННЯМ (І.М.Литовченко)

6.1. Класифікація методів формування харчових продуктів і обладнання для проведення процесів формування	238
6.2. Обладнання для формування харчових продуктів шляхом пресування ..	248

6.3. Обладнання для формування харчових продуктів шляхом штампування ...	245
6.4. Обладнання для формування харчових продуктів шляхом екструзії	252
6.5. Формування харчових продуктів округленням та розкочуванням	259

РОЗДІЛ 7 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ
(В.Г.Мирончук)

7.1. Основи теорії теплопередачі	264
7.2. Класифікація обладнання для проведення теплових процесів	269
7.3. Технологічне обладнання для проведення процесів теплообміну	270
7.3.1. Загальні положення	270
7.3.2. Обладнання для проведення нагрівання і охолодження харчових продуктів	271
7.3.3. Обладнання, що використовує дію електричного струму промислової частоти	285
7.3.4. Обладнання для випаровування згущення та кристалізації харчових продуктів	286
7.4. Методи розрахунку теплообмінних апаратів	302
7.4.1. Основні положення розрахунків теплообмінних апаратів	302
7.4.2. Тепловий розрахунок	303
7.4.3. Розрахунок основних конструктивних розмірів теплообмінних апаратів	308

РОЗДІЛ 8 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ
(М.М.Пушанко, В.М.Таран, Л.О.Орлов, О.Т.Лісовенко)

8.1. Екстрагування	317
8.1.1. Вимоги до екстракційного обладнання	320
8.1.2. Класифікація екстракторів	320
8.1.3. Екстрактори періодичної дії	321
8.1.4. Розрахунок продуктивності	325
8.1.5. Екстрактори безперервної дії	326
8.1.6. Ротаційні установки	327
8.1.7. Вертикальні екстрактори	330
8.1.8. Двохколонні та багатоклонні екстрактори	332
8.1.9. Екстрактори похилого типу	337
8.1.10. Шнекові горизонтальні екстрактори	328
8.1.11. Екстрактори зрошувального типу	340
8.1.12. Розрахунок продуктивності безперервнодіючих екстракторів	343
8.2. Обладнання для перегонки та ректифікації	345
8.2.1. Ректифікаційна установка для виробництва спирту-сирцю	347
8.2.2. Брагоректифікаційні установки	349
8.2.3. Конструкції колонних ректифікаційних установок	351
8.2.4. Теплове і допоміжне обладнання ректифікаційних установок	356
8.2.5. Основи розрахунку ректифікаційних апаратів безперервної дії	359
8.3. Обладнання для проведення сорбційних процесів	363
8.3.1. Абсорбція	363
8.3.2. Конструкції абсорберів	364
8.3.3. Адсорбція	366
8.3.4. Конструкції адсорберів	368

8.3.5. Розрахунок вугільного адсорбера	369
8.3.6. Десорбція	370
8.3.7. Іонний обмін	371
8.4. Обладнання для сушіння харчових продуктів	373
8.4.1. Основи теорії сушіння	373
8.4.2. Класифікація і конструкції сушарок	378
8.4.2.1. Барабанні сушарки	378
8.4.2.2. Камерні протитечійні конвективні сушарки	381
8.4.2.3. Вакуум-сушильні установки	382
8.4.2.4. Стрічкові сушарки	382
8.4.2.5. Шахтні сушарки	384
8.4.2.6. Вальцеві сушарки	384
8.4.2.7. Сушарки з киплячим шаром	385
8.4.2.8. Сушарки з віброкиплячим шаром	388
8.4.2.9. Розпилювальні сушарки	390
8.4.3. Особливі способи сушіння	395
8.4.3.1. Сушіння сублімацією	395
8.4.3.2. Сушіння інфрачервоними променями	396
8.4.3.3. Сушіння в полі струмів високої частоти	397
8.5. Обладнання для гіротермічної і теплової обробки тістових напівфабрикатів	397
8.5.1. Призначення і класифікація хлібопекарських печей	397
8.5.2. Основи теорії випікання	399
8.5.3. Будова, схеми обігрівання та теплові режими сучасних хлібопекарських печей	402
8.5.4. Перспективні конструкції хлібопекарських печей	411
8.5.5. Основи розрахунку хлібопекарських печей	413
8.6. Обладнання для обсмажування харчових продуктів	417
8.6.1. Немеханізована пароолійна обсмажувальна піч	418
8.6.2. Механізована обсмажувальна піч М-8	421
8.6.3. Обсмажувальна піч з виносною нагрівальною камерою	424
8.6.4. Обсмажувальна піч з електричним нагрівником	424
РОЗДІЛ 9. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ (Л.О. Орлов)	
9.1. Класифікація обладнання	427
9.2. Обладнання для виробництва солоду	427
9.2.1. Машино-апаратурна схема виробництва солоду	427
9.2.2. Апарат для миття та замочування зерна	429
9.2.3. Розрахунок замочувального апарата	429
9.2.4. Обладнання для пророщування зерна	432
9.2.5. Пневматична ящикова солодовня	433
9.2.6. Тепловий баланс і розрахунок кількості повітря для ящикової пневматичної солодовні	434
9.2.7. Визначення основних параметрів солодовні з пересувною грядкою	439
9.2.8. Барабанні солодовні	441
9.2.9. Розрахунок пневматичного солодоростильного барабана	442
9.3. Обладнання для виробництва хлібопекарних дріжджів	446

9.3.1. Дріжджеростильні апарати	447
9.3.2. Розрахунок дріжджеростильного апарата	450
9.4. Обладнання для виробництва спирту	453
9.4.1. Змішувач-передрозварник	454
9.4.2. Варочні апарати	456
9.4.3. Розрахунок варочних апаратів і змішувачів безперервної дії	456
9.4.4. Апарати для охолодження і зцукрювання заторів	458
9.4.5. Зцукрюючий апарат	459
9.4.6. Бродильні чани	459
9.4.7. Розрахунок бродильного апарата	460
9.5. Обладнання виноробного виробництва	463
9.6. Обладнання пивоварного виробництва	466
9.7. Обладнання для виробництва хлібного квасу	468
9.8. Обладнання для проведення мікробіологічних процесів при приготуванні рідких опар	470

РОЗДІЛ 10. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ТА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ТА НАПІВФАБРИКАТІВ

(А.І.Українець)

10.1. Обладнання для пастеризації та стерилізації харчових продуктів	474
10.1.1. Стерилізатори періодичної дії	477
10.1.2. Стерилізатори безперервної дії	493
10.1.3. Пастеризаційні установки	501
10.2. Електрофізичні методи оброблення харчових продуктів	513
10.2.1. Електроконтактне нагрівання	513
10.2.2. Електроплазмоліз	515
10.2.3. Пастеризація та стерилізація струмами високої та надвисокої частоти	518
10.2.4. Інфрачервона пастеризація	521
10.2.5. Обладнання для ультрафіолетового опромінення	525
10.2.6. Оброблення пружними хвилями	528
10.2.7. Установки для магнітного оброблення харчових продуктів	529
10.2.8. Установки для оброблення харчових продуктів електричними полями	534

Розділ 11. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ РОЗЧИНІВ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ МЕМБРАННИМИ МЕТОДАМИ (В.М.Гуцалюк)

11.1. Сутність основних мембранних методів	536
11.2. Мембранні елементи і апарати із плоскими мембранами	541
11.3. Мембранні апарати з рулонними елементами	551
11.4. Мембранні елементи і установки з трубчастими мембранами	554
11.5. Мембранні елементи і установки з капілярними мембранами	560

Література

Зміст

РОЗДІЛ 6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ СИРОВИНИ І НАПІВФАБРИКАТІВ ФОРМУВАННЯМ

6.1. Класифікація методів формування харчових продуктів і обладнання для проведення процесів формування

У харчовій промисловості отримання продукту методом формування зустрічається практично в усіх галузях. Для класифікації різноманітного технологічного оформлення процесу розрізняють такі способи формування:

1) шляхом пресування з метою надання напівфабрикату певної щільності та форми (наприклад, отримання цукру-рафінаду);

2) шляхом штампування з метою надання напівфабрикату певної форми (отримання тістових заготовок для печива);

3) шляхом екструзії, тобто видавлювання з подальшим поділом напівфабрикату на окремі вироби (отримання макаронних виробів); залежно від властивостей напівфабрикату тиск, потрібний для екструзії, досягається за допомогою таких способів нагнітання, як шнековий, валковий, поршневий, лопатевий, шестеренний;

4) шляхом округлення та розкочування (обробка батоноподібних тістових напівфабрикатів у хлібопекарській промисловості).

При аналізі умов, в яких проходять згадані процеси формування, можна виділити такі їх особливості:

- у перших двох випадках напівфабрикат **ЗДАВЛЮЄТЬСЯ** в замкненому об'ємі до певного тиску, при якому відбувається утворення виробу;

- у третьому випадку напівфабрикат **здавлюється** в обмеженому об'ємі до потрібного тиску, але поступово **ВИДАВЛЮЄТЬСЯ** крізь калібровані отвори;

- у останньому випадку напівфабрикат обробляється на площині чи профільованій поверхні методом **НАДАВЛЮВАННЯ**, не будучи вміщеним у замкнений об'єм.

В усіх випадках відбувається обробка матеріалу підвищеним тиском.

Відповідно до перерахованих методів формування існує і обладнання для їх реалізації.

Наочно оцінити різноманітність методів формування та галузей їх використання дає можливість класифікація, зроблена А.Я. Соколовим [39], (рис. 6.1).

Так, спосіб а) використовується при формуванні макаронних виробів; б) - при пресуванні винограду та в олійному виробництві; в) при переробці сирого жому; г) - в кондитерській промисловості при отриманні корпусів цукерок; д) - при отриманні гранул продукту; е) при пресуванні цукру; ж) - при отриманні порцій концентратів; з) при пресуванні цукру; к) - при виробництві карамелі; л) - при пресуванні картопляної мезги; м) - при пресуванні винограду; н) - при пресуванні чаю; о) - при пресуванні винограду; п) - при виробництві концентратів.

6.2. Обладнання для формування харчових продуктів шляхом пресування

Процес формування, в результаті якого змінюються щільність та форма харчового продукту, називатимемо пресуванням. В його ході продукт вміщується в замкнений

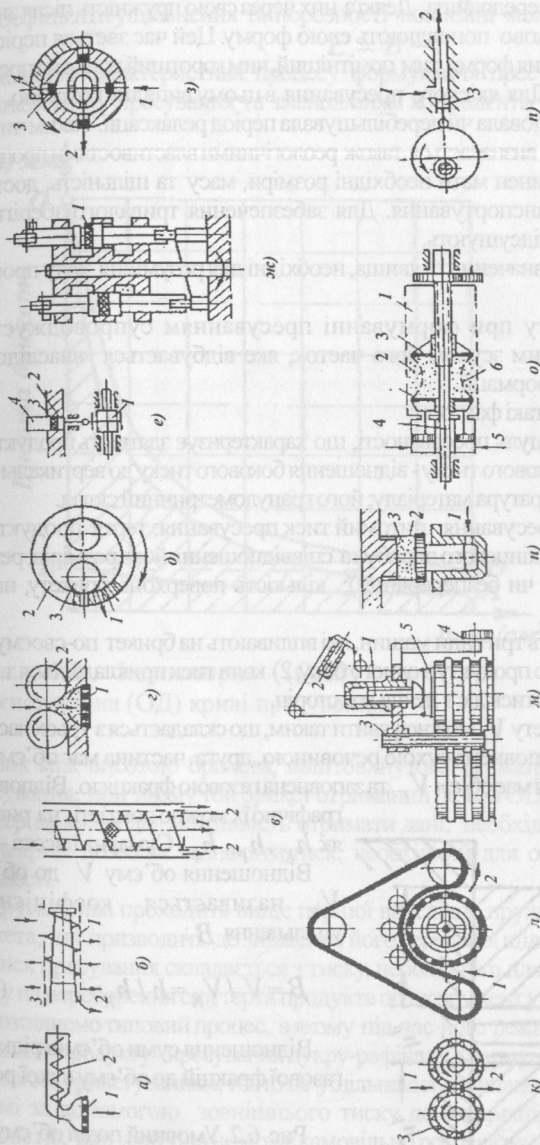


Рис. 6.1. Способи отримання виробів формуванням у харчовій промисловості та схеми робочих органів машин для цьоло: рис. а: 1 - матриця, 2 - шнек; рис. б: 1 - стічний циліндр, 2 - тверда фракція, 3 - рідка фракція; рис. в: 1 - рідка фракція, 2 - тверда фракція; рис. г: 1 - матриця, 2 - валки; рис. д: 1 - вихід гранул, 2 - матриця 3 - пресуючі валки; рис. е: 1 - ексцентрикний вал, 2 - нижній пуансон, 3 - брикет, 4 - верхній пуансон; рис. ж: 1 - готовий брикет; рис. з: 1 - засипання продукту в матрицю, 2 - виштовування брикета, 3 - брикет, 4 - пуансон; рис. к: 1 - надходження продукту, 2 - вихід брикета, 3 - ротор; рис. л: 1 - надходження продукту, 2 - вихід брикета; рис. м: 1 - подача рідкини для робочого ходу плужера, 2 - пресформа, 3 - вихід брикета; рис. н: 1 - стічний циліндр, 2 - продукт, що пресується, 3 - пресуючі плити, 4 - гвинт, 5 - подача рідкини в циліндрі переміщення плити, 6 - ланцюги для розпушування продукту при розсуванні плити; рис. о: 1 - надходження продукту ту, 2 - вихід брикета, 3 - поршень.

об'єм та піддається дії тиску.

Як правило, більшість харчових продуктів, що отримуються пресуванням, - це пружно-в'язко-пластичні середовища. Деякі з них через свою пружність після зняття тиску за якийсь час частково поновлюють свою форму. Цей час зветься періодом релаксації. Ефект поновлення форми тим помітніший, чим коротший вплив на продукт з боку робочого органа. Для якісного пресування в цьому випадку потрібно, щоб тривалість процесу дорівнювала чи перебільшувала період релаксації. Таким чином, продуктивність обладнання визначається також реологічними властивостями продукту.

Отриманий брикет повинен мати необхідні розміри, масу та щільність, достатні для його подальшого транспортування. Для забезпечення тривалого зберігання продукту його додатково підсушують.

Розглянемо основні визначення та явища, необхідні для розуміння ходу процесу [39].

Ущільнення продукту при формуванні пресуванням супроводжується подрібненням та відносним зсувом його часток, яке відбувається внаслідок їх пластичної та пружної деформації.

На процес впливають такі фактори:

1 група - реологічні: модуль пресованості, що характеризує здатність продукту до ущільнення; коефіцієнт бокового тиску - відношення бокового тиску до вертикального; вологість матеріалу; температура матеріалу; його гранулометричний склад.

2 група - за умовами пресування: питомий тиск пресування; тертя продукту об поверхню матриці; форма кінцевого виробу та співвідношення його розмірів; режим пресування (періодичний чи безперервний); кількість поверхонь брикету, на які безпосередньо діє тиск.

На практиці розрізняють три типи машин, які впливають на брикет по-своєму, - 1) коли тиск прикладається до продукту з одного боку, 2) коли тиск прикладається з двох протилежних боків, 3) коли тиск діє з декількох сторін.

Схематично об'єм брикету V можна уявити таким, що складається з трьох частин: перша має об'єм V_K та заповнена сухою речовиною, друга частина має об'єм V_P та заповнена рідиною, третя має об'єм V_G та заповнена газовою фракцією. Відповідно

графічно їх можна показати на рис.6.2, як h_K, h_P, h_G . Сумарна висота - h .

Відношення об'єму V до об'єму V_K називається коефіцієнтом ущільнення B :

$$B = V / V_K = h / h_K \quad (6.1)$$

Відношення суми об'ємів рідкої та газової фракції до об'єму сухої речо-

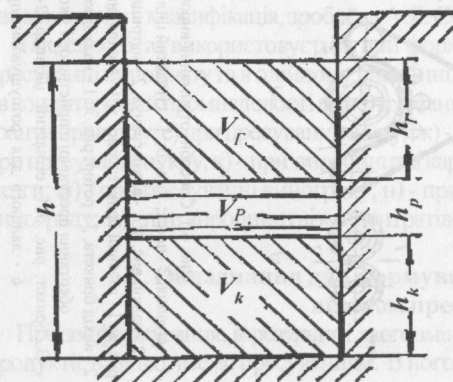


Рис. 6.2. Умовний поділ об'єму продукту, що пресується, на окремі фракції

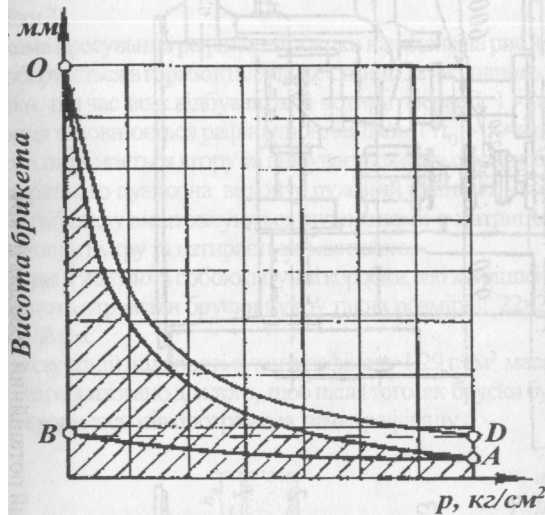
ни називається коефіцієнтом порозності:

$$E = (V_p + V_r) / V_k \quad (6.2)$$

ефіцієнти ущільнення та порозності пов'язані між собою співвідношенням:

$$E = B - 1 \quad (6.3)$$

жлива характеристика процесу формування пресуванням - залежність між ком тиску пресування та зменшенням коефіцієнта ущільнення речовини. Ця



р. 6.3. Індикаторна (OAB) та технологічна (OD) криві пресування.

ок між висотою брикета, виштовхнутого з матриці, та кінцевим тиском ування, при якому той брикет отриманий (крива OD).

ерша крива дає можливість отримати дані, необхідні для розрахунку пресів; а крива дозволяє визначити тиск, необхідний для отримання брикета заданої ості.

руга крива проходить вище першої внаслідок пружної деформації готового ета, що призводить до зниження його середньої щільності.

иск пресування складається з тиску, необхідного для ущільнення продукту, та на переборення сил тертя продукту об інструмент у ході його ущільнення.

зглянемо типовий процес, в якому під час його реалізації значно збільшується ність продукту - пресування цукру-рафінаду. Формування, яке відбувається, ще ають брикетуванням, тобто це ущільнення насипаного продукту в замкненому лі за допомогою зовнішнього тиску до отримання монолітного брикета з ністю, при якій тіло не може самовільно розпадатись.

Тисковий ротаційний прес. Він використовується для отримання брусків цукру-аду, які потім розколюються на шматочки, є типовим механізмом, на прикладі

залежність виглядає графічно (рис.6.3) як дві криві пресування:

1) індикаторна крива, яка встановлює зв'язок між висотою брикета в матриці та тиском пресування (крива OAB); крива пресування OAB складається з гілки навантаження OA - стискування речовини під зовнішнім тиском та гілки розвантаження AB - звільнення стислого брикету від прикладеного до нього тиску та часткове відновлення розміру;

2) технологічна крива, яка встановлює

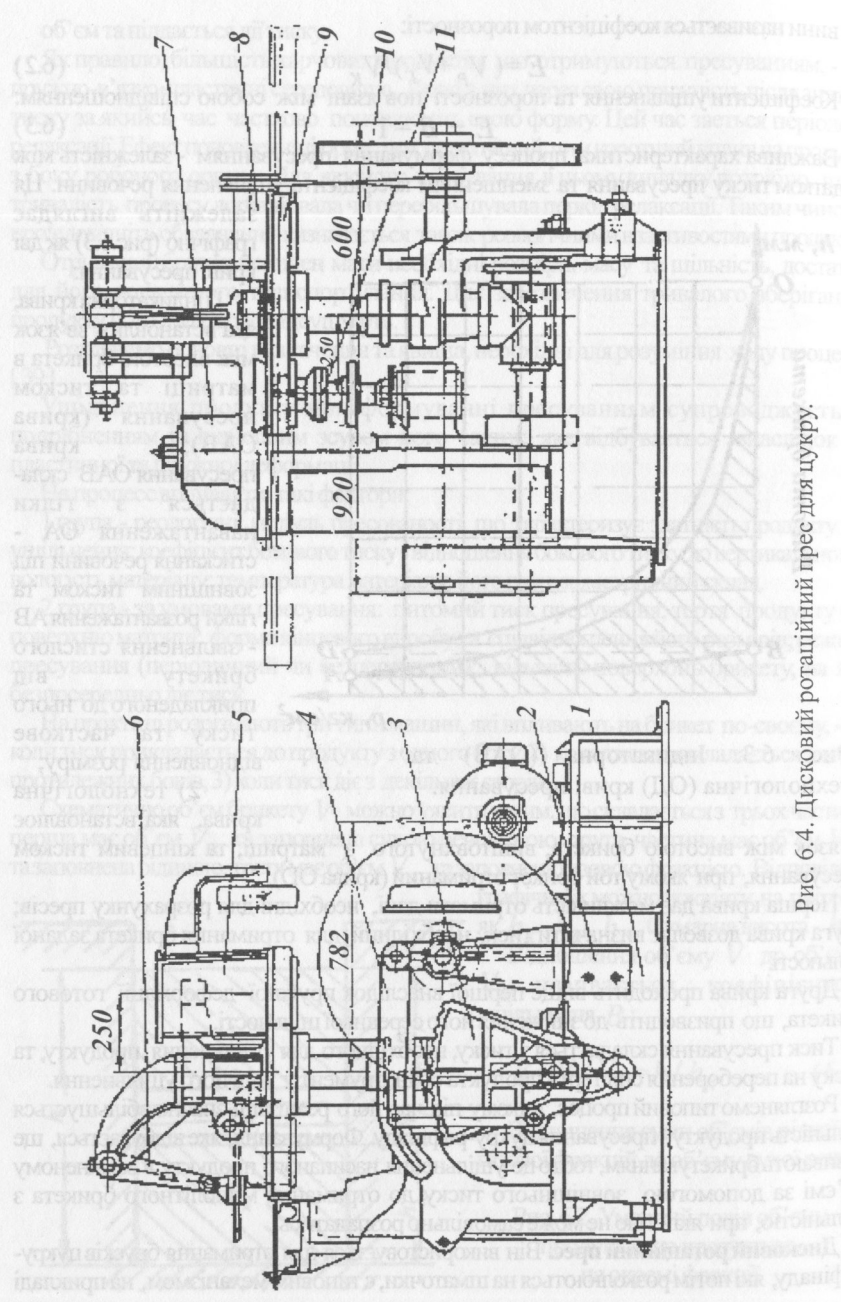


Рис. 6.4. Дискотый ротатый прес для цукру.

роботи якого можна побачити всі стадії процесу пресування, познайомитись з особливостями його перебігу [7].

Він складається (рис.6.4) з таких основних вузлів: набивної коробки 5 для прийому сирі рафінадної кашки; валу 10 з дисками 9 з матрицями та пуансонами 11, упора 7 для пресування брусків рафінаду; механізму для натирання пуансонів 8, механізму для подачі цукру в матриці; механізму 6 для зіштовхування відпресованих брусків рафінаду; механізму для підйому пуансонів 4, механізму 3 для поворота диска; станини 1, стойки 2.

Схема пресування рафінадної кашки наведена на рис. 6.5. Прес має круглий стіл, який обертається в горизонтальній площині. За час одного оберту стіл робить чотири зупинки, під час яких відбуваються чотири операції: 1 - пуанسونи відведені донизу і матриця заповнюється рафінадною кашкою (h_0 - початкова висота заготовки); 2 - пуансон піднімається вгору та відбувається формування брусків рафінаду, причому роль верхнього пуансона виконує рухомий клин (h - кінцева висота брикету); 3 - бруски рафінаду виштовхуються пуансонами з матриць; 4 - пуансон очищається від залишків цукру та натирається мастикою.

Матриці уявляють собою латунні коробки, які закріплені в отворах диску. Матриці дозволяють отримати бруски цукру таких розмірів: 22x22x188 мм, 22x23x184 мм, 24x24x188 мм.

При середній щільності сухого рафінаду 1,29 г/см³ маса одного бруска дорівнює 125 г. Це розраховано для того, щоб після того, як бруски будуть розколоті, з чотирьох штук утворилась півкілограмова пачка рафінаду.

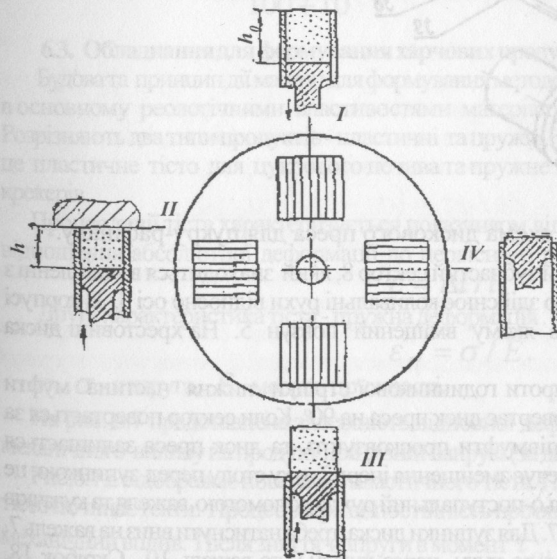


Рис. 6.5. Схема пресування рафінадної кашки.

Важливо простежити, як забезпечується послідовність всіх чотирьох перерахованих вище операцій отримання рафінаду. Кінематичний зв'язок вузлів показаний на рис. 6.6.

Всі механізми приводяться до руху від електродвигуна 1 через передаючі шестерні 2, 25, 27, 29, 30, 32 та три горизонтальних вали 31, 33, 34. На валу 32 є кінцева шестерня 37, яка приводить в обертальний рух зірочку 38, від неї рух передається пальчастим валам 24 набивної коробки.

Перервний, поступовий рух диска 16 відбувається у такому порядку. На втулці

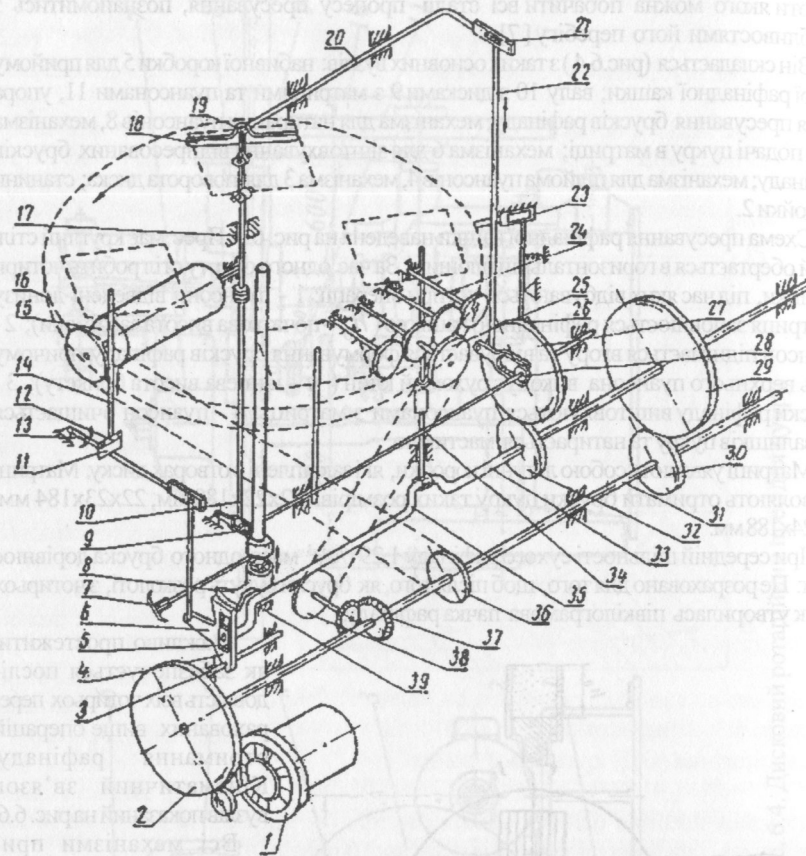


Рис. 6.6. Кінематична схема дискового преса для цукру-рафінаду.

хрестовини диска закріпленій зубчастий сектор 8, який знаходиться в заціпленні з вертикальним сектором 4, що здійснює коливальні рухи відносно осі 3. В корпусі зубчастого сектора є виріз, в якому вміщений повзун 5. На хрестовині диска закріплена муфта зчеплення.

При повороті сектора 8 проти годинникової стрілки нижня частина муфти з'єднується з верхньою та повертає диск преса на 90° . Коли сектор повертається за годинниковою стрілкою, напівмуфти просковзують та диск преса залишається нерухомим. Гальмо 23 забезпечує зменшення інерції руху столу перед зупинкою; це гальмо приводиться в зворотньо-поступальний рух за допомогою важеля та кулачків 26, розміщених на шестерні 27. Для зупинки диска треба натиснути вниз на важель 7. Виштовхувач 17 приводиться до руху через кулісу 9 та важель 10. Скрібкок 18, призначений для зсування відпресованих брусків з пуансона на сушильну планку,

приводиться до руху важелем 19.

Всі деталі преса, що контактують з цукровими брусками, виготовлені з латуні. Для запобігання прилипанню кашки рафінаду робоча поверхня матриць та пуансонів полірується. Для нормальної роботи преса всі його механізми повинні бути чітко відлагоджені. Надійність взаємодії всіх деталей перевіряється ручним провертанням диска преса в робочому напрямку.

До недоліків дискових пресів слід віднести коливання потужності та навантаження на механізми, що впливає із циклічності самого процесу пресування.

Розглянемо методику розрахунку основного параметра дискового преса - продуктивності, що визначається в розмірності, прийнятій на цукрових заводах :

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot m \cdot n \cdot p \cdot k}{(100 + b) \cdot 10}, \text{ т/добу} \quad (6.4)$$

або в СІ:

$$G = \frac{100 \cdot m \cdot n \cdot p \cdot k}{100 + b}, \text{ кг/с}, \quad (6.5)$$

де m - кількість пресувань за хвилину (секунду); n - кількість брусків за одне пресування; p - маса бруска, кг; k - експлуатаційний коефіцієнт; b - кількість зворотніх відходів при пресуванні, колці та сушінні (в % до маси рафінаду).

Визначимо продуктивність для малої моделі дискового преса:

$$G = \frac{100 \cdot 0,43 \cdot 7 \cdot 0,125 \cdot 0,96}{100 + 10} = 0,33 \text{ кг/с.}$$

6.3. Обладнання для формування харчових продуктів шляхом штампування

Будова та принцип дії машин для формування методом штампування визначається в основному реологічними властивостями матеріалу, з якого формується виріб. Розрізняють два типи продуктів - пластичні та пружні. Типові зразки таких речовин - це пластичне тісто для цукрового печива та пружне тісто для галетного печива та крекерів.

Процес течії тіста характеризується показником відносної деформації - ε . Це є відношення абсолютної деформації до первісного розміру зразка l , тобто

$$\varepsilon = \Delta l / l \quad (6.6)$$

Друга характеристика тіста - пружна деформація. Вона дорівнює:

$$\varepsilon_{II} = \sigma / E, \quad (6.7)$$

де σ - напруга, E - модуль пружності.

На рис. 6.7 представлена залежність відносної деформації ε від тривалості τ механічного впливу на продукт при різній напрузі (за даними Г.А. Маршалкіна) [26].

Рис.6.7.а відображає поведінку пластичного тіста. Під дією прикладеної напруги тісто починає текти. Процес зберігає постійність протягом часу, поки продовжується механічний вплив. Після зняття напруги в момент τ_1 , тобто коли $\sigma = 0$, пластична деформація ε_{III} повністю залишиться, лінія деформації стає паралельною осі абсцис.

На рис. 6.7.б показана поведінка під напругою пружного тіста. Коли до нього

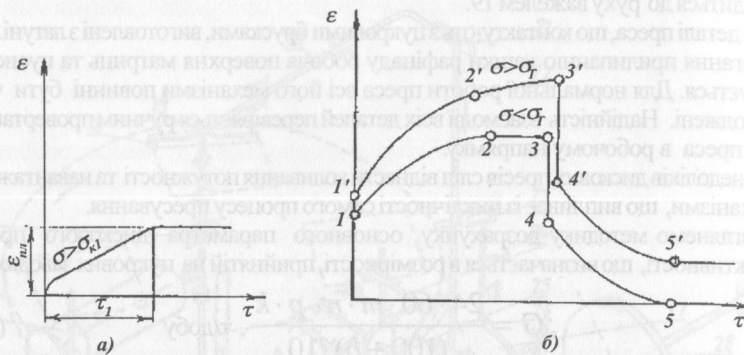


Рис. 6.7. Криві деформації тіста під дією прикладеної напруги: а - пластичного; б - пружного.

прикладена напруга σ , яка менша напруги текучості σ_T , то має місце пружна деформація. Вона відкладається на осі ординат. При подальшій дії напруги починається еластична деформація (крива 1-2). Коли пружні властивості тіста вже врівноважують вплив постійної напруги, то деформація не змінюється (лінія 2-3). Якщо напругу зняти (точка 3), то пружна деформація миттєво зникає, що відображається прямою 3-4. А еластична деформація зникає поступово (крива 4-5), в процесі чого зразок набуває первинних розмірів. Відносна деформація дорівнює нулю, і точка 5 знаходиться на осі абсцис.

Інший випадок, коли напруга σ стає більшою ніж напруга текучості σ_T . Тоді розвиток процесу деформації відображений графіком 1 ϕ -5 ϕ . Пружна деформація відзначена точкою 1 ϕ . Крива 1 ϕ -2 ϕ показує пружної та еластичної деформації. Ділянка 2 ϕ -3 ϕ показує ситуацію, коли з'являється пластична деформація, тобто тісто починає текти з постійною швидкістю V :

$$V = d\epsilon / d\tau = (\sigma_1 - \sigma_T) / \mu_{пл}, \quad (6.8)$$

де $\mu_{пл}$ - пластична в'язкість.

У такому режимі тісто може деформуватись до повного руйнування первісного зразка. Але якщо в момент, позначений як 3 ϕ зняти напругу, то спочатку миттєво зникає пружна деформація (пряма 3 ϕ -4 ϕ), а потім зникає еластична деформація (крива 4 ϕ -5 ϕ). Залишається пластична деформація, яка вимірюється висотою точки 5 ϕ над віссю абсцис.

Для тіста пружні та еластичні властивості характеризуються вмістом та якістю білкового внутрішнього каркасу - клейковини.

Для формування виробу з пружного тіста треба зруйнувати клейковинну структуру для збільшення пластичності. В іншому випадку зразок тіста з розмірами заготовки для печива при штампуванні залишається в ділянці еластичної деформації. Послаблення білкового каркасу здійснюють методом багаторазової прокатки тіста у взаємно перпендикулярних напрямках.

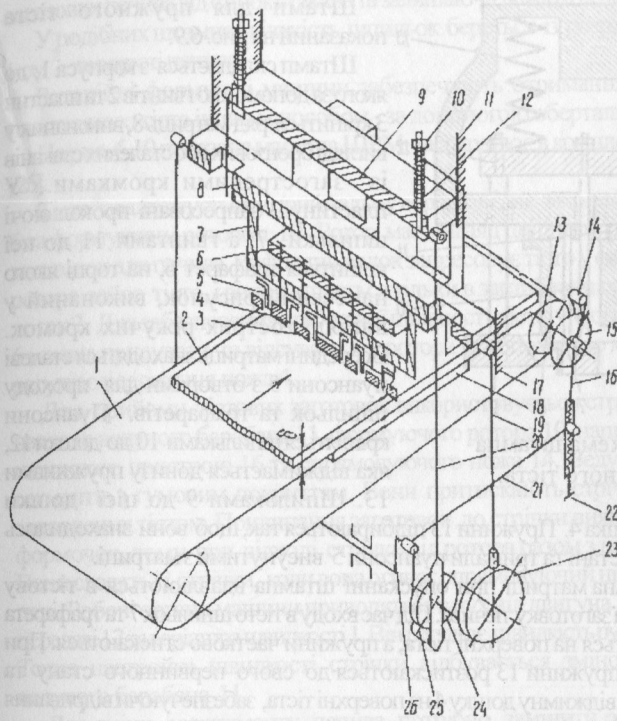


Рис. 6.8. Схема робочих органів штампувальної машини для пластичного тіста.

за годинниковою стрілкою собачка впирається в зуб храпового колеса 15 та повертає його разом з приводним барабаном 13. Переміщення стрічки транспортера регулюється за допомогою рукоятки 22. Транспортер періодично подає стрічку тіста 2 під штампуючий механізм, зміщуючись на один крок між рядами печива за один оберт кривошипа 26. Кулачок 24 тягою 20 переміщує повзун 9. До нього прикріплена частина 6 штампа з віджимною дошкою 3 та пуансонами 4, на яких вигравіруваний рисунок, що переноситься на печиво. Спочатку пуансони опускаються на стрічку тіста та притискають його до транспортувальної стрічки, яка лежить на столі 18, а потім в стрічку тіста занурюються ножі 5 та відрізають від неї заготовки печива. Ножі прикріплені до другої частини штампа 7, з'єднаного з повзуном 8. Повзун переміщується шатуном 19 від ексцентрика 23.

Якщо потрібно штампувати печиво із стрічки пружного тіста, використовується штампуючий механізм з однією ведучою ланкою - ексцентриком 23. До повзуна 8 приєднується штамп легкого типу.

Штампи для пружного тіста працюють методом вирізання заготовки із тістової стрічки. Видавлювання не залишає слідів на верхній печива, тому навіть рисунок на заготовку наносять шляхом надрізання.

Штампувальні машини для печива. Прикладом будови штампувального обладнання може служити машина для виробництва заготовок печива з цукрового, пластичного тіста (рис. 6.8) [39].

Конвеєр 1 приводиться до руху періодично за рахунок храпового механізму. Кривошип 26 обертається та тягою 21, повертає коромисло 16 з собачкою 14. При повороті коромисла

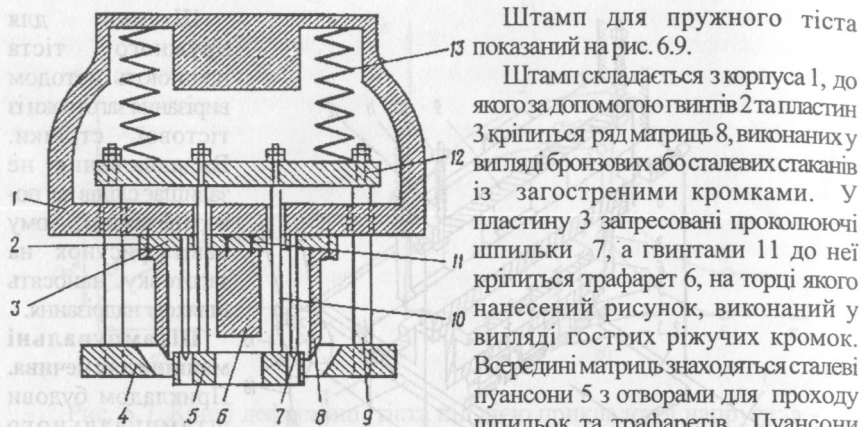


Рис. 6.9. Схема штампа для пружного тіста.

Ріжучі кромки стаканів матриці при опусканні штампа вдавлюються в тістову стрічку та висікають з неї заготовку печива. Під час входу в тісто шпильок 7 та трафарета 6 пуанسونи 5 залишаються на поверхні тіста, а пружини частково стискаються. При виході стаканів із тіста пружини 13 розтискаються до свого первинного стану та тримають пуанسونи 5 та віджимну дошку 4 на поверхні тіста, забезпечуючи відривання

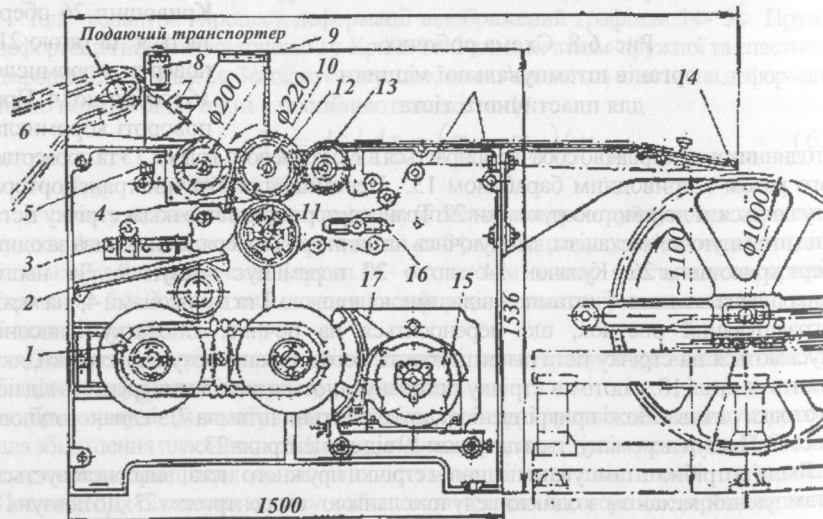


Рис. 6.10. Ротаційна формуюча машина ШРМ.

заготовки печива від стінок стакана та залишаючи лежати їх на транспортерній стрічці.

У подібних штампах кількість шпильок береться із розрахунку одна шпилька на 1 см^2 поверхні печива.

Ротаційні формуючі машини забезпечують отримання тістових заготовок із пластичного тіста іншим способом - за допомогою обертового руху.

На рис. 6.10 показана машина ШРМ, яка працює в комплексі з стрічковою пічкою [26].

Тісто завантажується у приймальну воронку 7, де захоплюється рифленим валком 6 та формуючим ротором 10. Ротор має вигляд циліндру із заглибленнями у формі заготовок для печива. Рифлений валок запресовує тісто у формочки. Ніж 4 зчищає з ротора зайве тісто, і воно лишається тільки в заглибленнях. Зчищене тісто спадає в лоток 2. Для забезпечення стабільної щільності тіста у формочках рифлений валок 6 можна присувати чи відсувати від ротора за допомогою механізму 5. Механізм 3 регулює положення ножа 4.

Для прийому тістових заготовок використовується стрічка 13. Вона рухається навколо ведучого барабана 11, формуючого ротора 10, направляючого барабана 12, натяжного пристрою 16 та спрямовуючого ножа 14. Ведучий барабан виконано з сегментів з гумовим покриттям. Вони притискають стрічку до формочок ротора, заповнених тістом. Прилипання заготовок до стрічки виявляється більшим, ніж до формочок, тому при відході стрічки від ротора разом з нею рухаються заготовки. Вони сходять із стрічки, коли вона огинає спрямовуючий ніж, та укладаються на під печі. Робочі органи машини приводяться в рух від двигуна 15 за допомогою пасової передачі 17 та варіатора швидкості 1. Він регулює швидкість руху валків та транспортера. Точна настройка швидкості стрічки відбувається зміною положення сегментів ведучого барабана 11.

Для зміни асортименту печива потрібно замінити ротор. Їх набір входить в комплект машини. В середньому на роторі вміщується 48 комірок для печива. Частота його обертання $0,18 \text{ с}^{-1}$. На практиці для оцінки ефективності роботи машини слід враховувати коефіцієнт зворотніх відходів, який показує відсоток якісних тістових заготовок та дорівнює в середньому 0,85.

Приведемо методику розрахунку основних технічних показників роботи ротаційних формуючих машин.

ПРОДУКТИВНІСТЬ:

$$1) \text{ за готовим печивом - } P_{\Pi} = Z \cdot n \cdot C / K, \text{ кг/с,} \quad (6.9)$$

де Z - кількість комірок на роторі; n - частота обертання ротора, с^{-1} ;

C - коефіцієнт, що враховує наявність зворотніх відходів; K - кількість печива в 1 кг.

$$2) \text{ за тістом - } P_T = P_{\Pi} \cdot (100 - W_{\Pi}) / (100 - W_T), \text{ кг/с,} \quad (6.10)$$

де W_{Π} - вологість печива, %; W_T - вологість тіста, %.

ПОТУЖНІСТЬ ПРИВОДА:

$$N = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M / (1000 \cdot \eta), \text{ кВт,} \quad (6.11)$$

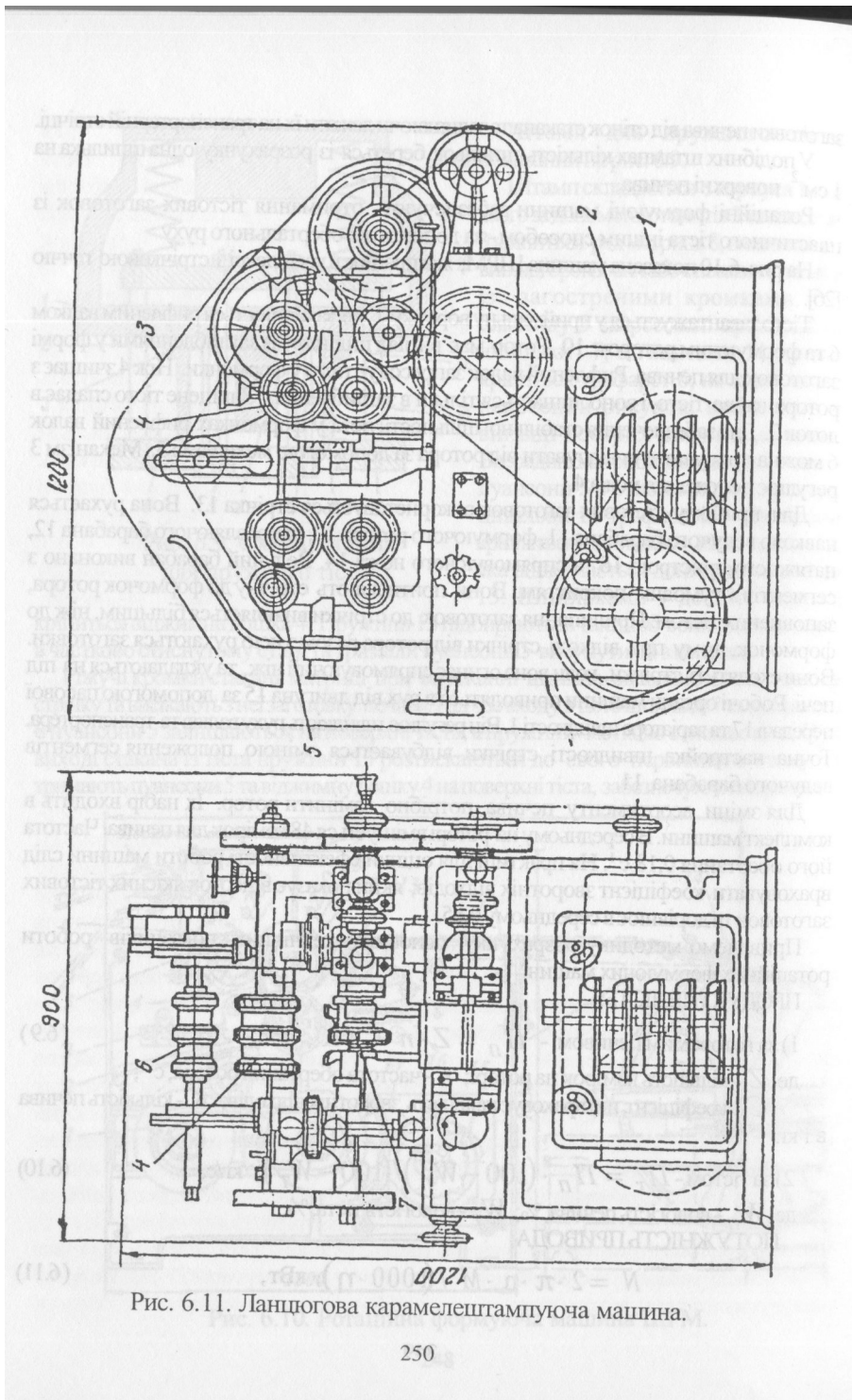


Рис. 6.11. Ланцогова карамелештампувача машина.

де M - обертовий момент для привода валків, Н × м; n - частота обертання ротора, c^{-1} ; η - коефіцієнт корисної дії привода.

Визначимо показники формуючої машини ШРМ, підставивши відповідні чисельні значення:

$$P_{II} = 48 \times 0,18 \times 0,85 / 63 = 0,117 \text{ кг/с}$$

$$P_T = 0,117 \times (100 - 5) / (100 - 16,8) = 0,13 \text{ кг/с}$$

$$N = 2 \times 3,14 \times 0,18 \times 800 / (1000 \times 0,6) = 1,51 \text{ кВт}$$

Штампувальні машини для карамелі. Карамельна маса у вигляді джугта, який направляється на формування готових виробів, веде себе як пластичне тіло. Напрута у ньому під час пресування пропорційна швидкості деформації. Тому це треба зауважувати при конструктивному оформленні процесу.

Штампувальна машина типу Ш-3 зображена на рисунку 6.11 [26]. Вона складається із станіни 1, приводу 2, захисного кожуха 3. Робочими органами є штампуючі ланцюги: верхній закріплений на зірочці 4, роликах 5 та 6, нижній на зірочці 7. Зазор між ланцюгами може регулюватись.

Карамельний джугт поступає в машину через спрямовуючу трубку, захоплюється верхнім та нижнім ланцюгами, надрізається та стискається формуючими пуансонами, які після штампування залишають між цукерками тонкі перемички з карамельної маси товщиною 1...2 мм. Тому відформована карамель рухається стрічкою. При

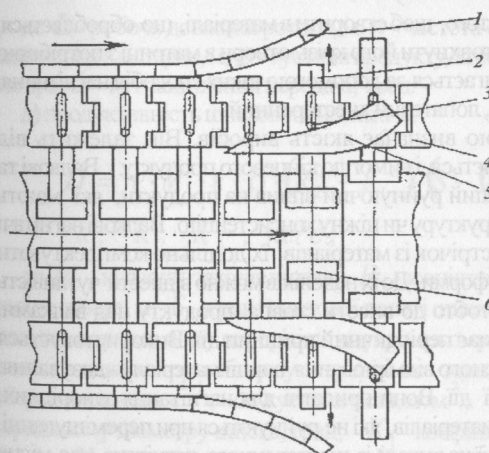


Рис. 6.12. Схема руху робочих органів карамельштампувальної машини.

виході карамелі із формуючих ланцюгів пуансони розсуваються за допомогою розводячих ползків.

На рис. 6.12 показані штампувальні ланцюги з пуансонами та пристрої для їх зведення та розведення, а також подано напрям руху штампуючого ланцюга 4 та бокових ланцюгів 1. Пуансони 6 спочатку стискають карамельки, тобто бокові ланцюги 1 дають на хвостовики 2. Потім ланцюги розходяться в сторони. У цей момент штифти 3 стикаються з нерухомими спрямовуючими 5 та під їх тиском відводять пуансони в сторони, звільняючи карамель.

Продуктивність карамельштампувальної машини

600...800 кг/г. Штампуючі ланцюги рухаються зі швидкістю 0,7...1,1 м/с. Потужність привода 1,7 кВт.

Розраховується продуктивність даної машини через врахування швидкості руху ланцюгів:

$$P = V \cdot C / (K \cdot S), \text{ кг/с}, \quad (6.12)$$

де V - швидкість ланцюгів з пуансонами, м/с; C - коефіцієнт використання машини; K - кількість виробів в 1 кг, шт; S - крок закріплення пуансонів, м.

Піставимо відповідні чисельні дані для ротаційної каремелештампуючої машини Ш-3:

$$P = 0,9 \times 0,92 / 118 \times 0,038 = 0,158 \text{ кг/с} \quad (6.13)$$

6.4. Обладнання для формування харчових продуктів шляхом екструзії

Метод формування шляхом екструзії поширений у харчовій промисловості. За допомогою нього виробляються ковбасні вироби, дозується та формується масло та сир, утворюються хлібні палички та соломка. Найбільш поширене таке обладнання у макаронній та кондитерській промисловості.

Матеріал, що обробляється, уявляє собою пластичну масу, в'язко-пружну неньютонівську рідину із складними реологічними параметрами, які можуть змінюватись у процесі обробки. Типові матеріали – тісто із пшеничного борошна, карамельна та ірисна маса. Процес формування складається із утворення під тиском суцільного джута із продукту, який потім поділяється на окремі вироби.

Основними частинами екструдеру є нагнітальний пристрій, матриця та поділяючий пристрій.

НАГНІТАННЯ проводиться для того, щоб створити в матеріалі, що обробляється, тиск, достатній для того, щоб проштовхнути його крізь отвори в матриці з потрібною швидкістю. Надлишковий тиск досягається за допомогою таких способів нагнітання, як шнековий, валковий, поршневий, лопатевий, шестеренний.

Вибір нагнітача великою мірою визначає якість виробів. Він залежить від властивостей матеріалу, що обробляється, і вимог до кінцевого продукту. Валкові та поршневі нагнітачі мають найменший руйнуючий вплив на продукти, які мають внутрішню суцільну просторову структуру чи нізку консистенцію. Валкові нагнітачі використовуються для отримання стрічок із матеріалів, їх доцільно комплектувати матрицями прямокутної видовженої форми. До їх недоліків можна віднести чутливість до стабільності подачі матеріалу, тобто до висоти стовпа продукту над валками. Поршневий нагнітач визначально має періодичний принцип дії. Використовується він там, де процес потребує одночасного відмірювання порції матеріалу - дозування. Шестеренні нагнітачі - безперервної дії. Вони придатні для нагнітання однорідних, без твердих включень, гомогенних матеріалів, які не руйнуються при перемішуванні. Внаслідок особливостей конструкції на виході із шестеренного нагнітача має місце пульсація тиску продукту. Шнекові нагнітачі отримали широке розповсюдження через такі позитивні особливості: утворення постійного, без пульсацій, тиску, можливість під час нагнітання одночасного проведення додаткових технологічних операцій - перемішування, видалення включень повітря, подрібнення. Для якісної роботи шнеків має значення підбір матеріалів пари шнек - корпус. Вони повинні бути такі, щоб тертя матеріалу по внутрішній поверхні корпусу було більше ніж, його тертя по лопаті шнеку. Тоді матеріал буде рухатись вздовж камери, а не обертатись разом із

шнеком.

Розглянемо основний показчик роботи нагнітачів різних типів - продуктивність:

а) продуктивність поршневого нагнітача:

$$\Pi = F \cdot L \cdot n \cdot \rho \cdot K, \text{ кг/с}, \quad (6.14)$$

де F - площа поршня нагнітача, м^2 ; L - хід поршня, м ; n - частота ходів поршня, с^{-1} ; ρ - густина тіста, кг/м^3 ; K - коефіцієнт повертання продукту у приймальну воронку нагнітача.

б) продуктивність валкового нагнітача:

$$\Pi = B \cdot H \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot \rho \cdot K, \text{ кг/с}, \quad (6.15)$$

де B - довжина валків, м ; H - зазор між валками, м ; D - діаметр валків, м ; n - частота обертання валків, с^{-1} ; ρ - густина тіста, кг/м^3 ; K - коефіцієнт перетікання продукту.

в) продуктивність лопатевого нагнітача:

$$\Pi = \pi \cdot A^2 \cdot B \cdot n \cdot \rho \cdot K, \text{ кг/с}, \quad (6.16)$$

де A - довжина лопаті, м ; B - ширина лопаті, м ; n - частота обертання лопаті, с^{-1} ; ρ - густина продукту, кг/м^3 ; K - коефіцієнт відбору продукту.

г) продуктивність шестеренного нагнітача:

$$\Pi = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot n \cdot m^2 \cdot \rho \cdot (z + \sin^2 \alpha), \text{ кг/с}, \quad (6.17)$$

де L - робоча довжина ротора, м ; n - частота обертання ротора, с^{-1} ; m - модуль заціплення шестерен, м ; ρ - густина продукту, кг/м^3 ; z - кількість зубців шестеренного ротора; α - кут заціплення передачі, град.

д) продуктивність шнекового нагнітача:

$$\Pi = \pi \cdot M \cdot n \cdot \rho \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot (S - (B_1 + B_2) / (2 \cdot \cos \alpha)) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \text{ кг/с}, \quad (6.18)$$

де M - кількість заходів шнека; R_2 - зовнішній радіус шнека, м ; R_1 - внутрішній радіус шнека, м ; S - крок гвинтової лопаті шнека, м ; B_1 - ширина гвинтової лопаті шнека в нормальному перерізі по внутрішньому радіусу, м ; B_2 - ширина гвинтової лопаті шнека в нормальному перерізі по зовнішньому радіусу, м ; n - частота обертання шнека, с^{-1} ; ρ - густина тіста, кг/м^3 ; α - кут підйому гвинтової лопаті по середньому діаметру шнека, град; K_1 - коефіцієнт заповнення порожнини шнека тістом; K_2 - коефіцієнт пресування; K_3 - коефіцієнт, що враховує зменшення подачі тіста при коливанні його реологічних властивостей.

МАТРИЦЯ формою та розмірами отворів визначає переріз джгута. Він може бути суцільний чи з отворами, формою - круглий, прямокутний, плаский, фігурний тощо.

Матеріал матриць повинен мати антиадгезійні властивості, бути стійким до корозії. Найчастіше для цього використовуються лагунь, бронза, нержавіюча сталь. Отвори в матрицях поліруються та хромуються, робляться також вставки із полімерних

матеріалів із низьким коефіцієнтом тертя, наприклад, з тефлону.

Як правило, в комплект екструдера входять декілька матриць з різними отворами, тому це обладнання має пристрої для їх заміни.

Розрахунок матриці полягає у визначенні її геометричних розмірів, які повинні забезпечити задану пропускну здатність (за даними М.Є. Чернова), [63].

Спочатку визначається сумарний живий переріз формуючих отворів:

$$\Sigma f = \frac{\Pi \cdot K}{V \cdot \rho} \cdot \frac{(100 - W_T)}{(100 - W_B)}, \text{ м}^2, \quad (6.19)$$

де Π - продуктивність пресу кг/с; K - коефіцієнт корисної дії матриці; W_T - вологість тіста, %; W_B - вологість виробів, %; V - швидкість випресовування, м/с; ρ - густина тіста, кг/м³.

Другим етапом розраховується площа матриці:

$$F = \Sigma f / K_f, \text{ м}^2, \quad (6.20)$$

де K_f - коефіцієнт живого перерізу матриці.

Кінцевий етап - визначення діаметру матриці:

$$D = 2 \cdot \sqrt{F / \pi}, \text{ м}. \quad (6.21)$$

ПОДІЛ матеріалу на окремі вироби визначається зручністю вживання та фасування. Він проводиться методами відрізання, відокремлення мірними кишнями.

Як приклад обладнання такого класу докладно розглянемо будову та принцип дії екструдерів, які відрізняються способом нагнітання та формування виробів.

Екструдери з шестеренним нагнітанням. Прикладом сфери використання цієї групи обладнання є кондитерська промисловість, а саме виробництво пралінових цукерок та батончиків. Продукт, який вони обробляють, це однорідна жиромістка маса, що зберігає пластичність у певному діапазоні температур. Машина випресовує джугти, які потім поділяються на окремі цукерки [26].

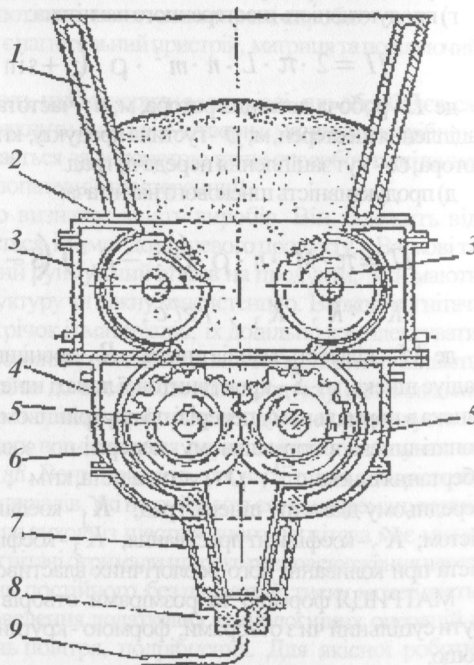


Рис. 6.13. Валково-шестеренний екструдер для цукеркової маси ШВФ.

Конструкції перших моделей екструдерів мали дві основні частини - подаючу та нагнітаючу. В екструдерах ШПФ та ШПЛ для подачі маси використовувались шнеки різної будови. У конструкції екструдера ШВФ поєднується валкова подача та шестеренне нагнітання (рис. 6.13).

Цукеркова маса завантажується в бункер 1, розміщений на корпусі живильника 2. У корпусі встановлені валки 3, поверхня яких рифлена для кращого захоплення маси, та набори шестерен 5. Сумарний вплив робочих органів в камері 4 призводить до того, що ущільнена маса нагнітається в предматричну камеру 7, далі у вертикальні формуючі канали 8. Перед каналами розміщені вертикальні перегородки 6, які заходять в проміжки між шестернями та поділяють предматричну камеру на індивідуальні ділянки з особистим отвором формуючого каналу. Шестерні знаходяться в заціпленні, обертаються назустріч одна одній та нагнітають масу у проміжку між зубцями та стінками камери. Поєднання валків та шестерен призводить до того, що тиск та швидкість формування однакові для всього набору формуючих каналів. Отриманий джгут 9 направляється на різання.

Продуктивність даного екструдера 800 кг/год. Він має 22 отвори в матриці, потужність двигуна 5,7 кВт [26].

Екструдери з поршневым нагнітанням. До цієї групи можна віднести окремих представників обладнання для поділу тістової маси на заготовки в хлібопекарському виробництві.

У тістоподільниках хлібне тісто веде себе як пластично-в'язка рідина, що може стискатись. Питома вага тіста при стисканні зростає, а після зняття стискаючого навантаження повертається до значення, близького до первинного. Основне зростання ущільнення тіста спостерігається в межах тиску 2...3 ат. При подальшому підвищенні тиску ущільнення незначне, і тісто веде себе як рідина, що практично не стискається. Після зняття навантаження питома вага тіста збільшується приблизно на 3% незалежно від ступеня ущільнення при стисканні.

Тістоподільники з поршневым нагнітанням мають переваги перед іншим обладнанням, коли потрібно отримувати заготовки малого розвісу, для яких відіграє роль підвищена точність поділу. Тиск пресування залишається постійним, що обумовлюється конструктивними особливостями поршневої системи. Це збільшує точність роботи обладнання.

Через періодичний рух поршнів продуктивність їх обмежується приблизно 20 циклами за хвилину, для її підвищення в одній машині встановлюються подільні головки з двома або чотирма мірними кишнями.

Прикладом може бути тістоподільник РМК-60А (рис. 6.14), що складається із станини 1 з приводом 18, який передає рух до головного валу 16. На валу встановлені профільні кулачки 14 та 17. Кулачкова система визначає рух нагнітального поршня 9, впливаючи на нього через важелі 2, 6 та 7 та пружинний демпфер 3. Демпфер призначений для стабілізації тиску тіста в робочій камері. Для поділу заготовок призначена головка 11, яка набуває рух від приводу через зірочки 4, 5 та 15. Нагнітальна камера періодично відокремлюється від приймального бункера 10 за допомогою заслонки 8. Готові тістові заготовки посередністю валка 12 направляються на транспортер 13.

У ході робочого циклу відбуваються такі операції. Спочатку поршень 9 та заслонка

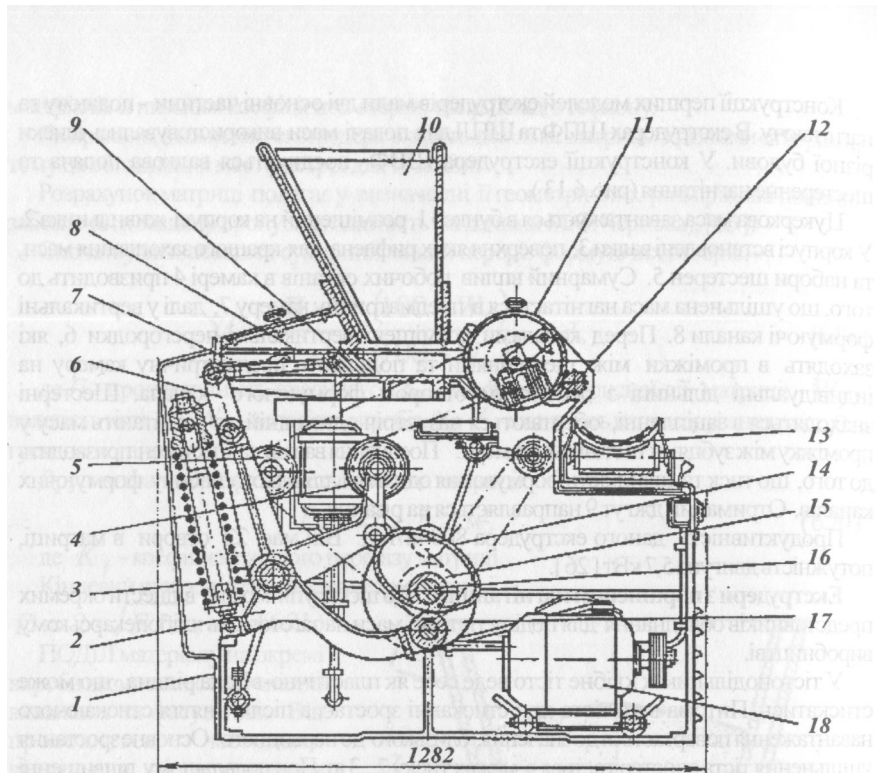


Рис. 6.14. Тістоподільник з поршнеvim нагнітанням.

8 знаходяться в крайньому лівому положенні. Після заповнення камери тістом заслонка та поршень рухаються вправо, причому так, що заслонка випереджує поршень та відсікає окремий об'єм тіста в робочій камері. Тісто стискається поршнем, після чого подільна головка повертається так, що мірні кишени збігаються з камерою і туди поступає тісто. Потім головка повертається та шматок тіста виштовхується на транспортер [22].

Екструдери з шнековим нагнітанням. Типовий приклад - макаронний прес ЛПЛ-2М. Він послужив базовою моделлю для створення конструкцій пресів серії Б6-ЛПШ та інших, але принцип дії та стадії обробки напівфабрикату у них однакові.

Прес має шнекове нагнітання, круглі змінні матриці, ножі, що обертаються, для відрізання виробів.

Складається він (рис.6.15) з дозаторів борошна 13 та води 9, камери замісу тіста 15, пресуючого пристрою 30, матриці 21 з предматричною камерою 20, обдувочного пристрою 23, станини 25, привода з редуктором 2, механізму різання виробів 24.

Дозатори води та борошна приводяться в рух від загального електродвигуна через клинопасову передачу та редуктор 11 спеціальної будови з двома вихідними валами 10 та 12, який забезпечує періодичне провертання шнекового дозатора борошна при безперервному обертанні черпачкового барабана дозатора води. Кількість води, що дозується, визначається зміною рівня води в бачку, а борошна - зміною кута повороту шнека.

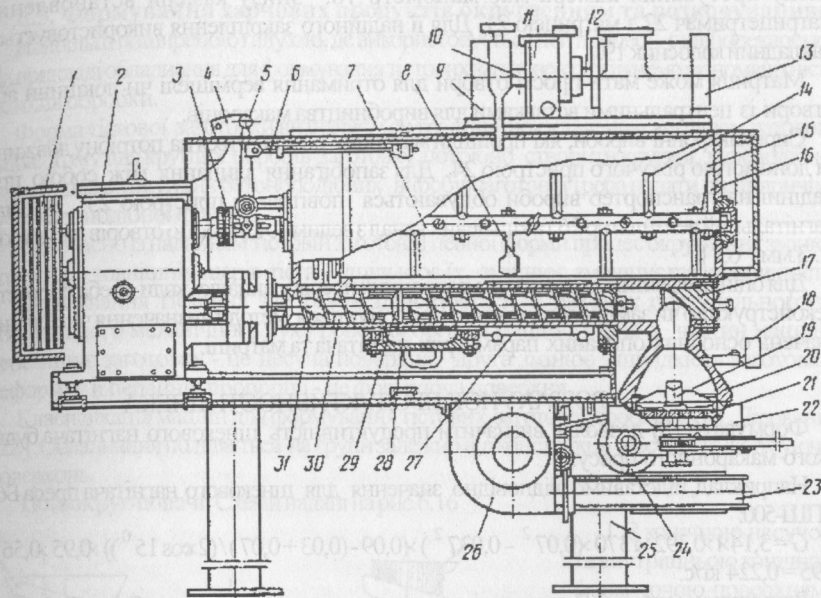


Рис. 6.15. Макаронний прес ЛПЛ-2М.

Вихідні компоненти подаються у вхідний патрубок місильної камери 15. Вона являє собою ємкість у вигляді корита. Всередині розміщений горизонтальний вал 7, на якому закріплені торцева зачищаюча лопать 16, дев'ять пальців 14 та сім лопаток 8. За допомогою цих робочих органів відбувається перемішування компонентів в однорідну масу та пересування її вздовж камери. Внаслідок малої вологості суміші вона має вигляд крихт та потребує подальшого стиснення.

Камера замісу закривається кришкою, зблокованою тягою 6 з кулачковою муфтою 3 з валом 7. Відкрити кришку можна тільки роз'єднавши вал та привод за допомогою важеля 5 з фіксатором 4. Місильний вал отримує рух від електродвигуна через клинопасову передачу 1, редуктор 2.

Із місильної камери тісто поступає всередину пресуючого корпусу 30, де розташований нагнітальний шнек 31. У середній частині шнек має розрив гвинтової лопаті, в який вмонтована шайба 29, що примушує тісто рухатись в обхід через канал 28. Із нього за допомогою вакуумного насоса відкачується повітря. Це сприяє отриманню тіста рівномірної структури, виробів з гладкою поверхнею. В кінці корпусу встановлена водяна сорочка 27, куди перед пуском подається гаряча вода, а в процесі роботи - холодна для підтримання оптимального температурного режиму процесу пресування. На внутрішній поверхні шнекової камери зроблені поздовжні канавки, що зменшують повертання тіста при обертанні шнеку. У кінці камери є фланець 17 для монтажних та очисних робіт. Ущільнене тісто надходить в предматричну камеру 20. Для контролю

тиску пресування камера має манометр 18. Знизу камери встановлений матрицетримач 22 з матрицею 21. Для її надійного закріплення використовується накладний колосник 19.

Матриця може мати прості отвори для отримання вермішелі чи локшини або отвори із центральними вставками для виробництва макаронів.

Сирі макаронні вироби, які пройшли матрицю, розрізаються на потрібну довжину за допомогою ріжучого пристрою 24. Для запобігання злипанню між собою при падінні на транспортер вироби обдуваються повітрям з пристрою 23. Він має нагнітальний вентилятор 26 та кільцевий канал з великою кількістю отворів діаметром 2...3 мм [63].

Для оцінки ефективності роботи макаронних пресів у випадку, коли треба провести реконструкцію чи заміну обладнання, пропонуються методи визначення чисельних значень основних описаних параметрів: нагнітача та матриці.

РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ШНЕКА

Формула (6.18) дозволяє визначити продуктивність шнекового нагнітача будь-якого макаронного пресу:

Наприклад, підставимо відповідно значення для шнекового нагнітача преса Б6-ЛПШ-500:

$$G = 3,14 \cdot \pi \cdot 0,392 \cdot 1370 \cdot (0,07^2 - 0,037^2) \cdot (0,09 - (0,03 + 0,07) / (2 \cdot \cos 15^\circ)) \cdot 0,95 \cdot 0,56 \cdot 0,95 = 0,224 \text{ кг/с.}$$

Розрахунок матриці. В результаті розрахунку можна визначити необхідний діаметр D круглої матриці, що забезпечив би завдану продуктивність макаронного преса.

Наприклад, визначимо розмір матриці для преса ЛПЛ-2М:

Вихідні дані: $G = 0,21$ кг/с - продуктивність пресу, $K = 0,9$ коефіцієнт корисної дії матриці, що враховує кількість обрізків тіста, які повертаються, $W_T = 28\%$ - вологість тіста, $W_B = 14\%$ вологість виробів, $V = 0,015$ м/с - швидкість випресовування, $\rho = 1370$ кг/м³ - густина тіста, $K_f = 0,121$ - коефіцієнт живого перерізу матриці для макаронів.

1) За формулою 6.19 визначається сумарний живий переріз формуючих отворів:

$$\Sigma f = \frac{G \cdot K \cdot (100 - W_T)}{V \cdot \rho \cdot (100 - W_B)} = \frac{0,21 \cdot 0,9 \cdot (100 - 28)}{0,015 \cdot 1370 \cdot (100 - 14)} = 0,0077 \text{ м}^2$$

2) Площа матриці (6.20): $F = \Sigma f / K_f$, м²

$$F = 0,0077 / 0,121 = 0,0642, \text{ м}^2$$

3) Діаметр матриці (6.21): $D = 2 \cdot \sqrt{F / \pi}$, м.

$$D = 2 \cdot \sqrt{0,0642 / 3,14} = 0,286 \text{ м.}$$

Це значення збігається із реальним, округленим. Діаметр матриці дорівнює 300 мм.

6.5. Формування харчових продуктів округленням та розкочуванням

Найбільш поширеною галуззю, де використовується цей процес – є хлібопекарська. Наприкладі обладнання для формування тістових заготовок розглянемо різноманітність методів обробки.

Форма тістової заготовки визначається традиційно складеним виглядом готового хліба. Тому для круглих виробів заготовку потрібно створити круглої, кулеподібної форми; для витягнутих батоноподібних виробів заготовці треба надати циліндричної чи сигароподібної форми.

Одночасно із наданням тістовій заготовці певної форми процес округлення змінює структуру зовнішніх шарів тіста - ущільнює їх, зміцнює, зменшує газопроникність.

Формування тістових заготовок здійснюється за рахунок поступального та обертального механічного руху робочих органів машин. Одна з частин машини переміщує заготовку - це несуча поверхня, друга змінює швидкість заготовки, деформує її первинні пропорції - це формуюча поверхня.

Класифікація машин для формування тістових заготовок зроблена О.Т. Лісовенко [22]. Обладнання поділяється на групи залежно від конструкції несучої та формуючої поверхонь.

Тістоокруглювачі: Схеми надані на рис.6.16

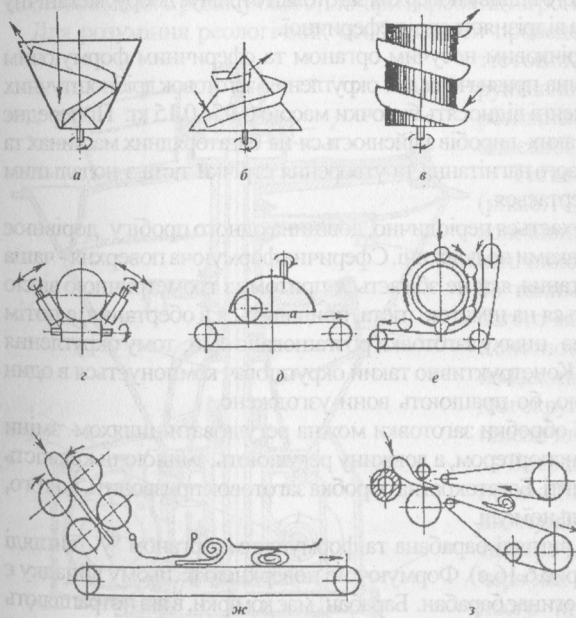


Рис. 6.16. Схеми робочих органів тістоформуєчих машин:

а, б, в, г, е - тістоокруглювачі; ж, з - тістозакатувальні машини.

1. З конічною несучою та внутрішньою конічною формуючою поверхнями (рис. 6.16.а). Машини набули широкого розповсюдження для обробки заготовок масою від 0,1 до 1,2 кг, що пояснюється їх простотою. Вони мають досить коротку формуючу дільницю та можливість її регулювання. Механічний вплив на заготовку під час обробки порівняно не достатній, тому форма її частково відрізняється від кулі.

Ступінь округлення регулюється за рахунок зміни довжини шляху, що пробігає заготовка. Для цього змінюється початкове місце, в яке подається заготовка.

2. З конічною несучою та зовнішньою конічною формуючою поверхнями

(рис. 6.16.б). Вони використовуються для формування заготовок масою 0,4...1,8 кг із пшеничного тіста. Машини можуть мати дві та більше формуючі спіралі, по яких заготовка проходить послідовно. Довжина шляху округлення регулюється так само як у попередньому випадку.

3. З циліндричною несучою та спіральною формуючою поверхнями (рис. 6.16.в). Машини використовуються для формування заготовок масою 0,8...2,0 кг із пшеничного борошна. Округлювачі цього типу мають порівняно з іншими найбільшу формуючу дільницю. Довжина шляху, яким прокочується заготовка, сягає 4,5 метрів. Шматок тіста подається в машину знизу, тістова заготовка виходить вгору.

До недоліків машини слід віднести дещо несферичну форму заготовки на виході внаслідок недостатнього обертання заготовки навколо горизонтальної осі, яке здійснюється за рахунок вертикального переміщення її по циліндричній поверхні.

4. З горизонтальним стрічковим несучим органом та двома нахиленими стрічковими формуючими органами (рис. 6.16.г). Функції несучого та формуючого органів виконують стрічкові транспортери з гнучкою стрічкою. Для забезпечення якісного округлення всі транспортери приводяться в рух з різними швидкостями та у різних напрямках. Заготовка, що потрапляє між ними, обертається у всіх площинах, сумарний пройдений нею шлях в декілька разів перевищує довжину робочої дільниці машини. Внаслідок такого впливу поверхня заготовки отримує добру механічну проробку, але форма її дещо відрізняється від сферичної.

5. З горизонтальним стрічковим несучим органом та сферичним формуючим органом (рис. 6.16.д). Машина призначена для округлення заготовок дрібношпичних виробів, до яких в хлібопеченні відносять булочки масою 0,05...0,15 кг. Попереднє формування заготовок для таких виробів здійснюється на багаторядних машинах та відбувається шляхом валкового нагнітання та утворення стрічки тіста з подальшим її відрізання ножом, що обертається.

Несучий транспортер рухається періодично, довжина одного пробігу дорівнює кроку між тістовими заготовками по довжині. Сферична формуюча поверхня - чаша з вертикальною віссю обертання, яка не збігається притому з геометричною віссю чаші, періодично опускається на шматок тіста, приводиться в обертання, а потім підіймається. Таких чаш на шляху заготовки розташовано 4...6, тому округлення відбувається багатократно. Конструктивно такий округлювач компонується в один блок з подільною машиною, бо працюють вони узгоджено.

Інтенсивність механічної обробки заготовки можна регулювати шляхом зміни відстані між сферою та транспортером, а довжину регулюють, змінюючи кількість рядів сфер на формуючій плиті. Багатократна обробка заготовок призводить до того, що форма їх близька до ідеальної кулі.

6. З несучим органом у вигляді барабана та формуючим органом у вигляді стрічкового транспортера (рис. 6.16.е). Формуючою поверхнею в цьому випадку є транспортерна стрічка, яка огинає барабан. Барабан має комірки, в які потрапляють тістові заготовки, під ним всередині знаходиться циліндричний піддон, на які заготовки спіраються. Транспортерна стрічка утримує шматочки тіста в комірках, а також повертає їх навколо горизонтальної осі за рахунок різниці швидкостей несучого барабана та стрічкового транспортера. Такі округлювачі, як і попередня модель, є

багаторядними та розрахованими на тістові заготовки із пшеничного тіста масою 0,04...0,12 кг. Конструктивно вони об'єднані з подільною частиною в один агрегат. Регулювання впливу на тісто відбувається шляхом зміни зазору між барабаном та стрічкою транспортера, а також набором змінних барабанів.

Тістозакатувальні машини. 1. Машина для булочних виробів середнього розміру (рис. 6.16.ж) використовується в основному для формування заготовок батоноподібних виробів масою 0,2...0,5 кг. Тістова заготовка, потрапляючи в машину, спочатку розкачується у млинець двома парами валків, які обертаються назустріч одна одній. Потім заготовка взаємодіє з металевою решіткою, згортається в рулон та прокачується під формуючою плитою, тобто на неї впливають три формуючі органи різного типу. Після подібної обробки заготовка добре утримує форму на всіх подальших технологічних дільницях.

2. Машина для булочних виробів малого розміру (рис. 6.16.з). Вона має подаючий валок, який направляє заготовку між парою розкачуючих валків. Після виходу з них заготовка направляється до двох транспортерів, які рухаються назустріч один одному з різними швидкостями. Між ними вона згортається в рулон та прокручується, ущільнюючи поверхню. При цьому досягається добра прокатка рулона на порівняльно коротких стрічках. Машина використовується для отримання тістових заготовок малого розміру біля 0,1 кг при виробництві рогаликів.

Для розуміння реологічних особливостей проведення процесу формування тістових заготовок та їх конструктивного забезпечення детально розглянемо по одній машині з кожної описаної групи.

Тістоокруглювач Т1-ХТН

(рис. 6.17). Належить до машин з кінцевою несучою та внутрішньою кінцевою формуючою поверхнями. За таким принципом побудовано багато машин у різних країнах, що пояснюється простотою та компактністю конструкції. Призначена для округлення тістових заготовок із пшеничного тіста масою 0,2...1,0 кг.

Всередині корпусу 4 розміщений приводний електродвигун 2, двоступінчаста клинопасова передача та черв'ячний редуктор 3. Вал 1 черв'яка порожній всередині, крізь нього проходить вал 5, на якому закріплені формуюча спіраль 11 та повітроподаючі патрубки 10. Останні призначені для подачі повітря до робочих органів для обдування

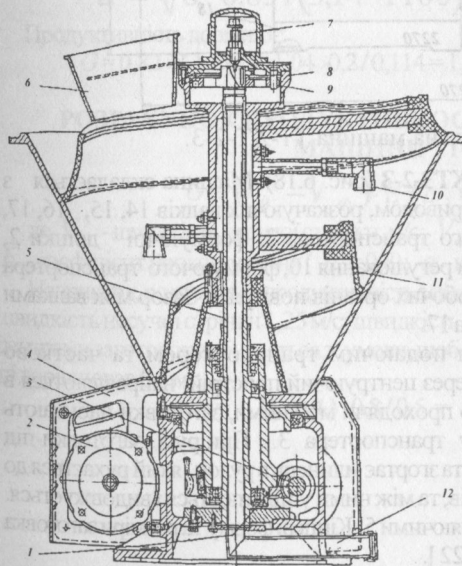


Рис. 6.17. Тістоокруглювач Т1-ХТН з кінчними несучою та формуючою поверхнями.

тістових заготовок з метою запобігання прилипання тіста до металу. Повітря для обдування подається через трубу 12, з централізованої заводської магістралі.

Внутрішню спіраль можна повертати та фіксувати в певному положенні за допомогою диска 8 з отворами та пальця 9. Це робиться для точного спрямування подальшої траєкторії готової заготовки, яка випадає з машини. Для регулювання зазора між стінкою чаші та формуючою спіраллю призначений гвинт 7. Заготовки подаються в нижню частину округлювача через приймальну воронку 6. Клинопосова передача має два типорозміри шківів, що дозволяє ступінчасто змінювати частоту обертання чаші [22].

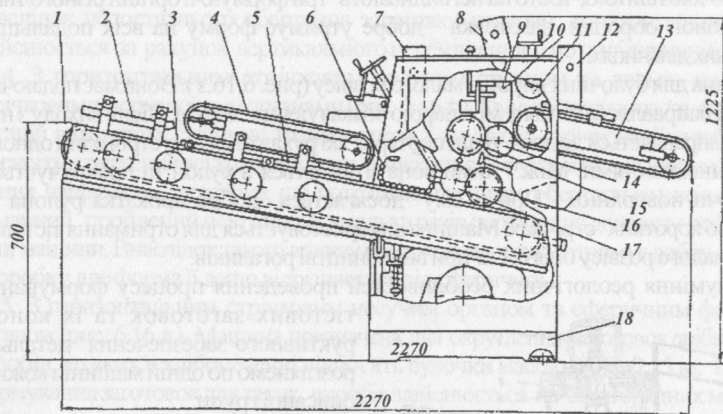


Рис. 6.18. Тістозакатувальна машина Т1-ХТ-2-3.

Тістозакатувальна машина Т1-ХТ3-2-3 (рис. 6.18). Машина складається з транспортерів 1 та 13, станини 18 з приводом, розкачуючих валків 14, 15, 16, 17, решітки 6, направляючих 5, несучого транспортера 3, формуючої дошки 2, центруючого пристрою 9 з механізмом регулювання 10, формуючого транспортера 4, насадок 7, 8, 12 для обдування робочих органів повітрям. Зазор між валками регулюється переміщенням валків 15 та 17.

Тістові заготовки переносяться подаючим транспортером та частково розплющуються валком 11, а потім через центруючий пристрій направляються в зазор між парами валків. Послідовно проходячи між ними, заготовки набувають форми млинця та падають на стрічку транспортера 3. При русі заготовки під решіткою остання захоплює край тіста та згортає млинець в рулон, який рухається до несучого та формуючого транспортерів, та між ними ущільнюється і видовжується. Кінці заготовки заглажуються направляючими 5. Кінцеві форму та розміри заготовка отримує під формуючою дошкою 2 [22].

Технічна характеристика формувальної машини Т1-ХТ-2-3:

Продуктивність до 100 шт./хв;

потужність двигуна 0,75 кВт,

Габаритні розміри, мм:

довжина	2270
ширина	850
висота	1225

РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ТІСТООКРУГЛЮВАЧА Т1-ХТН

$$G = L \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot M / d, \text{ шт/с}, \quad (6.22)$$

де L - коефіцієнт, що враховує відхилення розмірів шматка тіста ($L = 0,8 \dots 0,85$);
 D - мінімальний діаметр чаші в місці завантаження, м; n - частота обертання несучого органа, с^{-1} ; M - коефіцієнт, що враховує відставання шматка тіста від несучої поверхні ($M = 0,2$); d - середній діаметр округленої заготовки, м.

Останній параметр розраховується за формулою:

$$d = \sqrt[3]{6 \cdot m / (\pi \cdot \rho)}, \text{ м}, \quad (6.23)$$

де m - маса шматка тіста, кг; ρ - густина тіста, ($\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$).

Наприклад, треба розрахувати продуктивність, якщо маса тістової заготовки 0,85 кг, частота обертання чаші 1,04 с^{-1} , діаметр чаші в місці завантаження 0,4 м.

Попередньо знаходимо діаметр заготовки:

$$d = \sqrt[3]{6 \cdot 0,85 / (3,14 \cdot 1100)} = 0,114 \text{ м}$$

Продуктивність дорівнює:

$$G = 0,82 \times 3,14 \times 0,4 \times 1,04 \times 0,2 / 0,114 = 1,8 \text{ шт/с}.$$

РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ТІСТОЗАКАТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ Т1-ХТ-2-3

$$G = (V_H - V_\Phi) \cdot E / a, \text{ шт/с}, \quad (6.24)$$

де V_H - швидкість несучої стрічки, м/с; V_Φ - швидкість формуючої стрічки, м/с;
 E - коефіцієнт проковзування ($E = 0,8$); a - крок між центрами заготовок, м.

Наприклад, розрахуємо продуктивність з підстановкою реальних числових значень: швидкість несучої стрічки 1,25 м/с; швидкість формуючої стрічки 0,4 м/с; крок між центрами заготовок вибирається з умови, щоб він був не менше 5 діаметрів заготовки та дорівнював 0,5 м.

$$G = (1,25 - 0,4) \times 0,8 / 0,5 = 1,36 \text{ шт/с}.$$