

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Обладнання переробних та харчових
виробництв»

_____Хорольський В.П.
«_____» _____ 20__ року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробних та харчових виробництв»

на тему: **«МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ
РІПЧАСТОЇ ЦИБУЛІ»**

Виконав:
здобувач вищої освіти _____ Резніченко Роман Юрійович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: _____ Дейниченко Г. В., д.т.н., професор _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній роботі
немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

Мета кваліфікаційної роботи: удосконалення процесу очищення цибулі ріпчастої за рахунок поєднання термічної та механічної дій на продукт та його апаратне оформлення.

Завдання роботи: провести аналітичні дослідження процесів очищення цибулі ріпчастої; розробити методику дослідження впливу тривалості процесу термічної обробки цибулі ріпчастої на зміни в її поверхневому шарі; розробити методику для вимірювання сил взаємозв'язку луски з цибулиною; дослідити вплив тривалості процесу механічного доочищення цибулі ріпчастої на якість очищення та втрати сировини; розробити конструкцію апарата для забезпечення комбінованого процесу очищення; здійснити комплекс заходів для практичного впровадження розробки у виробництво.

Об'єкт: процес очищення цибулі ріпчастої від луски

Предмет: цибуля ріпчаста, ріжучі та транспортуючі вузли, експериментальний зразок апарата для очищення цибулі ріпчастої

Методи / методики, використані у кваліфікаційній роботі: дослідження параметрів процесу термічної обробки цибулі ріпчастої, дослідження зусилля відділення луски цибулі ріпчастої після термічної обробки, дослідження процесу відокремлення луски цибулі ріпчастої та експериментальної установки для її реалізації.

Основні висновки та рекомендації: Встановлені найперспективніші напрями інтенсифікації процесу очищення цибулі ріпчастої, які вирішуються шляхом удосконалення існуючих та розробки нових способів очищення цибулі ріпчастої. Були визначені напрями експериментальних досліджень раціональних способів очищення коренеплодів, зокрема впливу пари на поверхневий шар цибулі ріпчастої під час комбінованого способу очищення. Запропоновано конструкцію апарата для очищення цибулі ріпчастої, в основу якого покладено комбінований спосіб очищення, що складається з короткочасної обробки парою з метою послаблення сил зв'язку сухого лушпиння з основною частиною із підвищенням коефіцієнта тертя та подальшою обробкою у барабанній камері, із впливом відцентрових сил на лушпиння. Використання запропонованої конструкції апарата, призначеного для харчової промисловості та ресторанного господарства, надасть можливість підвищити якість очищення цибулі ріпчастої, інтенсифікувати технологічні процеси її переробки, заощадити матеріальні ресурси.

Ключові слова: ПРОЦЕС ОЧИЩЕННЯ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, МЕХАНІЧНЕ ДООЧИЩЕННЯ, АПАРАТ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	6
1. Аналіз процесів очищення цибулі ріпчастої та обладнання для їх реалізації.....	8
1.1 Особливості будови, хімічного складу та напрямів використання	8
1.2 Характеристика сортів цибулі ріпчастої.....	10
1.3 Хімічний склад та харчова цінність цибулі ріпчастої.....	11
1.4 Технологічні аспекти та проблеми попередньої переробки цибулі ріпчастої.....	13
1.5 Аналіз сучасного стану процесів та устаткування для очищення цибулі ріпчастої.....	14
2. Методики досліджень та експериментальні установки.....	32
2.1 Об'єкт, предмет дослідження та завдання дослідження.....	32
2.2 Методика та експериментальна установка для дослідження параметрів процесу термічної обробки цибулі ріпчастої.....	32
2.3 Методика та експериментальна установка для дослідження зусилля відділення луски цибулі ріпчастої після термічної обробки.....	34
2.4 Розробка методики дослідження процесу відокремлення луски цибулі ріпчастої та експериментальної установки для її реалізації	36
3. Результати аналітичних та експериментальних досліджень комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої.....	39
3.1 Результати досліджень впливу параметрів термічної обробки парою на поверхневий шар цибулі ріпчастої з урахуванням тривалості процесу.....	39
3.2 Визначення раціональних параметрів процесу очищення цибулі ріпчастої комбінованим способом.....	42
4. Розробка апарата для очищення цибулі ріпчастої.....	54
4.1 Обґрунтування раціональних технічних характеристик, технологічних та конструктивних параметрів апарата для очищення цибулі ріпчастої.....	54
4.2 Методика проведення розрахунку необхідної потужності апарата для очищення цибулі ріпчастої (АЦР-160).....	57

ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Резніченко Р.Ю.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Дейниченко Г.В.</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Омельченко О.В.</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський В.П.</i>		
Зміст			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
			4	2
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

4.3 Розробка конструкції апарата для очищення цибулі ріпчастої.....	64
4.4 Обґрунтування вибору парогенератора для забезпечення необхідної кількості пари під час проведення процесу очищення...	68
Висновки.....	74
Список використаних джерел.....	75

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

ВСТУП

Сучасні темпи розвитку бізнесу та харчової промисловості змушують виробників харчової продукції рухатися в темпі зростання вимог до стандартів харчових продуктів та вибагливих споживачів. Тому, для утримання цінової політики та подальшого розвитку підприємства, виробники намагаються постійно модернізувати виробництво. Для іноземних конкурентів модернізація здебільшого є доступною та вигідною, оскільки підтримується на державному рівні. Для українського виробника можливість модернізації обмежується придбанням власними силами сучасного устаткування імпортного виробництва, яке не завжди є доступним. Крім того, встановлення такого устаткування неодмінно впливає на формування собівартості продукції та її конкурентоспроможності на ринку. Тому актуальним стає завдання розробки вітчизняного устаткування. Першочергово необхідно звернути увагу на розробку устаткування для переробки сільськогосподарської сировини розповсюджені на території України. Одним із перспективних для переробки видів культур є цибульні овочі, які є сировиною для виготовлення багатьох видів кулінарної продукції. Однією з основних проблем її переробки є процес очищення від шкірки та зрізання донця та шийки. Сучасне устаткування пропонує здебільшого реалізацію механічного способу очищення бульбоплодів, яке характеризується значною кількістю відходів та необхідністю проведення доочищення. Одним зі шляхів розв'язання питання якісного очищення цибульних овочів є застосування комбінованих способів очищення, їх дослідження та створення сучасного вітчизняного устаткування.

На сьогоднішній день відповідальнішим процесом попередньої обробки плодово-овочевої сировини є її очищення. Одним із найбільш перспективних напрямків інтенсифікації процесу очищення рослинної сировини є розробка комбінованих способів та нових спеціалізованих апаратів, принцип роботи яких засновано на поєднанні процесів обробки продукту. Доцільність розробки і впровадження комбінованих процесів та обладнання для їх реалізації на підприємствах ресторанного господарства і овочепереробних підприємствах витікає із аналізу існуючих способів очищення плодово-овочевої сировини та їх апаратурного оформлення.

Однією з найпоширеніших овочевих культур, яка використовується при виробництві різних видів кулінарної продукції є цибуля ріпчаста. Незважаючи на популярність цієї культури питання її якісного очищення в закладах ресторанного господарства та на овочепереробних підприємствах, на теперішній час, залишається не вирішеним.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Резніченко Р.Ю.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Дейніченко Г.В.</i>				6	2
					Вступ		
<i>Н. контр.</i>		<i>Омельченко О.В.</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський В.П.</i>					

Безперечним є той факт, що, під час очищення, значна частина сировини втрачається, внаслідок того, що для здійснення цього процесу використовується недосконале обладнання. До недоліків існуючого обладнання можна віднести його матеріало- та енергоємність, недостатню якість очищення продукту, необхідність у наявності допоміжного устаткування.

Отже удосконалення процесу очищення цибулі ріпчастої на підприємствах торгівлі, ресторанного господарства та міні-виробництвах є достатньо актуальним завданням.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						7
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЇХ РЕАЛІЗАЦІЇ

1.1 Особливості будови, хімічного складу та напрямів використання

Морфологічні ознаки й біологічні особливості. Цибуля ріпчаста (*Allium sera* L.) – одно-, двох-, та трирічна трав'яниста рослина сімейства цибульні, утворюючі насіння на другий або третій рік життя й у перший або другий рік формуючі нові цибулини [19]. У перший рік вона утворює із насіння листя, цибулину, а на другий рік розвиває світоносні суцвіттями, які цвітуть і дають насіння. У зв'язку з такими особливостями розроблені й освоєні технології вирощування цибулі ріпчастої з насіння в один рік, вирощування цибулі-сивка й вирощування цибулі ріпчастої сивка у дворічної культури. Крім цих трьох технологій, є біологія виробництва насіння [22].

Морфологічні ознаки цибулі ріпчастої відрізняються від інших овочевих рослин. Характерною її особливістю є утворення плівкової симподиальної цибулини (рис. 1.1), що має донце – видозмінене, стовщене, укорочене вегетативне стебло.

Цибулина – живильна форма рослини. Вона складається з донця (стебло), зовнішньої сухої й внутрішніх соковитої луски відкритих і закритих – видозмінених сильно стовщених листів, що облягають бруньки-зачатки. Сухої луски в напівгострих сортів 1...2 шари, у гострих – 2...4 шари. Чим більше сухої луски й чим щільніше вони прилягають до цибулини, тим менше всихає і загниває цибуля при зберіганні. Цвіт зовнішньої сухої луски цибулі буває білий, жовтий, коричневий, червоний, фіолетово-червоний з різними відтінками

Відкриті соковиті луски розміщуються концентричними шарами. У верхній частині вони утворюють шийку, а внизу вкривають внутрішню замкнута або закрита луска, у свою чергу, облягає бруньки-зачатки. Замкнута луска є розростом листовою піхвою. Товщина відкритих соковитих лусок коливається від 2,5 до 6,5 мм.

Бруньки-зачатки розташовуються зверху вкороченого зі зближеними міжвузлями стебла рослини – денця, у зовнішній частині якого перебуває п'ята. Денце буває простим, що несе на собі тільки одну цибулину, і з декількома цибулинами. У великій цибулі висота донця досягає 1,5 см, ширина 4 см. Форма варіює від плоскої до подовженої. Найбільш мінливою ознакою є маса цибулини. Вона коливається від 20 г у дрібних цибулин до 250 г і більше у великих, і дуже великих 800 г.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Резніченко Р.Ю.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Дейниченко Г.В.				8	24
Н. контр.		Омельченко О.В.			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Хорольський В.П.					
Аналіз процесів очищення цибулі ріпчастої та обладнання для їх реалізації							

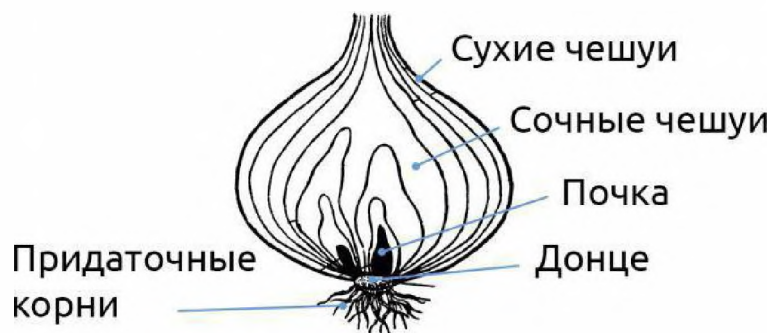


Рисунок 1.1 – Внутрішня будова цибулі

У цибулині утвориться від 1 до 5 і більше зачатків, кожний з них дає листи, а потім квіткове стебло (стрілку). Цвітоносний стовбур цибулі ріпчасті порожній, ніжний, зі здуттям на різній висоті від підстави. Висота цвітоносного стебла пов'язана із величиною маткової цибуль. Вона коливається від 50 до 175 мм.

Коренева система цибулі ріпчастої сильно мочковиста, слаборозвинена. Кількість корінь досягає 4,5 см., загальна довжина становить 239 см. Коріння розташовуються на денці цибулини колами, відповідно розташуванню листів, що не мають бічних розгалужень і проникаючих на глибину 40...50 см. Листи соковиті, темно-зелені з густим восковим нальотом, ясно-зелені зі слабким восковим нальотом або яскраво-зелені, блискучі без воскового нальоту, трубчасті (порожні), у поперечному розрізі круглі, овальні або плоско-овальні, діаметром 0,5...1,5 см і довжиною 40...50 см. Листи відходять від ложного стебла під кутом 30...50, 50...70 або 70...90°. Вони є не тільки органами асиміляції, але й місцем відкладення живильних речовин у своїй основі – соковитих лусках [34].

Ріст і розвиток рослин цибулі ріпчастої починається із проростання насіння. Воно дуже повільно набухає, що є своєрідним пристосуванням до існування в умовах посушливого клімату. При посіві навесні у вологий ґрунт і при теплій погоді насіння дає сходи тільки на 10... 16 добу. При низькій температурі й недоволі вологи в ґрунті сходи цибулі з'являються дуже пізно – через 20, а іноді й через 30 діб [17].

У міру росту й формування цибулини листи відмирають, починаючи із самих ранніх за часом появи, а разом з ними відмирають і піхви. Поступово засихаючи, вони утворюють тонку щільну замкнуту шийку, що складається із зовнішньої луски. Чим раніше підсихає шийка, тим швидше й краще дозріває цибулина. Приріст сирої маси листя відбувається до відтоку живильних речовин у цибулину, а потім починає падати. Збільшення цибулин у розмірі й масі триває протягом 45...55 доби. За 2-3 тижні до збирання збільшення маси рослин відбувається дуже повільно [28].

Починаючи від дозрівання цибулини протягом усього зимового періоду, соковиті луски поступово відмирають і підсихають. Живильні речовини з них переводяться рослинами усередину цибулини й втрачаються на ріст молодих

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бруньок-зачатків, що перебувають на денці цибулини. По мірі витрати живильних речовин верхні соковиті луски стають усе тонше й нарешті перетворюються в сухі луски. Зріла цибулина являє собою живу рослину, що перебуває в стані спокою. Ця здатність переходити в стан спокою при настанні несприятливих зовнішніх умов цінною природною особливістю цибулі.

1.2 Характеристика сортів цибулі ріпчастої

Однією з основних умов підвищення врожаю цибулі ріпчастої є використання при її вирощуванні найбільш продуктивних за якістю сортів. В Україні районовані 28 сортів і гібридів цибулі ріпчастої.

За класифікацією до складу виду цибулі ріпчастої входять чотири різновиди: південна, середньоруська, північна й шалот. В середині південної й середньоруської виділені середньоазіатська і кавказька, українська й середньоазіатська підгрупи.

В основу класифікації сортів цибулі ріпчастої, запропонованої Ф.А. Ткаченко, покладений комплекс морфологічних, біологічних і господарських ознак, за якими вони діляться на гострі, напівгострі, солодкі. Класифікація дає характеристику сортового складу цибулі ріпчастої України, але вона, природно, не охоплює світові асортименти в еколого-географічному плані з урахуванням численних ознак [36].

До гострої цибулі відносять більш швидкостиглі й менш урожайні сорти.

Цибулини цих сортів мають тривалий період спокою, лежкі, відрізняються високим змістом сухої речовини, цукрів і ефірного масла (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Хімічний склад цибулі ріпчастої

Група сортів	Вміст в цибулині, % сирої речовини			
	Сухої речовини	Цукрів	Сахарози	Ефірної олії
Гострі	15,1	9,1	7,2	0,041-0,085
Напівгострі	12,1	7,7	4,8	0,021-0,040
Солодкі	9,7	6,0	2,2	0,015-0,020

Поріг відчуття гострої цибулі відповідає концентрації соку у воді 5 мг/л і вмісту 0,16% пировиноградної кислоти в цибульному соку. Цибулини гострих сортів покриті декількома щільними сухими зовнішніми лусками. Це робить їх придатними для механізованого збирання [4].

Напівгострі сорти цибулі мають більш тривалий вегетаційний період, вище врожай. Цибулини їх менш щільні з товстими й середніми соковитими лусками. На них утвориться мало зовнішньої сухої луски. За хімічним складом напівгострі сорти поступаються гострим. Лежкість середня. Сорти пізньо- і середньостиглі зі середньощільними соковитими цибулинами, що мають слабо прилягаючу суху зовнішню луску. При механізованому збиранні й післязбиральній обробці

цибулини легко оголюються та травмуються. Незалежно від виду збирання, ручної або механізованої, цибулини напівгострих сортів характеризуються слабкою лежкістю й транспортабельністю. Вони призначені, головним чином, для споживання у свіжому вигляді й переробки на заводах харчової промисловості в другій половині осінньо-зимового періоду [44].

До солодкої цибулі відносять сорти з високими смаковими якостями. Вони мають найбільший вегетаційний період і високий врожай. Цибулини їх складаються з товстої внутрішньої соковитої луски (близько 3...5 мм), сухою зовнішньою лускою вкриті не щільно. Період спокою дуже короткий, лежкість погана. Поріг відчуття солодкої цибулі відповідає концентрації соку у воді 20 мг/л і змісту 0,04% пировиноградної кислоти цибульному соку.

В Україні районовані наступні сорти цибулі ріпчастої: гостра ранньостигла – Рубін; середньостиглі – Буран, Глобус, Грандина, Золотистий Ткаченківський, Харківський 62; середньостиглі – Сквирський, Стригунівський Носовський; напівгострі, середньоранні – Алмадон, Халцедон; середньо спілі – Веселка, Донецький золотавий, Луганський; середньостиглий – Черняковський. Крім того, до національного реєстру сортів України включені гібриди далекого зарубіжжя, середньостиглий, універсального призначення: Банко, Дайтона, Калипсо, Копро, Марбелла, Сонеста, Марс і ін.

1.3 Хімічний склад та харчова цінність цибулі ріпчастої

Цибуля – цінний продукт харчування й має велике значення в житті людини. Її харчова цінність характеризується насамперед тим, що вона багата вуглеводами й азотистими речовинами. У цибулі відзначається високий вміст сухої речовини: від 7 до 21% (у середньому 13,4%) у цибулині й від 6,2 до 7% у листі. Більшість вирощуваних сортів в Україні містять сухої речовини при посіві насіннями 9...14%, при посадці розсадою – 9,5...14,1% і сивком – 13...15,8%.

Вуглеводи (4,5...16%) представлені в цибулі головним чином цукрами, яких у ньому міститься від 4 до 14%. За вмістом цукру цибулю можна порівняти хіба що з кавуном. Серед цукрів є сахароза, мальтоза. Гострі сорти містять загального цукру 9,13% в т.ч. сахарози 7,18%, напівгострі відповідно 7,7 і 4,7%, 6,04 і 1,94%.

Білки – високомолекулярні азотисті органічні з'єднуючі полімерами амінокислот. Це незамінні речовини неможливі життя, ріст і розвиток організму. Цибуля ріпчаста багата кислотами (аргінін, валін, гістидин, ізолейцин, лейцин, лізин, фенілаланін), вміст яких досягає 500 мг на 100 г. Вміст білка в цибулині коливається від 2 до 4%.

Мінеральні речовини в цибулі ріпчастій перебувають у вигляді легкозасвоюваних солей різних мінеральних і органічних кислот і становлять у цибулині 0,5...0,7% і листі – 1,1...1,2% від сирової речовини. До складу золи входять такі елементи як калій, фосфор, залізо, кальцій, магній, алюміній, цинк, бор, сірка, йод, літій. Цибулини містять калію 175 мг, листи – 259 мг і суха цибуля – 1120 мг/100 г; фосфору відповідно 58, 26 і 350 мг, заліза - 0,7, 0,8 і 5,0

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мг, кальцію - 31, 121 і 230 мг, магнію - 14, 18 мг. Заліза в сушеній цибулі в 5,5 рази більше, ніж у зеленій[14].

Цибуля є гарним вітамінним засобом, рекомендується особливо в зимово-весняний період. Вміст вітаміну С (аскорбінова кислота) у зеленій цибулі становить 20...60 мг, а в цибуліні - 5...10 мг/100 г, вітаміну В₁ (тіамін) відповідно 0,05 і 0,05-0,1 мг, В₂ (рибофлавін) – 0,07...0,1 і 0,02-0,04 мг, РР (ніацин, нікотинова кислота) – 0,2...0,3 і 0,3...0,6 мг, В₃ (пантотенова кислота) у сушеній цибулі – до 400 мг/100 г, В₆ (піридоксин) у зеленій цибулі – 0,1 мг, олацин, фолієва кислота) у зеленій цибулі – 10...12 мкг, Е (токоферол) в – 1...1,5 мг, А (ретинол, провітамін А, бета-каротин) – 2...3,7 мг/100 г. Цибуля ріпчаста корисна всім, особливо її зелені листя, у яких багато вітаміну С і провітаміну А. При споживанні 100...150 г зеленої цибулі можна повністю задовольнити добову потребу організму в аскорбіновій кислоті. Така ж кількість зеленої цибулі досить і для задоволення потреби організму в каротині.

У рослинних клітинах органічні кислоти перебувають як у вільному стані, так і у вигляді солей. Цибуля містить рН менш 7 і характеризується кислою реакцією. Кислий смак листя і цибулін указує на присутність у них кислот. Найважливішою з них є яблучна й лимонна. У цибулі виявлені й інші органічні кислоти. Вільних органічних кислот у цибулі міститься 0,1...0,2 г/100 г сирової речовини [29].

Вода, що міститься в цибулі в кількості 85...93%, надає їй свіжість і соковитість, є розчинником багатьох органічних речовин. Великий вміст вода в цибулі обумовлює її низьку енергетичну цінність, однак розчинні в ній живильні речовини краще засвоюються організмом людини [23].

Особливе місце в раціональному харчуванні людини займають важкозасвоювані вуглеводи, тобто структурні полісахариди рослинного походження – харчові волокна. Цей компонент збалансованого харчування представлений не тільки клітковиною, целюлозою, геміцелюлозою, але також лігніном і пектиновими речовинами. У цибулі ріпчастій міститься 0,7...0,9% харчових волокон, 0,5...0,8% клітковини, 0,1...0,6% геміцелюлози 0,5...0,6% пектину.

Цибуля ріпчаста містить цінне ефірне масло. Ефірне масло цибулі ріпчастої має бактерицидну, дезінфікуючу властивість, часто викликає подразнення слизової оболонки ока й верхні дихальні шляхи. Залежно від вмісту масла (а не кількості цукру) сорти цибулі розділяють на гострі, напівгострі й солодкі. Причому в гострій цибулі цукру навіть більше, ніж у солодкій [26].

Цибулю широко використовують при засолюванні й квашення овочів, їхньому зберіганні, в консервній промисловості, а також у народній і науковій медицині з метою лікування й профілактики різних захворювань.

За смаком розрізняють цибулю гостру, напівгостру і солодку. Цибуля гостра пекуча на смак, містить більше цукру, ніж солодка. Для приготування їжі в якості перших і других блюд вживають гострі сорти. Напівгострі та солодкі сорти використовують як приправу до оселедця, шашлику, для салатів і

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

вінегретів. Салати з такої цибулі смачні й ароматні. У харчуванні здорових, фізично активних людей цибуля застосовується практично без обмежень.

Кулінарна підготовка цибулі полягає в наступному: у неї зрізають кореневу мочку, що засохла, частину листя, видаляють покривну луску й миють.

1.4 Технологічні аспекти та проблеми попередньої переробки цибулі ріпчастої

Однією з найпоширеніших овочевих культур, яка використовується при виробництві різних видів кулінарної продукції є цибуля ріпчаста. У процесі переробки сільськогосподарської продукції з використанням цибулі, яка є основним або додатковим компонентом у кінцевому продукті, значну частину займають операції попередньої обробки цибулі. Вони включають в себе інспекцію, калібрування, очищення від лушпиння, шийки та донця, доочищення, миття та різання. Після цих операцій оброблена цибуля подається на подальшу переробку як основний або додатковий компонент переробного процесу. З названих операцій найбільш складними є процес очищення від лушпиння, шийки та донця. В основному ці операції роблять в ручну або за низьким ступенем механізації процесів. Це пов'язано з тим, що форма цибулини навіть одного сорту дуже різноманітна і може бути круглою, злегка витягнутою або серцеподібною. Діаметр цибулини змінюється від 30 до 90 мм. Крім того, зв'язок лушпиння з плодним деревом є неоднаковим. Луска може бути легко або важковідділюваною від плодового дерева [76; 109; 111; 116].

Глибина проникнення донця в плодове дерево також може бути для кожної цибулини неоднакова.

При ручному очищенні цибулі від лушпиння продуктивність становить 10...30 кг/чол./год. При ручному очищенні від шийки і донця 17...60 кг/чол./год. Втрати при ручному очищенні становлять 5...18%.

При використанні машини для очищення цибулі із швидкістю оброблювання 50 шт/хв. продуктивність їх може бути 170...600 кг/год. при втратах на очищення до 20...28%. Тобто, при використанні машин для очищення цибулі продуктивність, порівняно з ручним очищенням, підвищується в декілька разів з одночасним збільшенням втрат на очищення. Крім того, після машин для очищення цибулі потрібно ручне доочищення [33].

Такий стан питання змушує проводити низку заходів із розробки та конструювання нових зразків устаткування, які б забезпечували покращені умови обробки. Незважаючи на популярність цієї культури питання її якісного очищення в закладах ресторанного господарства та на овочепереробних підприємствах, на теперішній час, залишається не вирішеним. На підприємствах овочепереробної промисловості очищення цибулі виконується двома способами – за допомогою ручної праці, або з використанням технологічних ланок з очищення. На цих ланках завантаження цибулі в утримувачі відбувається за допомогою операторів вручну, поштучно та очищення в решті-решт забезпечується, але із значними втратами цінної частини. Особливої уваги

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

потребують заклади ресторанного господарства, в яких очищення відбувається зазвичай вручну або в картоплеочищувальних машинах, які очищують з великими втратами цінної частини сировини та не вирішують питання ручного доочищення цибулин після їх обробки. Таким чином, основним науково-технічним завданням стає розробка нового способу очищення цибулі ріпчастої та його дослідження з подальшою розробкою апаратурного забезпечення процесу.

На підставі проведеного аналітичного огляду літературних даних доведено, що під час очищення цибулі ріпчастої значна частина сировини втрачається і відсутній належний контроль за якістю кінцевої продукції,

1.5 Аналіз сучасного стану процесів та устаткування для очищення цибулі ріпчастої

1.5.1 Машина для обробки цибулі ББ-2-600

Машина для обробки цибулі ББ-2-600 (рис. 1.2) містить раму та яку додатково встановлено обертовий ротор, привід, з'єднуючий ротор з електричним двигуном, принаймні шість блоків, кожний з яких включає механізм для затискання і орієнтування цибулини відносно робочих органів, виконаний у вигляді нерухомої, закріпленої на рамі, і рухомої стійок з обертовими обоймами з гострими кромками, зубчастої рейки, жорстко зв'язаної з рухомою стійкою, зубчастої передачі і важеля, з'єданого з рухомою стійкою через зубчасту передачу і клин із зворотною пружиною, який розташований в спеціальній розточці в корпусі механізму затискання і орієнтування цибулини, механізм для висвердлювання донця з кронштейном, зв'язаним з нерухомою стійкою, виконаний у вигляді шпинделя із закріпленням свердлом і нарізаною стрічковою різьбою, установленого співісно з обертовою обоймою механізму для затискання і орієнтування цибулини, корпуса із зафіксованою гайкою гвинтової передачі, зворотних пружин, нерухомого кулачка, взаємодіючого з шпинделем і корпусом, і натискного кільця, зв'язаного із шпинделем через упор і зворотну пружину, механізм для навішування донця і шийки, виконаний у вигляді блока з двох плоских ножів, перший з яких зв'язаний із нерухомою стійкою, з можливістю поздовжнього переміщення відносно п напрямних, а другий ніж зв'язаний з рухомою стійкою, з можливістю поздовжнього переміщення відносно п напрямних, а також по напрямних відносно корпуса ножів, жорстко з'єданого із стаканом, установленим в радіальному отворі обертового ротора, з можливістю зворотно-поступального переміщення вздовж отвору і пружини, яка притискає стакан до першого нерухомого кулачка, установленого співісно, в центрі обертового ротора, механізм для очищення цибулини від лушпиння, закріплений на внутрішній стороні корпуса машини, виконаний у вигляді принаймні п'яти обертових щіток, що приводяться в рух від гнучких валів через зубчасті передачі.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

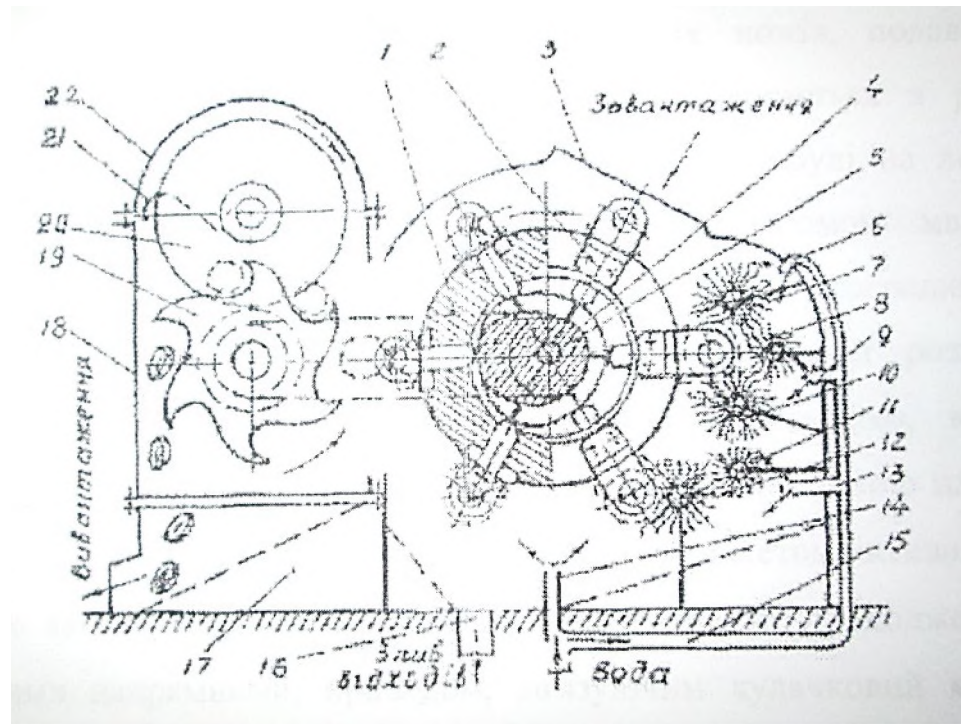


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд машини для обробки цибулі ББ-2-600

Зв'язуючи гнучкі вали з приводом машини і забезпечуючи обертання щіток з різними кутовими швидкостями, при цьому принаймні дві щітки виконані жорсткими, перша з копіюючим механізмом, що складається з двох телескопічних порожнистих валів з розміщеною у їх середині пружиною, яка при взаємодії щіток з цибулиною дає можливість валам переміщуватись вздовж своїх осей, а друга зафіксована з можливістю взаємодії тільки із середньою частиною цибулини, а три щітки виконані м'якими і принаймні дві з них оснащені телескопічним копіюючим механізмом, взаємодіють з донцем і шийкою, а третя – з середньою частиною цибулини, причому щітки для очищення середньої частини цибулини взаємодіють з пружинами, установленими з протилежних розміщенню цибулин сторін, а також включає, принаймні чотири мийні насадки, три з яких розміщені в зоні щіток, четверта – в зоні очищення цибулини, змінні перший і другий механізми для різання цибулі з бункером готової продукції, при цьому перший призначений для різання цибулі на кільця і виконаний у вигляді пакета дискових ножів з установленими між ними дистанційними кільцями і пружинними пластинами електричного двигуна, що обертає пакет дискових ножів, подавального спеціального профілю барабану, який синхронно обертається з ротором машини, а другий механізм, призначений для різання цибулі на локшину, виконаний у вигляді корпусу, жорстко зв'язаного з рамою машини і установленим на ньому порожнистим напрямним апаратом, всередині якого поперувно розміщений пакет плоских пасивних ножів, пакет розміщених горизонтально протирізальних напрямних, посувною планкою, валом із спеціально спрофільованим кулачком, взаємодіючим з пересувною планкою з можливістю надання їй зворотно-поступального руху, пакетом активних ножів з

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

валом, між якими закріплені пластини з можливістю проходження між протиризальними напрямними, приводом, зв'язуючим кулачковий вал і вал пакета активних ножів з обертовим ротором машини [32].

Передбачуваний винахід відноситься до галузі переробки сільськогосподарської продукції. Запропонована машина може бути використана для попередньої обробки цибулі перед сушінням, засолюванням та консервуванням сільськогосподарської продукції.

Комплексна обробка цибулі проводиться, як правило, на цибулеочисних лініях, що включають ряд машин і допоміжних механізмів. Наприклад, цибулеочисна лінія марки «Карандаш НА-Т12» включає в себе машину для сортування цибулі, механізми для висвердлювання донця і обрізування шийки ножом з притисочною вилкою, фрикційної установки періодичної дії для очищення цибулин від лушпиння з механізмом тимчасового контролю тривалості операцій блоком для визначення кількості завантажувального матеріалу і водоструйною мийкою. Одночасно зі швидкістю 45 цибулин за хвилину працюють 6 ліній з обрізу [35].

Для підвищення ефективності і розширення області використання пропонується удосконалена універсальна машина для попередньої обробки цибулі, що дозволяє виконувати очищення від лушпиння, висвердлювання донця, відрізування шийки і різання на кільця або локшину з високою якістю.

Основними задачами передбачуваного винаходу є підвищення продуктивності праці з одночасним зниженням втрат за рахунок поєднання кількох технологічних операцій попередньої обробки цибулі в одній машині, виключення ручного доочищення і сортування після виконання окремих технологічних операцій, підвищення якості обробленої цибулі.

Для виконання поставлених задач у запропонованій машині кожна цибулина проходить індивідуальну обробку. Для виконання окремих технологічних операцій при обробці кожної цибулини використовуються механізми затискання та орієнтування цибулини відносно ріжучих інструментів, очищення від лушпиння щіткового типу, висвердлювання донця, відрізування шийки, подачі на різання, на кільця або соломку.

На представленому кресленні показано принципову схему машини для попередньої обробки цибулі та окремих механізмів, де (рис. 1.2 і 1.3) зображено загальний вигляд машини з різальним апаратом цибулі на кільця, на рис. 1.4 – загальний вигляд блоку механізмів затискання та орієнтування цибулини відносно ріжучих інструментів, висвердлювання донця, відрізування шийки і подачі на різання, на рис. 1.5 – загальний вигляд щітки для очищення цибулини від лушпиння з копіюючим механізмом, на рис. 1.5 – загальний вигляд щітки для очищення від лушпиння середньої частини цибулини, на рис. 1.7 і 1.8 – загальний вигляд машини з різальним апаратом цибулі.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

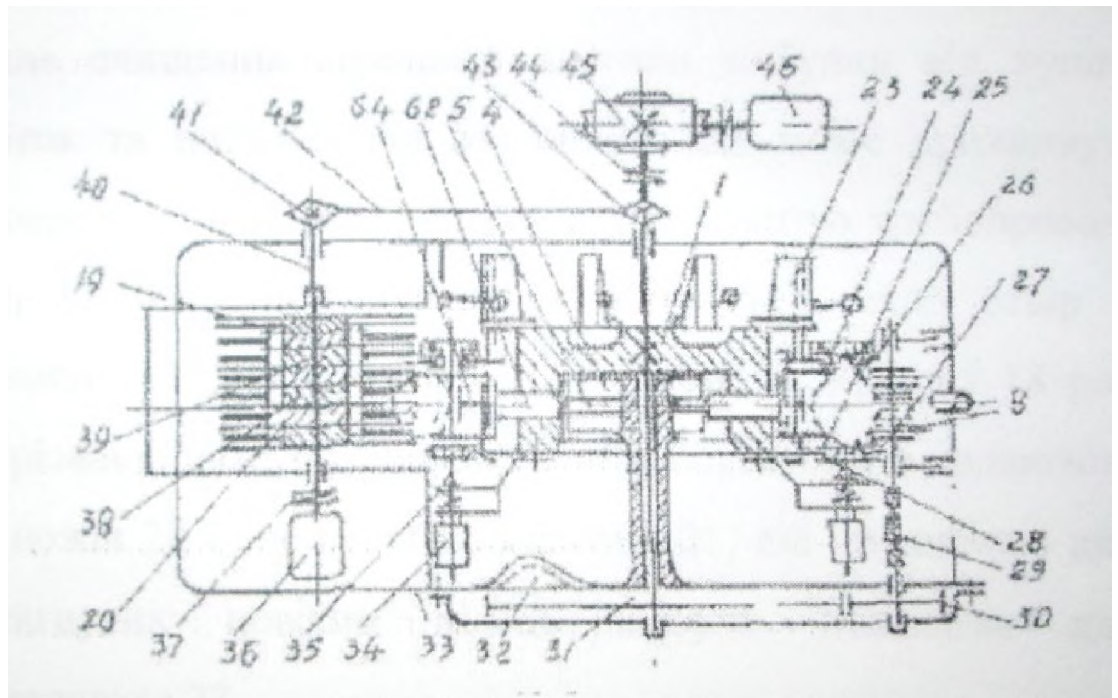


Рисунок 1.3 – Кінематична схема машини для обробки цибулі ББ-2-600

Машина для попередньої обробки цибулі (рис. 1.2) складається з обертового ротора 1 на якому рівномірно розташовуються шість блоків 2 з механізмами затискання та орієнтування цибулини відносно ріжучих інструментів, висвердлювання донця, відрізування шийки і подачі на різання, нерухомих кулачків 4 і 5, що призначені для приводу в дію механізмів відрізання шийки і подачі на різання.

Для очищення цибулі від лушпиння передбачені травмуючі 7 і 8 та очищаючі 10, 11, 12 щітки. Щітки 7, 10, 12 призначені для очищення цибулин від лушпиння біля донця і шийки і мають копіюючі механізми, щітки 8 і 11 призначені для очищення середньої частини цибулин від лушпиння. Для очищення щіток та цибулин від лушпиння, що може прилипнути до них, передбачена передача води під напором за допомогою трубопроводу 15 через насадки 6, 9, 13, 14. Злив відходів здійснюється через отвір 16. Готова продукція накопичується в бункері 17. В окремому корпусі 18 розміщується механізм для різання цибулин на кільця, що складається з подаючого барабану 19, дискових ножів 20 і спеціальних знімачів 21, які призначені для усунення випадково-затягнутих ножами кілець цибулі. Механізм для різання закривається кожухом 22.

Кожний з шести блоків 2 має однакову будову і складається з механізму 23 (рис. 1.3) затискання кожної цибулини між рухомими обоймами 24 і 25, що встановлені в рухомій стійці 26 і нерухомій – 27. За допомогою обойм 24 і 25 кожна цибулина орієнтується відносно ріжучих інструментів. Для обрізування кінців кожної цибулини використовуються плоский рухомий ніж 28. Привод у рух щіток для очищення цибулі від лушпиння, наприклад щітки 8, здійснюються

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

через гнучкий вал 20 за допомогою зубчастих коліс 30 і 31. Кулачок 32, що пов'язаний з корпусом 33 машини приводить з рух механізм 34 для висвердлювання донця, що монтується на кронштейні 35. Дискові ножі 20 приводяться в рух електродвигуном 36 через з'єднувальну муфту 37. Товщина кілець, на які ріжеться цибуля, регулюється товщиною прокладок 38 між дисковими ножами 20 і установлюються на валу 39. Подавальний барабан 19 обертається від вала 40, що жорстко зв'язаний із зірочкою 41, яка обертається від ланцюга 42, з'єданого із зірочкою 43. Зірочка 43 жорстко зв'язана з валом 44, що приводить в обертання ротор 1 і зубчасте колесо 31 приводу щіток, очищаючих цибулини від лушпиння. Вали 40 і 44 обертаються синхронно вал 44 приводиться через черв'ячний редуктор 45 від електродвигуна 46.

Механізм затискання та орієнтування цибулини відносно різальних інструментів включає в себе рухому обойму 25, що закріплена у нерухомій стійці 27 (рис. 1.4) рухому обойму 24, що закріплена в рухомій стійці 26.

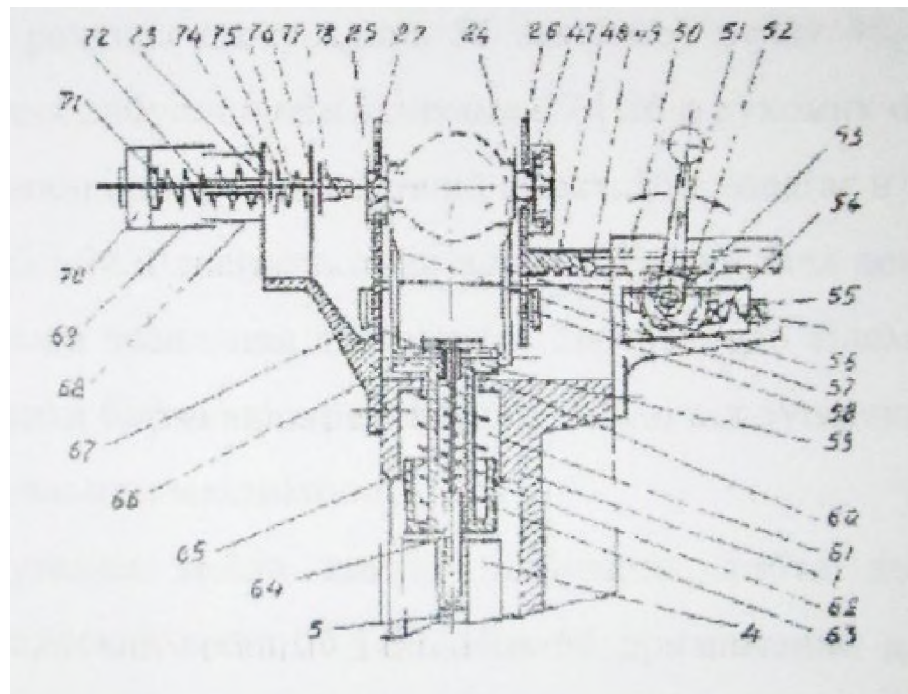


Рисунок 1.4 – Блок механізмів ББ-2-600

Стойка 26 зв'язана з рухомою обоймою 24 обгінною муфтою 47. Рухома стійка 26 жорстко зв'язана з зубчастою рейкою 48, що може пересуватися по напрямних 49 відносно корпусу 50 механізму затискання цибулини. Рукоятка 51 жорстко зв'язана з шестернею 52, що заходить у зчеплення із зубчастою рейкою 48. Вісь 53 шестерні 52 зв'язана з клином 54, що затримується в крайньому положенні пружиною 55.

Робота механізму затискання та орієнтування цибулини відносно ріжучих інструментів здійснюється таким чином. При повороті рукоятки 51 за годинниковою стрілкою клин 55 відходить у крайнє ліве положення, зубчаста

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

рейка 48 по напрямним 49 переміщується вправо і тягне за собою рухому стійку 26, за рахунок чого відстань між стійками 26 і 27 збільшується Цибулина установлюється донцем в отвір обойми 25 і поворотом рукоятки 51 проти годинникової стрілки затискується в отворах рухомих обойм 25 і 24 Це здійснюється таким чином.

При повороті рукоятки 51, що зв'язана з шестернею 52, проти годинникової стрілки, рух передається рейці 48. Рейка 48 жорстко зв'язана з рухомою стійкою 26 і затискає цибулину між обоймами 25 і 24. Після затискання цибулини переміщення рейки 48 припиняється, а клин 54 під дією сили, що прикладається до рукоятки 51, переміщується вправо, переборює опір пружини 55 і за рахунок скосу клина 54 заклинює рейку 48, що забезпечує надійне закріплення цибулини між стійками 27 і 26 в рухомих обоймах 25 і 24. При такому затисканні цибулини є певний ефект. Він полягає в тому, що гострі кромки обойми 25 і 24 підрізують лушпиння цибулини біля донця і шийки, де луска має найбільше зчеплення з плодовим деревом або тілом цибулини, що дозволяє забезпечити більш якісне очищення цибулі від лушпиння в цих місцях щіточним очищувальним механізмом.

Для відрізування кінців кожної цибулини, тобто донця і шийки, передбачені два плоских ножа 56 і 57. Ніж 56 призначений для відрізування шийки цибулини і рухається відносно стійки 26 по напрямних 58 і може змінювати своє положення відносно корпусу 59 в залежності від висоти цибулини, тому що має з ним вільний зв'язок. Ніж 57 зв'язаний жорстко з корпусом 59 і переміщується відносно нерухомої стійки 27 по напрямних 60. Корпус 59 разом з ножами 56 і 57 переміщується зворотньо-поступально в отворах 61, що є в роторі 1. Напрямною для корпусу ножів 60 є стакан 62, що постійно притискується пружиною 63 до нерухомого кулачка 4.

Робота механізму відрізування кожної цибулини здійснюється таким чином При обертанні ротора 1 стакан 62 корпусу ножів 60 набігає на нерухомий кулачок 4. За рахунок цього ножі 56 і 57 відрізують донце та шийку кожної цибулини Оскільки ножі зв'язані напрямними 60 і 58 із стійками 27 і 26 вони однаково орієнтуються відносно кінців кожної цибулини незалежно від її висоти Повернення корпусу ножів 60 в початкове положення здійснюється пружиною 63.

Механізм для подачі цибулини на різання розміщується з корпусі 60 і складається з штока 64, пружини 65 і тарілки 66. Робота механізму здійснюється таким чином При обертанні ротора шток 64 набігає на нерухомий кулачок 5, переміщуючи тарілку 66, виштовхує цибулину на різання Повернення механізму є початкове положення здійснюється пружиною 65.

Механізм для висвердлювання донця розміщується на кронштейні 67, закріпленому на роторі 1. Він складається з нерухомого корпусу 68 і рухомого 69, який може переміщуватися поздовжньо відносно нерухомого, гвинтової передачі 70, шпинделя 71, на якому нарізана стрічкова різьба, що дозволяє перетворювати поступальний рух корпусу 69 в обертальний шпинделя 71, Повернення корпусу 69 в початкове положення здійснюється пружиною 72, що

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закріплена між гвинтовою передачею 70 і нерухомою стійкою 73. Між упором 74 і шпинделя 71 і натискним кільцем 75 установлена пружина 76, що впирається другим кільцем у стійку 77 і дозволяє свердлу 78, жорстко зв'язаному з шпинделем 71, повертатися в початкове положення.

Щітки 7, 10 і 12 (рис. 1.2) для очищення цибулини від лушпиння з копіюючим механізмом мають однакову будову, за виключенням того, що щітка 7 призначена для травмування і подрібнювання лушпиння і більш жорстка порівняно з щітками 10 і 12. Кожна щітка (рис. 1.5) складається із стійки 79, що через підшипник 80 з'єднується з пустотілим валиком 81, на якому змонтований корпус 82 із щітками 83. Через телескопічний зв'язок 84 із стійкою 79 з'єднується рухома стійка 85, що через підшипник 86 з'єднується з рухомих порожнистим валиком 87, на якому змонтований корпус 88 із щітками 89. Рухомий валик 87 може переміщуватися відносно нерухомого валика 81 тільки в осьовому напрямку і стягаються між собою пружиною 90, що призначена для копіювання форми цибулини. В обертання кожна щітка приводиться через окремий гнучкий вал 29.

Робота щіток здійснюється таким чином щітки 83, що змонтовані на корпусі 82, мають конусну зовнішню форму, знаходяться в зафіксованому положенні відносно нерухомої стійки 27 (рис. 1.4) і призначенні для очищення кожної цибулини від лушпиння біля донця. Щітки 89 переміщуються в осьовому напрямку в залежності від висоти кожної цибулини і зафіксовані в постійному положенні відносно рухомої стійки 26 (рис. 1.4). Це положення забезпечується самою цибулиною, яка при русі між нерухомою щіткою 83 і рухомою 89 за рахунок конусних поверхонь щіток переборює опір пружини 90 і копіює положення щітки 89 (рис. 1.5) відносно рухомої стійку 27 (рис. 1.4), тим самим забезпечується якісне очищення кожної цибулини від лушпиння із сторони шийки

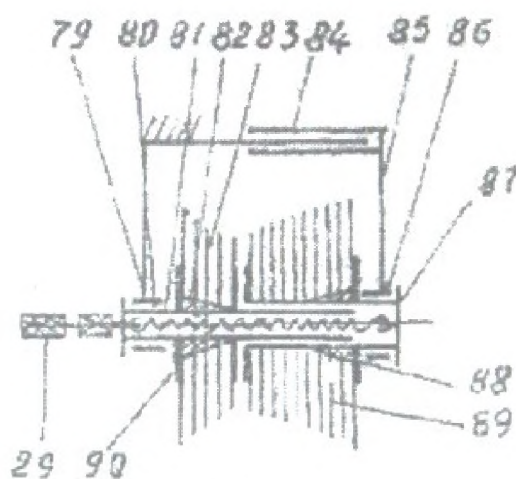


Рисунок 1.5 – Щітка з копіюючим механізмом

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після проходу цибулини між щітками пружина 90 (рис. 1.5) переміщує щітки 89 в початкове положення. Щітки 8 і 11 (рис. 1.2), що призначені для очищення середньої частини кожної цибулини від лушпиння мають однакову будову, за виключенням того, що щітка 8, призначена для травмування і подрібнювання лушпиння, більш жорстка порівняно з щіткою 11. Кожна з них (рис. 1.6) складається з вала 91, на якому змонтовані очищаючі щітки 92 Вал 91 обертається в підшипниках 93 і 94, що зв'язані зі стійками 95 і 96 Ці стійки зв'язані з нерухомими опорами 97 і 98 пружинами 99 і 100, які забезпечують

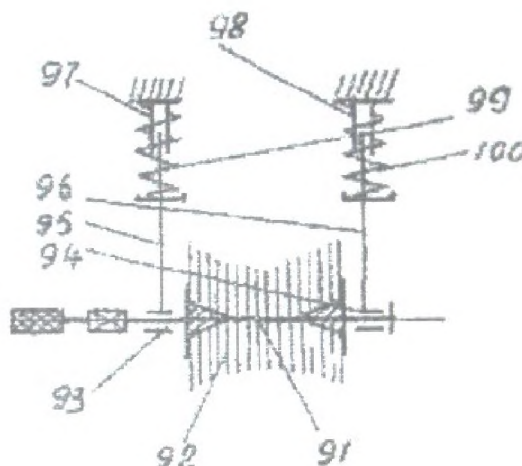


Рисунок 1.6 – Щітка для очищення середньої частини лушпиння

Якщо потрібно різати цибулю на локшину на рамі машини встановлюється механізм 105 (рис. 1.7), що включає в себе встановлені на стійках 106 напрямні 107 в декілька рядів, активні ножі 108, напрямний апарат 109, пасивні ножі 110, пересувну планку 111. Пересувна планка 111 призначена для того, щоб подавати кожну цибулину в напрямний апарат 109. Пересувна планка 111 приводиться в обертово-поступальний рух від механізму, що складається з кулачка 112 (рис. 1.8) жорстко закріпленого на валу 113 і приводиться в обертання від зірочки 41, штовхана 114, що жорстко зв'язаний з пересувною планкою 111 та зворотною пружиною 115.

За допомогою ланцюга 42 і зірочки 43 від черв'ячного редуктора 46 через конічний редуктор 116 приводиться в рух вал 117, що жорстко зв'язаний з ротором 118, на якому змонтовано блок активних ножів 108. На кожному з них передбачено наявність пластин 119. Пластини 119 проходять між напрямними 108 (рис. 1.7) і призначені для виштовхування локшини з проміжку між напрямними 108.

Машина для обробки цибулі працює таким чином. Для обробки використовується попередньо відкалібрована і вимита цибуля. Ротор 1 (рис. 1.2) обертається з постійною швидкістю 10 хв, що за наявності шести блоків 2 дозволяє обробляти до 60 цибулин за хвилину одним оператором. Оператор через люк 3 окремі цибулини закріплює в кожному вільному набігаючому блоку

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. При цьому оператор одночасно відсортовує непридатні для обробки цибулини гнилі, маючи дуже деформований вигляд та ін.

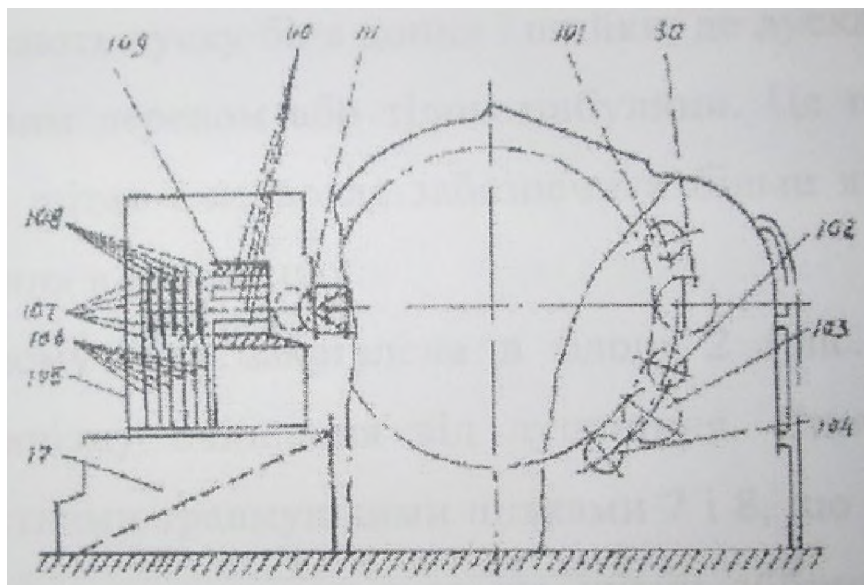


Рисунок 1.7 – Машина ББ-2-600 з різальним апаратом

Закріплення кожної цибулини здійснюється важелем 51 (рис. 1.4). При переміщенні важеля 51 за годинниковою стрілкою відстань між нерухомою 27 і рухомою 26 стійками збільшується. Оператор установлює цибулину донцем по центру обойми 25 і шийкою по центру обойми 24 і переміщенням важеля 51 проти годинникової стрілки затискає цибулину між цими обоймами.

При цьому затиснута цибулина орієнтується відносно ріжучих інструментів і може вільно обертатися. Крім того при затисканні цибулини гострі кромки обойм 25 і 24 підрізають луску біля донця і шийки, де луска має найбільше зчеплення з плодівим деревом або тілом цибулини. Це поліпшує умови роботи очищаючих щіток і дозволяє забезпечити більш якісне очищення цибулин від лушпиння в цих місцях.

При подальшому русі закріплена в блоці 2 (рис. 1.2) цибулина надходить до механізму очищення від лушпиння. Спочатку цибулина оброблюється жорсткими травмуючими щітками 7 і 8, що роблять порізи і подрібнення лушпиння за рахунок того що щітки оббриються з різними кутовими швидкостями і за рахунок цього забезпечують обертання цибулини з ковзанням відносно робочих органів щіток. При подальшому русі цибулина надходить до більш м'яких щіток 10, 11, 12 що також обертаються з різними швидкостями і забезпечують остаточне очищення цибулини від подрібненого лушпиння.

Для очищення щіток від подрібненого лушпиння і обмивання цибулин передбачено подача води під певним напором через розпилювачі 6, 9, 13 і 14. Забруднена відходами вода зливається через отвір 16 у каналізацію.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

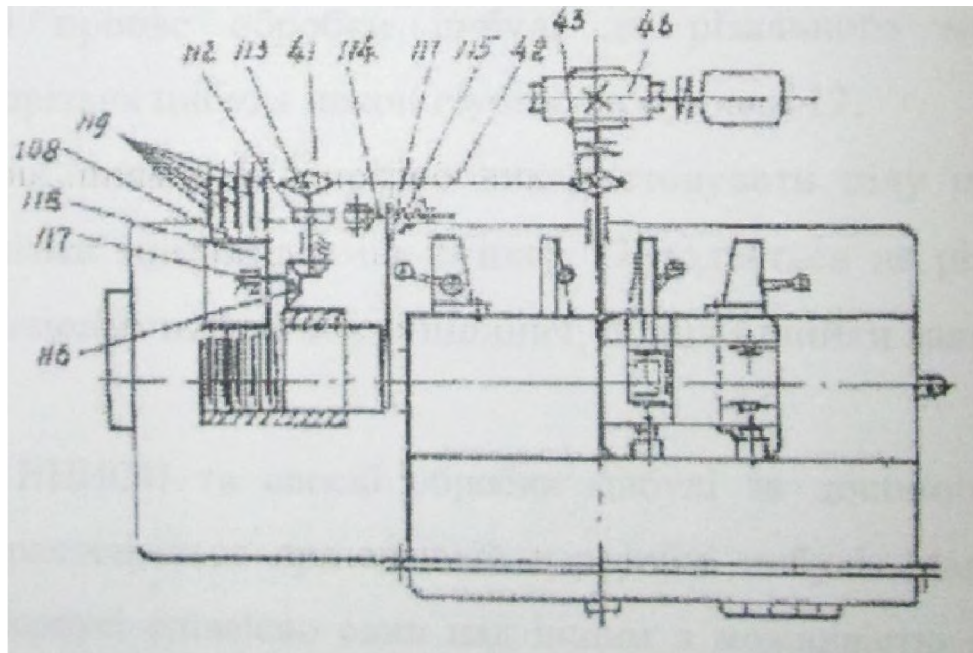


Рисунок 1.8 – Кінематична схема машини ББ-2-600 з різальним апаратом

При подальшому русі ротора 1 закріплена цибулина подається до механізму 34 (рис. 1.3) для висвердлювання донця.

Для приводу його в дію передбачено нерухомий кулачок 32, що закріплений на боковій стійці корпусу машини 33. При набіганні на нього корпусу механізму 34 здійснюється висвердлювання донця цибулини.

При подальшому русі ротора 1 (рис. 1.3) нерухомий кулачок 4 штоком 64 виштовхує цибулину в подавальний барабан 19 (рис. 1.2), що синхронно обертається з ротором 1 і подає кожну цибулину на дискові ножі 20, що обертаються від окремого електродвигуна. Кожна цибулина розрізається на кільця визначеної товщини за рахунок змінювання відстані між дисковими ножами. Повністю очищена і поріzana на кільця цибуля накопичується в бункері 17, звідки періодично вивантажується. Таке різання забезпечує дуже високу якість товарного продукту.

Якщо потрібно різати цибулю на локшину, то для цього на раму машини встановлюється змінний різальний механізм 105 (рис. 1.7). Технологічний процес обробки цибулі до різального механізму не змінюється. Поріzana цибуля накопичується в бункері 17.

В окремих випадках потрібно використовувати цілу цибулю. Тоді різальні механізми знімаються і в бункер 17 подається не різана цибуля. Технологія очищення цибулі від лушпиння, донця і шийки залишається без змін.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

1.5.2 Машина ВНИОП та спосіб обробки цибулі за допомогою двоокису вуглецю

Використовується при масовій переробці цибулі. Машина містить змонтовані в корпусі співвісно один над іншим з можливістю асинхронного обертання перфорований диск і ножі, радіально пружні гальмуючі елементи й установлені між ними радіальні колектори із соплами, з'єднані через змішувач. Відноситься до встаткування для очищення цибулі з використанням хімічних речовин, що полегшують відділення лушпайки. Пропонована машина для обробки цибулі, що містить змонтовані в корпусі співвісно один над іншим із можливістю асинхронного обертання перфорований диск і ножі, радіально встановлені над диском гальмуючі елементи, виконані із пружного матеріалу, розташовані між ними радіальні колектори із соплами й з'єднані з колекторами джерело подачі води, відповідно до винаходу постачена встановленим на вході в колектори змішувачем і з'єднаним з ним джерелом подачі рідкого двоокису вуглецю.

Це дозволяє підвищити надійність відділення лушпиння від цибулин і скоротити витрати води за рахунок зниження її кількості на відділення покривних листів від цибулин.

Машина для обробки цибулі (рис. 1.9) містить змонтовані в корпусі 1 співвісно один над іншим з можливістю асинхронного обертання від привода 2 перфорований диск 3 і ножі 4, радіально розташовані над диском 3. Підторможуючі елементи 5, виконані із пружного матеріалу, розташовані між ними радіальні колектори 6 із соплами 7, з'єднані через змішувач 8 із джерелами 9 і 10 подачі води й рідкого двоокису вуглецю відповідно. Під диском 3 установлений лоток 11 для відводу відходів. Машина працює в такий спосіб.

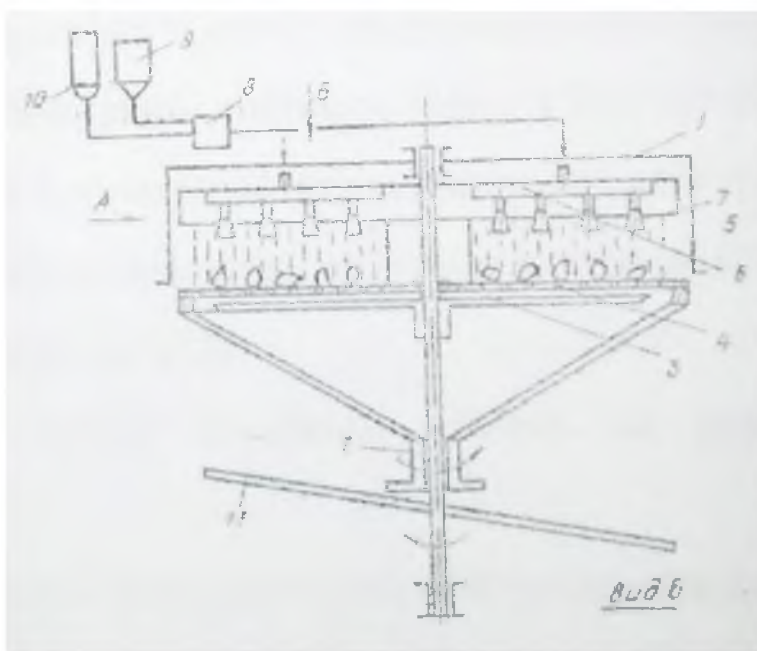


Рисунок 1.9 – Машина для обробки цибулі ВНИОП

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Цибулини подають у корпус 1 на диск 3, що обертається від привода 2. У процесі переміщення на диску 3 цибулини взаємодіють із підторможуючими елементами 5, які орієнтують їх у перфорації диска 3 униз виступаючої частиною-донцем або пером. Оберту асинхронно диску 3 від привода 2 ножі 4 зрізують орієнтовані в перфорації диска 3 виступаючі частини цибулин, після чого вони звільняються для повторного повороту й орієнтації підторможуючими елементами 5 униз іншою виступаючою частиною. Після зрізання ножами 4 обох виступаючих частин покривні листи змиваються з очищених цибулин. Для цього із джерел 9 і 10 через змішувач 8 у колектори 6 подають воду й рідкий двоокис вуглецю. У процесі їхнього перемішування частина двоокису вуглецю розчиняється у воді, а її частина, що залишилася, емульгується в отриманому розчині. При подачі з колекторів 6 через сопла 7 струмінь суміші взаємодіє з цибулинами. При цьому взаємодії частина лушпайки цибулин віддаляються з них під дією динамічного напору струменів, збільшеного в порівнянні із прототипом за рахунок різкого збільшення обсягу й диспергування суміші при переході в газову фазу в умовах атмосферного тиску емульсованої частини двоокису вуглецю, а інша частина покривних листів віддаляється за рахунок затікання під них перенасиченого розчину вугільної кислоти, у якому за рахунок потер тиску йде активне розкладання вугільної кислоти з утворенням газової фази двоокису вуглецю, що приводить до спучування покривних листів і їхньому відділенню від цибулин без додаткової подачі води. Зрізані пир'я й донця цибулин, змита з них лушпайка віддаляються через перфорацію диска 3 у лоток 11 для відводу відходів. Очищені цибулини, відсепаровані від відходів, видаляють із корпусу 1 з поверхні диска 3. Далі цикл роботи машини повторюється. [32]

1.5.3 Підсушувальний спосіб очищення цибулі та установка для його здійснення

Запропоновано спосіб очищення цибулі й установка для його здійснення. Перед механічним видаленням шкірочки здійснюють її надрізання одночасно з підсушуванням повітрям при 70...90°C, швидкості його руху 1,5...3,0 м/с протягом 5...10 хв. Установка складається з перфорованого барабана 2 з розташованими всередині нього, на внутрішній поверхні лопатками й похилою плитою 5, постаченої вертикально розміщеними ножами 6, Для подачі пари використовують приточний вентилятор 10 парові калорифери 11 і повітряний колектор 12. Установка для очищення цибулі працює у такий спосіб (рис. 1.10). Покривну шкірочку цибулі підсушують при температурі повітря 70...90°C і швидкості його руху 1,5...3,0 м/с. Одночасно з підсушуванням покривну шкірочку цибулі надрізають для її відшаровування від м'якоті цибулин і доступу в простір між шкірочкою й м'якоттю нагрітого повітря. Підсушування шкірочки здійснюють до вологості 13...15%. Залежно від обраних режимів тривалість підсушування шкірочки до зазначеної вологості становить 5... 10 хв. Після цього

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводять механічне очищення цибулі шляхом обробки шорсткуватими поверхнями.

Приклад 1. Покривну шкірочку цибулі підсушують до вологості 16% при 65°C и швидкості її руху 1,2 м/с протягом 11 хв. Одночасно з підсушуванням покривну шкірочку цибулі надрізають. Після цього проводять механічне очищення цибулі шляхом обробки шорсткуватими поверхнями.

Приклад 2. Покривну шкірочку цибулі підсушують до вологості 15% при температурі повітря 70°C и швидкості її руху 1,5 м/с протягом 10 хв. Одночасно з підсушуванням здійснюють надрізання зазначеної шкірочки. Після цього проводять механічне очищення цибулі шляхом обробки шорсткуватими поверхнями.

Приклад 3. Покривну шкірочку цибулі підсушують до вологості 14% при температурі повітря 80°C и швидкості її руху 2,0 м/с протягом 7,5 хв. Одночасно з підсушуванням здійснюють надрізання зазначеної шкірочки. Після цього проводять механічне очищення цибулі шляхом обробки шорсткуватими поверхнями.

Приклад 4. Покривну шкірочку цибулі підсушують до вологості 13% при температурі повітря 90°C и швидкості його руху 3,0 м/с протягом 5 хв.

Одночасно з підсушуванням здійснюють надрізання зазначеної шкірочки. Після цього проводять механічне очищення цибулі шляхом обробки шорсткуватими поверхнями.

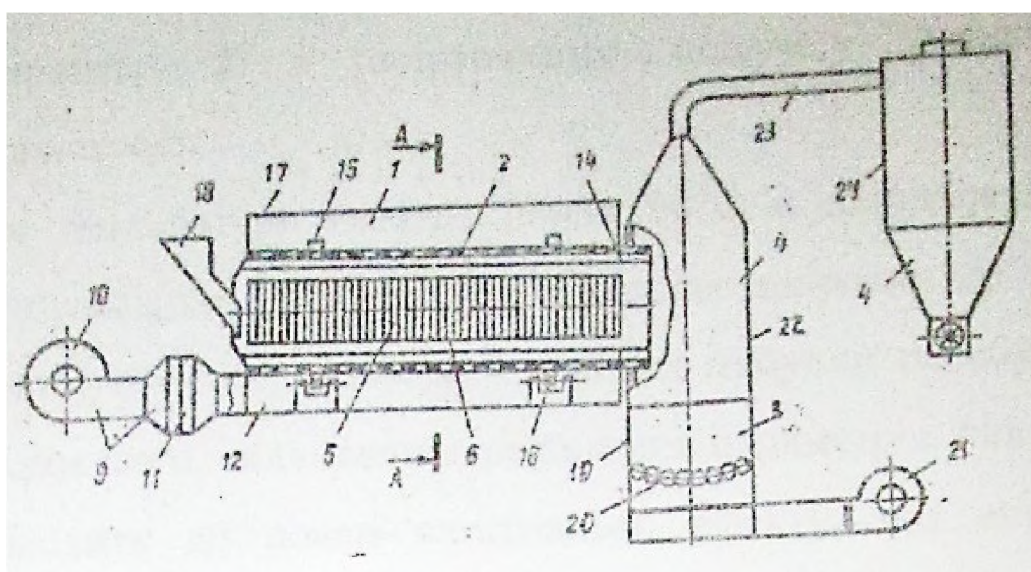


Рисунок 1.10 – Установка для очищення цибулі

Приклад 5. Покривну шкірочку цибулі підсушують при температурі повітря 95°C и швидкості її руху 3,3 м/с протягом 4 хв. Одночасно з підсушуванням здійснюють надрізання зазначеної шкірочки. Після цього проводять механічне очищення цибулі шляхом обробки шорсткуватими поверхнями.

Проведення процесу підсушування шкірочки цибулі до вологості 13...15% при температурі повітря 70...90°C и швидкості його руху 1,5...3,0 м/с протягом 5...10 хв. здійснюваного перед її механічним видаленням, забезпечує ефективно і якісне очищення цибулі при мінімальній тривалості процесу механічного очищення. Тим самим досягається інтенсифікація процесу очищення як у порівнянні із прототипом, так і в порівнянні з іншими відомими способами.

Зниження температури повітря нижче 70°C и швидкості його руху менш 1,5 м/с не забезпечує підсушування шкірочки цибулі до необхідної вологості 15%, навіть незважаючи на збільшення продуктивності процесу підсушування. У той же час підвищена вологість шкірочки подовжує процес механічного доочищення цибулі й погіршує якість очищення за рахунок зниження відсотка очищених цибулин. З іншого боку, збільшувати тривалість процесу Підсушування шкірочки небажано, тому що це, у свою чергу, знижує інтенсивність процесу й в остаточному підсумку позначається на продуктивності пристрою.

Збільшення температури повітря понад 90°C и швидкості його руху більше 3,0 м/с, незважаючи на зниження вологості шкірочки до 12%, не дає позитивного ефекту, тому що відсоток очищених цибулин перебуває на рівні прикладів 2-4. Крім того, підвищення режимних параметрів підсушування в прикладі 5 приводить до появи негативного ефекту, що виражається в частковому підварюванні верхніх шарів м'якоті цибулі, а також у підвищеній витраті тепла й електроенергії на нагрівання й прискорення повітря. Деяка підвищена витрата тепла й електроенергії в прикладах 3 і 4 у порівнянні із прикладом 2 компенсується інтенсифікацією процесу підсушування й підвищенням продуктивності пристрою за рахунок скорочення часу підсушування.

Установка для очищення цибулі містить вузол 1 надрізання шкірочки, розміщений у перфорованому барабані 2, пов'язаному із пристроєм 3 для механічного очищення за допомогою сепаратора 4 для відділення очищених цибулин від шкірочки. Крім того, вузол 1, що надрізає, містить похило встановлену усередині барабана 2 плиту 5, постачену вертикально розташованими ножами 6, гострі крайки 7 яких паралельні одна іншій і спрямовані по ходу скочування цибулі. Усередині барабана 2 розташовані лопатки 8, установлені з нахилом у напрямку обертання під кутом 65...75° до дотичної, проведеної через точку з'єднання лопатки 8 з утворюючого барабана.

Пристрій 9 для підсушування шкірочки містить перфорований барабан 2 і систему подачі теплоносія, що включає приточний вентилятор 10, парові калорифери 11, повітряний колектор 12 і герметизуючі прокладки 13. Пристрій 9 для підсушування шкірочки також постачено підпірним кільцем 14, бандажем 15, установленими з можливістю ковзання по опорних роликах 16, і герметичним кожухом 17. Для завантаження сировини використовують бункер 18.

Пристрій 3 для механічного очищення має камеру 19 з розташованими в ній очисними валками 20 і пов'язаний з нею вентилятор 21. Сепаратор 4 містить зв'язані між собою розділову камеру 22, повітропровід 23 і уловлювач 24 шкірки. Установка для очищення цибулі працює в такий спосіб. Цибуля через

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завантажувальний бункер 18 подається в барабан 2, де покривна шкірочка одночасно надріжеться й підсушується до заданої вологості при температурі й швидкості руху повітря відповідно до пропонованого способу. Подача повітря в перфорований барабан 2 здійснюється через повітряний колектор. 12 за допомогою приточного вентилятора 10, а нагрівання повітря виробляється в калориферах 11, Завдяки герметизуючим прокладкам 13, установленим між кожухом 17 і барабаном 2, нагрітий повітря пронизує тільки робочу зону барабана 2, заповнену цибулею.

Цибуля захоплюється лопатками 8 обертового барабана 2, піднімається над похилою плитою 5 і скачується по вертикально розташованим на ній плоским ножом 6, гострі країки 8 якого паралельні одна інший і спрямовані по ходу скочування цибулі. При цьому шкірочка цибулі надрізається й відшаровується від м'якоті, що поліпшує здійснюваний відповідно до пропонованого способу процес її підсушування, що, у свою, чергу, сприяє більш ефективному її відділенню від м'якоті при наступному механічному очищенні.

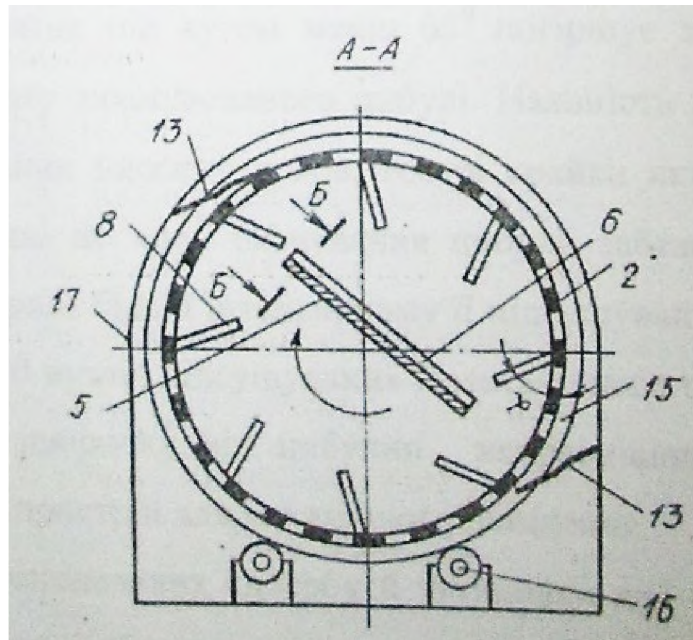


Рисунок 1.11 Переріз перфорованого барабана

Цибуля з підсушеною й надрізаною шкірочкою через підпірне кільце 14 і сепаратор 4 потрапляє в пристрій 19 для механічного очищення, де шкірочка відділяється від м'якоті цибулин швидко обертовими очисними валками 20, розташованими в камері 19. Вентилятором 21 під камеру 19 подається повітря, що захоплює шкірку й несе її через розділову камеру 22 і повітропровід 23 в уловлювач 24. Очищена цибуля вивантажується із пристрою 19 для механічного очищення й направляється на подальшу переробку. Наявність в установці пристрою підсушування й надрізання шкірочки цибулі пропонованої конструкції дозволяє здійснювати оптимальне підсушування шкірочки з одночасним її надрізанням, що, у свою чергу, забезпечує підвищення в 2-3 рази продуктивності

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

пристрою для механічного очищення, і відповідно, самої установки за рахунок інтенсифікації процесу очищення.

Розміщення лопаток усередині перфорованого барабана з нахилом у напрямку його обертання й установка їх під кутом $65...75^\circ$ до дотичної, проведеної через точку з'єднання лопатки та утворюючого барабана, забезпечує підйом цибулі над верхнім кінцем похилої плити й скочування його по вертикально встановленим на ній плоским ножем. Установка лопаток під кутом більше 75° небажана, тому що в цьому випадку необхідно зменшувати нахил плити, а це може привести до загострення цибулин на ножах плити. З іншої сторони установка лопаток під кутом менш 65° погіршує захвата цибулин лопатками й знижує масу захопленого цибулі. Наявність на похилій плиті вертикально розташованих плоских ножів, гострі краї яких паралельні 15 одна інший і спрямовані по ходу скочування цибулі, забезпечує надрізання шкірочки цибулі що сприяє більш інтенсивному її підсушуванню. Включення в установку сепаратора 20 вузлів підсушування й механічного очищення цибулі, дозволяє відокремити шкірочку від цибулин направивши її в уловлювач шкірки, а цибулини - у пристрій для механічного очищення.

Використання пропонованих способу й установки для очищення цибулі дозволяє знизити втрати і відходи сировини на $5...8\%$ і збільшити вихід очищених цибулин на $10...15\%$. Представлений огляд устаткування для очищення цибулі ріпчастої свідчить про неможливість використання існуючих зразків призначених для використання у овочепереробній промисловості на підприємствах ресторанного господарства.

Крім того, представлене устаткування не забезпечує якісного очищення цибулі від шкірки і має певні недоліки:

- машини для попередньої обробки цибулі виконують, як правило, одну операцію;
- при використанні машини для попередньої обробки цибулі з одночасним підвищенням продуктивності, порівняно з ручною обробкою, збільшуються втрати на очищення;
- для здійснювання технологічного процесу попередньої обробки цибулі звичайно створюються лінії з серії одноопераційних машин, які завжди мають різну продуктивність і можливості, в зв'язку з ЧИМ ЛІНІЇ є малопродуктивними і габаритними;
- при використанні лінії для очищення цибулі від лушпиння обов'язково потрібна окрема машина;
- при використанні лінії для очищення цибулі від донця і шийки потрібне обов'язкове якісне калібрування кожної цибулини і окрема машина;
- різання цибулі виконується в окремих машинах, що потребує певний час для перевантаження очищеної цибулі, а це знижує якість продукції при використанні цибулеочисних ліній;
- при закінченні обробки необхідно виконувати ручне доочищення і сортування сировини;

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- у машинах і лініях попередньої обробки цибулі значну частку займає ручна праця;
- відомі машини не дозволяють забезпечити виконання всіх основних технологічних операцій попередньої обробки цибулі.

Таким чином, відомі машини для попередньої обробки цибулі не є універсальними, малоефективні, мають обмежену область використання. Виходячи з аналізу представлених способів очищення та установок для їх реалізації, ефективності їх роботи та можливостей застосування на підприємствах ресторанного господарства можна зробити висновок, що проблема очищення на теперішній час повністю не вирішена. Перспективним напрямком інтенсифікації та механізації процесу якісного очищення цибулі ріпчастої є розробка нового спеціалізованого апарата, принцип дії якого засновано на поєднанні термічного, гідродинамічного та механічного процесів.



Рисунок 1.12 – Загальний план проведення теоретичних та експериментальних досліджень

Підсумовуючи результати проведеного аналізу процесів очищення цибулі ріпчастої, стає очевидним, що сьогодні виникає необхідність розробки обладнання для очищення, яке буде мати відносно невеликі розміри, буде енергетично ефективним та екологічно безпечним. Для того, щоб інтенсифікувати розробку нового обладнання та удосконалити існуюче необхідно здійснити низку теоретичних та експериментальних досліджень, під час проведення яких будуть визначатися вплив сортових характеристик цибулі та параметрів процесу очищення на ефективність очищення продукту. З метою реалізації основних завдань досліджень було розроблено загальний план проведення теоретичних та експериментальних робіт, який наведено на рис. 1.12.

Висновки за розділом

На підставі проведеного аналітичного огляду літературних даних доведено, що під час очищення цибулі ріпчастої значна частина сировини втрачається та відсутній ефективний контроль за якістю кінцевої продукції. Відомі машини для очищення цибулі малоєфективні, потребують додаткового обладнання і виконання ручного доочищення та мають обмежений сегмент використання. Перспективним напрямом інтенсифікації та автоматизації процесу якісного очищення цибулі ріпчастої є розробка нового спеціалізованого апарата, принцип дії якого засновано на синтезі термічного, гідродинамічного та механічного процесів обробки.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		31

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ УСТАНОВКИ

2.1 Об'єкт, предмет дослідження та завдання дослідження

Об'єкт дослідження – процес очищення цибулі ріпчастої від луски.

Предмети дослідження – цибуля ріпчаста, ріжучі та транспортуючі вузли, експериментальний зразок апарата для очищення цибулі ріпчастої.

Завдання дослідження:

- провести аналітичні дослідження процесів очищення цибулі ріпчастої; розробити методику для вимірювання сил взаємозв'язку луски з цибулиною;
- розробити методику вимірювання зусилля різання цибулі;
- дослідити вплив структурно-механічних та геометричних параметрів цибулин на процес підрізання їх донця та верхів'я;
- провести дослідження впливу пари та сортних особливостей цибулі на інтенсивність послаблення сил зв'язку поверхневого шару з плодом під час обробки;
- дослідити вплив структурно-механічних та геометричних параметрів овочів на процес зняття луски після попередньої обробки;
- розробити конструкцію апарата для забезпечення розробленого способу очищення.

2.2 Методика та експериментальна установка для дослідження параметрів процесу термічної обробки цибулі ріпчастої

Розлюблений комбінований спосіб очищення складається з процесу термічної обробки цибулі ріпчастої парою та її механічного доочищення. Першочерговим завданням під час проведення досліджень комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої було визначення раціональної тривалості термічної обробки. Для дослідження впливу термічної обробки на цибулю ріпчасту було спроектовано та виготовлено експериментальну установку.

На рис. 2.1 подано схему експериментальної установки для дослідження впливу термічної обробки на поверхневий шар цибулі ріпчастої.

Установка складається з наступних елементів: рама установки 1, розміщена на стійках 17, на ній закріплено робочу камеру 11, в якій відбувається процес термічної обробки цибулі ріпчастої парою надлишкового тиску. Робоча камера закріплена на рамі стійками 13. Тиск пари в робочій камері визначається

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Резніченко Р.Ю.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Дейниченко Г.В.</i>				32	7
<i>Н. контр.</i>		<i>Омельченко О.В.</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський В.П.</i>					

за допомогою манометра 5. Для забезпечення герметичності робоча камера щільно закривається кришкою 9, що з'єднується з фланцем 10 робочої камери. Пара з робочої камери випускається крізь патрубок 6, який є частиною пристрою для випуску пари 7. Для вироблення пари використовується парогенератор 3, який закріплено на стійках 16. Частина парогенератора заповнена водою, для нагрівання якої використовуються ТЕНи. Інша частина парогенератора порожня для подальшого заповнення її парою. Під час нагрівання води і утворення пари необхідно провести попередній випуск повітря з парогенератора. Подача пари до робочої камери з парогенератора відбувається крізь патрубок 4 при відкритому крані 12. Для підтримання необхідного рівня води в парогенераторі його під'єднано до централізованого водопроводу. Під час відкривання крана 14 вода надходить всередину парогенератора крізь патрубок 15. Для дотримання техніки безпеки, регулювання рівня води в парогенераторі необхідно здійснювати тільки тоді, коли тиск в ньому буде дорівнювати атмосферному. Для прискорення виходу парогенератора на робочий режим, зниження втрат теплоти в навколишнє середовище, зовнішні елементи парогенератора було вкрито шаром теплоізоляційного матеріалу. Експериментальна установка для дослідження впливу термічної обробки на поверхневий шар цибулі ріпчастої працює наступним чином.

Перед початком роботи необхідно перевірити рівень води в парогенераторі 3. Якщо є потреба, необхідно встановити її належний рівень. Після включення ТЕНів тиск пари в парогенераторі буде поступово підвищуватися. Тиск пари необхідно контролювати за допомогою манометра 2. У той час, коли парогенератор вийде на робочий режим, потрібно завантажити цибулю ріпчасту до робочої камери 1 і. Щільність притискання кришки до фланця робочої камери забезпечується спеціальним гумовим кільцем, яке встановлюється в проточку кришки. Після цього необхідно відкрити кран 12, забезпечивши подачу пари з парогенератора до робочої камери. У результаті різкого випуску пари, тиск у робочій камері миттєво падає, завдяки чому конденсована волога, що міститься під шкіркою цибулі ріпчастої закипає і перетворюється на пару, яка розриває шкірки продукту.

Тривалість проведення процесу термічної обробки цибулі ріпчастої парою знаходилась в діапазоні 10...70 с. Цей діапазон було обрано на підставі проведених попередніх досліджень, які показали, що у випадку, коли цибулини оброблювались парою менше 10 с, відділення луски від цибулі ріпчастої було не достатньо ефективним. Це свідчить про те, що зв'язок між клітинами поверхневого шару цибулі не достатньо руйнується для проведення подальшого процесу її механічного доочищення.

У випадку, коли тривалість термічної обробки перевищувала 70 с значно зростала глибина термічної обробки поверхневого шару цибулі, що в подальшому призводило до суттєвих втрат сировини. Для вимірювання значення глибини провару поверхневого шару цибулі ріпчастої використовувались термопари, які було занурено на різну глибину. Після проведення серії

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експериментальних досліджень встановлювалась температура поверхневого шару продукту, який зазнав зміни внаслідок термічної обробки.

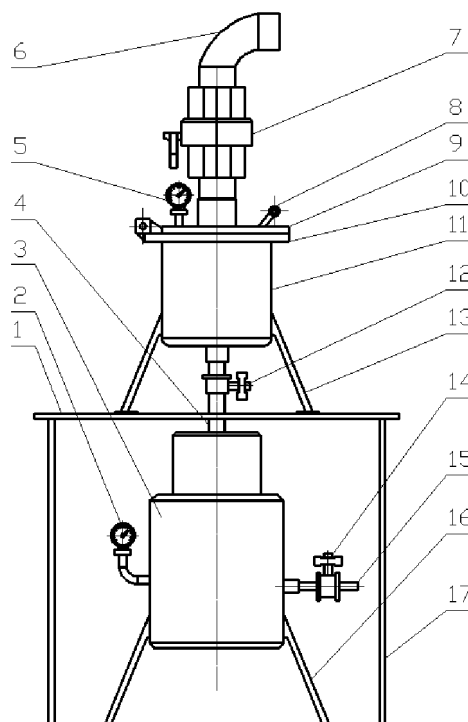


Рисунок 2.1 – Схема експериментальної установки для дослідження впливу термічної обробки на поверхневий шар цибулі ріпчастої:

- 1 – рама експериментальної установки; 2 – манометр парогенератора;
- 3 – парогенератор; 4 – патрубок підводу пари до робочої камери від парогенератора; 5 – манометр робочої камери; 6 – випускний патрубок;
- 7 – пристрій для випуску пари; 8 – важіль для відкривання кришки робочої камери; 9 – кришка робочої камери; 10 – фланець робочої камери; 11 – робоча камера; 12 – кран подачі пари до робочої камери; 13 – стійки робочої камери;
- 14 – кран подачі води до парогенератора; 15 – патрубок подачі води до парогенератора; 16 – стійки парогенератора; 17 – стійки рами

2.3 Методика та експериментальна установка для дослідження зусилля відділення луски цибулі ріпчастої після термічної обробки

Проведенні попередні дослідження дозволили з'ясувати, що під час процесу механічного доочищення глибина провару поверхневого шару цибулі ріпчастої буде суттєво впливати на відсоток втрат сировини, а зусилля відділення луски, впливатиме на відсоток очищених цибулин та тривалість процесу механічного доочищення цибулі. Для дослідження зусилля відділення шкірки було розроблено та виготовлено експериментальну установку

Схема експериментальної установки показана на рис. 2.2. Установка складається з наступних елементів. Нижня 1 та верхня 8 опори установки

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначені для закріплення елементів установки. Опори закріплені на стійках 3. Регулювання висоти верхньої опори здійснюються гайками кріплення 10. До верхньої опори прикріплено напрямну втулку 8, всередині якої є отвір з різьбою, в який вгвинчено стрижень 12, по всій довжині якого нарізана різьба і який обертається за допомогою рукояті для обертання 9, яка закріплена на верхньому кінці стрижня. На нижньому кінці стрижня закріплено шарнір 5, який приєднано до Г-подібної пластини 2. усередині шарніра є підшипники кочення, які при обертанні стрижня забезпечують вертикальне переміщення шарніра та Г-подібної пластини. До Г-подібної пластини приєднано тонку гнучку пластину 6. На цій пластині закріплено тензодатчики опору 7. Для забезпечення нерозривності з'єднання тензодатчиків опору з цифровим вимірювачем ЦТИ-1 встановлено діелектричний ізолятор 13. На гнучкій пластині закріплено утримувач 15 дослідного зразка 18. Утримувач має посередині регулятор довжини 16, за допомогою якого він підіймається або опускається залежно від геометричних розмірів дослідного зразка. Після того, як на утримувачі буде закріплено дослідний зразок, його затискають з двох боків спеціальними затискувачами 4, а шкірку цибулі закріплюють за допомогою затискувача 17. Експериментальна установка працює наступним чином. З цибулі вирізається дослідний зразок у формі куба розміром 20 x 20 x 20 мм. Потім затискається з двох боків затискувачами 4, які розміщені на опорі 1. Шкірка цибулі надрізається та закріплюється затискувачем 17, який закріплено на одному з кінців утримувача. Інший кінець утримувача приєднується до регулятора довжини 16.

Під час обертання рукояті 9 обертається також стрижень 12 підіймаючи Г-подібну пластину 2, яка, у свою чергу, підіймає гнучку пластину 6 та утримувач 15 з дослідним зразком 18. При цьому гнучка пластина 6 згинається внаслідок того, що з одного боку вона підіймається разом із Г-подібною пластиною, а з іншого утримується дослідним зразком 18, що затиснути! двома 1 затискувачами 4. Під час згинання гнучкої пластини 6 опір тензометричних датчиків 7 змінюється.

Оскільки, внаслідок дії пари на поверхневий шар цибулі порушується зв'язок між лускою та цибулиною, при підйомі дослідного зразка разом із утримувачем, відбувається відділення луски цибулі ріпчастої від її бульб. У той момент, коли шкірка відділяється від бульби цибуля ріпчастої, реєструється максимальне значення розгалуження моста опору. Одночасно на електронному табло приладу ЦТИ-1 фіксується максимальне значення розгалуження моста. Після відділення шкірки цибулі пластина повертається у вихідне положення. Слід зазначити, що тензометричні датчики розташовані з обох боків пластини і працюють на різні види навантажень. Верхній тензометричний датчик працює на стискання, а нижній працює на розтяг. Ці тензометричні датчики включені до єдиної напівмостової схеми, внаслідок чого відбувається максимальне розгалуження схеми і забезпечується значне підвищення її чутливості. Це, у свою чергу, дозволяє підвищити точність вимірювань.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

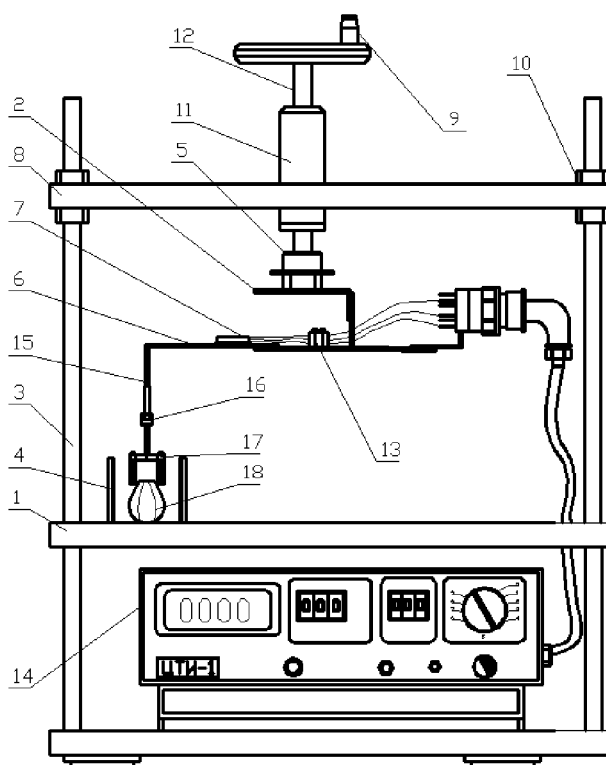


Рисунок 2.2 – Схема експериментальної установки для дослідження зусилля відділення шкірки від цибулі ріпчастої.

1 – нижня опора установки; 2 – Г-подібна пластина; 3 – стійка; 4 – затискувачі експериментального зразка цибулі ріпчастої; 5 – шарнір; 6 – гнучка пластина; 7 – тензодатчики опору; 8 – верхня опора установки; 9 – рукоять для обертання; 10 – гайки кріплення верхньої опори; 11 – напрямна втулка; 12 – стрижень; 13 – діелектричний ізолятор; 14 – цифровий тензометричний вимірювач ЦТІ-1; 15 – утримувач дослідного зразка цибулі ріпчастої; 16 – регулятор довжини утримувача; 17 – затискувачі утримувача для закріплення шкірки цибулі ріпчастої; 18 – дослідний зразок цибулі ріпчастої

2.4 Розробка методики дослідження процесу відокремлення луски цибулі ріпчастої та експериментальної установки для її реалізації

Виходячи з того, що в основу розробленого способу очищення цибулі ріпчастої та конструкції запропонованого апарата [5] покладено комбінований спосіб очищення, який складається з короткочасної обробки паром з метою послаблення сил зв'язку сухого лушпиння з основною частиною із підвищенням коефіцієнта тертя та подальшою обробкою у барабанній камері, із впливом відцентрових сил на лушпиння, виникає ряд умов, які повинні бути відображені в методиці та експериментальній установці.

Виходячи з поставленої мети першочерговою задачею є визначення низки чинників, які теоретично мають впливати на процес відокремлення луски. Отже такими чинниками з боку предмету дослідження - цибулі ріпчастої є початкова вологість, форма, розмір, товщина шару луски, маса, товщина насипного шару.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Основними чинниками, які необхідно дослідити є температура пари для попереднього пропарювання, час пропарювання, частота обертів барабана камери, коефіцієнт завантаження, розміри отворів перфорації, форма отворів.

Основним питанням яке необхідно вирішити під час вивчення процесу очищення цибулі ріпчастої є розробка методики дослідження процесу. В розробленій нами експериментальній установці (рис. 2.3) пропонується використовувати барабанну робочу камеру, що обертається.

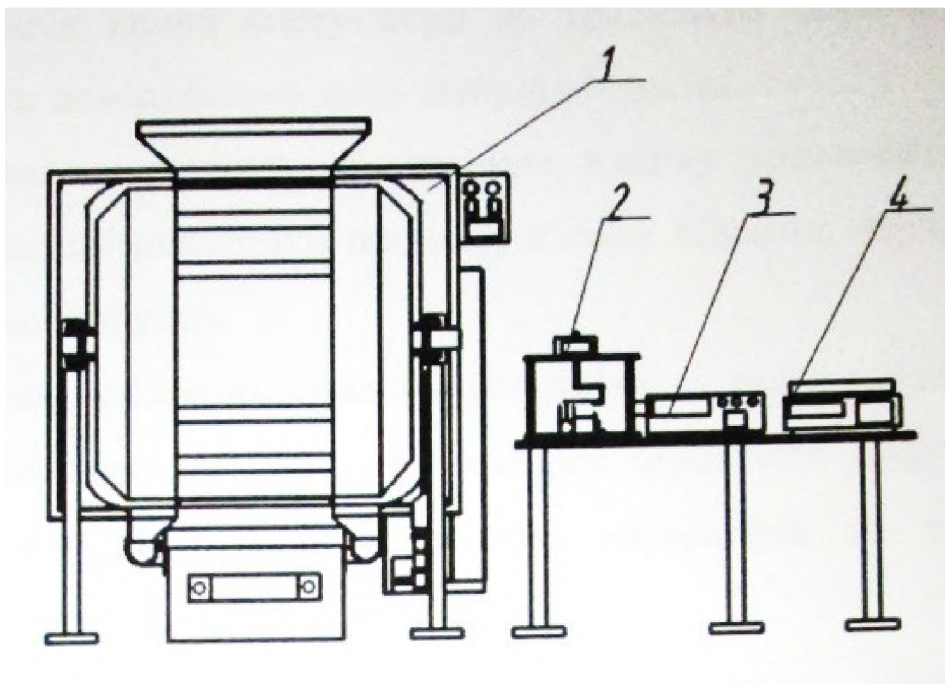


Рисунок 2.3 – Принципова схема експериментальної установки для дослідження процесу очищення цибулі ріпчастої: 1 – експериментальний барабанний модуль, 2 – тензометричний модуль, 3 – ЦТІ-1, 4 - ваги електронні

Виходячи з обраних вище чинників які необхідно дослідити ми пропонуємо до використання наступну методику дослідження процесу. Цибуля попередньо оброблена парюю завантажується до барабана, на регуляторі швидкості задається частота обертання барабана. Частота плавно варіюється в межах 50...1000 об/хв. Після встановлення частоти обертання відбувається обробка цибулі у середині камери протягом певного проміжку часу. Після обробки цибуля вивантажується до збірника очищеної цибулі. За площею та кількістю залишків лушпиння на поверхні цибулин визначають якість очищення. Крім того, з середини робочої камери вибирають лушпиння, яке було знято, а також збирають лушпиння, яке пройшло за рахунок впливу відцентрової сили крізь перфорацію барабана. Після чого з недоочищених цибулин знімають луску і разом з іншими лушпинням зважують, після чого визначають комплексний показник якості очищення, який складається з показника кількості знятої луски, показника площі очищення цибулин, кількості лушпиння, що пройшло крізь перфорацію барабана. За кількістю лушпиння, що пройшло крізь барабан

визначають мінімальну необхідну частоту обертання барабана, яка має забезпечувати максимально можливе проходження луски з камери за межі робочої камери. Виходячи з комплексного показника якості очищення цибулі і обирають оптимальні характеристики процесу: частоту, час попередньої обробки парою, тривалість обробки, Після визначення процесних характеристик шляхом зміни барабана з іншими геометричними показниками для визначення розмірів отворів проводять низку експериментів зі сталими показниками частоти та тривалості обробки.

Розроблена експериментальна установка із використанням зазначеної методики дозволяє проводити дослідження процесу очищення цибулі ріпчастої з можливістю урахування всіх зовнішніх чинників. Чинники з боку предмету дослідження можуть бути досліджені за стандартними методиками.

За результатами проведених досліджень процесу очищення цибулі ріпчастої будуть встановлені оптимальні робочі та конструктивні параметри на основі яких розроблено технічну документацію на апарат для реалізації процесу очищення.

Висновки за розділом

1. Обрано як об'єкт дослідження комбіновані процеси та устаткування для очищення овочевої сировини, а також визначено предмета досліджень: і робочі органи устаткування.
2. Для дослідження параметрів термічної цибулі ріпчастої використано нову методику із застосуванням розробленої експериментальної установки, яка дозволяє визначити вплив тиску пари та тривалості обробки на глибину термічної обробки поверхневого шару цибулі ріпчастої.
3. Розроблено методику дослідження впливу тривалості механічного доочищення на якісні показники процесу, а саме відсоток втрат сировини та відсоток очищених цибулин.
4. Розроблено експериментальну установку із відповідною методикою, яка дозволяє проводити дослідження процесу очищення цибулі ріпчастої з можливістю визначення впливу всіх його параметрів на відсоток втрат сировини та ефективність очищення продукту.
5. Обробку отриманих результатів досліджень було проведено з використанням стандартних методик, методів математичної статистики та кореляційного аналізу із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ

3.1 Результати досліджень впливу параметрів термічної обробки парою на поверхневий шар цибулі ріпчастої з урахуванням тривалості процесу

Як було зазначено, однією зі стадій комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої є процес попередньої термічної обробки цибулі парою. Для забезпечення потрібної глибини термічної обробки необхідно встановити раціональну тривалість обробки цибулі гострою парою. На рис. 3.1 представлена залежність глибини термічної обробки поверхневого шару цибулі ріпчастої від тривалості її обробки парою. Глибина термічної обробки поверхневого шару цибулі повинна забезпечувати ефективне зняття луски за мінімальних втратах сировини.

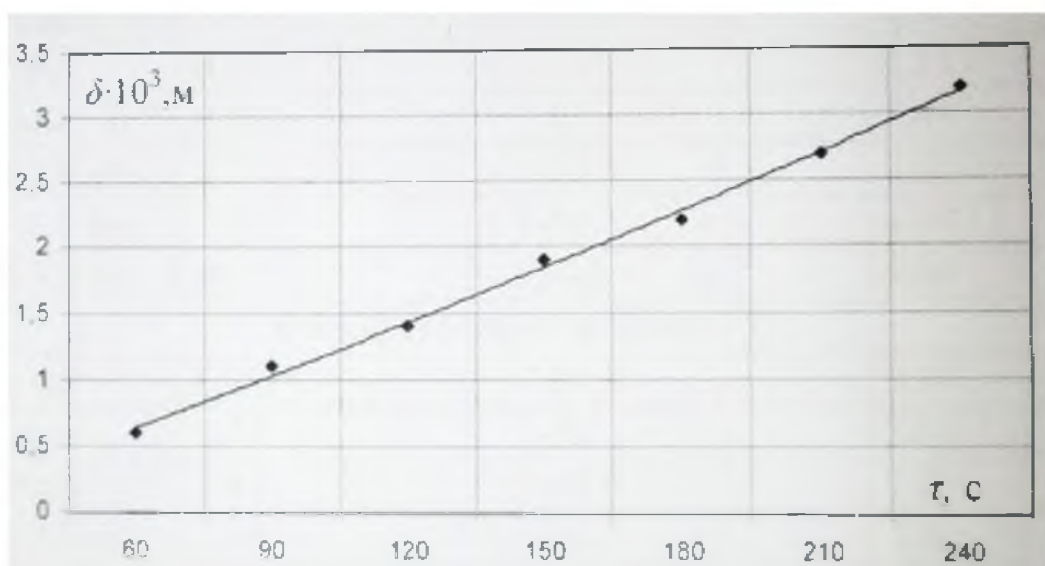


Рисунок 3.1 – Залежність глибини термічної обробки поверхневого шару цибулі ріпчастої від тривалості її обробки парою

Відображена на рис. 3.1 залежність свідчить про те, що зі збільшенням тривалості обробки цибулі ріпчастої парою відповідно зростає глибина термічної обробки поверхневого шару цибулини.

ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Резніченко Р.Ю.		
Перевір.		Дейничяенко Г.В.		
Н. контр.		Омельченко О.В.		
Затверд.		Хорольський В.П.		
Результати аналітичних та експериментальних досліджень комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої			Літ.	Арк.
				39
			Акрушів 15	
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Таким чином, треба знати раціональну тривалість проварювання до оптимального значення товщини провару поверхневого шару цибулини. Тому, наступним кроком було отримання емпіричної залежності:

$$\delta = a_1 + a_2 \cdot \tau + a_3, \quad (3.1)$$

де τ – тривалість проварювання цибулин, с;
 δ – товщина провару поверхневого шару цибулини, мм;
 a_i – регресійні коефіцієнти.

Таблиця 3.1 – Значення регресійних коефіцієнтів для різних форм і діаметрів отворів

Форма та діаметр отворів	α_1	$\alpha_2 \cdot 10^3$	$\alpha_3 \cdot 10^4$
Коефіцієнт завантаження 0,3			
Коло, 12 мм	2,77	-36,5	2,9
Коло, 17 мм	0,99	-1,7	1,51
Коло, 22 мм	2,39	-6,2	1,48
Еліпс, 12x18 мм	2,74	-31,4	2,3
Еліпс, 17x23 мм	1,78	-15,6	2,03
Еліпс, 22x28 мм	-0,03	30,9	0,04
Коефіцієнт завантаження 0,5			
Коло, 12 мм	6,87	-84,9	3,67
Коло, 17 мм	3,74	-42	2,55
Коло, 22 мм	3,44	-22,4	1,73
Еліпс, 12x18 мм	7,38	-92,3	3,94
Еліпс, 17x23 мм	3,43	-40,5	2,54
Еліпс, 22x28 мм	-0,56	34,5	-0,23
Коефіцієнт завантаження 0,7			
Коло, 12 мм	-1,99	2,7	0,27
Коло, 17 мм	-0,23	0,6	0,79
Коло, 22 мм	-6,12	8,4	-1,41
Еліпс, 12x18 мм	-3,9	6,4	-1,01
Еліпс, 17x23 мм	-10,92	14,1	-3,03
Еліпс, 22x28 мм	-15,07	18,8	-4,32

Відповідні експериментальні дані та їх апроксимація рівнянням (3.1) представлено на рис. 3.2-3.4.

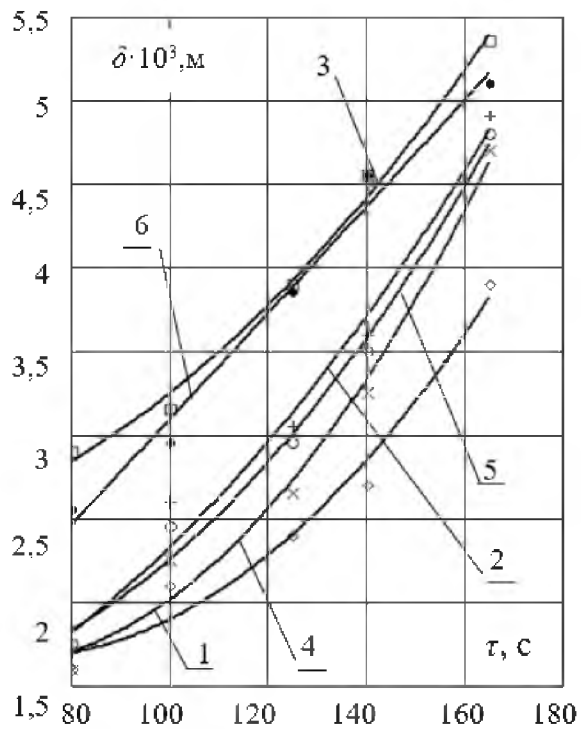


Рисунок 3.2 – Товщина провару поверхнього шару цибулини в залежності від тривалості проварювання (за коефіцієнта завантаження 0,3) та форми і діаметра отворів: 1 – коло, 12 мм; 2 – коло, 17 мм; 3 – коло, 22 мм; 4 – еліпс, 12x18 мм; 5 – еліпс, 17x23 мм; 6 – еліпс, 22x28 мм

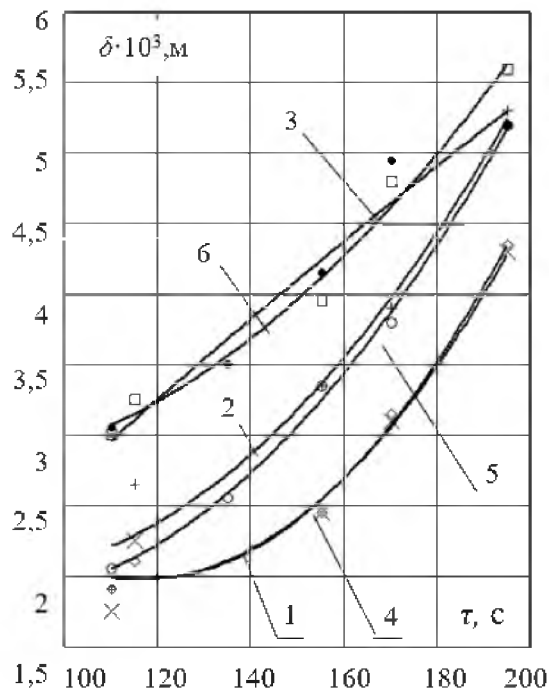


Рисунок 3.3 – Товщина провару поверхнього шару цибулини в залежності від тривалості проварювання (за коефіцієнта завантаження 0,5) та форми і діаметра отворів: 1 – коло, 12 мм; 2 – коло, 17 мм; 3 – коло, 22 мм; 4 – еліпс, 12x18 мм; 5 – еліпс, 17x23 мм; 6 – еліпс, 22x28 мм

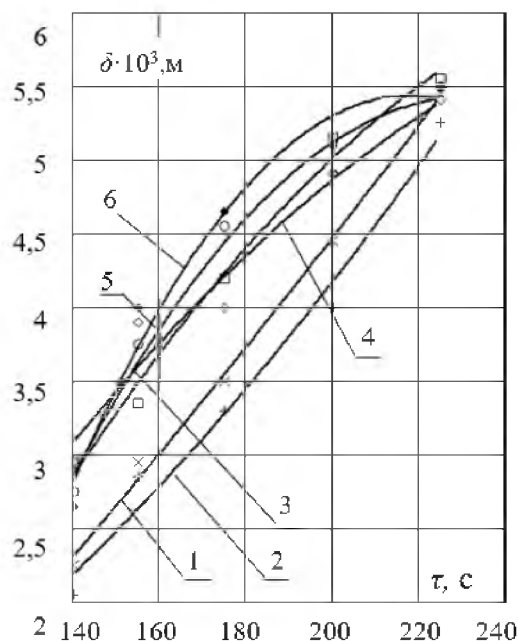


Рисунок 3.4 – Товщина провару поверхневого шару цибулини в залежності від тривалості проварювання (за коефіцієнта завантаження 0,7) та форми і Діаметра отворів: 1 – коло, 12 мм; 2 – коло, 17 мм; 3 – коло, 22 мм; 4 – еліпс, 12x18 мм; 5 – еліпс, 17x23 мм; 6 – еліпс, 22x28 мм

Отримане рівняння (3.1) дозволяє визначити тривалість проварювання цибулі, до стану який забезпечує максимальну ступінь очищення. Так, за коефіцієнта завантаження 0,3 раціональна тривалість проварювання у барабані з отворами великої площі (3, 5, 6) складає 140 с, а за коефіцієнта завантаження 0,5 для таких саме отворів 170 с. За коефіцієнта завантаження 0,7 відповідна раціональна тривалість проварювання у барабані з отворами великої площі становить 180 с.

3.2. Визначення раціональних параметрів процесу очищення цибулі ріпчастої комбінованим способом

З метою дослідження комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої нами було проведено низку взаємопов'язаних експериментів. Першочерговим завданням було визначення оптимальних геометричних параметрів отворів робочого барабана та процесних параметрів – тривалості попередньої обробки парою, частоти обертання барабана, тривалості очищення. Експерименти проводились для 3-х коефіцієнтів завантаження барабана (K_3). Слід зазначити, що $K_3=0,3$ було включено до експерименту виходячи з практичної точки зору. Оскільки в закладах ресторанного господарства технологічний процес вимагає не завжди максимального завантаження апарата. Загалом експеримент проводився для $K_3=0,3$; $K_3=0,5$; $K_3=0,7$. Виходячи з міркувань зручності виготовлення та ефективності роботи апарата, в якості вихідних експериментальних параметрів було обрано дві форми отворів барабана: коло та еліпс. Геометричні розміри отворів барабана в межах 12...22 мм обрано виходячи

з мінімальних та максимальних розмірів донця та шийки цибулі різних сортів та форми.

Під час проведення експерименту, окрім геометрії отворів, необхідно було визначити оптимальну тривалість очищення та тривалість попередньої теплової обробки. За проведеними попередніми дослідженнями встановлено, що під час обробки парою за температури 100...105°C відбувається проварювання поверхневого шару цибулини разом із лускою. Пропарювання на глибину до 4,0...4,2 мм забезпечує проварювання верхнього шару цибулини, який в залежності від терміну зберігання та сорту необхідно видаляти, оскільки він має знижену вологість і непридатний для використання. Таким чином, факт проварювання непридатного до подальшого використання поверхневого шару є позитивним явищем і задовольняє умовам процесу очищення. Як свідчать експериментальні дані, короткочасна обробка парою в межах 50...60 с цибулі не призводить до необхідного пропарювання сухого лушпиння та першого шару м'якоті. Подальша термообробка, в залежності від часу, збільшує товщину провару, проте зменшує тривалість обробки. За умови збільшення глибини термічної обробки поверхневого шару цибулини передбачається збільшення втрат сировини під час її подальшого очищення, оскільки буде відділятися поверхневий шар цибулини, який зазнав змін у результаті дії пари.

Таблиця 3.2 – Залежність тривалості очищення від тривалості попереднього пропарювання за коефіцієнта завантаження $K_3 = 0.3$

з/п	Форма та діаметр отворів	Тривалість попередньої обробки парою τ , с		Товщина м'якоті δ , мм		Кількість обертів n , хв ⁻¹		Тривалість очищення, с		Кількість очищених цибулин, %	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Коло, 12 мм	50	70	-	-	40	150	180	300	-	-
		70	90	1,2	2,0	40	150	177	279	13	16
		90	110	1,8	2,7	40	150	171	248	38	42
		120	130	2,2	3,1	40	150	135	192	57	63
		130	150	2,5	4,0	40	150	121	164	78	84
		150	180	3,8	5,6	40	150	101	135	79	85
2	Коло, 17мм	50	70	0,7	0,9	40	150	175	282	-	-
		70	90	1,3	2,1	40	150	176	273	12	17
		90	110	2,0	3,2	40	150	175	212	36	44
		120	130	2,5	3,6	40	150	115	176	61	65
		130	150	2,8	4,4	40	150	103	147	75	86
		150	180	3,8	6,0	40	150	64	118	78	87
3	Коло, 22 мм	50	70	0,6	1,0	40	150	174	270	-	-
		70	90	2,3	3,5	40	150	169	253	29	37
		190	110	2,5	3,8	40	150	154	211	57	69
		120	130	3,3	4,5	40	150	97	145	89	93
		130	150	3,9	5,2	40	150	89	138	87	93
		150	180	4,7	6,0	40	150	58	109	88	94

Продовження табл. 3.2											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Еліпс, 12x18 мм	50	70	-	-	40	150	180	300	-	-
		70	90	1,3	1,9	40	150	179	281	12	16
		90	110	1,7	2,5	40	150	173	252	36	43
		120	130	2,0	2,8	40	150	141	189	54	60
		130	150	2,1	3,3	40	150	112	155	56	62
		150	180	3,2	4,6	40	150	104	131	84	86
5	Еліпс, 17x23 мм	50	70	0,6	0,9	40	150	172	279	-	-
		70	90	1,3	2,2	40	150	169	275	13	15
		90	110	1,9	3,0	40	150	162	215	33	46
		120	130	2,1	3,8	40	150	119	171	62	75
		130	150	2,9	4,1	40	150	104	142	87	88
		150	180	3,9	5,7	40	150	68	121	86	89
6	Еліпс, 23x28 мм	50	70	0,5	0,9	40	150	168	263	-	-
		70	90	2,0	3,1	40	150	169	245	29	38
		90	110	2,6	3,3	40	150	150	209	48	66
		120	130	3,5	4,2	40	150	94	142	96	99
		130	150	4,0	5,1	40	150	87	129	95	99
		150	180	4,5	5,7	40	150	57	112	94	98

Таблиця 3.3 – Залежність тривалості очищення від тривалості попереднього пропарювання за коефіцієнта завантаження $K_3 = 0.5$

з/п	Форма та діаметр отворів	Тривалість попередньої обробки парюю τ , с		Товщина м'якоти δ , мм		Кількість обертів n , хв ⁻¹		Тривалість очищення, с		Кількість очищених цибулин, %	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Коло, 12 мм	80	100	0,8	1,0	40	150	185	310	-	-
		100	120	1,4	2,1	40	150	175	278	14	17
		120	110	1,9	2,6	40	150	174	252	36	41
		150	160	2,0	2,9	40	150	132	189	55	64
		160	180	2,3	3,9	40	150	119	155	76	83
		180	210	3,5	5,1	40	150	98	128	78	84
2	Коло, 17мм	80	100	0,9	1,1	40	150	178	291	-	-
		100	120	1,5	2,3	40	150	171	266	14	18
		120	110	1,9	3,4	40	150	169	210	38	43
		150	160	2,8	3,9	40	150	110	165	60	66
		160	180	3,1	4,7	40	150	101	142	74	88
		180	210	4,1	6,5	40	150	61	110	77	90
3	Коло, 22 мм	80	100	1,1	1,3	40	150	170	263	-	-
		100	120	2,4	3,6	40	150	158	244	30	35
		120	110	2,7	3,8	40	150	151	203	58	66
		150	160	3,5	4,4	40	150	91	143	87	94
		80	100	0,8	1,0	40	150	185	310	-	-
		100	120	1,4	2,1	40	150	175	278	14	17

Продовження табл. 3.3											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Еліпс, 12x18 мм	160	180	4,1	5,5	40	150	82	129	85	94
		180	210	4,9	6,3	40	150	55	98	86	94
		80	100	1,2	1,4	40	150	181	305	-	-
		100	120	1,7	2,1	40	150	176	284	12	15
		120	110	1,8	2,4	40	150	169	247	33	41
		150	160	2,2	2,7	40	150	142	181	54	59
5	Еліпс, 17x23 мм	160	180	2,5	3,8	40	150	109	154	56	64
		180	210	3,7	5,0	40	150	103	129	85	88
		80	100	0,8	1,1	40	150	169	272	-	-
		100	120	1,5	2,6	40	150	165	267	14	18
		120	150	2,0	3,1	40	150	158	207	32	47
		150	160	2,7	4,0	40	150	117	162	63	74
6	Еліпс, 23x28 мм	160	180	3,1	4,5	40	150	97	133	87	89
		180	210	4,5	5,9	40	150	61	119	87	92
		80	100	1,1	1,3	40	150	165	258	-	-
		100	120	2,5	3,6	40	150	155	242	30	37
		120	150	3,1	3,9	40	150	143	195	49	67
		150	160	3,6	4,7	40	150	89	131	95	99

Таблиця 3.4 – Залежність тривалості очищення від тривалості попереднього пропарювання за коефіцієнта завантаження $K_3 = 0.7$

з/п	Форма та діаметр отворів	Тривалість попередньої обробки парюю τ , с		Товщина м'якоти δ , мм		Кількість обертів n , хв ⁻¹		Тривалість очищення, с		Кількість очищених цибулин, %	
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Коло, 12 мм	110	130	1.5	2.0	40	150	185	310	5	7
		130	150	1.8	2.7	40	150	175	278	15	18
		150	160	2.4	3.5	40	150	174	252	35	42
		160	190	2.9	4.1	40	150	132	189	54	63
		190	210	3.9	5.0	40	150	119	155	77	85
		210	240	4.8	6.1	40	150	98	128	79	86
2	Коло, 17мм	110	130	1.2	1.8	40	150	178	291	4	5
		130	150	1.6	2.5	40	150	171	266	14	19
		150	160	2.1	3.6	40	150	169	210	39	45
		160	190	2.6	4.0	40	150	110	165	63	68
		190	210	3.2	4.8	40	150	101	142	76	88
		210	240	4.7	5.8	40	150	61	110	75	86
3	Коло, 22 мм	110	130	1.6	2.1	40	150	170	263	8	11
		130	150	2.4	3.5	40	150	158	244	33	48
		150	160	2.5	4.2	40	150	151	203	54	75
		160	190	3.9	4.5	40	150	91	143	86	95
		190	210	4.4	5.9	40	150	82	129	84	95
		210	240	4.8	6.3	40	150	55	98	82	89

Продовження табл. 3.4											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Еліпс, 12x18 мм	110	130	1.7	2.0	40	150	181	305	9	10
		130	150	2.3	3.6	40	150	176	284	18	25
		150	160	3.5	4.3	40	150	169	247	33	41
		160	190	3.2	4.8	40	150	142	181	54	59
		190	210	4.3	5.5	40	150	109	154	56	64
		210	240	4.9	5.9	40	150	103	129	85	88
5	Еліпс, 17x23 мм	110	130	1.8	2.1	40	150	169	272	13	16
		130	150	2.5	3.0	40	150	165	267	29	41
		150	160	3.3	4.2	40	150	158	207	63	75
		160	190	4.2	4.9	40	150	117	162	87	89
		190	210	4.5	5.3	40	150	97	133	86	89
		210	240	4.8	6.2	40	150	61	119	83	86
6	Еліпс, 23x28 мм	110	130	1.9	2.2	40	150	165	258	32	40
		130	150	2.2	3.1	40	150	155	242	50	67
		150	160	3.6	4.4	40	150	143	195	95	99
		160	190	4.3	5.0	40	150	89	131	95	99
		190	210	4.6	5.6	40	150	79	126	93	96
		210	240	4.7	6.3	40	150	55	108	89	90

Таблиця 3.5 – Залежність зусилля різання $F_p(H)$ цибулі ріпчастої від кута загострення α ріжучої крайки отворів під час видалення денця та шийки

з/п	Форма та діаметр отворів	Кут загострення ріжучих крайок отворів α , град.						Кількість обертів n , хв ⁻¹		Кількість видалених частин, %	
		10		15		20					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Коло, 12 мм	106	122	156	169	211	233	70	75	44	51
		128	141	178	193	240	256	80	85	65	73
		164	182	190	215	251	267	90	95	85	87
		202	238	243	262	280	294	100	105	72	74
		111	129	166	175	223	243	70	75	46	53
		135	148	186	198	247	262	80	85	68	77
2	Коло, 17мм	169	187	195	223	261	278	90	95	84	88
		210	246	252	271	286	293	100	105	69	73
		136	142	164	181	227	243	70	75	57	63
		145	162	185	198	239	262	80	85	69	79
		184	201	225	246	265	285	90	95	88	94
		212	241	253	274	282	301	100	105	74	82
3	Коло, 22 мм	106	122	156	169	211	233	70	75	44	51
		128	141	178	193	240	256	80	85	65	73
		164	182	190	215	251	267	90	95	85	87
		202	238	243	262	280	294	100	105	72	74
		111	129	166	175	223	243	70	75	46	53
		135	148	186	198	247	262	80	85	68	77

Продовження табл. 3.5											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Еліпс, 12x18 мм	95	101	119	138	182	194	70	75	48	53
		101	121	143	175	203	216	80	85	78	81
		144	153	172	196	209	227	90	95	87	88
		174	205	213	235	241	255	100	105	71	75
		98	105	132	156	196	214	70	75	48	53
		103	117	152	165	211	221	80	85	78	81
5	Еліпс, 17x23 мм	138	156	163	194	227	239	90	95	87	88
		188	213	222	238	255	261	100	105	71	75
		104	115	133	154	188	197	70	75	58	68
		119	128	152	166	206	228	80	85	88	91
		169	184	202	235	213	254	90	95	97	⁹⁹
		207	213	223	242	251	272	100	105	81	85
6	Еліпс, 23x28 мм	95	101	119	138	182	194	70	75	48	53
		101	121	143	175	203	216	80	85	78	81
		144	153	172	196	209	227	90	95	87	88
		174	205	213	235	241	255	100	105	71	75
		98	105	132	156	196	214	70	75	48	53
		103	117	152	165	211	221	80	85	78	81

Діапазон обертів в межах 40..150 хв⁻¹, під час очищення, обрано за результатами попередніх досліджень.

Дослідження показали, що зі збільшенням обертів барабана в межах 200-300 хв⁻¹ спостерігається незворотна деформація цибулини, її розтріскування та руйнація. Оскільки, сам процес можна розділити на декілька стадій: попереднє пропарювання → зрізання денця та шийки → зняття луски з цибулини → видалення луски з робочої камери, то дослідження процесу очищення від луски доцільно проводити саме в означеному діапазоні обертів. Тому, було обрано діапазон в якому відбувається попереднє пропарювання на малих обертах до 50 хв⁻¹ та безпосередньо процес зняття луски до 150 хв⁻¹.

За умови збільшення глибини термічної обробки поверхневого шару цибулини збільшиться кількість втрат сировини під час механічного очищення, оскільки разом із лускою буде відділятися поверхневий шар цибулини, який зазнав змін у результаті дії пари. У даному випадку, стає необхідним зменшити глибину термічної обробки цибулі, корегуючи тривалість термічної обробки. Але, у разі зменшення цього параметра процес відділення луски від цибулі може відбуватися не достатньо ефективно, або не відбуватися зовсім. Ефективність відділення луски цибулі після термічної обробки можна оцінити шляхом вимірювання величини зусилля відділення луски від цибулі. Зменшення величини зусилля відділення шкірки буде відбуватися внаслідок послаблення зв'язку між клітинами поверхневого шару цибулі ріпчастої. На рис. 3.5 наведена залежність впливу тривалості термічної обробки цибулі на зусилля відділення її шкірки.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

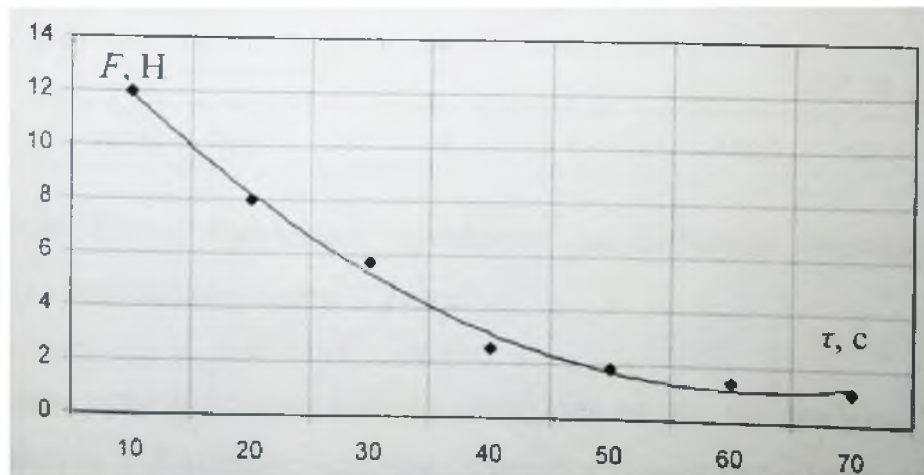


Рисунок 3.5 – Залежність зусилля відділення луски цибулі ріпчастої від тривалості її обробки паром

Проведенні дослідження дозволили з'ясувати, що під час процесу механічного очищення глибина термічної обробки цибулі ріпчастої буде суттєво впливати на відсоток втрат сировини, а зусилля відділення луски впливатиме на відсоток очищених цибулин та тривалість процесу механічного очищення цибулі. Для того щоб підвищити якість очищення та мінімізувати втрати сировини, необхідно визначити всі фактори, які впливають на даний процес. Безпосередній вплив на процес механічного очищення буде мати тривалість проведення цього процесу. Збільшення тривалості процесу механічного очищення приводить до підвищення втрат сировини, але їх зменшення може привести до погіршення якості очищення продукту.

Для того, щоб мінімізувати втрати сировини та одночасно покращити якість очищення поверхні цибулі ріпчастої, виникає потреба в проведенні досліджень стосовно визначення тривалості проведення процесу механічного очищення, залежно від зусилля відділення її луски. Результати цих досліджень представлені на рис. 3.6.

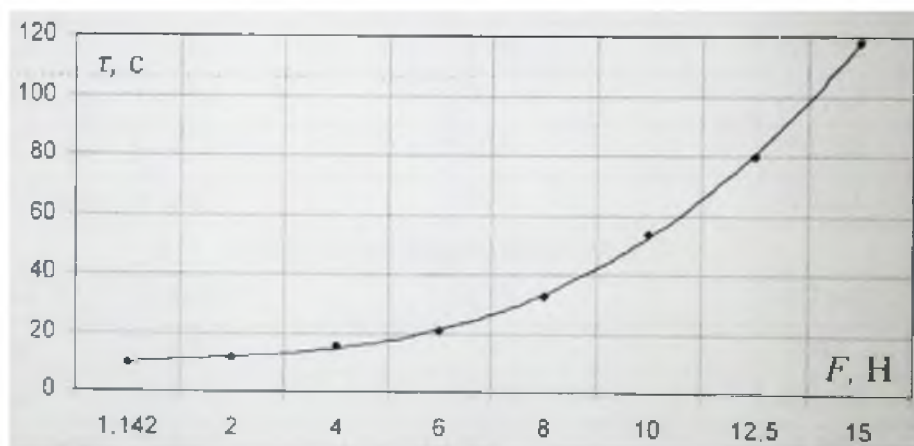


Рисунок 3.6 – Залежність тривалості механічного очищення цибулі ріпчастої від зусилля відділення її луски

Наведені результати досліджень вказують на те, що цибуля, лущиння якої відділяється з більшим зусиллям, потребує більш тривалого механічного очищення.

Кореляційним аналізом встановлено, що найбільшу ступінь кореляції мають відсоток очищених цибулин та товщина провару поверхневого шару цибулини. Тому, методами регресійного аналізу було знайдено наступну залежність відсотка очищених цибулин від товщини провару поверхневого шару цибулини:

$$\Pi = a_1 + a_2 \cdot \delta + a_3 \cdot \delta^2, \quad (3.2)$$

де Π – відсоток очищених цибулин, %;

δ – товщина провару поверхневого шару цибулини, мм;

a_i – регресійні коефіцієнти.

Таблиця 3.6 – Значення регресійних коефіцієнтів для різних форм і діаметрів отворів

Форма та діаметр отворів	α_1	α_2	α_3
Коефіцієнт завантаження 0,3			
Коло, 12 мм	-111	95	-11.46
Коло, 17 мм	-94	75	-7.99
Коло, 22 мм	-312	176	-18.96
Еліпс, 12x18 мм	-104	92	-11.19
Еліпс, 17x23 мм	-134	103	-11.86
Еліпс, 22x28 мм	-265	163	-18.21
Коефіцієнт завантаження 0,5			
Коло, 12 мм	-168	135	-17.96
Коло, 17 мм	-101	74	-7.44
Коло, 22 мм	-318	174	-18.09
Еліпс, 12x18 мм	-107	87	-9.75
Еліпс, 17x23 мм	-152	104	-11
Еліпс, 22x28 мм	-445	230	-24.28
Коефіцієнт завантаження 0,7			
Коло, 12 мм	-121	76.3	-7.09
Коло, 17 мм	-132	90.7	-9.53
Коло, 22 мм	-278	157.6	-16.63
Еліпс, 12x18 мм	-17	7.6	2.02
Еліпс, 17x23 мм	-176	105.3	-10.52
Еліпс, 22x28 мм	-130	100.8	-11.09

На рис. 3.7-3.9 наведено розрахункові дані, побудовані згідно з моделлю (3.2) для визначення відсотка очищених цибулин від товщини провару поверхневого шару цибулини.

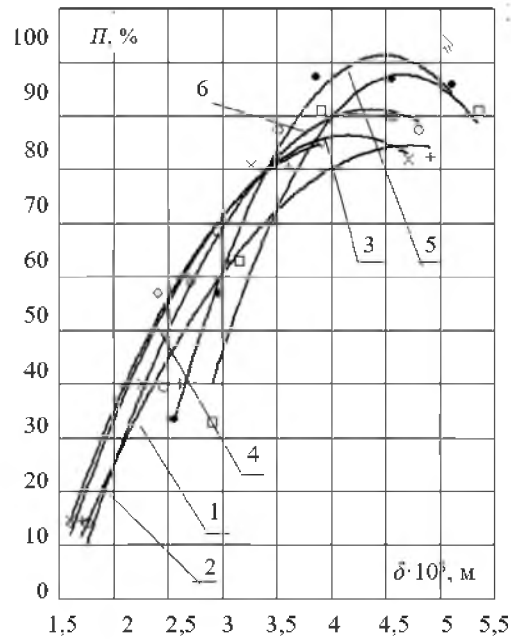


Рисунок 3.7 – Вплив товщини провару поверхневого шару цибулини на ступінь очищення цибулин за коефіцієнта завантаження 0,3 та форми і діаметра отворів: 1 – коло, 12 мм; 2 – коло, 17 мм; 3 – коло, 22 мм; 4 – еліпс, 12x18 мм; 5 – еліпс, 17x23 мм; 6 – еліпс, 22x28 мм

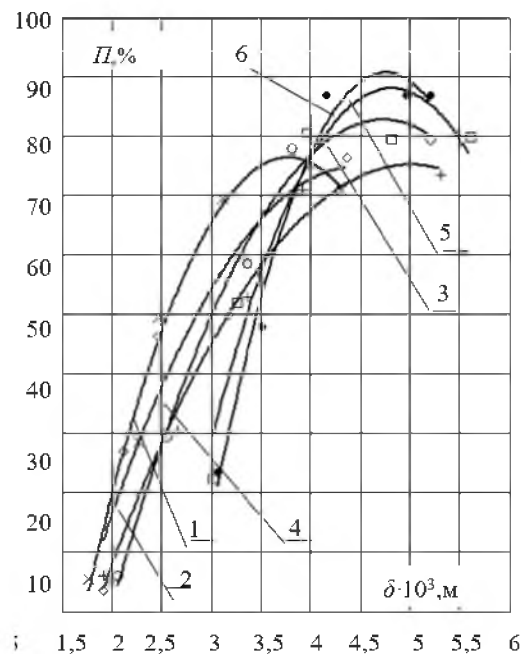


Рисунок 3.8 – Вплив товщини провару поверхневого шару цибулини на ступінь очищення цибулин за коефіцієнта завантаження 0,5 та форми і діаметра отворів: 1 – коло, 12 мм; 2 – коло, 17 мм; 3 – коло, 22 мм; 4 – еліпс, 12x18 мм; 5 – еліпс, 17x23 мм; 6 – еліпс, 22x28 мм

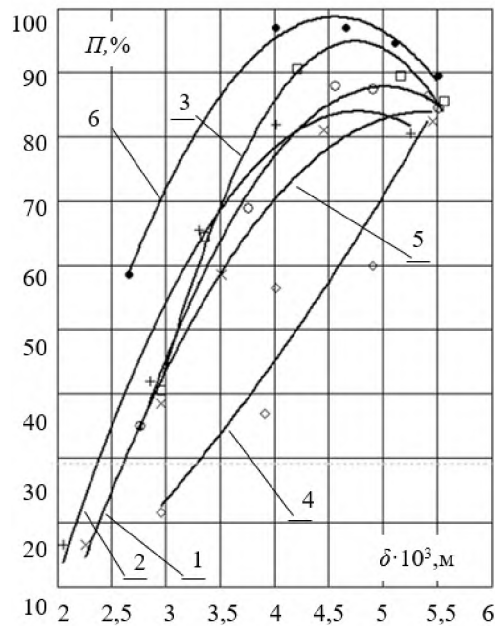


Рисунок 3.9 – Вплив товщини провару поверхневого шару цибулини на ступінь очищення цибулин за коефіцієнта завантаження 0,7 та форми і діаметра отворів: 1 – коло, 12 мм; 2 – коло, 17 мм; 3 – коло, 22 мм; 4 – еліпс, 12x18 мм; 5 – еліпс, 17x23 мм; 6 – еліпс, 22x28 мм

Отримані дані дозволяють стверджувати, що максимальне значення ступеня очищення цибулин наближається до 100%, при чому при невеликому коефіцієнті заповнення барабана 0,3...0,5 спостерігаються два екстремуми в діапазоні товщини провару 4...4,5 мм для $K_y=0,3$ та 3,5...5 для $K_y=0,5$. Криві розбиваються на два сімейства: криві 1, 2, 4 мають меншу площу отворів барабана ніж криві 3, 5, 6. В той же час, для коефіцієнта заповнення барабана 0,7 такий екстремум тільки один для $\delta = 4,8$ мм.

Таким чином, залежно від коефіцієнта заповнення максимум ступеня очищення спостерігається для отворів з більшою площею, але за різної глибини провару.

Окремо розглянемо питання про раціональну швидкість обертання барабана під час механічного очищення.

Таблиця 3.7 – Залежність тривалості очищення τ (с) від частоти обертання барабана n (хв⁻¹) при $K_3=0,7$ за максимальних геометричних розмірів отворів барабана (еліпс, 22x28 мм)

№ з/п	Кількість обертів, n хв ⁻¹	Кут загострення ріжучих крайок отворів α , град.						Кількість обертів n , хв ⁻¹		Кількість видалених частин, %	
		10		15		20					
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2										
1	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	50	-	-	-	-	-	-	-	-	15	17

Продовження табл. 3.7											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	160	-	-	-	-	-	-	-	-	32	38
4	70	-	-	-	-	-	-	23	29	49	53
5	80	186	198	202	209	268	278	33	38	56	68
6	90	172	176	181	195	247	258	54	61	87	91
7	100	164	170	179	185	236	242	73	77	97	99
8	110	161	169	171	178	226	231	82	88	80	84
9	120	160	165	168	176	212	224	88	91	-	-
10	130	133	143	151	167	188	203	93	96	-	-
11	140	128	136	142	156	184	192	92	98	-	-
12	150	118	129	135	143	181	195	95	99	-	-
13	160	87	93	98	109	127	131	95/-	99/-	-	-
14	170	85	89	93	99	120	126	-	-	-	-

На рис. 3.10 наведено результати регресійного аналізу залежності ступеня очищення від частоти обертання барабана.

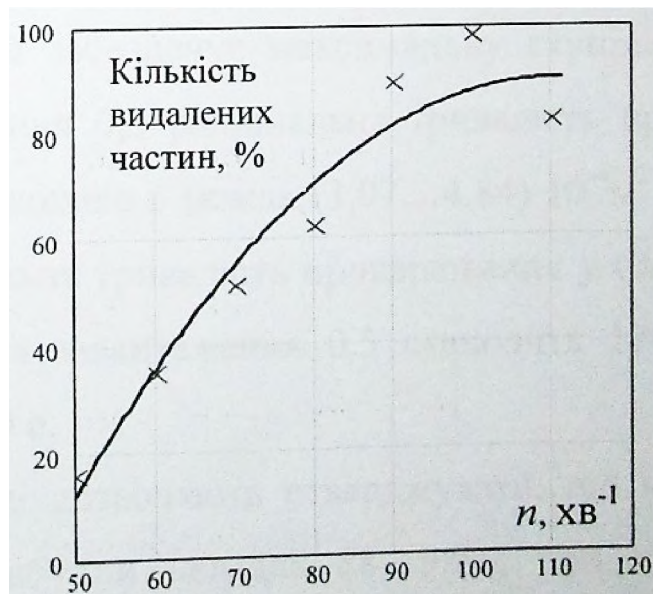


Рисунок 3.10 – Визначення оптимальної частоти обертання барабана за показником кількості видалених частин цибулини

Як видно, оптимальне значення частоти обертання за показником кількості видалених частин цибулини відповідає значенню 100 хв⁻¹.

Відповідне регресійне рівняння має наступний вигляд:

$$K = -168 + 4,68n - 0,021n^2, \quad (3.3)$$

де K – кількість видалених частин цибулини, %;
 n – частота обертання барабана, хв⁻¹.

Наявність характерного оптимуму частоти обертання $n=100 \text{ хв}^{-1}$ безпосередньо впливає з теоретичної моделі процесу очищення викладеної у попередньому розділі. Згідно з цією моделлю за великих частот обертання настає, так званий, третій неробочий режим барабана, коли шар цибулин притиснутий до внутрішньої поверхні барабана відцентровою силою і при якому зусилля на зрізання не виникають.

Висновки за розділом

1. Отримані результати дозволяють визначити тривалість проварювання цибулі, до стану який забезпечує максимальну ступінь очищення. Так, при коефіцієнті завантаження 0,3 раціональна тривалість проварювання цибулі у барабані з отворами площею в межах $(3,07...4,84) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ (3, 5, 6) складає 140 с та відповідна раціональна тривалість проварювання у барабані для таких саме отворів за коефіцієнта завантаження 0,5 становить 170 с, а за коефіцієнта завантаження 0,7 – 180 с.
2. Отримані дані дозволяють стверджувати, що максимальне значення ступеня очищення цибулин складає 88..98%, при чому при невеликому коефіцієнті заповнення барабана 0,3...0,5 спостерігаються два екстремуми в діапазоні товщини провару 4...4,5 мм для $K_y=0,3$ та 3,5...5 для $K_y=0,5$. В той же час, для коефіцієнта заповнення барабана 0,7 такий екстремум тільки один для $\delta = 4,8$ мм. Таким чином, залежно від коефіцієнта заповнення максимум ступеня очищення спостерігається для отворів з більшою площею, але за різної глибини провару.
3. В результаті регресійного аналізу залежності ступеня очищення від частоти обертання барабана визначено раціональне значення частоти його обертання за показником кількості видалених частин цибулини, яке відповідає 100 хв^{-1} . За більших частот обертання настає, так званий, третій неробочий режим, коли шар цибулин притиснутий до внутрішньої поверхні барабана відцентровою силою і за якого зусилля на зрізання не виникають.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА АПАРАТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ

4.1 Обґрунтування раціональних технічних характеристик, технологічних та конструктивних параметрів апарата для очищення цибулі ріпчастої

З метою покращення якості цибулі ріпчастої та зниження втрат сировини необхідне створення обладнання, яке базується на нових наукових розробках. Одним зі шляхів підвищення ефективності процесу очищення цибулі ріпчастої є створення комбінованого процесу очищення, який поєднує в собі термічну та механічну дію на продукт. Під час проведення комбінованого процесу очищення цибуля ріпчаста спочатку піддається термічній обробці парою, а потім відбувається її механічне доочищення. З цією метою було розроблено апарат, принцип дії якого засновано на поєднанні парового та механічного процесів очищення. Слід зазначити, що процес термічної обробки цибулі ріпчастої парою та процес її механічного доочищення відбуваються в одній робочій камері, що значно спрощує процес очищення та скорочує тривалість його проведення. Якість очищення цибулі ріпчастої та відсоток втрат сировини відповідають показникам характерним для парового способу очищення. При цьому апарат для здійснення комбінованого процесу очищення має компактні габаритні розміри, споживає відносно невелику кількість електричної енергії, а його продуктивність та періодичність дії дозволяють використовувати його на підприємствах ресторанного господарства та малих переробних підприємствах. Експериментальні дослідження дозволили визначити раціональні параметри проведення процесу термічної обробки цибулі ріпчастої та процесу її механічного доочищення. Результати експериментальних досліджень підтверджують ефективність використання апарата для очищення цибулі ріпчастої.

Продуктивність апарата для очищення цибулі ріпчастої комбінованим способом визначали за формулою:

$$G = \frac{V \cdot \rho \cdot \varphi}{\tau_3 + \tau_{т.о.} + \tau_{м.д.} + \tau_в}, \quad (4.1)$$

де V – об'єм робочої камери для обробки продукту, м³;
 ρ – насипна маса продукту, який обробляється, кг/м³;
 φ – коефіцієнт заповнення робочої камери для обробки;
 τ_3 – тривалість завантаження продукту, с;

ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Резніченко Р.Ю.		
Перевір.		Дейниченко Г.В.		
Н. контр.		Омельченко О.В.		
Затверд.		Хорольський В.П.		
Розробка апарата для очищення цибулі ріпчастої			Літ.	Арк.
				54
			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
			Акрушів	24

$\tau_{т.о.}$ – тривалість процесу термічної обробки продукту, с;
 $\tau_{м.д.}$ – тривалість процесу механічного доочищення продукту, с;
 $\tau_{в}$ – тривалість вивантаження продукту з робочої камери, с.

Насипну масу продукту у приймаємо 700 кг/м³. Коефіцієнт завантаження робочої камери φ приймаємо 0,55...0,65. Тривалість завантаження t_3 – 10 с. Тривалість вивантаження $t_в$ – 6 с. Тривалість процесу термічної обробки цибулі ріпчастої парою $t_{т.о.}$ та тривалість процесу їх механічного доочищення $t_{м.д.}$ було визначено попередньо. Тривалість термічної обробки становить 35...60 с, тривалість процесу механічного доочищення становить 70...105 с.

На рис. 4.1...4.3 показані залежності продуктивності апарата для комбінованого очищення цибулі ріпчастої від тривалості процесу термічної обробки цибулі ріпчастої парою та тривалості процесу механічного доочищення з урахуванням коефіцієнта заповнення робочої камери.

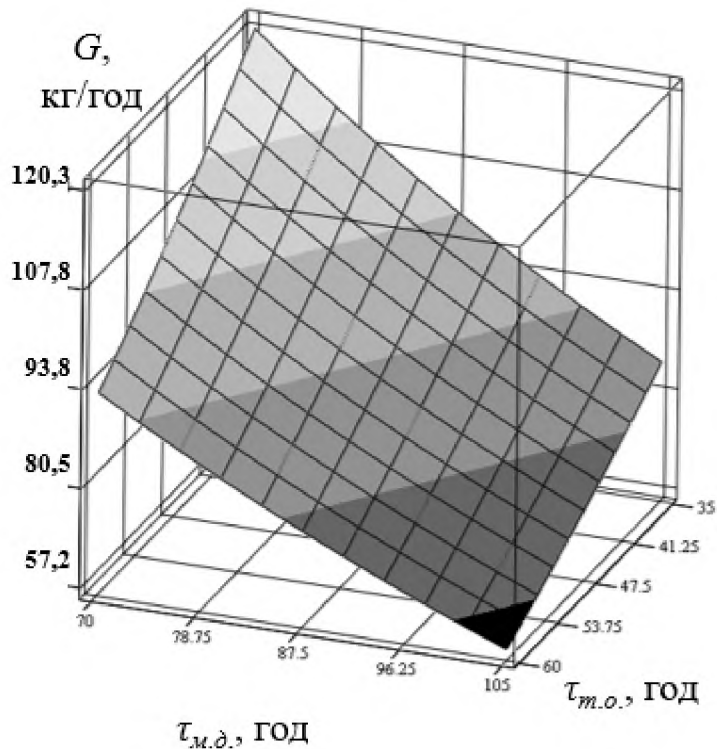


Рисунок 4.1 – Залежність продуктивності апарата для комбінованого очищення цибулі ріпчастої від тривалості їх термічної обробки та механічного доочищення. Коефіцієнт заповнення робочої камери $\varphi = 0,3$

Представлена залежність вказує на те, що за умови збільшення тривалості термічної обробки та механічного доочищення, продуктивність апарата знижується, а збільшення коефіцієнта заповнення робочої камери призводить до підвищення продуктивності апарата.

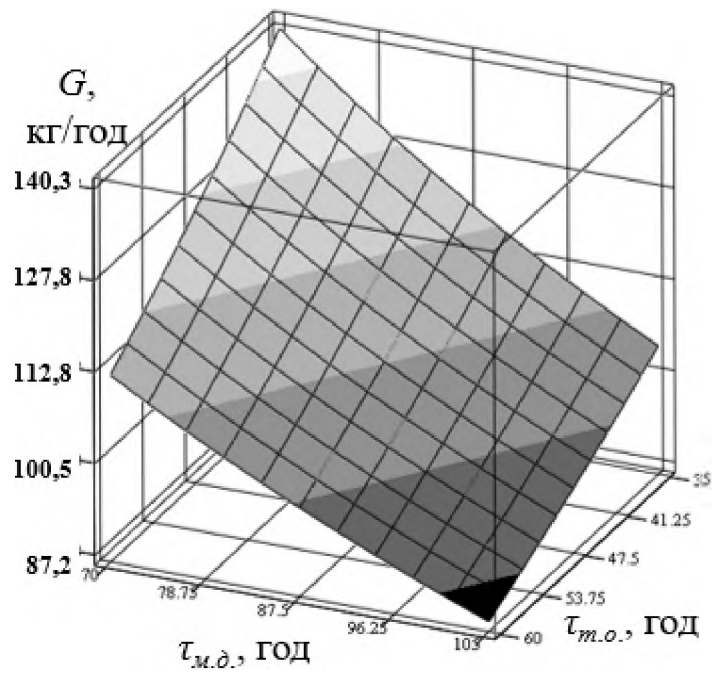


Рисунок 4.2 – Залежність продуктивності апарата для комбінованого очищення цибулі ріпчастої від тривалості їх термічної обробки та механічного доочищення. Коефіцієнт заповнення робочої камери $\varphi = 0,5$

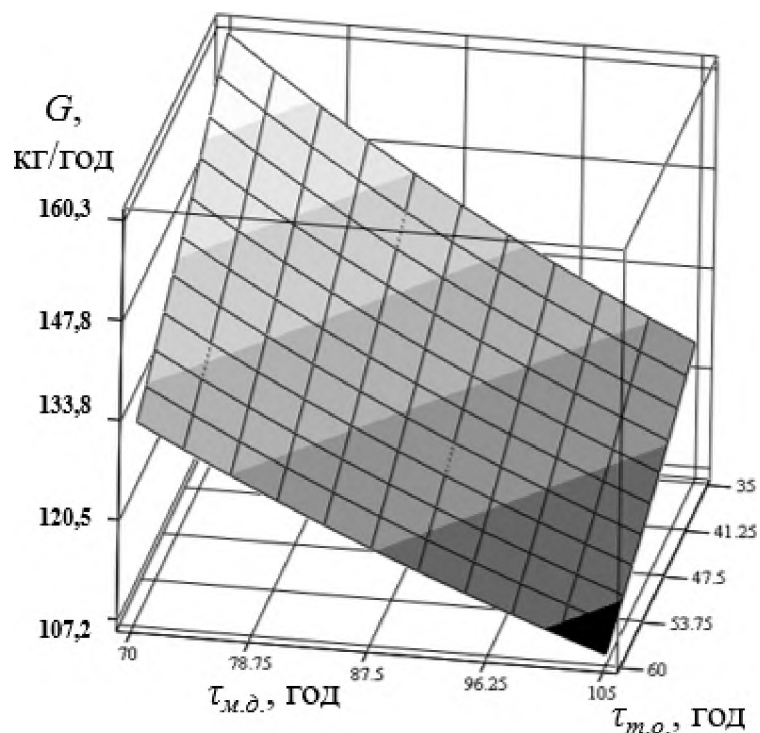


Рисунок 4.3 – Залежність продуктивності апарата для комбінованого очищення цибулі ріпчастої від тривалості їх термічної обробки та механічного доочищення. Коефіцієнт заповнення робочої камери $\varphi = 0,7$

У даному випадку продуктивність збільшується в середньому на 7 кг/год, з відповідним значенням тривалості термічної та механічної обробки (рис. 4.2). Зі збільшенням коефіцієнта заповнення робочої камери до 0,65 продуктивність апарата, в середньому, також збільшується приблизно на 7 кг/год (рис. 4.3).

Враховуючи дані проведених експериментальних досліджень та результати математичних розрахунків, найбільш раціональною тривалістю процесу термічної обробки є діапазон від 35 до 60 с, а механічного доочищення – від 70 до 105 с. Тому, виходячи з проведених розрахунків, максимальна продуктивність апарата становитиме 80...95 кг/год залежно від коефіцієнта заповнення робочої камери.

4.2 Методика проведення розрахунку необхідної потужності апарата для очищення цибулі ріпчастої (АЦР-160)

Для забезпечення ефективного проведення процесу термічної обробки парою надлишкового тиску, необхідно визначити кількість теплоти для проведення процесу, потужність парогенератора, а також тепловий потік, який забезпечує отримана пара.

Об'єм робочої камери $V = 0,007 \text{ м}^3$; об'єм цибулі ріпчастої, яка заповнює робочу камеру $V_{\text{карт}} = 0,0029 \text{ м}^3$; маса продукту, який завантажується до робочої камери становить 3,2 кг; ρ – густина продукту – 1100 кг/м^3 ; c – теплоємність продукту – $(3,8...2,1) \cdot 10^3 \text{ (Дж/кг} \cdot \text{град)}$, приймаємо $c = 3,5 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$; p – тиск пари, МПа; $p = 0,4 \text{ МПа}$; $\tau_{\text{т.о.}}$ – тривалість термічної обробки, с; $\tau_{\text{т.о.}} = 35 \dots 60 \text{ с}$; t_1 – початкова температура цибулі ріпчастої (на глибині $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$) – $20 \text{ }^\circ\text{C}$; t_2 – температура цибулі ріпчастої після термічної обробки (на глибині $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$) – $60 \text{ }^\circ\text{C}$; λ – коефіцієнт теплопровідності цибулі ріпчастої – $0,6 \text{ Вт/(м} \cdot \text{град)}$.

Об'єм цибулі ріпчастої визначаємо, як об'єм сфероїда. Об'єм поверхневого шару цибулі, який зазнав дії термічної обробки (глибиною $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$) дорівнює $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ (для однієї цибулини з найбільшим геометричним розміром – $60 \cdot 10^{-3} \text{ м}$). Температура повітря в робочій камері під час проведення процесу очищення $t_{\text{п.в.}} = 142 \text{ }^\circ\text{C}$. Тиск, який створює повітря в робочій камері:

$$P_{\text{в2}} = P_{\text{в1}} \cdot (T_2/T_1), \quad (4.2)$$

$$P_{\text{в2}} = 1 \cdot 10^5 (415/293) = 1,42 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Тиск, який створює пара в робочій камері, складає:

$$P_{\text{пари}} = 0,394 - 0,142 = 0,252 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт, який враховує вміст пари у пароводяній суміші, дорівнює:

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi = \left(\frac{0.394}{0.252} \right)^{-1} = 0.64$$

Тепловий баланс апарата для очищення цибулі АЦР-160:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2, \quad (4.3)$$

де Q_1 – витрати теплоти на нагрів поверхневого шару цибулі, Дж;
 Q_2 – витрати теплоти у зовнішнє середовище, Дж.

Витрати на нагрів поверхневого шару продукту розраховуємо за формулою:

$$Q_1 = G_n \cdot c_n (t_n - t_n), \quad (4.4)$$

де G_n – маса поверхневого шару продукту, кг;
 c_n – теплоємність продукту, Дж/кг град;
 t_n – температура прогрітого шару продукту, °С;
 t_n – початкова температура поверхневого шару цибулі ріпчастої, °С.

Витрати теплоти зовнішніми огороженнями апарата та витрати теплоти, які втрачаються разом з паром, що випускається з апарата після проведення процесу термічної обробки розраховуємо за формулою:

$$Q_5 = F_i \cdot \alpha_i \cdot (t_n - t_n) \cdot \tau + m_{\text{пари}} \cdot r, \quad (4.5)$$

де F_i – площа поверхні і-го елемента апарата, м²;
 α_i – коефіцієнт тепловіддачі і-го елемента апарата, Вт/м², °С;
 t_n – температура поверхні елемента апарата, °С;
 t_n – температура повітря, °С;
 $m_{\text{пари}}$ – маса пари, що випускається з апарата після проведення процесу термічної обробки, кг;
 r – прихована теплота пароутворення, кДж/кг.

Маса продукту, яку необхідно нагріти до відповідної температури, для здійснення процесу відділення шкірки від цибулі ріпчастої:

$$G_{\text{пр}} = \rho_{\text{пр}} \cdot V_{\text{пр}}, \quad (4.6)$$

$$G_{\text{пр}} = 1100 \cdot 0,64 \cdot 10^{-3} = 0,704 \text{ кг}$$

$$t_H = 100 \text{ °С}; t_n = 20 \text{ °С}; \rho_{\text{пари}} = 2,163 \cdot 0,64 = 1,38 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{пари}} = 0,0083 \text{ м}^3; m_{\text{пари}} = 0,0115 \text{ кг}; r = 2132 \text{ кДж/кг},$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_1 = 0,704 \cdot 3,5 \cdot (100 - 20) = 197 \text{ кДж}$$

$$Q_{5(\text{стінки})} = F_{\text{ст}} \cdot \alpha_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{в}}) \cdot \tau_{\text{т.о.}}, \quad (4.7)$$

$$Q_{5(\text{кришки})} = F_{\text{кр}} \cdot \alpha_{\text{кр}} \cdot (t_{\text{кр}} - t_{\text{в}}) \tau_{\text{т.о.}}, \quad (4.8)$$

де F – площа поверхні елемента апарата, м²;
 α – коефіцієнт тепловіддачі відповідного елемента конструкції, Вт/м² · °С.
 $\tau_{\text{т.о.}}$ – тривалість проведення процесу термічної обробки, с (35 с).

$$F_{\text{кр}} = \pi \cdot r^2, \quad (4.9)$$

де r – радіус кришки апарата, м.

$$F_{\text{кр}} = 3,14 \cdot 0,12^2 = 0,045 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$F_{\text{ст}} = 2 \cdot \pi r \cdot h, \quad (4.10)$$

де h – висота апарата, м

$$F_{\text{ст}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,12 \cdot 0,2 = 0,16 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки апарата у зовнішнє середовище розраховується:

$$\alpha_{\text{ст}} = \alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{в}}, \quad (4.11)$$

де $\alpha_{\text{к}}$ – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, Вт/(м² · К);
 $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, Вт/(м² · К).

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією розраховуємо за формулою:

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}, \quad (4.12)$$

де Nu – число Нуссельта;
 λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м · К)

Критерій Нуссельта розраховуємо за формулою:

$$Nu = c \cdot (Gr \cdot Pr)^n, \quad (4.13)$$

де c та n – сталі, які залежать від режиму вільної конвекції;
 Gr – критерій Грасгофа;

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Pr – критерій Прандтля.

Критерій Грасгофа розраховуємо за формулою:

$$Gr = \beta \cdot \frac{g \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \Delta t, \quad (4.14)$$

де g – прискорення вільного падіння, $\text{м}^2/\text{с}$;
 Δt – перепад температур між поверхнею та зовнішнім середовищем, $^{\circ}\text{C}$;
 l – геометричний розмір, який визначає поверхню, що віддає теплоту, м ;
 ν – кінематична в'язкість середовища, $\text{м}^2/\text{с}$;
 β – коефіцієнт об'ємного розширення повітря, $1/\text{K}$.

Приймаємо:

$$\beta = \frac{1}{T}; g = 9.8 \text{ м}^2/\text{с}; l = 0,2 \text{ м}; \nu = 16.0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\Delta t = 40 - 20 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\beta = \frac{1}{(30 + 273)} = 0,0032$$

$$Gr = 0,0033 \cdot \frac{9,8 \cdot 0,2^3}{(16,0 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 20 = 0,0033 \cdot \frac{0,0784}{256,0 \cdot 10^{12}} \cdot 20 = 2,02 \cdot 10^7$$

$$Pr = 0,7; c = 0,135; n = 1/3;$$

$$Nu = 0,135 \cdot (1,41 \cdot 10^7)^{\frac{1}{3}} = 35$$

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} = \frac{32 \cdot 0,027}{0,2} = 4.32 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням розраховуємо за формулою:

$$\alpha_k = \frac{\varepsilon \cdot C_0}{t_n - t_B} \cdot \left[\left(\frac{t_n + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_B + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (4.15)$$

де ε – ступінь чорноти поверхні, яка віддає теплоту;
 C_0 – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}^4)$;
 $t_n, t_{\text{пов}}$ – температура поверхні, яка віддає теплоту та оточуючого повітря,
 $^{\circ}\text{C}$.

Приймаємо: $\varepsilon = 0,43$; $C_0 = 5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_3 = \frac{0.43 \cdot 5.7}{40 - 20} \cdot \left[\left(\frac{40 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 0.123 \cdot (95.98 - 73.70) = 2.74 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$\alpha_{\text{СТ}} = \alpha_k + \alpha_l = 4,32 + 2,74 = 7,06 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$Q_{5(\text{СТІНКИ})} = 0.16 \cdot 7.06 \cdot (40 - 20) \cdot 35 = 0.79 \text{ кДж}$$

$$\alpha_{\text{кр}} = \alpha_k + \alpha_l, \quad (4.16)$$

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{l}, \quad (4.17)$$

$$Nu = c \cdot (Gr \cdot Pr)^n, \quad (4.18)$$

$$Gr = \beta \cdot \frac{g \cdot l^3}{\nu^2} \cdot \Delta t, \quad (4.19)$$

Приймаємо:

$$\beta = \frac{1}{T}; g = 9.8 \text{ м}^2/\text{с}; d = 0,24 \text{ м}^2; \nu = 16.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\Delta t = 50 - 20 = 30^\circ\text{C}$$

$$\beta = \frac{1}{(35 + 273)} = 0,00325$$

$$Gr = 0,0035 \cdot \frac{9,8 \cdot 0,24^3}{(16,5 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 30 = 0,00325 \cdot \frac{0,14}{272,25 \cdot 10^{12}} \cdot 30 = 0,5 \cdot 10^7$$

$$Pr = 0,7; c = 0,135; n = 1/3;$$

$$Nu = 0,135 \cdot (0,5 \cdot 10^7)^{\frac{1}{3}} = 24$$

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} = \frac{24 \cdot 0,027}{0,12} = 5.55 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$\alpha_l = \frac{\varepsilon \cdot C_0}{t_{\text{II}} - t_{\text{B}}} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{II}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{B}} + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (4.20)$$

Приймаємо: $\varepsilon = 0,43$; $C_0 = 5,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$

$$\alpha_3 = \frac{0.43 \cdot 5.7}{50 - 20} \cdot \left[\left(\frac{40 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{50 + 273}{100} \right)^4 \right] = 0.082 \cdot (108.85 - 73.70) = 2.88 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_{ст} = \alpha_k + \alpha_l = 5,55 + 2,88 = 8,43 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

$$Q_{5(стінки)} = 0,045 \cdot 8,43 \cdot (50 - 20) \cdot 35 = 0,398 \text{ кДж}$$

$$Q_{5 заг.} = 0,79 + 0,398 = 1,2 \text{ кДж}$$

Витрати пари, з урахуванням маси пари, що випускається з апарата після проведення процесу термічної обробки розраховується за формулою:

$$Q_5 = F_i \cdot \alpha_i \cdot (t_n - t_b) \cdot \tau + m_{пари} \cdot r, \quad (4.21)$$

$$Q_1 = 197 + 0,0115 - 2132 = 197 + 24,5 = 221,5 \text{ кДж.}$$

$$Q_{заг} = 221,5 + 1,2 = 222,7 \text{ кДж}$$

Потужність парогенератора при $\tau_{т.о.} = 35$ с:

$$P = 222,7/35 = 6,36 \text{ кВт.}$$

Приймаємо, що для проведення процесу термічної обробки цибулі ріпчастої парою надлишкового тиску потрібен запас потужності парогенератора близько 50%. Отже, необхідна потужність парогенератора повинна бути 9,54 кВт.

Для того, щоб перевірити чи достатню кількість теплоти зможе забезпечити пара, вироблена парогенератором під час процесу термічної обробки цибулі ріпчастої, необхідно визначити кількість теплоти, що віддає пара при її конденсації на поверхні цибулі ріпчастої

Ентальпія суміші пари та повітря в робочій камері I_c буде дорівнювати;

$$I_{пов} + I_{пари} = I_c, \quad (4.22)$$

де $I_{нов}$ – ентальпія повітря, що знаходиться в робочій камері до ведення процесу термічної обробки цибулі ріпчастої, кДж/кг;

$I_{пари}$ – ентальпія пари в парогенераторі, кДж/кг;

I_c – ентальпія пари в робочій камері, кДж/кг.

Після подачі пари в робочу камеру ентальпія пари буде дорівнювати ентальпії повітря

$$I'_{пов} = I'_{пари}, \quad (4.23)$$

Ентальпія суміші пари та повітря буде дорівнювати:

$$I'_{пов} + I'_{пари} = I_c, \quad (4.24)$$

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дане рівняння можна записати:

$$c_1 m_1 T'_1 + c_2 m_2 T'_2 = c_1 m_1 \Delta T_1 = c_2 m_2 \Delta T_2, \quad (4.25)$$

де C_1, C_2 – теплоємність повітря та пари в суміші;
 m_1, m_2 – маса повітря та маса пари в суміші, кг;
 T'_1, T'_2 – температура повітря та пари в суміші, °C;
 $\Delta T_1, \Delta T_2$ – температура °C.

Температура повітря в суміші дорівнює:

$$T'_1 = T_{0.\text{пов}} + \Delta T_1, \quad (4.26)$$

Температура пари в суміші дорівнює:

$$T'_2 = T_{0.\text{пари}} - \Delta T_2, \quad (4.27)$$

Приймаємо температуру повітря – 18 °C; температура пари при в тиску 0,4 МПа – 143,6 °C.

$$\begin{aligned} T'_1 &= 18 + 107,6 = 125,6 \text{ °C} \\ T'_2 &= 143,6 - 18 = 125,6 \text{ °C} \end{aligned}$$

Необхідні витрати теплоти:

$$Q_{\text{необх}} = \alpha \cdot F \cdot \Delta T = \alpha \cdot F \cdot (T'_2 - 100) \text{ кДж}, \quad (4.28)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі від пари до поверхні цибулі, Вт/м² · град;
 F – площа поверхні цибулі, м²;
 T'_2 – температура пари в суміші, °C.

Площа поверхні однієї цибулини (при розмірах $a = 0,068$ м та $b = 0,059$ м) і буде дорівнювати 0,0134 м². Об'єм однієї цибулини – $0,9 \cdot 10^{-4}$ м³. Враховуючи, що щільність цибулини дорівнює 1100 кг/м³, для 3,2 кг цибулин, яка завантажуються до робочої камери, об'єм буде дорівнювати – 0,0029 м³. Кількість цибулин в камері при цьому буде дорівнювати $29 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / 0,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 32$ шт. Враховуючи, що площа однієї цибулини буде дорівнювати 0,00134 м², площа всіх цибулин буде дорівнювати – 0,0043 м².

Скрита теплота пароутворення (r) при температурі пари в суміші 125,6 °C буде дорівнювати – 522 ккал/кг, або 2185,1 кДж/кг.

Густина рідини (конденсату) ($\rho_{\text{ж}}$) буде дорівнювати 940 кг/м³, густина пари – 1.392 кг/м³. $g = 9,8$ м/с², коефіцієнт динамічної в'язкості рідини

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

$\mu = 225 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$, коефіцієнт теплопровідності конденсату
 $\lambda = 68,6 \cdot 10^2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

$$\alpha = 0.943 \cdot \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho_{\text{ж}}^2 \cdot g \cdot \lambda_{\text{ж}}^3}{\mu_{\text{ж}} \cdot \Delta t \cdot h}} = 0.943 \cdot \sqrt[4]{\frac{2185.1 \cdot 940^2 \cdot 9.8 \cdot (68.6 \cdot 10^3)^3}{225 \cdot 10^6 \cdot 18 \cdot 0.068}} = 2.047 \cdot 10^3 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{град}$$

$$Q_{\text{необх}} = 2,047 \cdot 10^3 \cdot 0.43 \cdot (125.6 - 100) = 22.53 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

На підставі проведених розрахунків можна зробити висновок про те, що і обраний теплоносії забезпечує необхідну кількість теплоти.

4.3 Розробка конструкції апарата для очищення цибулі ріпчастої

На основі проведених досліджень встановлено, що найбільш перспективним напрямком для розробки способу очищення цибулі ріпчастої є використання комбінованої дії процесів підрізання, попередньої обробки парою та подальшого механічного доочищення цибулі. Наведена комбінація процесів може бути реалізована за рахунок використання запропонованої нами конструкції апарата для очищення а цибульних овочів. Апарат являє собою герметичну ємність, яка містить у середині перфорований барабан, що обертається із заданою частотою від рушійного приводу.

Працює розроблений апарат наступним чином. Через завантажувальний люк засипається порція цибулі до перфорованого барабана. По заповненні об'єму барабана на 60...70% робоча камера герметизується. Одночасно із зупинкою лопаті на низьких обертах починає обертатися барабан. Для попередньої термообробки, а саме послаблення сил взаємозв'язку шкірки із цибулиною, відкривається клапан подавання пари. Після короткочасної обробки парою клапан закривається і барабан починає обертатися з підвищеною швидкістю. За рахунок відцентрових сил луска відокремлюється від цибулі та потрапляє до отворів барабана, де проштовхується за його межі до стінки зовнішнього корпусу, звідки змивається струменями води. Після закінчення процесу очищення відкривається розвантажувальний люк та очищена цибуля вивантажується в підготовлену ємність.

Апарат АЦР-10/160 (рис. 4.4) складається з ізоляції 1, бункера завантажувального 2, засува завантажувального 3, форсунок подавання води 4, зовнішнього облицювання 5, внутрішнього облицювання 6, пульта керування 7, нерухомих сегментів 8, перфорованого барабана 9, обойм барабана 10, підшипників кочення 10, клинопасової передачі 10, яка складається з пасу та двох шківів, які насаджені на валу електродвигуна (відомий шків), та робочому валу барабана (ведений шків), зачеплення на валах забезпечується шпоночним з'єднанням.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

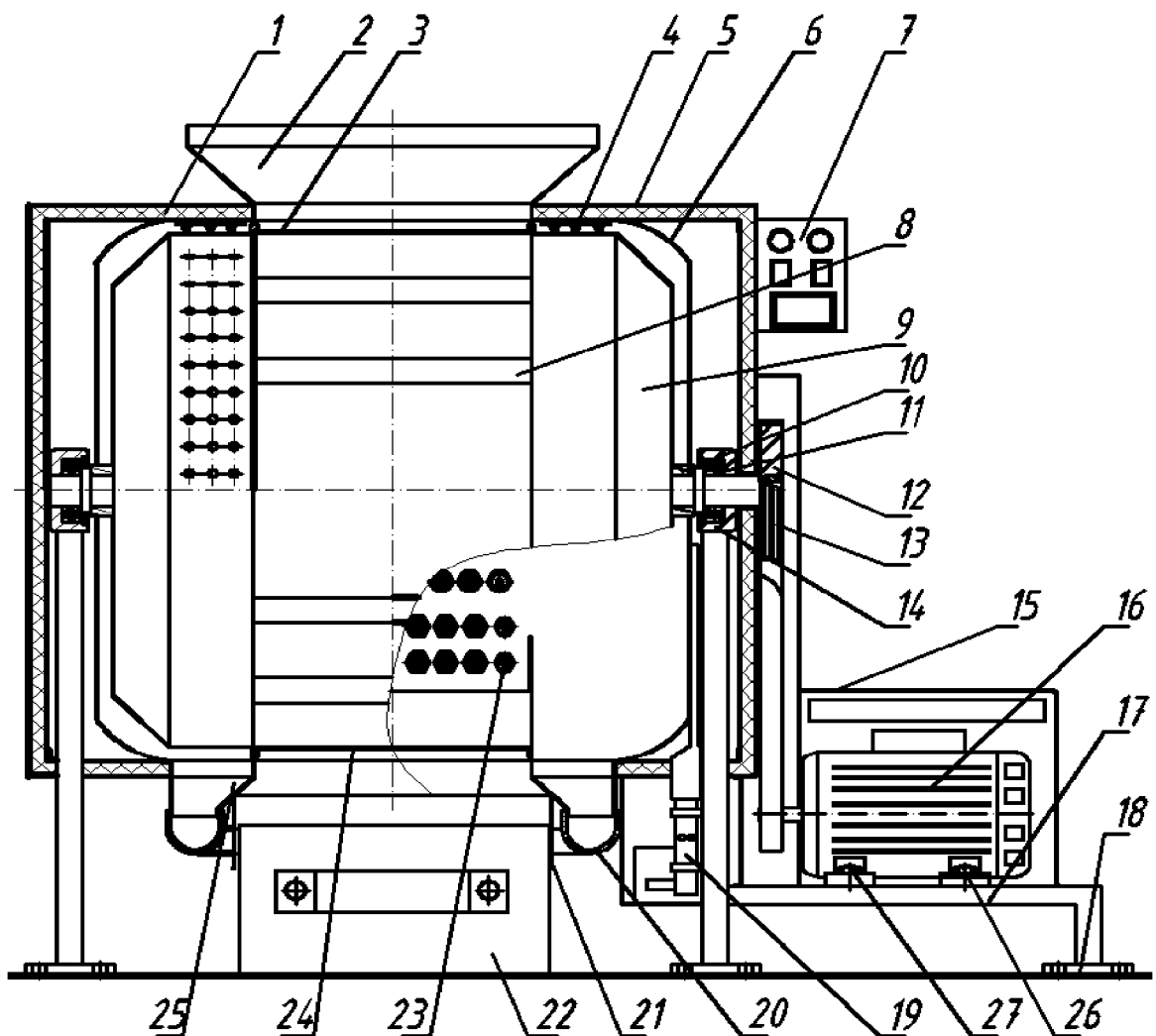


Рисунок 4.4 – Апарат очищення цибулі ріпчастої АЦР-10/160: 1 – ізоляція; 2 – бункер завантажувальний; 3 – засув завантажувальний; 4 – форсунки подання води; 5 – облицювання зовнішнє; 6 – облицювання внутрішнє; 7 – пульт керування; 8 – сегменти не рухомі; 9 – барабан перфорований; 10 – обойма; 11 – підшипники; 12 – шків; 13 – ремінь; 14 – опора підшипників; 15 – кожух електродвигуна; 16 – електродвигун; 17 – рама опорна; 18 – опори консольні; 19 – парогенератор електродний; 20 – патрубок; 21 – штора захисна; 22 – лоток збірник; 23 – збірник форсунок; 24 – засув завантажувальний; 25 – відвідний патрубок; 26 – болт; 27 – гайка.

Клинопасова передача призначена для передачі руху від електродвигуна до валу барабана та його обертання. Барабан 9 в залежності від виконання необхідної операції рухається із заданою частотою обертання від 10 об/хв. до 80 об/хв. Варіювання частоти обертання забезпечується використанням асинхронного електродвигуна з трьома обмотками, які дозволяють виключити використання додаткових перетворювачів та різного роду редукторів.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

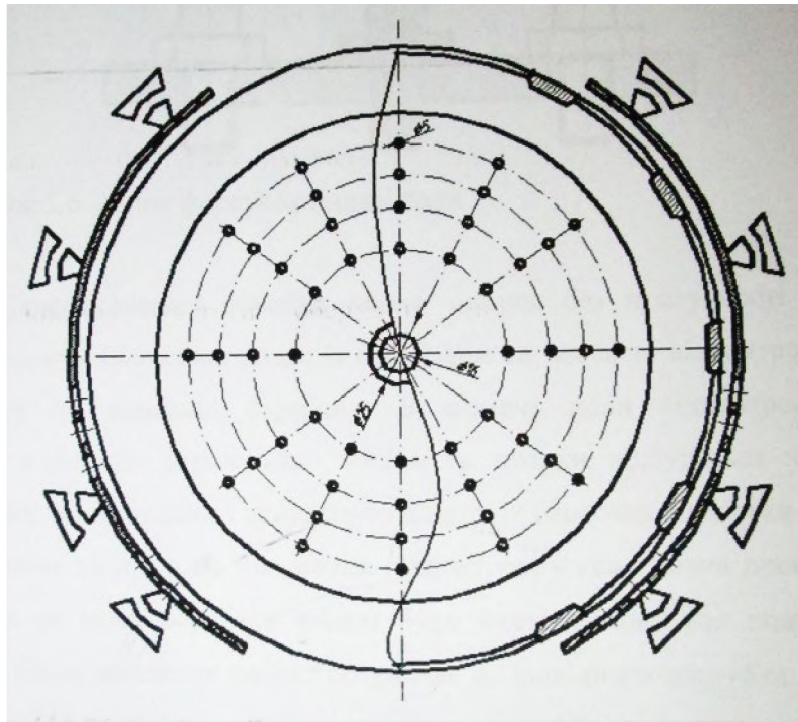


Рисунок 4.5 – Барабан перфорований

Барабан (рис. 4.5) має форму скошеного бо бокам циліндра. Скоси виконують роль відбивачів для перемішування шарів цибулі під час очищення. По середині барабан має виконані ребра жорсткості, які також виконують роль перемішуючих лопастей. Та забезпечують цілісність барабана. Між лопастями є вільний простір для подавання цибулі у середину барабані під час завантаження та вільного вивантаження цибулі після очищення. Крім того виконання барабана в середині між ребрами з вільним простором дає змогу подавати пару середини барабана та обробки цибулі парою з одночасним перемішуванням.

Для подавання пари у середину барабана виконані блоки форсунок які з'єднані паропроводами з електродним парогенератором. Температура поданої пари до барабана не перевищує 110 °С.

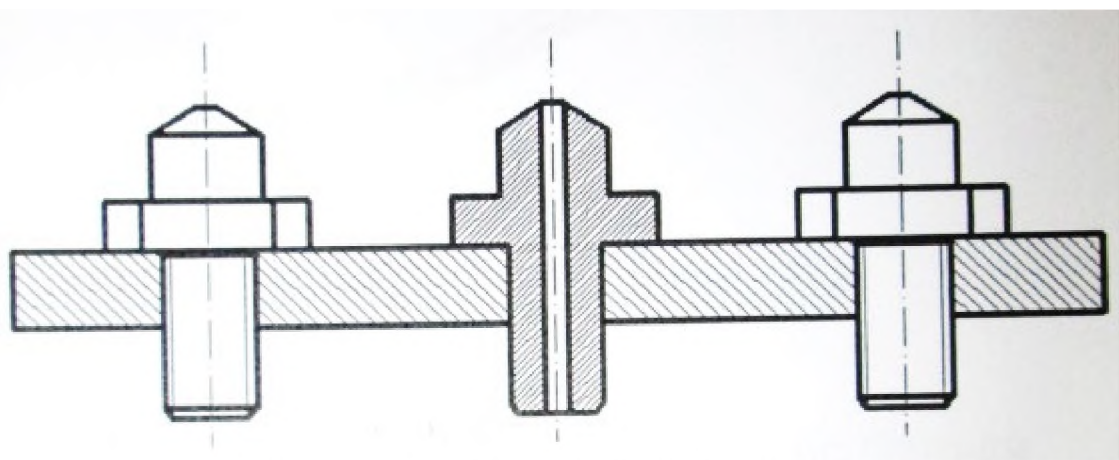


Рисунок 4.6 – Блок форсунок подачі пари

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Після короткочасної обробки парою цибуля без присутності пари в барабані починає обертатися разом із барабаном та під дією відцентрових сил притискатися до поверхні барабану. В момент коли відцентрові сили перевищать сили, що втримують цілісність шкірки відбудеться зривання шкірки з поверхні цибулини і притискання до стінок барабана. Оскільки барабан є перфорованим то під дією тих самих відцентрових сил шкірка просочиться крізь отвори за межі барабану звідки буде змита водою, що подається з форсунок 4. Після змивання шкірка потрапляє до відповідного патрубку 25 і далі по патрубках 20 у збірник шкірки (не показано). Після очищення барабан зупиняється і очищена цибуля вивантажується до лотка-збірника 22. Вивантаження забезпечується розвантажувальними засувами 24 (рис. 4.4), що розкриваються у різні боки.

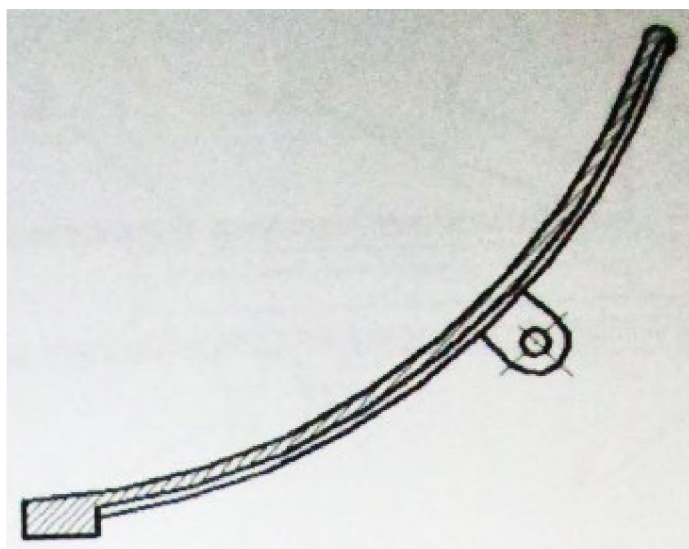


Рисунок 4.7 – Засув розвантажувальний

Варіювання частоти обертання забезпечується використанням асинхронного електродвигуна з трьома обмотками, які дозволяють виключити використання додаткових перетворювачів та різного роду редукторів. Барабан, в залежності від виконання необхідної операції, рухається із заданою частотою обертання в межах 10...800 об/хв. Барабан має форму скошеного по бокам циліндра. Скоси виконують роль відбивачів для перемішування шарів цибулі під час очищення. По середині барабан має виконані ребра жорсткості, які також виконують роль перемішуючих лопатей та забезпечують цілісність барабана. Між лопатями є вільний простір для подавання цибулі в середину барабана під час завантаження та вільного вивантаження цибулі після очищення. Крім того, виконання барабана в середині між ребрами з вільним простором дає змогу подавати пару до середини барабана та проводити обробку цибулі парою з одночасним її перемішуванням. Для подавання пари в середину барабана виконані блоки форсунок, які з'єднані паропроводами з електродним парогенератором. Температура поданої пари до барабана не перевищує 100...110°C.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забезпечення подання пари до робочої камери-барабана реалізуються за допомогою електродного парогенератора 19 (рис. 4.8).

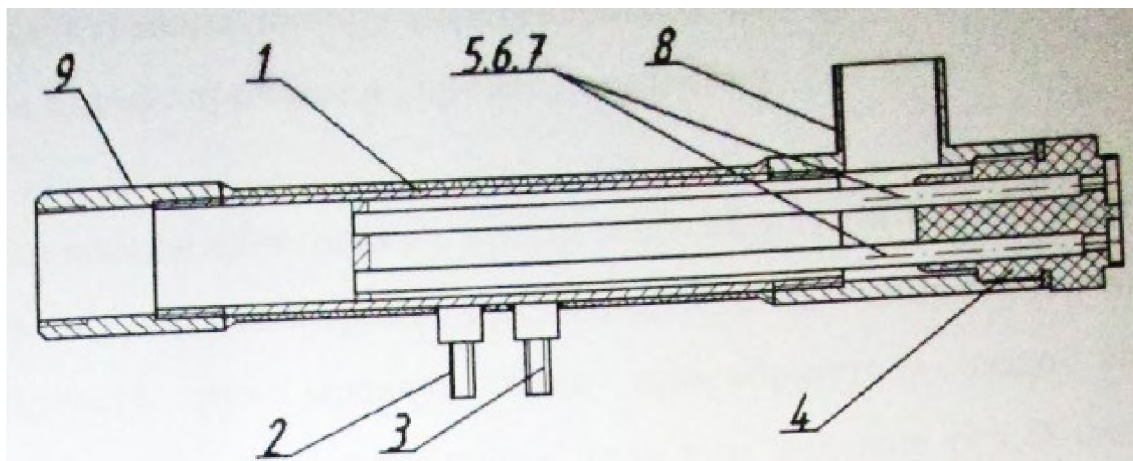


Рисунок 4.8 – Парогенератор електродний: 1 – корпус; 2 – клемма заземлююча; 3 – клемма нульова; 4 – ізоляція; 5, 6, 7 – електроди; 8 – відвід; 9 – муфта

Парогенератор працює наступним чином. Рідина потрапляє у корпус 1 через вхідний патрубок 8 і омиває три фазні електроди 5, 6, 7 які закріплені в блоці електродів 4, після приєднання фазних електродів 5, 6, 7, нульового контакту 2 до мережі живлення і до заземлення контакту 3 при вмиканні живлення між електродами 5, 6, 7 та нульовим контактом 2 утворюється змінне електричне поле, яке викликає нагрів рідини. Нагріта рідина за рахунок конвекції підіймається у верх по корпусу 1 до муфти 9. З метою запобігання замикання електродів 5, 6, 7 на корпус 1 та надійної фіксації вони додатково ізолювані від корпусу ізолятором, який виконано таким чином, щоб не перешкоджати вільному руху нагрітої рідини.

Використання запропонованої конструкції апарата призначеної для харчової промисловості та ресторанного господарства надасть можливість підвищити якість очищення цибулі ріпчастої, інтенсифікувати технологічні процеси її переробки, заощадити матеріальні ресурси під час виготовлення самого апарата та знизити його енергоємність, поліпшити умови праці персоналу.

4.4 Обґрунтування вибору парогенератора для забезпечення необхідної кількості пари під час проведення процесу очищення

Принцип роботи електродних котлів полягає у такій властивості води, як провідність. Між двома електродами подається електричний струм, за рахунок явища провідності, рух молекул води прискорюється вода закипає й утворюється пара, чим вище провідність води тим швидше рух її молекул. До переваг електродних парогенераторів можна віднести наступне: відносну простоту

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлення й більш низьку собівартість в порівнянні з ТЕНовими, це виходить з того, що електрод не може згоріти при оголенні, відповідно не потрібна установка захисних пристроїв як у випадку з ТЕНовими.

Парогенератор електричний електродний ПЕЕ-15. Парогенератор електричний електродний марки ПЕЕ, призначений для виготовлення насиченої водяної пари від 130 до 160 °С. Застосовується для обробки молочної, м'ясної й рибної продукції; для стерилізації тари в харчовій промисловості; готування комбікормів у тваринництві; у пивоварстві; у виробництві фанери, бетону; у гірничодобувній промисловості; у будівництві; для устаткування сушильних і пропарювальних камер різного призначення в т.ч. хімчисток; у системах опалення й гарячого водопостачання в житлових і промислових будинках; для виробництва насиченого технологічної пари в харчовій промисловості, нафтовидобутку, в муніципальному господарстві, сільському господарстві, для очищення, дезінфекції.

- високий ККД: досягає 98%, що значно вище ККД генераторів пари, ще споживають інші види палива;
- дозволяє відмовитися від централізованої поставки теплоносіїв, а також може використовуватися як резервне джерело пари.

Таблиця 4.1 – Характеристики електродних парогенераторів

Максимальна паропроductивність при напрузі 380 В (кг/год)	15
Максимальний робочий тиск пари (МПа (кгс/см. кв.)):	0,55 (5,5)
Споживана потужність при максимальній паропроductивності парогенератора, не більше (кВт):	12
Номінальна напруга живильної мережі трифазного змінного струму частотою 50 Гц (В):	380
Час розігріву до робочого тиску при максимальній проductивності, не більше (хв):	6
Об'єм, не більше (л):	25
Габаритні розміри довжина x ширина x висота (мм):	560x510x820
Маса суха, не більше (кг):	85

Котел електродний є стаціонарною електроустановкою. При підборі потужності електродних котлів, а також монтажі систем опалення необхідно також урахувати, що об'єм теплоносія в системі опалення не повинен перевищувати 10 л на 1 кВт потужності.

Котел являє собою конструкцію, що складається з окремих елементів, розміщених у сталевому захисному корпусі. Основною частиною котла є електродний блок. Забір води із системи опалення („обратка”) здійснюється через нижній бічний патрубок котла, а вихід нагрітої через верхній патрубок. На металевій частині патрубків подачі закріплені датчики температури (накладні термобалони). Один є теплорегулюючим і дає команду терморегулятору на

відключення живлення котла при досягненні заданої температури води на вході (для електродних котлів виконання «М»), а другий дає показання температури води термометру. Тут же закріплений термообмежувач. У нижній частині котла підключення електроживлення і кімнатного терморегулятора.

Основні технічні дані на електродні котли наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні технічні дані на електродні котли

Параметри й характеристики	Норма	
Номинальна потужність, кВт	3; 4,5; 6; 9	6; 9; 12; 15; 20; 25; 30
Максимально припустимий струм, А	16; 23; 27; 41	10; 14; 18; 23; 31; 38; 46
Стартовий струм, А ($\pm 10\%$)	6; 10; 15; 23	5; 8; 9; 10; 13; 16; 19
Робоча напруга живлення, В ($\pm 10\%$)	220	380
Частота струму в мережі, Гц	50 \pm 1	
Кількість фаз	Одна (3-6 квт);	Три (9-30 квт)
Внутрішній тиск води, МПа, не більше	0,2	
Питомий опір теплоносія при температурі 20 °С, Ом*см	1300 ...3100	
Повна маса, кг, не більше	5/3	10
Габаритні розміри, мм, не більше:		
висота	390/335	540
ширина	225/110	270
глибина	100/85	160

В електродних котлах виконання «О» застосований ТРП – Терморегулятор програмувальний. Котли в цій комплектації підтримують температуру в системі опалення на режимі «обратки» «Термодатчик» або задану температуру в приміщенні режим «Термостат». За бажанням замовника котел може бути доукомплектований багатофункціональним електронним блоком (регулятором), що дозволяє підтримувати різну температуру залежно від часу доби, дня тижня, місяця й дає додаткову економію електроенергії. Фахівці можуть також доукомплектувати систему всім необхідним для її монтажу (циркуляційним насосом, розширювальним баком, і т.д).

Розроблена нами схема електродного парогенератора (рис. 4.9) містить камеру нагріву, яку виконано у вигляді циліндра, в якій розміщено електроди, нульовий і заземлювальний контакти розташовані на боковій стінці корпусу.

Для запобігання утворенню накипу використовується підготовлена вода, яка за допомогою насоса подається із живильної ємності до парогенеруючого вузла через вхідний патрубок. Перед входом до парогенеруючого вузла завдяки встановленому фільтру рідина очищується від домішок, що усуває утворення шламу. Далі рідина омиває фазні електроди. Після з'єднання фазних електродів і нульового контакту до мережі живлення між електродами та нульовим

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контактом виникає змінне електричне поле, яке викликає нагрів рідини. Готова пара через вихідний патрубок подається до технологічного апарата. Конденсат через патрубок для відводу конденсату потрапляє в ємність з рідиною.

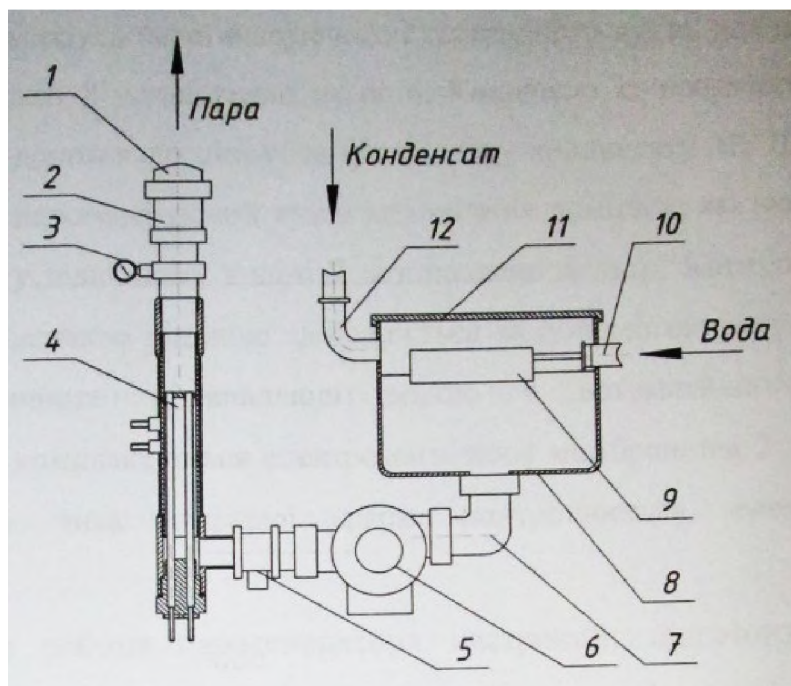


Рисунок 4.9 – Принципова схема електродного парогенератора:

- 1 – штуцер; 2 – клапан електромагнітний мембранний; 3 – манометр; 4 – вузол електродний; 5 – клапан зворотній; 6 – насос; 7 – коліно відвідне; 8 – ємність живильна; 9 – регулятор рівня; 10 – патрубок підводу води; 11 – кришка; 12 – патрубок відводу конденсату

Запропонований парогенеруючий пристрій складається з парогенеруючого електродного вузла 4, що містить закріплені в блоці електроди, для подачі рідини патрубок підводу води 10, нульовий та заземлювальний контакти розміщені на в боковій стінці корпусу парогенеруючого електродного вузла, для подачі рідини з хвильної ємності 8 встановлено насос 6. Конденсат із технологічного апарата доводиться за допомогою патрубку для відводу конденсату 12. Для запобігання в потрапляння в парогенеруючий вузол механічних домішок, які можуть привести до замикання, у відвідному коліні 7 встановлено фільтр. Контроль наповнення ємності підготовленою рідиною здійснюється за допомогою регулятора рівня 9. Для автоматичного підживлення водою і автоматичного продування парогенератор комплектується електромагнітним мембранним 2 та зворотним 5 клапанами, а тиск вихідної пари контролюється електроконтактним манометром 3.

Принцип роботи парогенератора наступний: підготовлена рідина (у випадку коли пара виступає у ролі проміжного теплоносія - суміш дистильованої юди та електроліту) поступає в ємність через заливний отвір. Перед входом до парогенеруючого вузла, завдяки встановленому фільтру, очищується від

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

домішок, що сприяє запобіганню виникнення замикання. Під час відкривання електромагнітного мембранного клапана рідина насосом із ємності через вхідний патрубок потрапляє в корпус парогенеруючого вузла.

Далі рідина омиває фазні електроди. Під час вмикання живлення між електродами та нульовим контактом виникає змінне електричне поле, яке викликає нагрів рідини. Для запобігання замикання електродів та для додаткової фіксації, вони додатково ізолюються від корпусу ізолятором. Готова технологічна пара через штуцер, який перекривається вентиляем, подається до технологічного апарата. Надлишок рідини та конденсат із технологічного апарата за допомогою клапана для відводу конденсату та патрубка потрапляють в ємність з рідиною.

При відсутності або недостатньому рівні вода в котлі датчик рівня розімкнений, а електромагнітний мембранний клапан відкритий. Вода з живильної ємності за допомогою насоса через мембранний і зворотний клапани заповнює систему до рівня, заданого за допомогою датчика рівня, Потужність електродного нагрівача визначається рівнем води між електродами. Зміною висоти рівня вода у котлі можна за бажанням змінювати потужність парогенератора в широких межах. При заповненні водою міжелектродного простору за рахунок електропровідності води між електродами протікає електричний струм, який викликає нагрів і інтенсивне кипіння води. При закритому вентилі пара накопичується в котлі, приводячи до зростання її тиску. При підвищенні тиску до значення верхньої межі на електроконтактному манометрі – ЕКМ напруга на електродах відключається і пароутворення припиняється. При відкритому вентилі подачі пара із заданим тиском надходить до технологічного апарата. При зниженні тиску нижче значення нижньої межі на ЕКМ на електроди знову подається напруга і в котлі починається пароутворення, що супроводжується зростанням тиску і процес повторюється. У процесі паротворення рівень вода в котлі падає. При його зниженні нижче рівня, що визначається датчиком рівнеміра, електромагнітний мембранний клапан знову відкривається і система за допомогою насоса поповнюється водою до заданого рівня. Таким чином, парогенератор безперервно видає пару з тиском, що визначається нижньою і верхньою межею на ЕКМ, що є регулятором тиску пари.

В електродних парогенераторах, на відміну від тенових, електрода не можуть перегоріти, і випадання осаду на них є незначним (температура електродів майже не відрізняється від температури води). Крім того, більшість електродних парогенераторів має менші габарити й вартість, на відміну від тенових аналогічної потужності.

Електродний спосіб пароутворення дозволить підвищити ефективність робота розробленого обладнання, широко застосувати його для інтенсифікації технологічних процесів, знизити енерговитрати та зменшити металоємність.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки за розділом

1. Розроблено і обґрунтовано конструкцію апарата для комбінованого очищення цибулі ріпчастої та визначено основні режими його роботи. Запропоновано нові методики розрахунку потрібної потужності приводу відцентрового барабана та граничних частот його обертання в оптимальному режимі залежно від коефіцієнта заповнення.

2. З метою інтенсифікації процесу пароутворення в конструкціях апарата для комбінованого очищення цибулі ріпчастої нами розроблено електродний нагрівач та принципова схема електродного парогенератора, що дозволить підвищити ефективність роботи обладнання, знизити енерговитрати та зменшити його металоемність.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		73

ВИСНОВКИ

Реалізація в одному апараті декількох процесів дає можливість вилучити додаткове обладнання для калібрування, сортування, миття, доочищення тощо. Крім економії трудових ресурсів та виробничих площ нове покоління технологічних процесів і апаратів покликано істотно скоротити втрати сировини.

Перспективним напрямком удосконалення способу очищення цибулі є суміщення процесів термічної обробки парою із зняттям шкірки. Під час розробки нового способу очищення цибульних овочів, доцільно використовувати пару без підвищеного тиску для мінімізації величини провару та зниження енергетичних витрат на пароутворення. Для реалізації і запропонованого способу очищення ріпчастої цибулі було запропоновано конструкцію апарата для очищення цибулі ріпчастої АЦР - 10/160. В основу розробленого способу очищення цибулі ріпчастої та конструкції запропонованого апарата покладено комбінований спосіб очищення, який складається з короткочасної обробки парою з метою послаблення сил зв'язку сухого лушпиння з основною частиною із підвищенням коефіцієнта тертя та подальшою обробкою у барабанній камері, із впливом відцентрових сил на лушпиння. Використання запропонованої конструкції апарата призначеної для харчової промисловості та ресторанного господарства надасть можливість підвищити якість очищення цибулі ріпчастої, інтенсифікувати технологічні і процеси її переробки, заощадити матеріальні ресурси під час виготовлення самого апарата та знизити його енергоємність, поліпшити умови праці персоналу.

Отримані результати дозволяють визначити тривалість проварювання цибулі, до стану який забезпечує максимальну ступінь очищення. Так, за коефіцієнта завантаження 0,3 раціональна тривалість проварювання у барабані з отворами великої площі (3,5,6) складає 140 с, а за коефіцієнта завантаження 0,5 для таких саме отворів 170 с. За коефіцієнта завантаження 0,7 відповідна раціональна тривалість проварювання у барабані з отворами більшої площі становить 180 с.

Отримані дані дозволяють стверджувати, що максимальне значення ступеня очищення цибулин складає 88...98%, при чому при невеликому коефіцієнті заповнення барабана 0,3...0,5 спостерігаються два екстремуми в діапазоні товщини провару 4...4,5 мм для $K_y=0,3$ та 3,5...5 для $K_y=0,5$. В той же час, для коефіцієнта заповнення барабана 0,7 такий екстремум тільки один для $\delta = 4,8$ мм. Таким чином, залежно від коефіцієнта заповнення максимум ступеня очищення спостерігається для отворів з більшою площею, але за різної глибини провару.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Резніченко Р.Ю.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Дейніченко Г.В.</i>				74	1
<i>Н. контр.</i>		<i>Омельченко О.В.</i>			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський В.П.</i>					
Висновки							

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дипломне проектування: навчальний посібник / Г. В. Дейниченко, О.І. Черевко, І. Г. Дейнека [і ін.] – Київ: вид-во «ІНКОС», 2015. – 470 с.
2. Антипов Г. С. Интенсификация процесса отделения кожицы плодов и овощей : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук. : спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств» / Г. С. Антипов. – Одесса, 1989. – 16 с.
3. Аминов М. С. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов / М. С. Аминов, М. С. Мурадов, Э. М. Аминова. – М. : Колос, 1996.–431 с.
4. Белова Т. С. Справочник мастера по переработке овощей, плодов и ягод / Т. С. Белова. – К. : Техника, 1979. – 136 с.
5. Белый И.В. Основы научных исследований и технического творчества / И.В. Белый, К.П. Власов, В.Б. Клепиков. – Х. : Выща шк. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1989.–200 с.
6. Болотских А. С. Овощи Украины / А. С. Болотских. – Харків: Орбита, 2001.– 1088 с.
7. Беляев М. И. Производство полуфабрикатов для предприятий общественного питания / М. И. Беляев, Г. А. Винокуров, А. И. Черевко. – М. : Экономика, 1985. – 194 с.
8. Ботов М. И. Тепловое и механическое оборудование предприятий торговли и общественного питания / М. И. Ботов, В. Д. Елхина, О. М, Голованов. – М.: Академия, 2003. – 464 с.
9. Былинская Н. А. Механическое оборудование предприятий общественного питания и торговли / Н. А. Былинская, Г. Х. Леенсон. – М. : Экономика, 1985. – 296 с.
10. Васюкова А. Т. Организация производства и управление качеством продукции в общественном питании / А. Т. Васюкова, В. И. Пивоваров, К. В. Пивоваров. – М. : Дашков и К0, 2006. – 296 с.
11. Гинзбург А. С. Теплофизические характеристики картофеля, овощей и плодов / А. С. Гинзбург, М. А. Громов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 258 с.
12. Гончаренко Г. М. Технологічне обладнання консервних та овочепереробних виробництв : довідник / Г. М. Гончаренко, В. В. Дуб, В. В. Гончаренко. – К. : Центр учбової літератури, 2007. – 304 с.
13. Губа Н. И. Овощи и фрукты на вашем столе / Н. И. Губа. – К.: Урожай, Г 1984–342 с.
14. Дацишин О. В. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої і продукції: Навч. посібник / О. В. Дацишин, О. В. Гвоздев, Ф. Ю. Ялпачик, Ю. П. Рогач; за ред. О. В. Дацишина. – К.: Мета, 2003. – 288 с.
15. Джафаров А. Ф. Товароведение плодов и овощей / А. Ф. Джафаров. – М.: Экономика, 1985. – 364 с.
16. Драгилев А. И. Технологические машины и аппараты пищевых производств / А. И. Драгилев, В. С. Дроздов. – М. : Колос, 1999. – 375с.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

17. Драгилев А. И. Технологическое оборудование предприятий перерабатывающих отраслей АПК / А. И. Драгилев, В. С. Дроздов. – М. : Колос, 2001. – 352 с.
18. Елхина В. Д. Оборудование предприятий общественного питания : в 3 т. / В. Д. Елхина, А. А. Журин, Л. П. Проничкина, М. К. Богачев. – М. : Экономика, 1987. – Т.1 : Механическое оборудование, 1987. – 447 с.
19. Кирпичников В. П. Справочник механика / В. П. Кирпичников, Г.Х. Леенсон. – М.: Экономика, 1990. –383 с.
20. Дудченко А. А. Основы научных исследований / А. А. Дудченко, Я. А. Дудченко, Примак Т. А. – К. : Знання, 2001. – 113 с.
21. Машины, оборудование приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК : в 4 т. / [С. Л. Чагаровская и др.]. – М. : ИАгроНИИТЭИИТО, 1990 – Т. 3 : Технологическое оборудование для переработки плодоовощной продукции и производства карофелепродуктов. – 1990.–172 с.
22. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П.С. Берник, З.А. Стоцько, І. П. Паламарчук и др.]. – Львів. : Національний університет «Львівська політехніка», 2004. – 336 с.
23. Момот В. В. Механизация процессов хранения и переработки плодов и овощей / В. В. Момот. – М. : Агропромиздат, 1988. – 271 с.
24. Мрыхина Е. Б. Организация производства на предприятиях общественного питания: учебное пособие / Е. Б. Мрыхина – М.: ФОРУМ, 2008. 176с.
25. Остапчук Н. В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств / Н. В. Остапчук. – К.: Выща школа, 1991. – 367 с.
26. Панфилов В. А. Машины и аппараты пищевых производств / В. А. Панфилов. – М. : Высшая школа, 2001. – 1381 с.
27. Пилипчук М. І. Основи наукових досліджень / М. І. Пилипчук, А. С. Григор'єв, В. В. Шостак. – К. : Знання, 2007. – 270 с.
28. Полищук С. Ф. Справочник по качеству овощей и картофеля / С. Ф. Полищук, А. В. Горкуценко, М. А. Скляревский.– К.: Урожай, 1991.–224 с.
29. Путц Б. Переработка картофеля / Б. Путц, Ф. Реберс, П. Ветцольд.; пер. С нем. А. М. Спиренкова. – М. :Пищевая промышленность, 1979. – 86 с.
30. Радченко Л. А. Организация производства на предприятиях общественного питания / Л. А. Радченко. – Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 352 с.
31. Сальников А. Н. Заготовка и переработка овощей / А. Н. Сальников, В.Г. Левченко. – Донецк.: Донбасс, 1988. – 128 с.
32. Сборник рецептур на плодоовощную продукцию / [Сост. М. Г. Чухрай]. – СПб: Профи-информ, 2004. – 336 с.
33. Скрипников Ю. Г. Прогрессивная технология хранения и переработки модов и овощей / Ю. Г. Скрипников. – М.: Агропромиздат, 1989. – 258 с.
34. Скурихин И. М. Все о пище с точки зрения химика : справ, изд. / И. М. Скурихин, А. П. Нечаев. – М. : Высш, шк., 1991. – 288 с.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

35. Соколов В. И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / В. И. Соколов. – М. : Колос, 1992. – 398 с.
36. Справочник технолога плодоовощного производства / М. Г. Куницина. – СПб.: Профи-информ, 2004.–480 с.
37. Технология пищевых производств / [Нечаев А. П., Шуб И. С., Аношина О.М., Горбатюк В. И., Кочеткова А. А., Мелькина Г. М., Шебершнева Н. Н., Шикина В. С., Щербаков В. Г.] ; под ред. А. П. Нечаева. – М.: Колос, 2005.–768 с.
38. Технологическое оборудование консервных заводов / [М. С. Аминов, А. Й. Мальский, М. Я. Дикие, А. К. Гладушняк]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 319 с.
39. Технология переработки продуктов растениеводства / [Личко Н. М., Урдина В. Н., Елисеева Л. Г., Мельников Е. М., Попов Н. А., Мякинысов А. Г., Юшкова Н. Н., Лаврик И. П., Поморцева Т. И., Аниканова З.Ф., Трисвятский Л.А. Пономарев В. Ф.]; под ред. Личко Н. М. – М.: Колос, 2000. – 552 с.
40. Трисвятский Л, А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л. А. Трисвятский. – М. : Агропромиздат, 1991. – 211 с.
41. Устройство и эксплуатация оборудования предприятий пищевой промышленности / [А. И. Драгилев, Ц. Р. Зайчик, В. Ф. Коломиец и др.]; под ред. А. И. Дргилева. – [2-е изд.]. – М. : Агропромиздат, 1988. – 399 с.
42. Химический состав пищевых продуктов Кн. №1: Справочные таблицы содержания основных пищевых продуктов / Под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева.– 2-е изд. перераб и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 224 с.
43. Химия пищи. Белки. Структура, функции, роль в питании / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Н. И. Дудченко, А. А. Жеребцов. – М.: Колос, 2000. –382 с.
44. Бражников А.М. Теория термической обработки мясопродуктов. – Югпроммиздат, 1987.– 271 с.
45. Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г.И.. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промсть, 1980.– 288 с.
46. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник ; в 2-х кн./ В.Г. Айнштейн [и др.]; под ред. В.Г. Айнштейна, – М.Логос, Высшая школа, 2002. Кн.2 . – 872 с.
47. Поморцева Т.И. Технология хранения и переработки плодоовощной продукции (Текст) : учеб, для начального проф. образования / Т. И. Поморцева; до-т развития проф. образования. – М.: ПрофОбрИздат : ИРПО, 2001. –135 с.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		