

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 переробної і харчової
промисловості»
Хорольський В.П.
« ____ » _____ 2021 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової промисловості»

на тему: **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ**

Виконав:
здобувач вищої освіти Чумак Антон Костянтинович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: к.п.н. Цвіркун Л.О. _____
(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)

Кривий Ріг
2021

4. Аналіз результатів досліджень.
 5. Висновки.
 6. Список використаних джерел
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1. Принципова схема роторної овочерізальної машини МРО 400-1000.
 2. Подрібнювач коренеплодів.
 3. Роторний подрібнювач коренеплодів.
 4. Роторний подрібнювач плодоовочевої сировини.
 5. Скибочний подрібнювач плодоовочевої сировини.
 6. Схема геометричних параметрів ріжучого апарату.
 7. Моделювання процесу різання плодоовочевого сировини зигзагоподібною ножовою стінкою.
6. Дата видачі завдання «31» серпня 2021 р.
7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	4.09-20.09.2021 р.
2	Аналітичний огляд засобів механізації подрібнення плодоовочевої сировини.	21.09-18.10.2021 р.
3	Теоретичне дослідження процесу різання плодоовочевої сировини на скибочки зигзагоподібним різальним апаратом.	19.10-08.11.2021 р.
4	Аналіз результатів досліджень	09.11-15.11.2021 р.
5	Висновки по роботі	16.11-22.11.2021 р.
6	Оформлення роботи і подання до захисту	23.11-26.11.2021 р.

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Чумак А.К.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 52 сторінки, в тому числі основного тексту – 45 сторінок. Робота містить: 6 таблиць, 24 рисунка. Список використаних джерел складається з 11 найменувань.

Об'єкт роботи – технічні засоби механічної обробки плодоовочевої сировини.

Предмет роботи – подрібнення плодоовочевої сировини.

Мета роботи – дослідження технології та технічних засобів механічної обробки плодоовочевої сировини.

У процесі виконання роботи було удосконалено конструкцію ножової стінки з розгорнутим розташуванням ножів, що сприяє рівномірному розподілу зусиль на верхню та нижню пластину ножової стінки. Позитивний ефект досягається за рахунок того, що ножі, розташовані в ножовій стінці під кутом ковзання 30° , згруповані в центральні та бічні ножові блоки, при цьому ножі центральних блоків розгорнуті на 180° щодо бічних.

Здійснено моделювання процесу різання плодоовочевої сировини зигзагоподібною ножовою стінкою, а саме визначення залежності сил взаємодії яблука з блоком ножів для наступних параметрів подрібнювача, які можна прийняти за базові: $\Delta = 10$ мм, $\theta = 120^\circ$, $d = 1,00$ мм, $H = 10$ мм; зміна зусилля різання за різних значень зсуву ножів ($\Delta = 5$ мм, $\Delta = 7$ мм, $\Delta = 10$ мм); зміна зусилля різання за різних значень кута защемлення ножів ($\theta = 120^\circ$, $\theta = 130^\circ$, $\theta = 140^\circ$); зміна зусилля різання за різних значень ширини ножів ($H = 10$ мм, $H = 15$ мм, $H = 20$ мм); зміна зусилля різання за різних значень товщини ножів ($d = 1,00$ мм, $d = 1,25$ мм, $d = 1,50$ мм).

Досліджено процес різання при різних варіантах розташування ножів, що утворюють основні геометричні параметри ріжучого апарату – ширину і глибину зигзагу при прямому і розгорнутому розташуванні ножів.

Результати показали, що у всіх варіантах різання при прямому розташуванні ножів у зигзагоподібній ножовій стінці спостерігається відсутність затискання скибочок між ножами, що досягається при збільшенні ширини та глибини зигзагу. Однак, подальше зростання ширини і глибини зигзагу підвищує металоємність конструкції, ускладнює виготовлення ріжучого апарату та знижує його експлуатаційні характеристики.

Під час розгорнутого розташування ножів у зигзагоподібній ножовій стінці спостерігається зменшення площі контакту ножів різних площин і сегментів ріжучого апарату. Крім цього, розгорнуте положення ножів виключає крутний момент і примусовий рух оброблюваного матеріалу в напрямку стінки робочої камери, знижуючи силу тертя і, отже, зусилля різання. Тому для максимального зниження енергоємності процесу різання рекомендуємо застосування розгорнутого розташування ножів у зигзагоподібній ножовій стінці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: різання, технічні засоби, механізація, механічна обробка, подрібнювач, плодоовочева сировина, роторний подрібнювач, зигзагоподібний різальний апарат, моделювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ПОДРІБНЕННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ.....	7
1.1 Фізико-механічні та технологічні показники плодовоовочевої сировини.....	7
1.2 Аналіз обладнання для подрібнювачів плодів та овочів.....	9
1.3 Роторний подрібнювач плодовоовочевої сировини.....	15
РОДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ НА СКИБОЧКИ ЗИГЗАГОПОДІБНИМ РІЗАЛЬНИМ АПАРАТОМ.....	20
2.1 Ресурсозбереження при механічній обробці плодовоовочевої сировини.....	20
2.1 Конструктивна схема скибочного подрібнювача плодовоовочевої сировини.....	23
2.2 Визначення геометричних параметрів зигзагоподібної ножової стінки.....	26
РОДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	34
3.1 Моделювання процесу різання плодовоовочевої сировини зигзагоподібною ножовою стінкою.....	34
3.2 Дослідження процесу різання при прямому і розгорнутому розташуванні ножів.....	37
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42
ДОДАТКИ.....	43

					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>Чумак</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>			1	52	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>			Кафедра ЗІДО		
					Дослідження технології та технічних засобів механічної обробки плодовоовочевої сировини		

ВСТУП

Актуальність роботи. Значне місце у механічній обробці харчових продуктів при кулінарній обробці займає процес різання. У харчовій промисловості часто виникає необхідність різання на частини плодів та овочів, що мають неоднорідну структуру. Наявність багат шарової будови характеризується різним ступенем розподілу концентрацій напруг у кожній точці ріжучої кромки і є одним з факторів, що визначають вибір форми ножа та режиму процесу різання.

Мета та задачі дослідження. Метою магістерської роботи є дослідження технології та технічних засобів механічної обробки плодоовочевої сировини.

Практична та наукова новизна. У процесі виконання роботи було удосконалено конструкцію ножової стінки з розгорнутим розташуванням ножів, що сприяє рівномірному розподілу зусиль на верхню та нижню пластину ножової стінки.

Здійснено моделювання процесу різання плодоовочевої сировини зигзагоподібною ножовою стінкою, а саме визначення залежності сил взаємодії яблука з блоком ножів для наступних параметрів подрібнювача, які можна прийняти за базові: $\Delta = 10$ мм, $\theta = 120^\circ$, $d = 1,00$ мм, $H = 10$ мм; зміна зусилля різання за різних значень зсуву ножів ($\Delta = 5$ мм, $\Delta = 7$ мм, $\Delta = 10$ мм); зміна зусилля різання за різних значень кута защемлення ножів ($\theta = 120^\circ$, $\theta = 130^\circ$, $\theta = 140^\circ$); зміна зусилля різання за різних значень ширини ножів ($H = 10$ мм, $H = 15$ мм, $H = 20$ мм); зміна зусилля різання за різних значень товщини ножів ($d = 1,00$ мм, $d = 1,25$ мм, $d = 1,50$ мм).

Досліджено процес різання при різних варіантах розташування ножів, що утворюють основні геометричні параметри ріжучого апарату – ширину і глибину зигзагу при прямому і розгорнутому розташуванні ножів.

Результати показали, що у всіх варіантах різання при прямому розташуванні ножів у зигзагоподібній ножовій стінці спостерігається відсутність затискання скибочок між ножами, що досягається при збільшенні ширини та глибини зигзагу. Однак, подальше зростання ширини і глибини зигзагу підвищує металоємність конструкції, ускладнює виготовлення ріжучого апарату та знижує його експлуатаційні характеристики.

Під час розгорнутого розташування ножів у зигзагоподібній ножовій стінці спостерігається зменшення площі контакту ножів різних площин і сегментів ріжучого апарату. Крім цього, розгорнуте положення ножів виключає крутний момент і примусовий рух оброблюваного матеріалу в напрямку стінки робочої камери, знижуючи силу тертя і, отже, зусилля різання. Тому для максимального зниження енергоємності процесу різання рекомендуємо застосування розгорнутого розташування ножів у зигзагоподібній ножовій стінці.

					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>Чумак</i>			Дослідження технології та технічних засобів механічної обробки плодоовочевої сировини	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>					1	52
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ПОДРІБНЕННЯ ПЛОДОВООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

1.1 Фізико-механічні та технологічні показники плодовоовочевої сировини

Конструктивні параметри та режими роботи машин та апаратів, що реалізують процеси механічної обробки плодовоовочевої сировини, значною мірою залежать від розмірно-масових характеристик та механічних властивостей.

Дослідниками визначено низку фізико-механічних властивостей яблук, зокрема щільність м'якоті, фрикційні показники, розмірно-масові, отримано характеристики міцності, а саме – опір яблук статичному стиску, динамічному впливу, допустиме ударне навантаження, опір плодів циклічним навантаженням; розглянуто фізико-механічні властивості картоплі тощо.

Визначення розмірно-масових показників є необхідним для обґрунтування розміру робочих органів подрібнювачів: зигзагоподібної ножової стінки та ножового корпусу з радіально розташованими ножами, при цьому вибір діаметра труби ротора враховуватиме максимальний діаметр плодовоовочевої сировини. Уточнення коефіцієнтів тертя потрібне для отримання умови ковзного різання та для з'ясування відповідного йому кута, а також характеру переміщення яблук, бульб картоплі за різними конструктивними поверхнями, зокрема для теоретичного обґрунтування руху матеріалів усередині труби ротора подрібнювача плодовоовочевої сировини.

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні властивості яблук та картоплі

Показники	Розмірність	Сорт яблук		Сорт картоплі	
		Антонівка звичайна	Джонатан	Імпала	Ред Скарлет
Маса	г	82...142	84...153	90...160	85...150
Діаметр перерізу плодів					
– мінімальний	мм	67	72	-	-
– максимальний		71	75		
Середня висота плодів	мм	55	54	-	-
Коефіцієнт форми плодів		1,29	1,13		

					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>Чумак</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>						

Дослідження технології та технічних засобів механічної обробки плодовоовочевої сировини

Найбільший поперечний діаметр клубні	мм	-	-	55...110	50...100
Щільність м'якоті	кг/м ³	709	809	1168	1190
Модуль пружності	10 ⁵ Па	1,02	1,22	4,1...5,2	3,9...5,0
Коефіцієнт тертя руху					
– по харчовій нержавіючій сталі;		0,51	0,55		0,46
- незабарвленої;		3,27	3,29		0,509
– по сталі обрізаної;					
– по органічному склу.		0,33	0,34		0,445

Фізико-механічні характеристики яблук та картоплі для визначення режимів та параметрів скибочного подрібнювача з можливістю здійснення подальшого обсмажування:

1. Розмірно-масові показники яблук:

- діаметр – 65,9 мм (Антонівка звичайна) та 70,3 мм (Джонатан);
- висота – 55 і 54 мм;
- маса – 82 ... 142 і 84 ... 153 г;
- щільність м'якоті плодів – 0,790 та 0,803 г/см³.

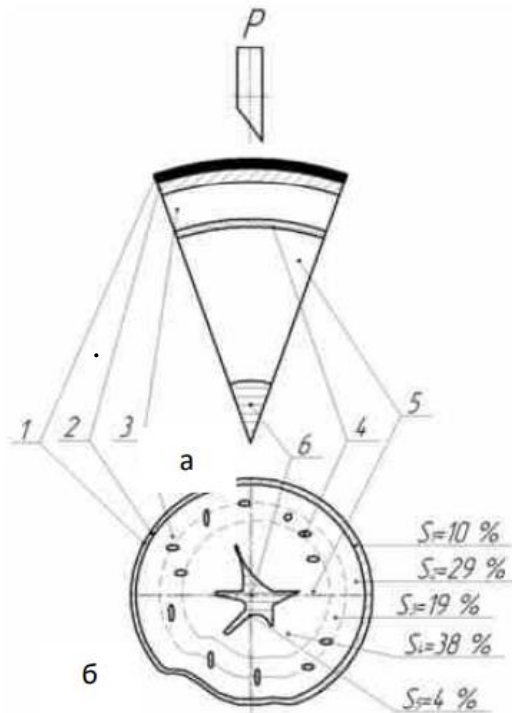
2. Розмірно-масові показники картоплі:

- найбільший поперечний діаметр – 50 ... 110 мм (Імпала) і 50 ... 100 (Ред Скарлетт);
- маса – 90 ... 160 г (Імпала), 85 ... 150 г (Ред Скарлетт);
- щільність м'якоті картоплі (середні значення) – 1,168 г/см³ та 1,190 г/см³.

При розробці різальних апаратів для різання овочів необхідно враховувати їх властивості міцності. Однак залишається невивченим питання міцнісні властивості різнорідної структури картоплі, зокрема кожної її частини.

Проаналізувавши структуру картоплі, нами виділено 5 зон, що мають різну будову тканин та певну частку від загального обсягу картоплі (рис. 1.1). У цілому різниця між зонами обумовлена видами тканин, клітин, наявністю різних клітинних включень тощо. У центральній частині картоплі знаходиться серцевина, яку оточує кільце відкритих провідних пучків, що містять камбій.

Середня частина картоплі, зайнята серцевиною, причому в самому центрі розташовуються найбільш рідкі клітини. Зовнішній шар включає кілька рядів пробкових клітин перидерми, що змінює епідерміс молодого картоплі.



розміри зон структури
картоплі склали:
 $S_1 = 10\%$;
 $S_2 = 29\%$;
 $S_3 = 19\%$;
 $S_4 = 38\%$;
 $S_5 = 4\%$

Рисунок 1.1 – Схематична будова картоплі

На рис. 1.1 зображено: а – діаграма, що характеризує співвідношення окремих тканин картоплі в радіальному напрямку, б – розріз картоплі, 1 – перидерма; 2 – кора; 3 – зовнішня флоема; 4 – ксилема; 5 – внутрішня флоема; 6 – серцевина.

Результати досліджень визначення властивостей міцності кожної з виділених зон представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати досліджень властивостей міцності картоплі

Шар картоплі	Максимальне зусилля на розрізання, Н	
	Ред Скарлет	Імпала
S_1	19,54	20,54
S_2	5,04	6,41
S_4	8,05	5,95
S_5	7,89	3,12

1.2 Аналіз обладнання для подрібнювання плодів та овочів

Подрібнення є процесом механічного впливу на продукт робочими органами, що призводить до подолання сил взаємного зчеплення та руйнування продукту під впливом зовнішніх навантажень і навіть до збільшення його площі поверхні. Розрізняють такі способи подрібнення: роздавлювання, розколювання, розламування, різання, розпилування, стирання, подрібнення з допомогою удару. При цьому в будь-якому подрібнювачі реалізуються всі способи подрібнення з перевагою саме того, заради якого він створений.

Подрібнювач картоплі на скибочки ВОС.821А (рис. 1.2) призначений для нарізки картоплі на скибочки при виробництві чіпсів (хрумкої картоплі). Може використовуватися як окрема машина, а також у складі комплексу



Рисунок 1.2 – Подрібнювач картоплі на скибочки ВОС

На рис. 1.2 позначено: 1 – корпус, 2 – завантажувальний бункер, 3 – електродвигун, 4 – вертикальний вал, 5 – барабан з ножами, що обертається. У таблиці 1.3 подано технічні характеристики подрібнювача.

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика подрібнювача ВОС.821А

Показник	Значення
Продуктивність, кг/год	600
Товщина скибки, мм	0,5...3
Потужність, кВт	1,5
Габаритні розміри, мм	1128x756x496
Маса, кг	65

Недоліком пристрою є низька продуктивність, недостатня для великого виробництва. Крім цього, застосування як ріжучого апарату барабана з ножами не дозволяє отримати чіткого заклинювання продукту при різанні та допускає прослизання останнього в робочій зоні, в результаті чого готові скибочки виходять нерівномірні за товщиною та при подальшому висушуванні та обсмажуванні їх залишкова вологість може виявитися вищою за нормовану.

Особливістю роторних овочерізальних машин є те, що ножі в процесі різання залишаються нерухомими, при цьому оброблюваний продукт переміщається ротором, що обертається з лопатями (рис. 1.3).

На рис. 1.3 зображено: 1 – вал, 2 – розвантажувальний канал, 3 – ножовий апарат, 4 – вісь, 5 – завантажувальний отвір, 6 – фіксатор, 7 – робочі лопаті, 8 – робоча камера, 9 – диск, 10 – засувка, 11 – корпус, 12 – привід, 13 – передача.

За допомогою роторних овочерізок сировину нарізають у вигляді скибочок товщиною 3 мм, брусочків перерізом 6x6 мм і 10x10 мм і соломки 3 мм. Робоча камера 8 пристрою представляє собою вертикально розташований литий циліндр, прикріплений до корпусу 11 за допомогою зачепу і фіксуючої засувки 10. Зверху робочої камери знаходиться завантажувальний отвір 5. Бічна

стінка робочої камери має проріз для установки змінного ножового апарату 3, який закріплюється вилкою та відкидним болтом.

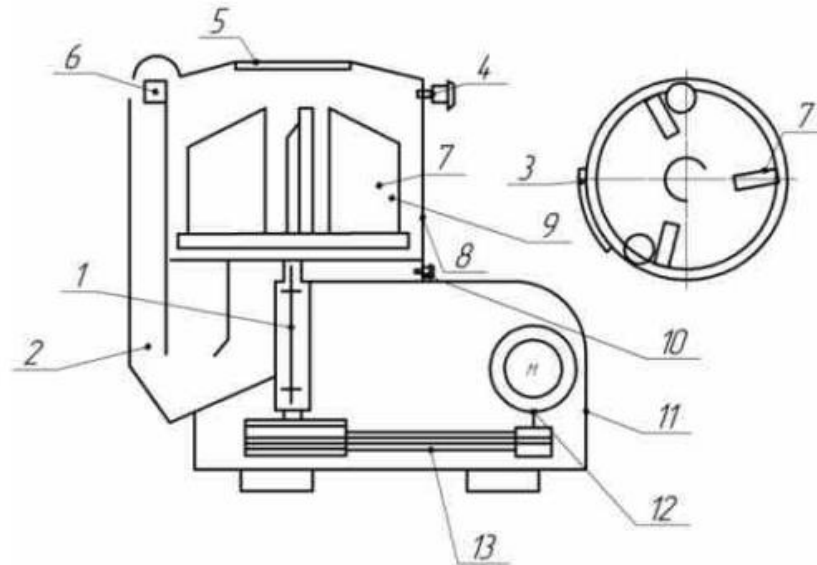


Рисунок 1.3 – Принципова схема роторної овочерізальної машини МРО 400-1000

Обертання ротора забезпечується електродвигуном 12 клинопасовою передачею 13. На зовнішній стороні робочої камери навпроти ріжучого апарату розташований розвантажувальний канал 2 з переходом у розвантажувальний пристрій.

Роторна овочерізальна машина забезпечує нарізування овочів у вигляді скибочок товщиною 3 мм, брусочків перетином 6х6 мм та 10х10 мм та соломки 3 мм. Пристрій працює наступним чином. Продукт із завантажувальної воронки надходить у робочу камеру, де приводиться в рух робочими лопатями ротора і далі подається до нерухомих ножів. Подрібнений матеріал надходить у розвантажувальний канал і далі в розвантажувальний пристрій

У таблиці 1.4 наведено технічні характеристики пристрою.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики подрібнювача МРОВ-400-1000

Показник	Значення
Продуктивність (при нарізанні скибочками товщиною 2 мм), кг/год	900...1000
Потужність електродвигуна кВт	0,8
Габаритні розміри, мм:	
довжина	750
ширина	510
висота	710
Маса, кг	90

Недоліком машини МРО 400-1000 є неефективність її застосування на лінії виробництва хрусткої картоплі через конструктивні особливості пристрою, що не дозволяють отримувати скибочки завтовшки менше 3 мм. Крім цього, застосування роторного механізму подачі матеріалу на ножі робочої камери

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

допускає прослизання продукту за рахунок недостатньо надійної фіксації в процесі різання, що позначається на нерівномірному гранулометричному складі одержуваної продукції.

Подрібнювач картоплі КПР-ВОС.817 призначений для нарізування овочів та плодів з жорсткою структурою: картоплі, моркви, буряків, яблук, цибулі, часнику та інших. (рис. 1.4). Технічні характеристики подрібнювача представлені у таблиці 1.5.



Рисунок 1.4 – Подрібнювач картоплі КПР-ВОС.817

На рис. 1.4 показано: 1 – станина, 2 – привід, 3 – завантажувальний бункер, 4 – робоча камера, 5 – блок управління.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики КПР-ВОС.817

Показник	Значення
Продуктивність при нарізанні картоплі, не більше, кг/год	500
Потужність, кВт	0,75
Габаритні розміри, мм:	
довжина	790
ширина	600
висота	1100
Маса, кг	80

Недоліком пристрою є обмеженість використання через вимоги до розміру сировини, тому що овочі (плоди) повинні бути перетином не більше 70 мм, що змушує до застосування додаткової технологічної операції – калібрування сировини, збільшуючи при цьому виробничі витрати.

Пуансоні овочерізальні машини не знайшли широкого застосування в українській промисловості через обмежену продуктивність та високі питомі енерговитрати, які викликані не раціональним розташуванням ножів у ножових гратах. Однак, лише така конструкція овочерізального механізму дозволяє отримувати ідеально пряму форму при нарізці картоплі на «фрі» та «хрустку»

картоплю». При цьому зарубіжні фірми випускають пуансонні моделі подрібнювачів з механічним приводом для побутових умов експлуатації (рис. 1.5).

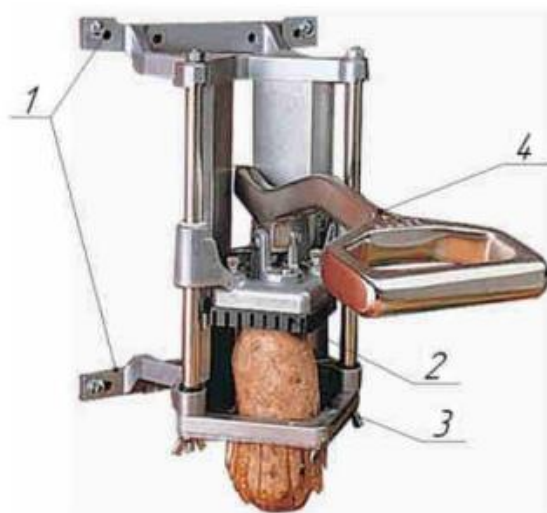


Рисунок 1.5 – Пуансонний овочерізальний механізм Nemco N55450-2

На рис. 1.5. зображено: 1 – кріпильний прилад, 2 – пуансон, 3 – ножові грати, 4 – важіль.

Пристрій ВУ 10087 С1 2007.12.30) (рис. 1.6) містить корпус 1, диск 3, ніж 4, електропривод 5, транспортер 6, канал, що подає 7.

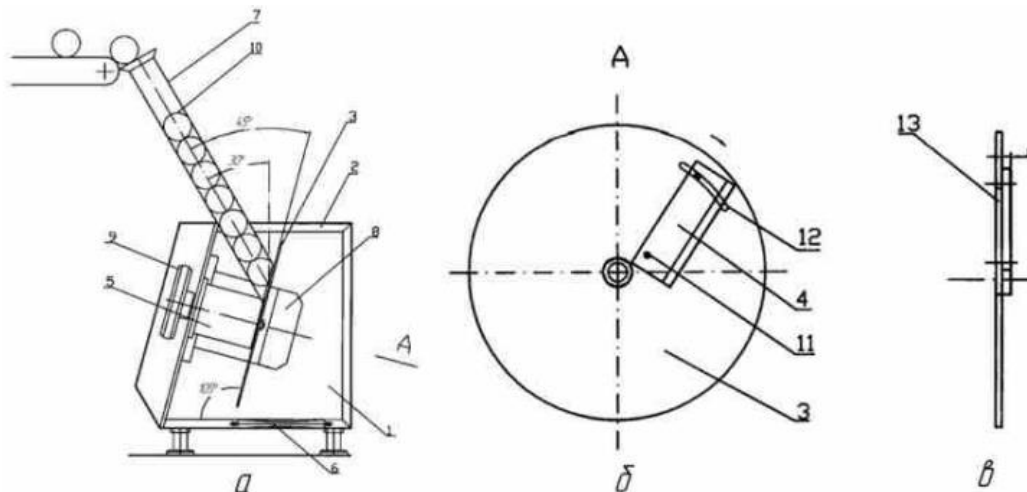


Рисунок 1.6 – Пристрій для різання овочів та фруктів
а) загальний вигляд пристрою; б) схема кріплення ножа; в) регулювання ножа

Пристрій працює наступним чином. Продукт 10 надходить до змінного каналу, що подає 7 за допомогою транспортера і під дією гравітаційної сили рухається вниз. Кожен оберт диска 3 забезпечує відрізання ножом 4 скибочки продукту, при цьому товщина скибочки відповідно дорівнює відстані між

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

верхньою поверхнею ножа 4 і нижньою поверхнею диска 3 і коригується за допомогою допоміжних пластин. Для фіксації ножів і допоміжних пластин за допомогою гвинтів до диска 3 є отвори 11. Робочий кут різання регулюється сегментним прорізом 12, а скибочки видаляються через отвір 13 диска назовні за допомогою транспортера 6.

Недоліком пристрою є низькі технічні характеристики: обмежена продуктивність, підвищені енерговитрати та високий відсоток отримання продукції різної за гранулометричним складом.

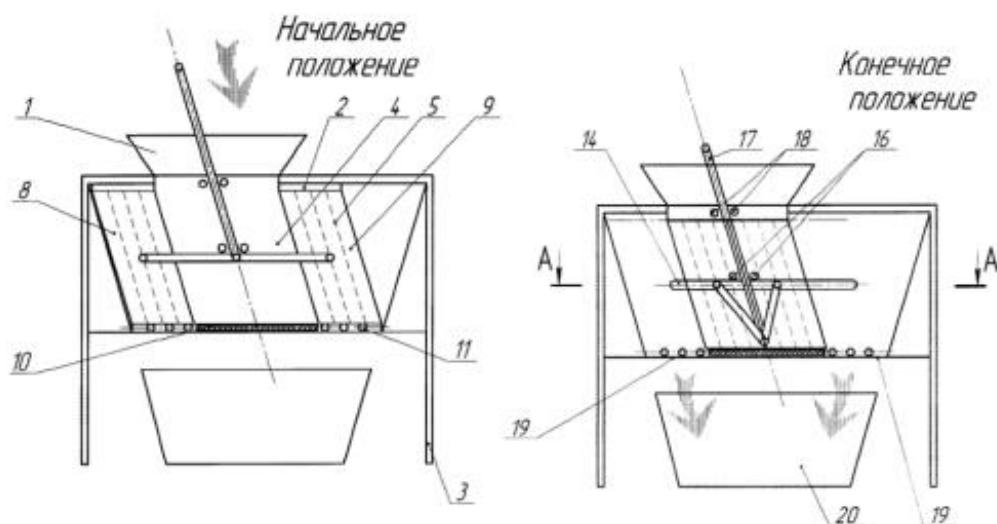
Подрібнювач коренеплодів, рис. 1.7, містить завантажувальну горловину 1 (фіг.1), що переходить у корпус 2 з опорами 3. У корпусі 2 подрібнювача розташована камера подрібнення 4 у формі паралелограма, а ножі 5 згруповані верхніми 6 і нижніми 7 (фіг.3 і 4) пластинами, дві протилежно розташовані ножові стінки 8 і 9 переміщуються по напрямним пазам 10 і опорним роликам 11 назустріч одна одній за допомогою механізму переміщення.

Напрямні пази 10 нерухомо закріплені з двох сторін корпусу 2, в яких є опорні ролики 11. Ножі 5 в ножових стінках 8 і 9 встановлені зигзагообразні на горизонтальних пластинах 6 і 7, при цьому ножі 5 встановлені до пластин 6 і 7 під кутом різання коренеплодів з ковзанням.

Циклічне переміщення ножових стінок по напрямним пазам 10 і опорним роликам 11 назустріч один одному здійснюється завдяки півосям 12 вертикальних боковин ножових стінок 13, прорізам 14 корпусу 2 під дією двоплечих шарнірно закріплених важелів 15 з обмежувачами 16 і рукоятки 17 з напрямними пальцями 18. У нижній частині корпусу 2 є вивантажувальні вікна 19 для вивантаження подрібнених коренеплодів у приймальну ємність 20.

Коренеплоди із завантажувальної горловини 1 подаються в камеру з подрібненням 4. Ножові стінки 8 і 9 рухаються назустріч одна до одної.

Коренеплоди проникають крізь обидві ножові стінки, розрізаючись на скибочки заданої товщини. Виступи пластин 6 і 7 однієї ножової стінки заходять у западини пластин іншої ножової стінки, що призводить до повного подрібнення всіх коренеплодів, що знаходяться між ножовими стінками. Недоліком пристрою є ручний привід, через що експлуатація подрібнювача в промислових масштабах малоефективна.



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

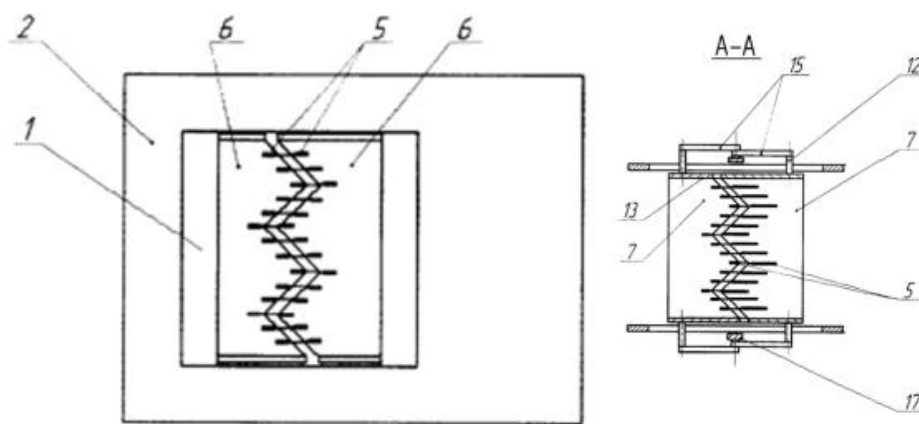


Рисунок 1.7 – Подрібнювач коренеплодів

Отже, нині процес подрібнення різанням вивчений недостатньо. Особливо це стосується питання зниження загальної енергоемності технологічного процесу різання картоплі та плодів яблук шляхом зменшення сили тертя продукту об ножі. Сучасні існуючі та перспективні пристрої для різання плодів та коренеплодів мають ряд недоліків, а саме висока сепарація соку в процесі обробки з низьким отриманням якісної сировини, високі енерговитрати та низька продуктивність.

1.3 Роторний подрібнювач плодоовочевої сировини

До подрібнювачів плодоовочевої сировини пред'являються такі вимоги:

- можливість переробки широкого виду фруктів та овочів;
- виключення псування робочими органами машини;
- можливість регулювання якості підготовки плодоовочевої сировини залежно від її забрудненості (мийка);
- наявність пристрою для видалення механічних домішок;
- доступність обслуговування робочих органів;
- максимальна автоматизація та цифровізація за точною лінією;
- достатня продуктивність, що забезпечує необхідний технологічний процес;
- забезпеченість мінімальних відходів у вигляді соку і мезги раціональною схемою різання;
- забезпечення безпеки робочих органів при аварійних ситуаціях (запобіжники);
- мінімальні металомісткість, розміри;
- надійність та простота в експлуатації.

Основними конструктивними параметрами подрібнювача є діаметр, крок витка, глибина нарізки, зазор між гребенем і корпусом шнека, кут нахилу гвинтової нарізки, ширина гребеня. Дослідження технологічного принципу різання засноване на вивченні систематичного переміщення матеріалу шнеком, що обертається.

Розглянемо процес роботи подрібнювача з ножами різної конфігурації. Роторний подрібнювач коренеплодів зображений на рис. 1.8.

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

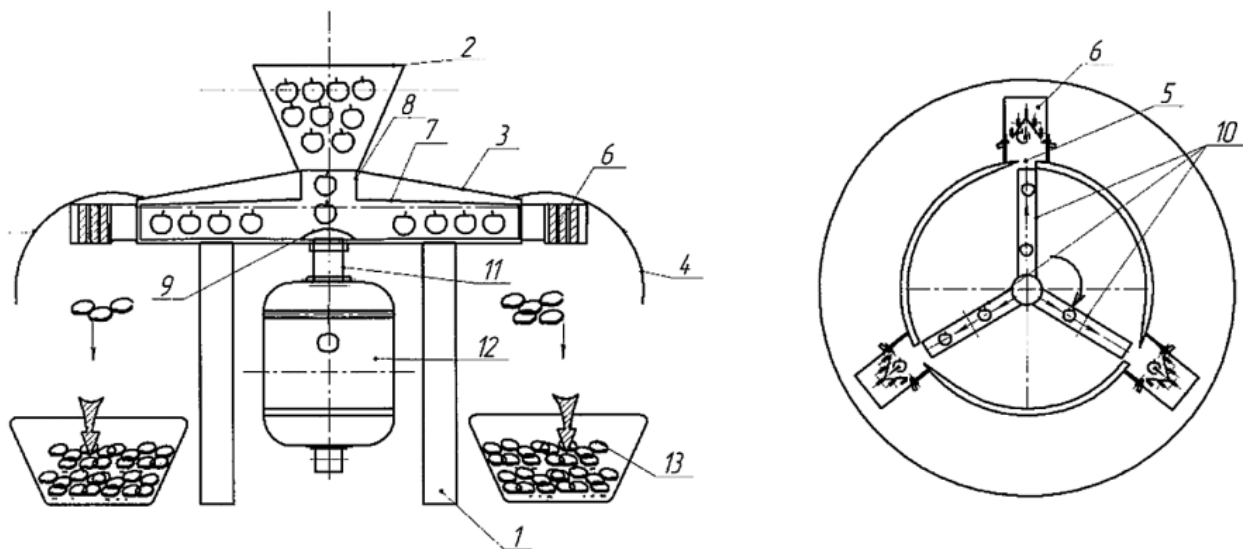


Рисунок 1.8 – Роторний подрібнювач коренеплодів

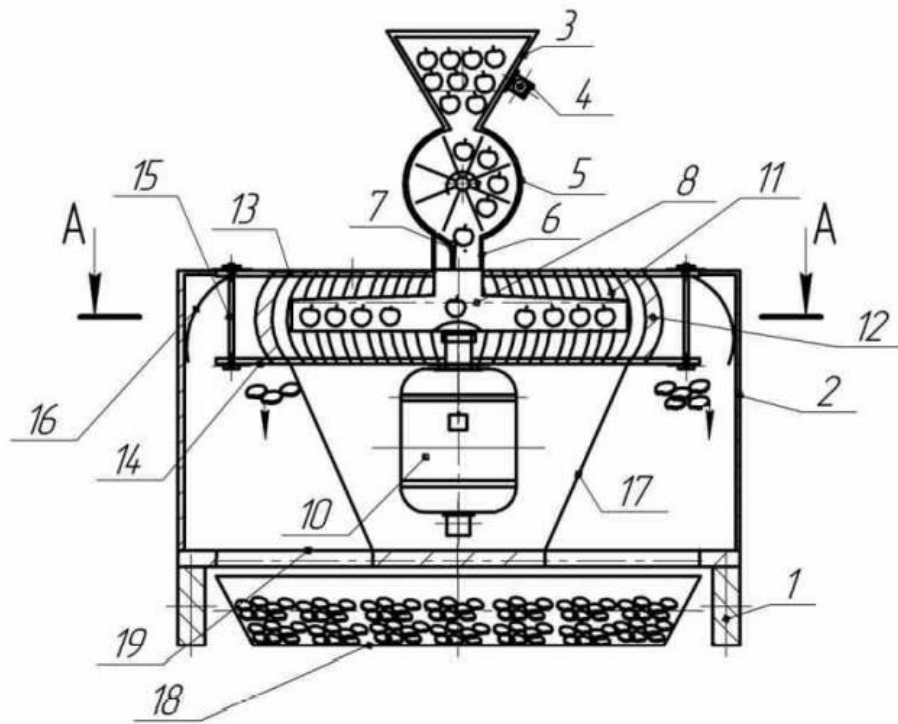
На рисунку 1.8 зображено: 1 – станина; 2 – завантажувальний бункер; 3 – корпус; 4 – відбивачі; 5 – випускні отвори; 6 – ножові стінки; 7 – відцентровий ротор; 8 – горловина; 9 – сферичний ковпак; 10 – напрямні труби; 11 - вал; 12 – електродвигун; 13 – вивантажувальні ємності.

Перед завантаженням матеріалу потрібно запустити електродвигун 12 подрібнювача, який задає відцентровому ротору 7 необхідну частоту обертання. Оброблюваний матеріал через завантажувальний бункер 2 надходить у горловину 8. За допомогою передачі крутного моменту валом 11 електродвигуна 12 відцентровий ротор 7 через сферичний ковпак 9 рівномірно розподіляє матеріал по трьом напрямним трубам 10.

В результаті відцентрової сили матеріал притискається до циліндричного корпусу 3 і видаляється через вивантажувальні отвори 5 у напрямку ножових стінок 6 з лінійною швидкістю, необхідною для повного розрізання. При цьому матеріал проникає крізь ножові стінки 6, подрібнюється на скибочки необхідної товщини і далі через відбивачі 4 надходить у вивантажувальні ємності 13.

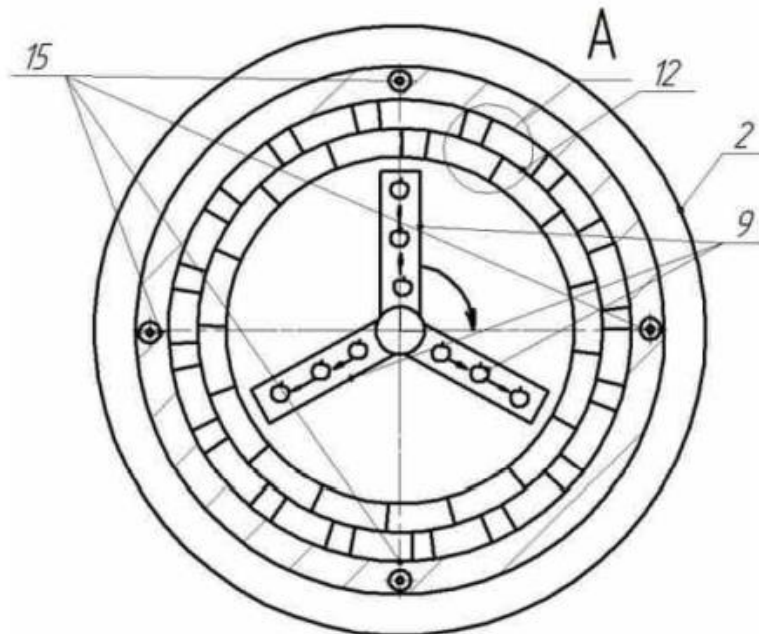
На рис. 1.9 а зображено роторний подрібнювач плодоовочевої сировини, загальний вигляд, на рис. 1.9 б – роторний подрібнювач плодоовочевої сировини, розріз А-А, на рис. 1.9 – схема розташування ножів ножового корпусу, вигляд А.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



а

A-A



б

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

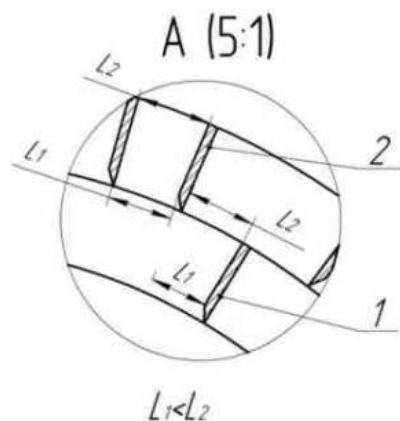


Рисунок 1.9 – Роторний подрібнювач плодоовочевої сировини
 а – роторний подрібнювач плодоовочевої сировини, загальний вигляд; б –
 роторний подрібнювач плодоовочевої сировини, розріз А-А
 1 – ножі першого ряду, 2 – ножі другого ряду

Пристрій містить опори 1, циліндричний корпус 2, на якому закріплений завантажувальний бункер 3 з вібратором - струшувачем 4, дозатор барабанного типу 5, що має в нижній горловині 6 перекидний клапан 7, відцентровий ротор 8 з трьома напрямними трубами 9, розташованими під кутом 120° відносно один одного, електродвигун 10, ножовий корпус 11 вигляді усіченої сфери, утвореної дугоподібними ножами 12, розташованими в два порядки зигзагоподібно, а також верхнім 13 і нижнім 14 дисками, закріпленими між собою за допомогою стяжних болтів 15, відбивачі 16, захисний кожух 17, ємність для збору подрібненого продукту 18, яка розташована під вивантажними отворами 19 циліндричного корпусу 2.

Перед завантаженням матеріалу запускається електродвигун 10 пристрою, щоб задати відцентровому ротору 8 необхідну частоту обертання. Оброблений матеріал через завантажувальний бункер 3 і дозатор барабанного типу 5 надходить у відцентровий ротор 8. За допомогою передачі крутного моменту валом електродвигуна 10 відцентровий ротор 8 рівномірно розподіляє плодоовочевий матеріал по трьом напрямним трубам 9. В результаті відцентрової сили матеріал двигається в напрямку дугоподібних ножів 12 ножового корпусу 11 з лінійною швидкістю, необхідною для повного розрізання. При цьому плодоовочевий матеріал проходить крізь дугоподібні ножі 12 подрібнюючись на скибочки заданої товщини і далі через відбивачі 16 і вивантажний отвір 19 надходить в ємність для збору подрібненого матеріалу 18.

На рис. 1.9 позначено: 1 – опори; 2 – циліндричний корпус; 3 – завантажувальний бункер; 4 – вібратор струшувач; 5 – дозатор барабанного типу; 6 – нижня горловина; електродвигун, 11 - ножовий корпус, 12 – ножі, 13 - верхній диск, 14 – нижній диск, 15 – стяжні болти, 16 – відбивачі, 17 – захисний кожух, 18 – ємність для збору, 19 – вивантажувальні отвори .

Пристрій здійснює процес різання плодоовочевої сировини з мінімальним соковиділенням завдяки відсутності затискання скибок між ножами, а також

мінімальному руйнуванні їх структури зі зниженими енерговитратами (рис. 1.8 в). Розташування ножів відповідає виразу:

$$L_1 < L_2$$

де L_1 – відстань між ножами на вході;

L_2 – відстань між ножами на виході.

Дані фактори забезпечуються дугоподібною формою ножів та їх радіальним розташуванням щодо відцентрового ротора, що створює зазор між ножами усіченої піраміди, тобто, відстань між ножами на виході завжди більше, ніж на вході. Для додаткового зниження сили тертя продукту ножами використано розташування їх у два порядки зигзагу. Проведені раніше дослідження із застосуванням зигзагоподібного розташування ножів показали його високу ефективність та зниження зусилля різання на 25..30% порівняно з рядним розташуванням ножів в одній площині.

Застосування дугоподібних ножів, радіально розташованих щодо відцентрового ротора, утворює широку зону різання, гарантує взаємодію всього оброблюваного матеріалу, випущеного з напрямних труб відцентрового ротора з ножами ножового корпусу в будь-який момент часу, тим самим забезпечуючи високу ефективність процесу різання, а також можливість роботи подрібнювача без зміни налаштувань режимно-конструктивних параметрів.

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

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПЛОДОООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ НА СКИБОЧКИ ЗИГЗАГОПОДІБНИМ РІЗАЛЬНИМ АПАРАТОМ

2.1 Ресурсозбереження при механічній обробці плодовоовочевої сировини

Ресурсозбереження – це комплекс заходів щодо зниження ресурсоспоживання для технологічних процесів або конкретних технічних коштів за певних умов.

Показник економічності частково характеризує ресурсозбереження та повною мірою виражається функціонально-вартісним аналізом, завданням якого є спрямування на зниження споживчої вартості, що досягається зниженням витрат за сукупністю всіх видів ресурсів.

Внаслідок зростання обсягу переробки плодовоовочевої сировини суттєво збільшується кількість відходів. У зв'язку з цим організація раціонального використання вторинних ресурсів є актуальною.

Основна маса відходів утворюється на операціях підготовки сировини: мийки, інспекції, очищення від шкірки, доочищення, подрібнення та теплової обробки. При переробці плодовоовочевої сировини необхідно використовувати ресурс зберігаючої технології для максимального використання відходів.

Відходи у вигляді серцевини яблук йдуть в основному на корм сільськогосподарським тваринам, або як добрива. Однак перспективним і рентабельним способом переробки таких відходів є отримання пектину.

Механічна очистка картоплі супроводжується утворенням значної кількості відходів з високим вмістом крохмалю, який можна використовувати для харчових цілей. Крім цього, мезга, отримана в ході вилучення крохмалю, зневоднюється пресуванням і йде на корм худобі.

Сказане вище свідчить про те, що ряд операцій при переробці плодів та овочів, а саме: попередня обробка, ополіскування, упакування, фасування, внесення добавок вивчені в повному обсязі та додаткових досліджень не потребують. Однак, найбільш витратні та енергоємні операції подрібнення плодовоовочевої сировини на скибочки вимагають подальшого удосконалення.

У процесі подрібнення відбувається утворення маси скибочок продукту заданої товщини. Істотним недоліком сучасних подрібнювачів плодовоовочевої сировини є високий відсоток готової продукції, має значні відхилення розмірів від заданої товщини різання, так звана «нестандартна сировина».

					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>Чумак</i>				Дослідження технології та технічних засобів механічної обробки плодовоовочевої сировини	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						14	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

У процесі подальшої теплової обробки сировина, а також «нестандартна сировина» піддаються впливу жирового середовища високої температури, що викликає зневоднення, що характеризується відсотком відносної вологості готового продукту, придатного для тривалого зберігання. Режимні параметри високотемпературної теплової обробки оптимізовані під конкретну задану товщину різання (1,5...2,1 мм для чіпсів), при цьому відхилення від заданої товщини тягне за собою недостатнє зневоднення скибочок, що позначається на їх органолептичних характеристиках, а саме головне – на термінах зберігання матеріалу в пакувальній одиниці, тому що навіть незначна кількість скибочок з підвищеним вмістом вологи тягне за собою перехресне зараження мікроорганізмами всієї маси.

Пропоновані технічні рішення дозволяють знизити кількість нестандартної сировини при механічному різанні з n_0 до n_1 . Покажемо вплив цих результатів на ефективність реалізованого машинами процесу.

Для отримання такої ж кількості готового продукту A рівного вихідному об'єму сировини, що переробляється, скористаємося наступним виразом:

$$A = a_0(1 - n_0) = a_1(1 - n_1), \quad (2.1)$$

Виходячи з цього новий обсяг переробки сировини:

$$a_1 = \frac{a_0(1 - n_0)}{1 - n_1} \quad (2.2)$$

де a_0 – початковий об'єм отриманих скибочок;

n_0 і n_1 – частка нестандартної сировини на існуючому та запропонованому устаткуванні відповідно.

Суттєвим недоліком сучасних подрібнювачів плодів та овочів є високі енерговитрати та низька продуктивність. Для отримання скибочок високої якості рівномірних за товщиною необхідно забезпечувати чітке заклинювання продукту у зоні різання ножів, що цілком досяжно для одиничної частини продукції або продукції в невеликій кількості. Подальше збільшення кількості продукту в зоні різання, що має чітке заклинювання, пропорційно збільшує продуктивність машини, а також зусилля різання та характеристики міцності робочих органів. Для зниження енергетичних витрат пропонується розміщення ножів у робочих органах (зигзагоподібне або радіальне), що максимально знижує ефект стисненого різання шляхом зниження тертя продукту об ножі, що становлять до 70% від загального зусилля різання. Пропоноване розташування ножів дозволяє збільшити кількість продукту в зоні різання з чітким заклинюванням, що сприяє збільшенню продуктивності з одночасним зниженням енергетичних витрат, а також високою якістю одержуваної продукції.

Енерговитрати визначаються сумою потужностей приводів обладнання і ТЕНів, часу роботи, вартості кіловат годин, коефіцієнтами завантаженості.

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

Енерговитрати виражаються кількістю переробленої продукції, а також вимушеним одержанням нестандартної сировини. При цьому для однакової потужності приводу:

$$Pn_0 = P_1n_1 \quad (2.3)$$

де P і P_1 – продуктивність існуючого та запропонованого обладнання, кг/год.

$$\mathcal{E}_{30} = B \frac{a_0}{P} \quad (2.4)$$

де B – коефіцієнт енерговитрат.

Для пропонованого обладнання:

$$\mathcal{E}_{31} = B \frac{a_1}{P_1} = B \frac{a_0}{P} \left(\frac{n_1(1-n_0)}{n_0(1-n_1)} \right)_{\text{Чт}} \quad (2.5)$$

З урахуванням максимального зниження сили тертя продукту об ножі отримуємо потужність приводу N_1 :

$$N_1 < N$$

де N – потужність приводу існуючого обладнання.

Визначимо потужність приводу:

$$N = \frac{(P_1 + P_2) \times V_0}{1000 \times \eta} \quad (2.6)$$

де P_1 – зусилля різання, Н;

P_2 – сила тертя продукту об ножову стінку, Н;

η – ККД всього приводу та механізму;

V_0 – швидкість різання, м/с.

З урахуванням зниження сили тертя продукту об ножі, отримаємо:

$$N_1 = \frac{(P_1 + (P_2 - 0,7P_2)) \times V_0}{1000 \times \eta} \quad (2.7)$$

У процесі теплої обробки обсмажуванням скибочки оброблюваного матеріалу зазнають значного механічного впливу при переміщенні в товщі рослинної олії високої температури робочими органами пристрою, при цьому матеріал травмується, що виражається в частинах «ламаної» продукції, відходах, що знижують вихід готового продукту та його якість. При виробництві готової продукції необхідно прагнути максимального зниження

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

відходів під час виробництва.

Позитивний ефект пропонованих пристроїв для обсмажування плодів і коренеплодів полягає у зниженні травмованості оброблюваних скибочок, а отже – зниження відходів при виробництві картопляних та яблучних чіпсів. Цей ефект створюється технологічними режимами з використанням як робочих органів шнекових або сітчастих транспортерів з різною швидкістю переміщення продукту та зміною взаємного розташування робочих органів щодо один одного. При цьому для переходу продукту з транспортера на транспортер створюється зона спливання або осадження матеріалу. Спостережуваний ефект спливання створюється за рахунок впливу на матеріал з високою питомою поверхнею, зокрема скибочку або брусочок, жирового середовища високої температури, що викликає швидке зневоднення, що супроводжується інтенсивним виділенням вологи з матеріалу, яка миттєво закипає і виштовхує його вертикально вгору в товщі нагрітого жирового середовища. Застосування спливання для переміщення матеріалу з завантажувального до вивантажувального транспортера дозволяє знизити травмування оброблюваного матеріалу та збільшити якість готового продукту. Застосування як транспортуючих механізмів для переміщення оброблюваного матеріалу в ємності з жировим середовищем стрічкових транспортерів скребками з еластичних жаростійких матеріалів дозволяє виключити фактор злипання матеріалу в процесі транспортування і смаження, а також знизити травмованість оброблюваного матеріалу і збільшити якість готового продукту.

Застосування системи рециркуляції та фільтраційного очищення олії від механічних домішок в обжарювальній ванні дозволяє знизити кислотне число жирового середовища, а, отже, кількість масла, що замінюється в процесі смаження та її витрати на 10...15 %.

Викладені характеристики ресурсозбереження свідчать про високу ефективність роботи пропонованих технічних рішень за рахунок зниження енерговитрат, підвищення якості готового продукту та високої продуктивності.

2.2 Конструктивна схема скибочного подрібнювача плодоовочевої сировини

На переробних підприємствах малої та середньої тоннажності є актуальним оснащення потоково-технологічних ліній обладнанням різної продуктивності, в тому числі застосування у сфері комунального харчування скибочного подрібнювача плодоовочевої сировини, оскільки використання слайсерів не дозволяє автоматизувати цю фазу технологічного процесу.

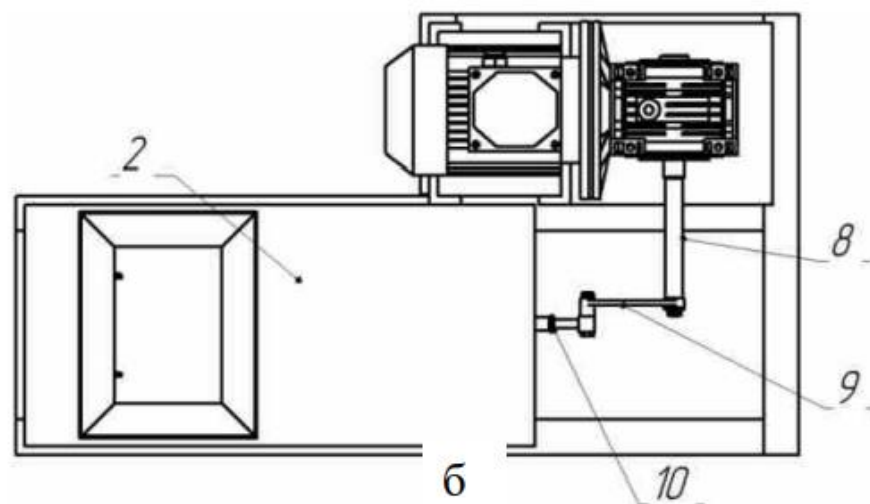
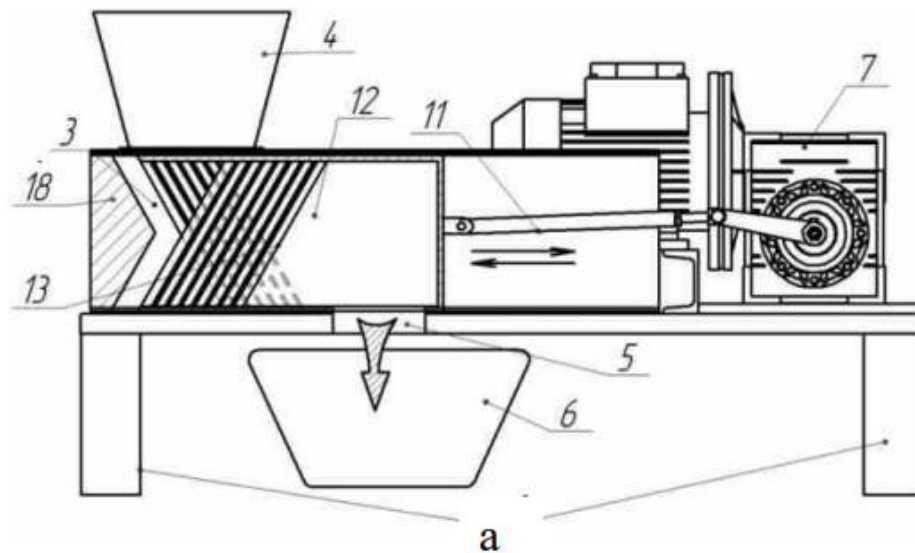
Досі немає повного обґрунтування як конструктивних параметрів так і найбільше ефективних режимів роботи подрібнювачів, де у процесі роботи враховується різноманітність фізико-механічних характеристик плодоовочевих матеріалів.

Значне місце у механічній обробці харчових продуктів при кулінарній обробці займає процес різання. У консервних та овочесушительних галузях промисловості часто виникає необхідність різання на частини плодів та овочів, що мають неоднорідну структуру. Наявність багатошарової будови

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

характеризується різним ступенем розподілу концентрацій напруг у кожній точці ріжучої кромки і є одним з факторів, що визначають вибір форми ножа та режиму процесу різання.

На рис. 2.1 а зображено скибочний подрібнювач плодовоовочевої сировини, загальний вигляд; на рис. 3.2 б – скибочковий подрібнювач плодовоовочевої сировини, вид зверху; на рис. 3.2 в – ножова стінка, вид збоку, на рис. 3.2 г – ножова стінка, вид зверху А-А, рис. 3.2 д – ножова стінка, вид знизу Б-Б.



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

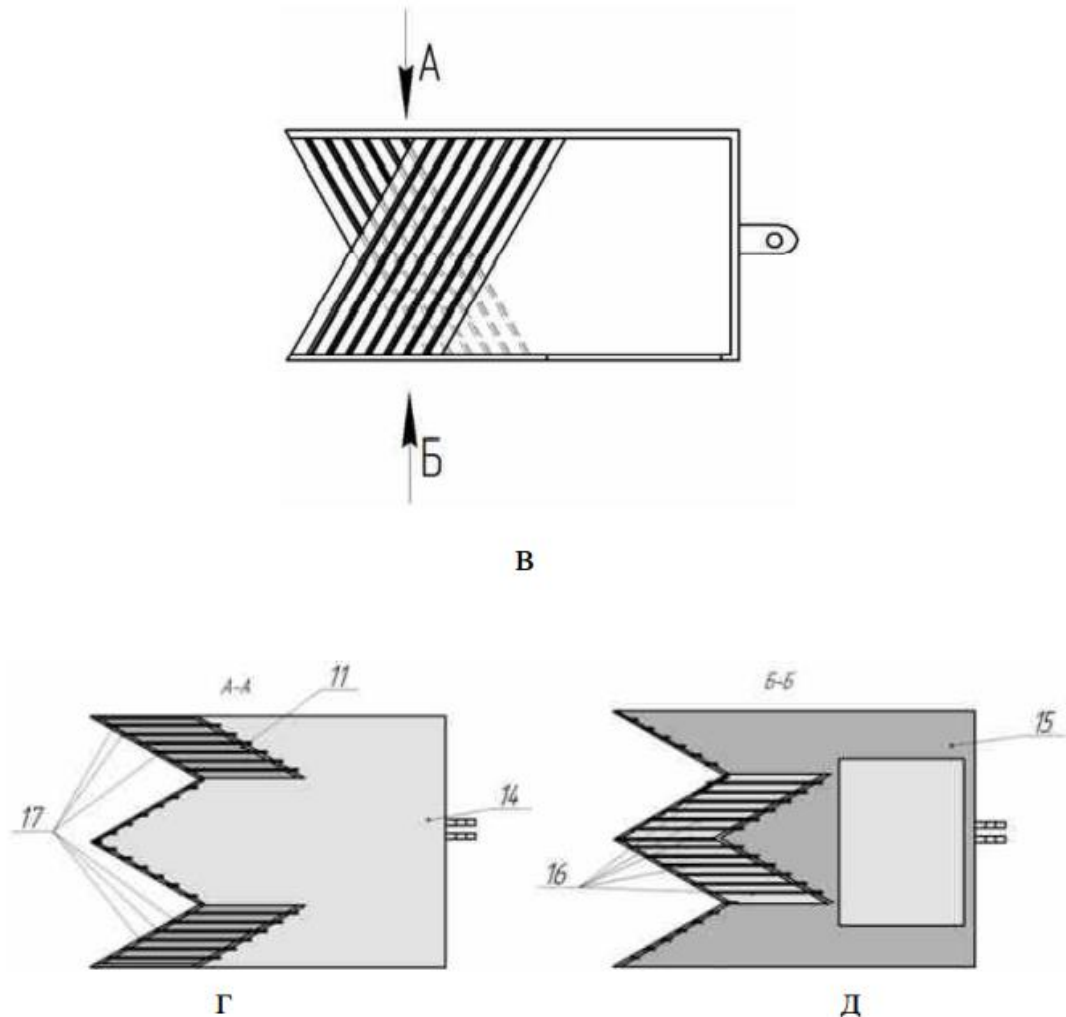


Рисунок 2.1 – Скибочний подрібнювач плодоовочевої сировини

а – скибочний подрібнювач плодоовочевої сировини, загальний вигляд; б – скибочний подрібнювач плодоовочевої сировини, вид зверху, в – ножова стінка, вид збоку, г – ножова стінка, вид зверху А-А, д – ножова стінка, вид знизу Б-Б

На рис. 2.1 зображено: 1 – станина, 2 – корпус, 3 – камера подрібнення, 4 – завантажувальна горловина, 5 – вивантажувальне вікно, 6 – вивантажувальна ємність, 7 – мотор-редуктор, 8 – приводний вал, 9 – кривошип, 10 – регулювальна гайка, 11 – шатун, 12 – ножова стінка, 13 – ножі, 14 – верхня пластина, 15 – нижня пластина, 16 – центральні ножові блоки, 17 – бічні ножові блоки, 18 – протирізальний підпір.

Матеріал із завантажувальної горловини 4 подається в камеру подрібнення 3. За допомогою передачі крутного моменту приводним валом 8 від мотора редуктора 7 на кривошип 9 через шатун 11 ножова стінка 12 переміщається по напрямних (на рисунку не показані) всередині корпусу 2 назустріч нерухомому протирізуючому підпору 18.

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

Плодоовочевий матеріал проникає крізь ножову стінку 12, подрібнюючись на скибочки необхідної товщини, видаляється через вивантажне вікно 5 у вивантажну ємність 6. При цьому виступи протиріжучого підпору 18 входять у западини ножової стінки, що призводить до повного подрібнення всього матеріалу, що знаходиться в камері подрібнення 3 та підвищення продуктивності.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики скобкового подрібнювача плодовоовочевої сировини

Показник	Значення
Продуктивність при нарізанні картоплі, не більше, кг/год	1700
Потужність, кВт	2
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2000
ширина	1000
висота	1100
Маса, кг	120

З урахуванням попередніх досліджень, спрямованих на мінімізацію енергетичних витрат операції різання плодовоовочевої сировини на скибочки, було поставлено завдання подальшого удосконалення технічних засобів за рахунок максимального зниження сил тертя продукту об ножі. Для здійснення поставленого завдання було удосконалено конструкцію ножової стінки з розгорнутим розташуванням ножів, що сприятиме рівномірному розподілу зусиль на верхню та нижню пластину ножової стінки. Позитивний ефект досягається за рахунок того, що ножі, розташовані в ножовій стінці під кутом ковзання 30° , згруповані в центральні та бічні ножові блоки, при цьому ножі центральних блоків розгорнуті на 180° щодо бічних.

2.3 Визначення геометричних параметрів зигзагоподібної ножової стінки

На рис. 2.2 а представлена схема геометричних параметрів ріжучого апарату – зигзагоподібної ножової стінки.

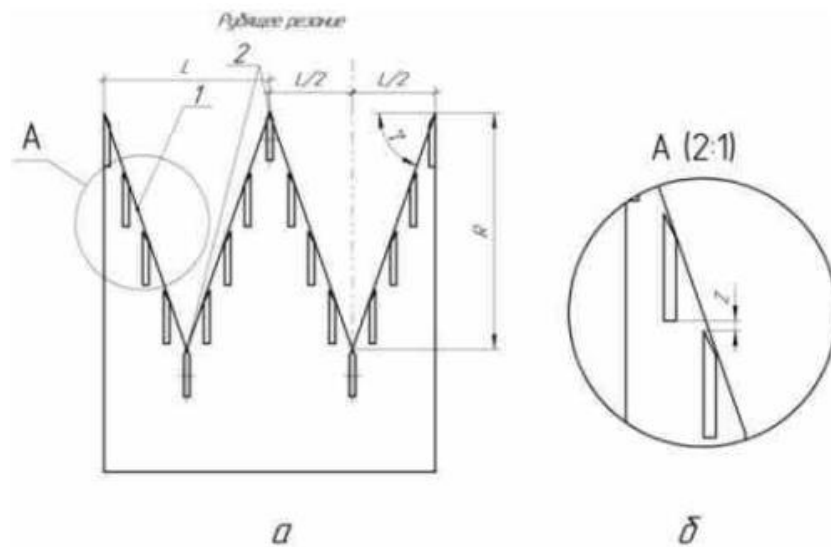


Рисунок 2.2 – Схема геометричних параметрів зигзагоподібної ножової стінки (різання, що рубас, пряме розташування ножів)

а – загальний вигляд, б – вид А

1 – сторона зигзагу, 2 – вершини зигзагу

Зигзаг ножової стінки – характерне розташування плоских ножів щодо один одного у вигляді зигзагу з утворенням рівнобедреного трикутника.

Сторона зигзагу утворена розташуванням ножів щодо один одного у вигляді бічної сторони рівнобедреного трикутника.

Вершини зигзагу – верхні та нижні точки з'єднання сторін зигзагу один з одним.

Основа зигзагу L (ширина зигзагу) – площина, утворена відстанню між двома сусідніми верхніми або нижніми вершинами зигзагу.

$$L = knl(n - 1) \quad (2.8)$$

де k – товщина ножів, м;

n – число ножів між двома сусідніми верхніми або нижніми вершинами зигзагу, шт.;

l – відстань між ножами, м.

Глибина зигзагу R визначається довжиною проведеної медіани від нижньої вершини зигзагу до його основи (рис. 2.2 а).

Зазор між ножами z – відстань по вертикалі між нижньою частиною верхнього ножа та кромкою леза нижнього ножа на одній стороні зигзагу (рис. 2.2 б). У разі взаємного перекриття ножів z умовно має негативне значення.

Зазор між ножами z визначає зсув ножів Δ , м

$$\Delta = H + z \quad (2.9)$$

де H – висота ножа, м.

Уступ між ножами z (зсув ножів по вертикалі щодо один одного) – відстань по вертикалі між нижньою частиною верхнього ножа і кромкою леза нижнього ножа на одній стороні зигзагу (рис. 2.2 б).

$$R = znH(n - 1) \quad (2.10)$$

де z – величина уступу між ножами, м.;

H – висота ножа, м.

або

$$R = \frac{L}{2} \tan \gamma \quad (2.11)$$

де γ – кут між площиною основи та стороною зигзагу, град.

Бічні сегменти ножової стінки (рис. 2.3 б) – крайні сторони зигзагу ножової стінки з однаковим кутом розташування ножів.

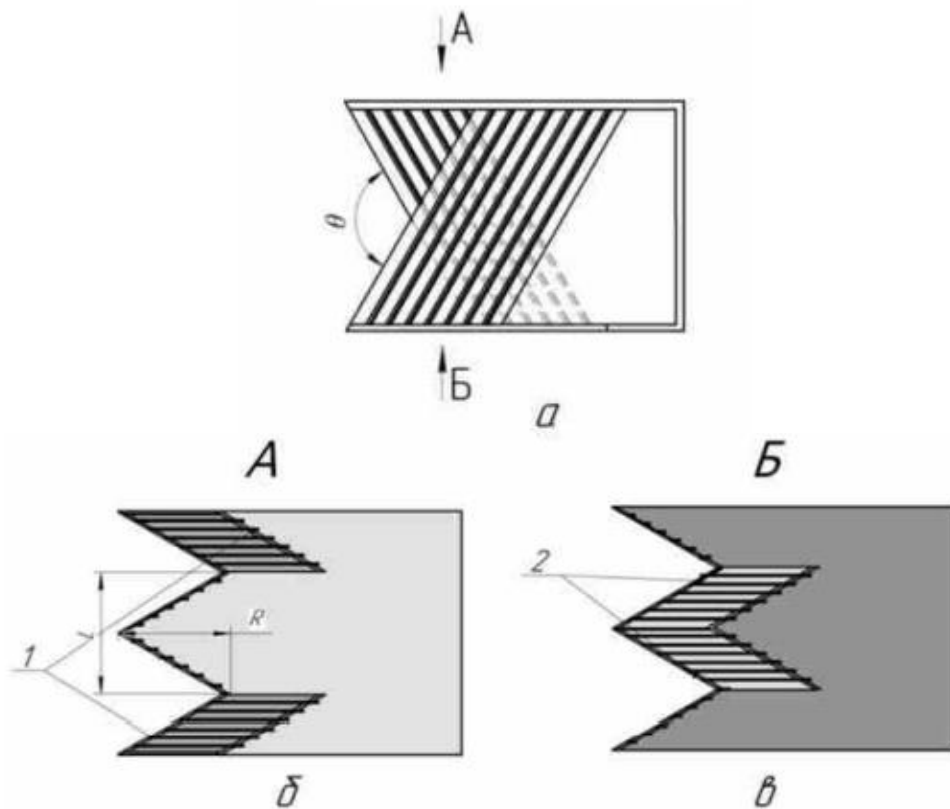


Рисунок 2.3 – Схема геометричних параметрів зигзагоподібних ножів стінки з розгорнутим розташуванням ножів

а – вид збоку, б – вид А, в – вид Б

1 – бокові сегменти, 2 – центральні сегменти

Центральні сегменти ножової стінки (рис. 2.3 в) – центральні сторони зигзагу ножової стінки з однаковим кутом розташування ножів, розгорнутим на 180° щодо ножів бічних сегментів.

Кут защемлення ножами (рис. 2.3 а) – кут, утворений площиною двох протилежно розташованих ножів бічних та центральних сегментів.

$$\theta = 180 - (90 - \tau) \quad (2.12)$$

де τ – кут ковзання, град.

2.3 Геометричний опис взаємодії подрібнюваного матеріалу з різальним апаратом

Розглядається процес різання в скибочному подрібнювачі плодоовочевої сировини, робочими органами якого є зигзагоподібна ножова стінка (блок ножів) та протиріжучий підпір, що здійснюють поступальний прямолінійний рух відносно один одного. Для цілей справжнього моделювання є несуттєвим який із робочих органів є рухомим, а який нерухомо закріплений на станині подрібнювача. Для певності, потрібен блок ножів нерухомий, а підпір і плід, що розрізається, рухомим.

Загальний вигляд прототипу блоку ножів представлено рис. 2.4. Блок ножів можна умовно розділити на чотири частини, на двох з них – крайніх частинах – ножі нахилені вперед, а на двох центральних частинах – ножі нахилені вперед вгору. Відносний кут нахилу ножів у різних частинах блоку називається кутом защемлення θ . Відповідну форму, що забезпечує притискання плодів або картоплі до ріжучих кромek ножів має і підпор.

У різальних апаратах для різання сільськогосподарської продукції, зокрема, плодів яблук, необхідно визначати зусилля, яке необхідне для розрізання матеріалу. Визначення зусилля слід проводити для випадків статичного та динамічного докладання сили.

З метою зниження енергоємності цієї найважливішої технологічної операції було удосконалено ріжучий апарат, виконаний у формі трикутника з горизонтально і зигзагоподібно закріпленими ножами зі зрушенням по вертикалі щодо один одного, що дозволяє виключити руйнування структури оброблюваного плоду, що призводить до підвищеного соковиділенню робочого процесу. Такий різальний апарат забезпечує «чистий» рівномірний по товщині зріз скибочки, низький відсоток отримання нестандартної сировини, що безпосередньо відбивається на підвищенні якості одержуваного продукту, що використовується безпосередньо відразу, або для подальшої переробки.

За рахунок різного просторового положення ножів у блоці, процес різання на різних ділянках блоку може істотно відрізнитися. У рамках моделювання передбачається, що співвідношення розмірів блоку та одиниць сировини є заданим (рис. 2.5), і, таким чином, ділянка блоку, на якій відбувається розрізання конкретного плоду чи картоплі, є певним.

На рис. 2.5 показано схему розташування чотирьох плодів або бульб. При такому розташуванні, умови різання для кожного з них є однаковими, причому половина плода або бульби розрізається ножами, нахиленими вперед вниз, а інша половина – ножами, нахиленими вперед.

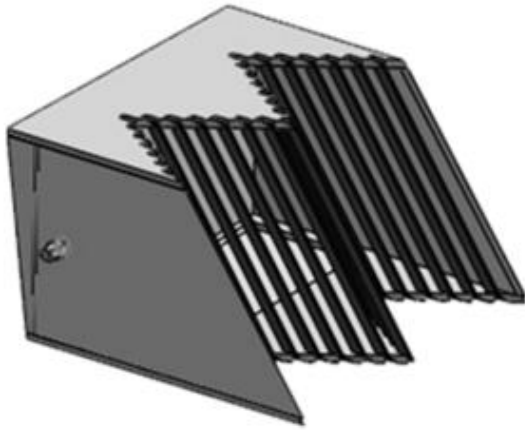


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд прототипу блоку ножів

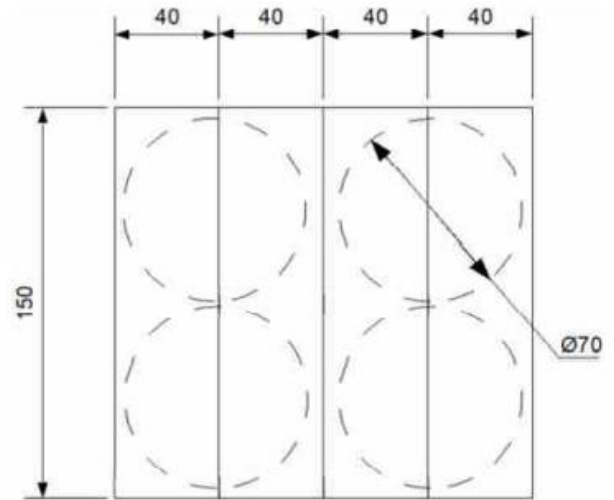


Рисунок 2.5 – Приклад співвідношення розмірів блоку ножів (суцільні лінії) та плодів, що розрізаються, або картоплі (пунктирні лінії)

У дослідженні передбачається, що плоди чи овочі, які призначені для обробки на пропонованому подрібнювачі, проходять суворий контроль та мають майже однакові розміри та форму, близьку до ідеальної. Це дозволяє не розглядати вплив форми матеріалу на процес різання та не досліджувати залежності зусиль від розмірів плодів чи картоплі. Таким чином, у моделі реальний плід або картопля замінюється кулею, заданого радіуса r .

Сили, що діють на матеріал у процесі різання складаються з сил взаємодії із блоком ножів, зусилля з боку підпору, сили тяжіння.

Остання – зневажливо мала проти сили різання. Характер руху плода або картоплі при притисканні його підпором до ножів дозволяє також знехтувати динамічними ефектами, розглядаючи рух як квазістатичний. Для твердого тіла можна записати 6 рівнянь квазістатичної рівноваги, деякі з яких можуть представляти окремий інтерес. Наприклад, за рахунок похилого розташування ножів сили різання створюють момент навколо поздовжньої осі плода, який компенсується реакціями бічних граней ножів лише за деякої деформації плода. Цей ефект буде призводити до потовщення скибочок з одного боку, що безсумнівно має мати практичну значимість. Однак обмежуючись дослідженням сил, які необхідно докласти з боку приводу установки та енергії, що витрачається на різання, доцільно розглядати тільки одне рівняння сил уздовж поздовжньої осі подрібнювача, згідно з яким зусилля з боку приводу буде визначатися сумарною силою взаємодії плода чи овочів з блоком ножів у проекції на поздовжню вісь подрібнювача (рис. 2.6)

$$P_x = \sum P_{i,x} \quad (2.13)$$

де P_x – сила, прикладена з боку приводу установки, Н;

$P_{i,x}$ – сили взаємодії плода із блоком ножів, Н.

Відповідно до загальноприйнятої класифікації процес різання в

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

розглянутому випадку є різання лезом. Кожен ніж у блоці являє собою лезо, в загальному випадку, гостре. Сили взаємодії плоду або картоплі з кожним ножом складаються з сили різання на кромці леза, нормальних реакціях на фасках леза, сил тертя на фасках леза та на його полотні. Оскільки ножі розташовані під кутом до вертикалі, а плід або картопля моделюється кулею, ножі взаємодіють з сировиною в різні періоди часу та довжина різку, у свою чергу, в кожен момент часу різна.

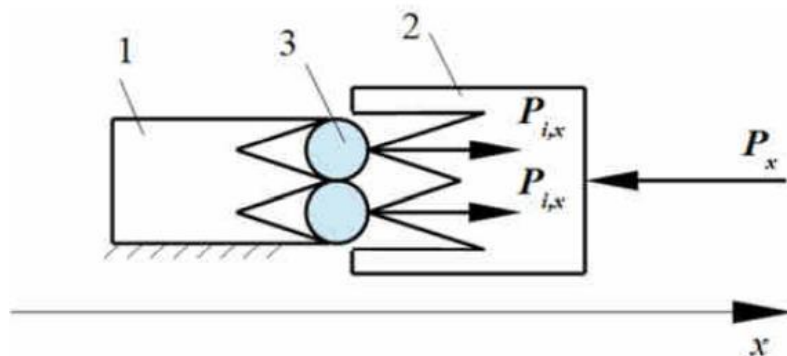


Рисунок 2.6 – Схема визначення сили, що діє на привід установки

На рис. 2.6 позначено: 1 – нерухомий робочий орган; 2 – рухомий робочий орган; 3 – плоди або овочі, що розрізаються; через $P_{i,x}$ умовно показані поздовжні складові сил взаємодії робочого органу з матеріалом, що розрізається.

Вважаючи, що під час продавлювання матеріалу крізь блок ножів (рис. 2.7), центр плоду або картоплі проходить посередині між частинами блоку, можна вважати, що кожен i -й ніж відрізає скибочку радіусом.

$$\rho_i = \sqrt{\rho^2 - (iD - \frac{D}{2})^2} \quad (2.14)$$

де D – відстань між осьовими лініями лез сусідніх ножів, м, нумерація ножів йде від центру до країв як в один, так і в інший бік (на рис. 2.6 умовно показані 3 ножі з правого боку).

Для кожного плоду або овоча паралельно поздовжньої осі подрібнювача вводиться координатна вісь x , початок відліку якої задається довільно з міркувань зручності. Через x (без індексів) позначається координата центру плоду під час його руху через блок ножів. Через x_i позначається координата точки A_i – точки перетину осі та ріжучої кромки i го ножа. Кут нахилу ножа визначається через кут затискання θ як

$$\tau = (\pi - \theta)/2 \quad (2.15)$$

Тоді глибина застосування леза b_i в i перерізі (рис. 2.8) визначається виразом:

$$b_i = \rho_i - (x_i - x) \cos \tau \quad (2.16)$$

довжина різку по ріжучій кромці має вигляд:

$$\rho_i^f = 2\sqrt{\rho_i^2 - (x_i - x)^2 \cos^2 \tau} \quad (2.17)$$

по тильній стороні ножа:

$$\rho_i^b = 2\sqrt{\rho_i^2 - ((x_i - x) \cos \tau + H)^2} \quad (2.18)$$

де H – ширина ножа м.

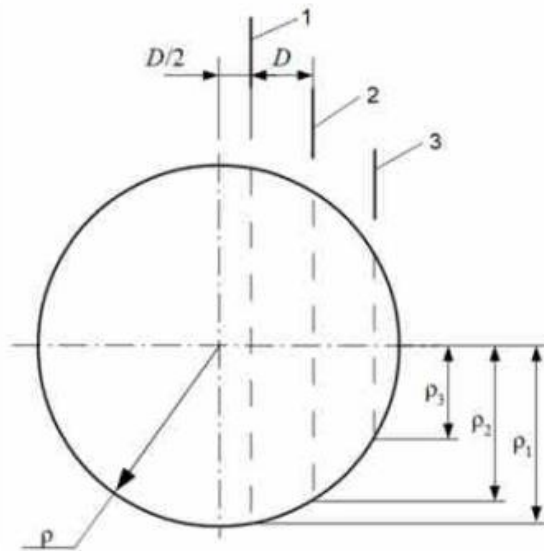


Рисунок 2.7 – Схема розрізання плода на скибочки

На рис. 2.7 цифрами 1, 2, 3 позначені ножі, пунктирні лінії – зрізи.

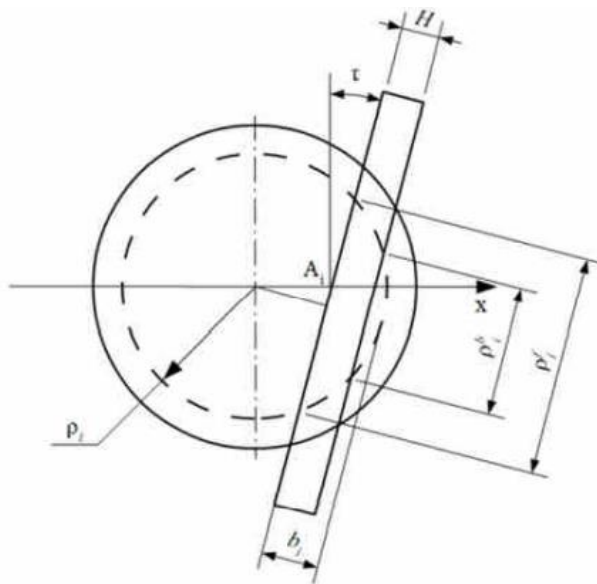


Рисунок 2.8 – Схема визначення довжини різання

Відстань уздовж осі x між точками A_i та A_{i+1} визначає зсув ножів та позначається через Δ . Якщо $\Delta \geq H/\cos\tau$, то ножі не перекривають один одного (рис. 2.9 а) і практично не надають взаємного впливу на процес різання – у кожний момент часу відрізана скибочка взаємодіє тільки з одним ножом. Однак таке розташування значно збільшує глибину блоку ножів, що не завжди допустимо.

Тому $\Delta < H/\cos\tau$ зазвичай існують зони перекриття ножів в яких скибочку випробовує пропорційне збільшення деформації, що у разі лінійної моделі пружних властивостей матеріалу плода або картоплі призводить до відповідного збільшення сил стиснення та тертя. Для врахування цього ефекту вводиться безрозмірний коефіцієнт перекриття ножів, що визначається виразом

$$\lambda = 1 - \Delta \cos \tau / H, \quad \lambda \in [0, 1] \quad (2.19)$$

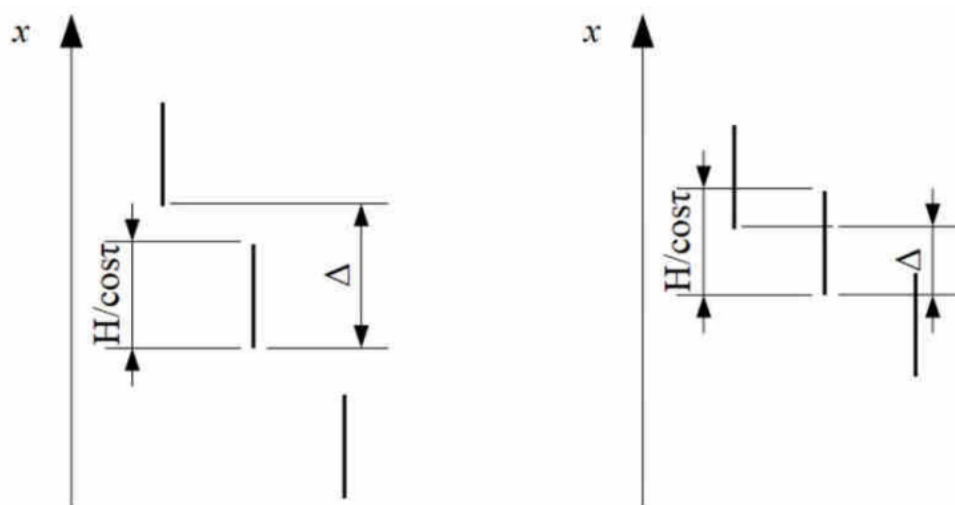


Рисунок 2.9 – Схема зсуву ножів:
а) перекриття ножів відсутнє; б) перекриття має місце

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Моделювання процесу різання плодоовочевої сировини зигзагоподібною ножовою стінкою

На рис. 3.1 показано залежності сил взаємодії яблука з блоком ножів для наступних параметрів подрібнювача, які можна прийняти за базові: Δ (зсув ножів) = 10 мм, θ (кут защемлення ножами – кут, утворений площиною двох протилежно розташованих ножів бічних та центральних сегментів) = 120°, d (товщина ножа) = 1,00 мм, H (ширина ножа) = 10 мм.

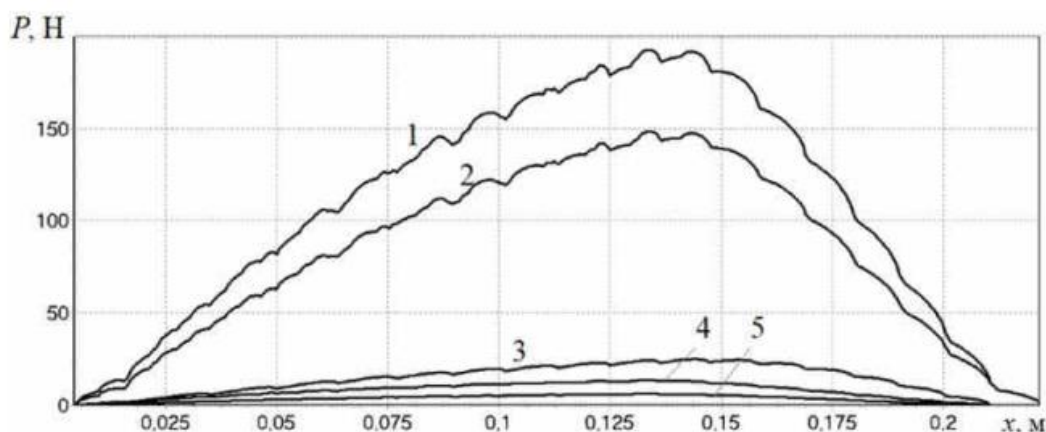


Рисунок 3.1 – Складові сили різання у процесі взаємодії матеріалу з блоком ножів

На рис. 3.1 показано: 1 – сумарна сила, 2 – сила тертя по полотну ножа, 3 – сила різання, 4 – сила стиснення ножа, 5 – сила тертя за фаскою ножа.

x – вісь руху скибочки у міжножевому просторі; $P_{рез}$ – сила на ріжучій кромці леза, H .

Характерним є збільшення необхідного зусилля на початковому етапі різання та зниження його на завершальному етапі. Помітні нерівності графіків пов'язані зі зміною умов навантаження через контакт плодів з окремими ножами блоку або завершенням процесу взаємодії плода з тим чи іншим ножом.

Аналіз залежностей складових сили взаємодії показує, що у значному діапазоні параметрів основний внесок у сумарну силу вносить сила тертя по полотну ножів, яка залежить від того, яка частина плода та наскільки сильно затискається між сусідніми ножами.

ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Чумак			
Перевір.	Цвіркун			
Н. Контр.	Омельченко			
Затверд.	Хорольський			
Дослідження технології та технічних засобів механічної обробки плодоовочевої сировини			Літ.	Арк.
			5	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Так, при великих відстанях між ножами, скибочки, що розрізаються, майже не стискаються і ця сила багаторазово зменшується, а за досить великого значення зсуву ножів ця сила стає тотожно рівною нулю затискання скибочок між лезами. З іншого боку, при малих проміжках між ножами і невеликих величинах зсуву ця сила може досягати дуже великих значень, порівняно з якими інші доданки будуть зневажливо малі.

На рисунках 3.2-3.5 наведено приклади розрахунку зусилля різання для яблук у подрібнювачі, залежно від положення рухомого підпору при варіювання різних параметрів подрібнювача.

Зі збільшенням зсуву ножів значення зусиль значно зменшуються (рис. 3.5). Одночасно з цим, зсув ножів призводить до збільшення розмірів ножового блоку та до збільшення шляху, при русі яким плід взаємодіє із лезами ножів.

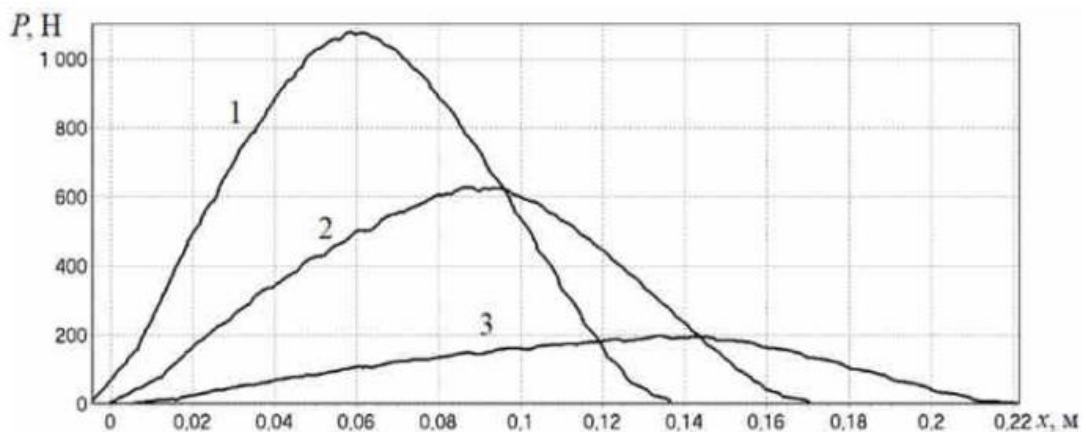


Рисунок 3.2 – Зміна зусилля різання за різних значень зсуву ножів
1 – $\Delta = 5$ мм, 2 – $\Delta = 7$ мм, 3 – $\Delta = 10$ мм

Збільшення кута затискання ножів призводить до зниження зусиль і одночасно до незначного зменшення шляху різання та, відповідно, габаритів блоку ножів (рис. 3.3).

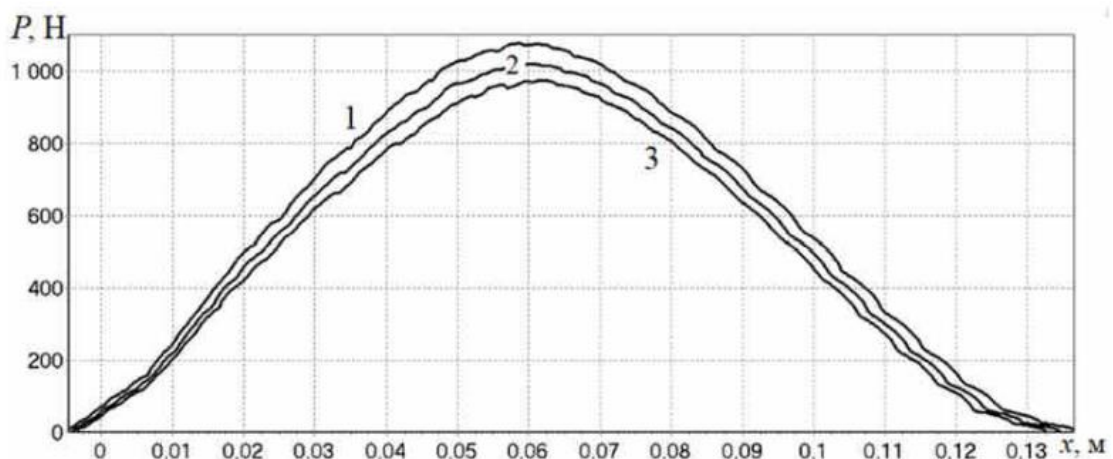


Рисунок 3.3 – Зміна зусилля різання за різних значень кута защемлення ножів
1 – $\theta = 120^\circ$, 2 – $\theta = 130^\circ$, 3 – $\theta = 140^\circ$

Збільшення ширини ножів призводить до різкого зростання зусиль і пропорційно невеликого збільшення довжини шляху різання (рис. 3.164).

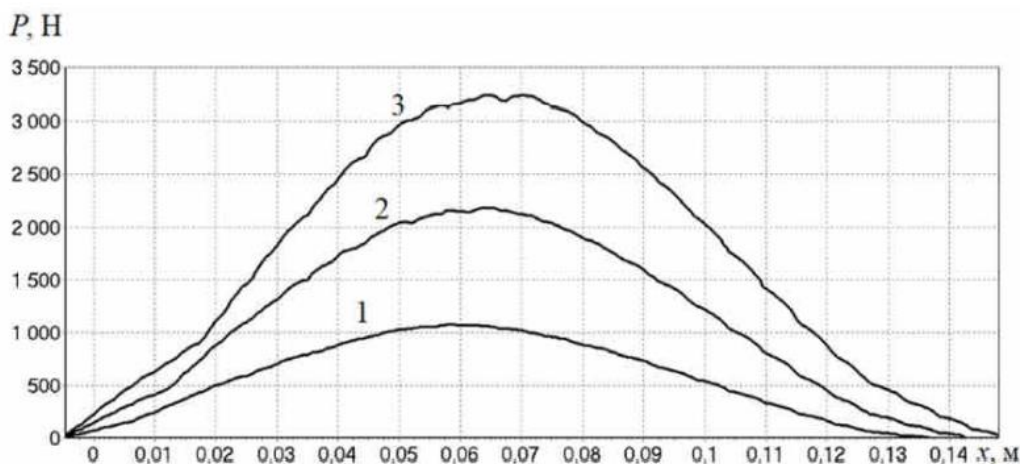


Рисунок 3.4 – Зміна зусилля різання за різних значень ширини ножів
1 – $H = 10$ мм, 2 – $H = 15$ мм, 3 – $H = 20$ мм

Збільшення товщини ножів не впливає на довжину різку, але викликає збільшення зусиль.

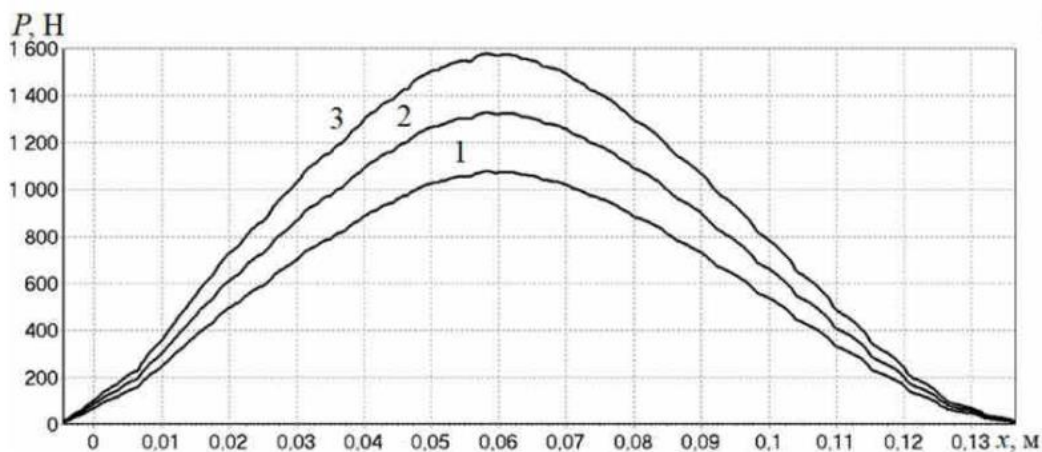


Рисунок 3.5 – Зміна зусилля різання за різних значень товщини ножів
1 – $d = 1,00$ мм, 2 – $d = 1,25$ мм, 3 – $d = 1,50$ мм

Аналіз залежностей, що становлять сили взаємодії при механічному різанні скибочним подрібнювачем, показав, що у значному діапазоні параметрів основний внесок у сумарну силу різання вносить сила тертя продукту по полотну ножів (до 90% від сумарної сили), яка залежить від того яка частина плоду або картоплі і наскільки сильно затискається між сусідніми ножами. Так, при великих відстанях між ножами (більше 10 мм) скибочки, що розрізаються, майже не стискаються і сила P багаторазово зменшується, а за досить великого значення зсуву ножів Δ ця сила (P_{max}) стає тотожно рівною нулю, оскільки затискання скибочок між лезами не відбувається зовсім.

3.2 Дослідження процесу різання при прямому і розгорнутому розташуванні ножів

Розміри ширини та глибини зигзага пов'язані прямо пропорційною залежністю де збільшення ширини впливає на зростання глибини. Для досягнення поставленої мети було досліджено процес різання при різних варіантах розташування ножів, що утворюють основні геометричні параметри ріжучого апарату – ширину і глибину зигзагу при прямому і розгорнутому розташуванні ножів (рис. 3.6, рис. 3.7):

- ширина – 3 ножі, глибина – 2 ножі;
- ширина – 5 ножів, глибина – 3 ножі;
- ширина – 7 ножів, глибина – 4 ножі.

Крім цього, для підтвердження та оцінки ефективності удосконаленого ріжучого апарату за критерієм енергоємності застосовувався варіант з рядним розташуванням ножів в одній площині під кутом ковзання 30° .

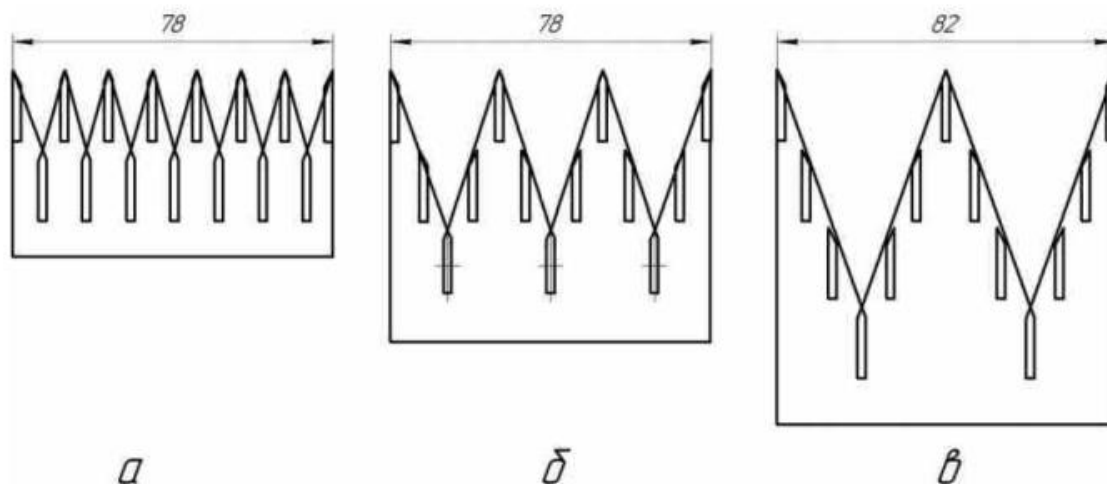


Рисунок 3.6 – Варіанти різання при прямому розташуванні ножів у зигзагоподібній ножовій стінці

На рис. 3.6 зображено: а – ширина 3 ножа, глибина 2 ножа; б – ширина 5 ножів, глибина 3 ножа; в – ширина 7 ножів, глибина 4 ножа.

Використовувалися ножі із харчової нержавіючої сталі товщиною 1,25 мм, висотою 10 мм, довжиною 100 мм, двостороннього заточування під кутом 30° . У всіх варіантах різання відстань між ножами становила 2,1 мм із застосуванням ковзаючого різання з кутом ковзання 30° .

В цілому, результати дослідження характеру різання овочів та фруктів підтверджує ступінчасту зміну показника зусилля різання за рахунок контакту матеріалу не більше ніж з 2-ма ножами в одній площині, а також знижується зусилля різання на 25...30 % порівняно з рядним розташуванням ножів.

У всіх варіантах різання при прямому розташуванні ножів у зигзагоподібній ножовій стінці спостерігається відсутність затискання скибочок між ножами, що досягається при збільшенні ширини та глибини зигзагу. Однак,

подальше зростання ширини і глибини зигзагу підвищує металоемність конструкції, ускладнює виготовлення ріжучого апарату та знижує його експлуатаційні характеристики.

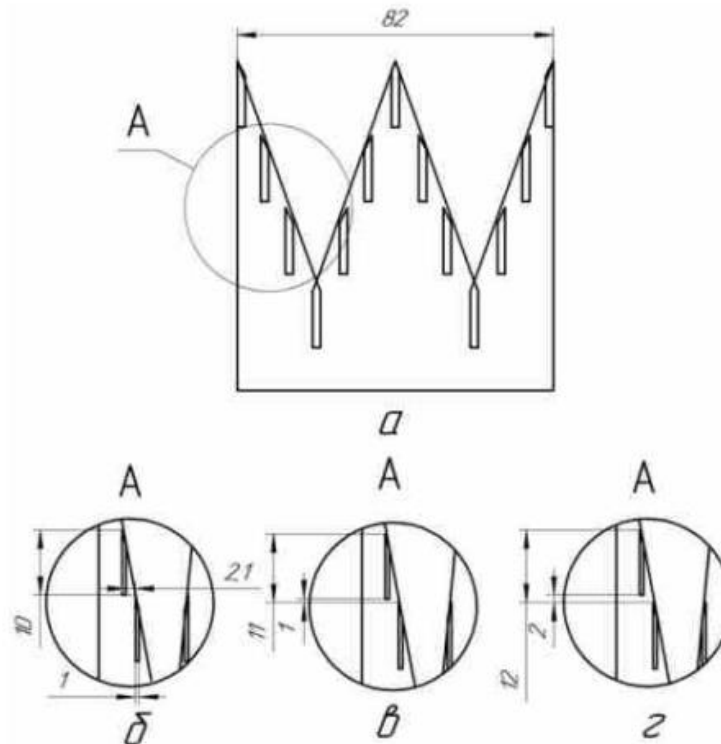


Рисунок 3.7 – Зсув ножів по вертикалі щодо один одного

На рис. 3.7 позначено: а – загальний вигляд зигзагоподібної ножової стінки; б – вид А, зсув ножів відсутній; в – вид А, зсув ножів становить 1 мм; г – вид А, зсув ножів складає 2 мм.

У розгорнутому розташуванні ножів в зигзагоподібній ножовій стінці спостерігається зменшення площі контакту ножів різних площин і сегментів ріжучого апарату. Крім цього, розгорнуте положення ножів виключає крутний момент і примусовий рух оброблюваного матеріалу в напрямку стінки робочої камери, знижуючи силу тертя і, отже, зусилля різання.

Для максимального зниження енергоемності процесу різання рекомендуємо застосовувати розгорнуте розташування ножів у зигзагоподібній ножовій стінці з відношенням кількості ножів ширини/глибини зигзага=7/4, що знижує зусилля різання в 2,35 рази в порівнянні з прямим розташуванням ножів при відношенні глибини/ширини зигзага=3/2, а також в 2,5 рази в порівнянні з рядним розташуванням в одній площині.

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

ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена дослідженню технології та технічних засобів механічної обробки плодоовочевої сировини. У роботі зазначено, що конструктивні параметри та режими роботи машин та апаратів, що реалізують процеси механічної обробки плодоовочевої сировини, значною мірою залежать від розмірно-масових характеристик та механічних властивостей. Визначення низки фізико-механічних властивостей овочів та фруктів, зокрема щільність м'якоті, фрикційні показники, розмірно-масові показники є необхідними для обґрунтування розміру робочих органів подрібнювачів, а саме зигзагоподібної ножової стінки.

Подрібнення є процесом механічного впливу на продукт робочими органами, що призводить до подолання сил взаємного зчеплення та руйнування продукту під впливом зовнішніх навантажень і навіть до збільшення його площі поверхні. Розрізняють такі способи подрібнення: раздавлювання, розколювання, розламування, різання, розпилювання, стирання, подрібнення за допомогою удару. При цьому в будь-якому подрібнювачі реалізуються всі способи подрібнення з переважанням саме того, заради якого він створений.

На основі аналізу засобів механізації подрібнення плодоовочевої сировини зазначено, що суттєвим недоліком сучасних подрібнювачів плодів та овочів є високі енерговитрати та низька продуктивність. Для отримання скибочок високої якості рівномірних за товщиною необхідно забезпечувати чітке заклинювання продукту у зоні різання ножів, що можливо лише для одиничної частини продукції або продукції в невеликій кількості. Подальше збільшення кількості продукту в зоні різання, що має чітке заклинювання, пропорційно збільшує продуктивність машини, а також зусилля різання та характеристики міцності робочих органів. Для зниження енергетичних витрат пропонується розміщення ножів у робочих органах (зигзагоподібне або радіальне), що максимально знижує ефект стисненого різання шляхом зниження тертя продукту об ножі, що становлять до 70% від загального зусилля різання. Пропоноване розташування ножів дозволяє збільшити кількість продукту в зоні різання з чітким заклинюванням, що сприяє збільшенню продуктивності з одночасним зниженням енергетичних витрат, а також високою якістю одержуваної продукції.

На переробних підприємствах малої та середньої тоннажності є актуальним оснащення потоково-технологічних ліній обладнанням різної продуктивності, в тому числі застосування у сфері комунального харчування скибочного подрібнювача плодоовочевої сировини, оскільки використання слайсерів не дозволяє автоматизувати цю фазу технологічного процесу.

					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>Чумак</i>				Дослідження технології та технічних засобів механічної обробки плодоовочевої сировини	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						<i>3</i>	<i>52</i>
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

З урахуванням попередніх досліджень, спрямованих на мінімізацію енергетичних витрат операції різання плодоовочевої сировини на скибочки, було поставлено завдання подальшого удосконалення технічних засобів за рахунок максимального зниження сил тертя продукту об ножі. Для здійснення поставленого завдання було удосконалено конструкцію ножової стінки з розгорнутим розташуванням ножів, що сприятиме рівномірному розподілу зусиль на верхню та нижню пластину ножової стінки. Позитивний ефект досягається за рахунок того, що ножі, які розташовані в ножовій стінці під кутом ковзання 30° , згруповані в центральні та бічні ножові блоки, при цьому ножі центральних блоків розгорнуті на 180° щодо бічних.

З метою зниження енергоємності цієї найважливішої технологічної операції було удосконалено ріжучий апарат, виконаний у формі трикутника з горизонтально і зигзагоподібно закріпленими ножами зі зрушенням по вертикалі щодо один одного, що дозволяє виключити руйнування структури оброблюваного плоду, що призводить до підвищеного соковиділення робочого процесу. Такий різальний апарат забезпечує «чистий» рівномірний по товщині зріз скибочки, низький відсоток отримання нестандартної сировини, що безпосередньо відбивається на підвищенні якості одержуваного продукту, що використовується безпосередньо відразу, або для подальшої переробки.

Було здійснено моделювання процесу різання плодоовочевої сировини зигзагоподібною ножовою стінкою (програма MATLAB), а саме визначення залежності сил взаємодії яблука з блоком ножів для наступних параметрів подрібнювача, які можна прийняти за базові: Δ (зсув ножів) = 10 мм, θ (кут защемлення ножами – кут, утворений площиною двох протилежно розташованих ножів бічних та центральних сегментів) = 120° , d (товщина ножа) = 1,00 мм, H (ширина ножа) = 10 мм; зміна зусилля різання за різних значень зсуву ножів ($\Delta = 5$ мм, $\Delta = 7$ мм, $\Delta = 10$ мм); зміна зусилля різання за різних значень кута защемлення ножів ($\theta = 120^\circ$, $\theta = 130^\circ$, $\theta = 140^\circ$); зміна зусилля різання за різних значень ширини ножів ($H = 10$ мм, $H = 15$ мм, $H = 20$ мм); зміна зусилля різання за різних значень товщини ножів ($d = 1,00$ мм, $d = 1,25$ мм, $d = 1,50$ мм).

Констатовано, що розміри ширини та глибини зигзага пов'язані прямо пропорційною залежністю, де збільшення ширини впливає на зростання глибини. Для досягнення поставленої мети було досліджено процес різання при різних варіантах розташування ножів, що утворюють основні геометричні параметри ріжучого апарату – ширину і глибину зигзагу при прямому і розгорнутому розташуванні ножів.

Результати показали, що у всіх варіантах різання при прямому розташуванні ножів у зигзагоподібній ножовій стінці спостерігається відсутність затискання скибочок між ножами, що досягається при збільшенні ширини та глибини зигзагу. Однак, подальше зростання ширини і глибини зигзагу підвищує металоємність конструкції, ускладнює виготовлення ріжучого апарату та знижує його експлуатаційні характеристики.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У розгорнутому розташуванні ножів у зигзагоподібній ножовій стінці спостерігається зменшення площі контакту ножів різних площин і сегментів ріжучого апарату. Крім цього, розгорнуте положення ножів виключає крутний момент і примусовий рух оброблюваного матеріалу в напрямку стінки робочої камери, знижуючи силу тертя і, отже, зусилля різання. Тому для максимального зниження енергоємності процесу різання рекомендуємо застосування розгорнутого розташування ножів у зигзагоподібній ножовій стінці з відношенням кількості ножів ширини/глибини зигзага=7/4, що знижує зусилля різання в 2,35 рази в порівнянні з прямим розташуванням ножів при відношенні глибини/ширини зигзага=3/2, а також в 2,5 рази в порівнянні з рядним розташуванням в одній площині.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Цвіркун Л.О., Омельченко О.В., Чумак А.К. Вибір конструкційних матеріалів та засобів удосконалення і вимірювання для пристрою сортування плодовоовочевої сировини // Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. праць. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2021.

2. Antonov N.M., Lebed' N.I., Makarov A.M. (2014) Influence of a zigzagging location of the knives in the cutting unit on the energy consumption during the cutting process of horticultural produce. Electronic Periodical Scientific Journal «J Food Process Eng».

3. Antonov N.M., Lebed' N.I., Makarov A.M. (2016) Energetic Calculation of an apple chopper with zigzagging knife location in the cutting unit. Electronic Periodical Scientific Journal «J Food Process Eng».

4. Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Baykin S.V., Kuchorev O.N. (2017) Equipment processing industries. Plant material: a textbook. Izdatel'stvo «YUrajt».

5. Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Gordeev A.S., Zavrazhnov A.I. (2017) Equipment and automation of processing industries. Part 2: tutorial. Izdatel'stvo «YUrajt».

6. Antonov N.M., Lebed' N.I., Minakov V.A., Linev N.A., Cygankova L.S. (2016) A chopper for fruits and root crops. Patent 163146, 10 Aug 2016.

7. Antonov N.M., Lebed' N.I., Maloletov A.V., Mamakhay A.K. (2017) A chopper for horticultural products. Patent 174962, 13 Nov 2017.

8. Krishnakumar T. Engineering properties of agricultural materials. Режим доступа:

https://www.researchgate.net/publication/330533752_Engineering_Properties_of_Agricultural_Materials.

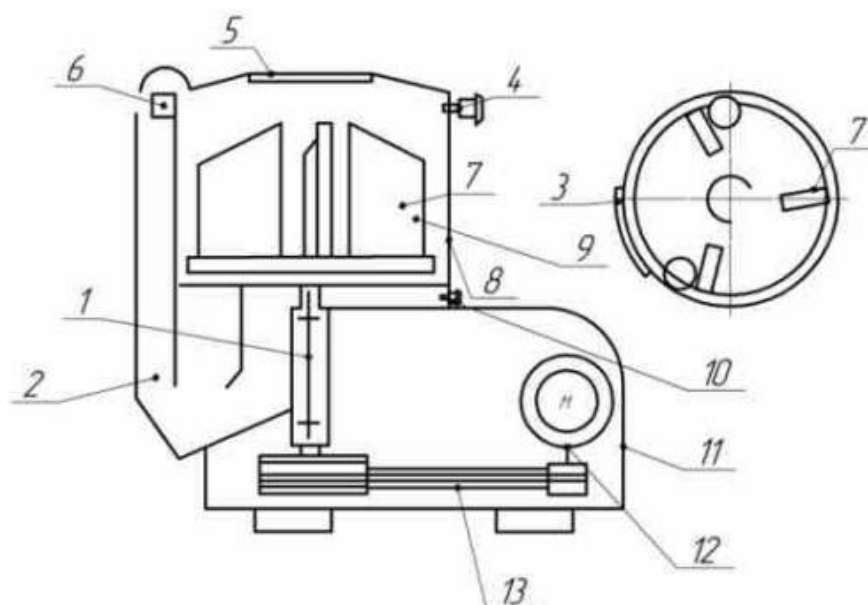
9. Kirabira J., Ssembatya M., Ayo A. Materials selection and fabrication practices for food processing equipment manufacturers. International journal of scientific & technology research. 2017. Vol. 6. P. 632–641.

10. Sanitary design and construction of food equipment. Режим доступа: <https://ucfoodsafety.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk7366/files/inline-files/26502.pdf/>.

11. Lewan M. Food processing equipment construction materials. Nickel Institute, UK : Materials engineering research laboratory, 2014. 155 p.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Додаток А
Принципова схема роторної овочерізальної машини
МРО 400-1000

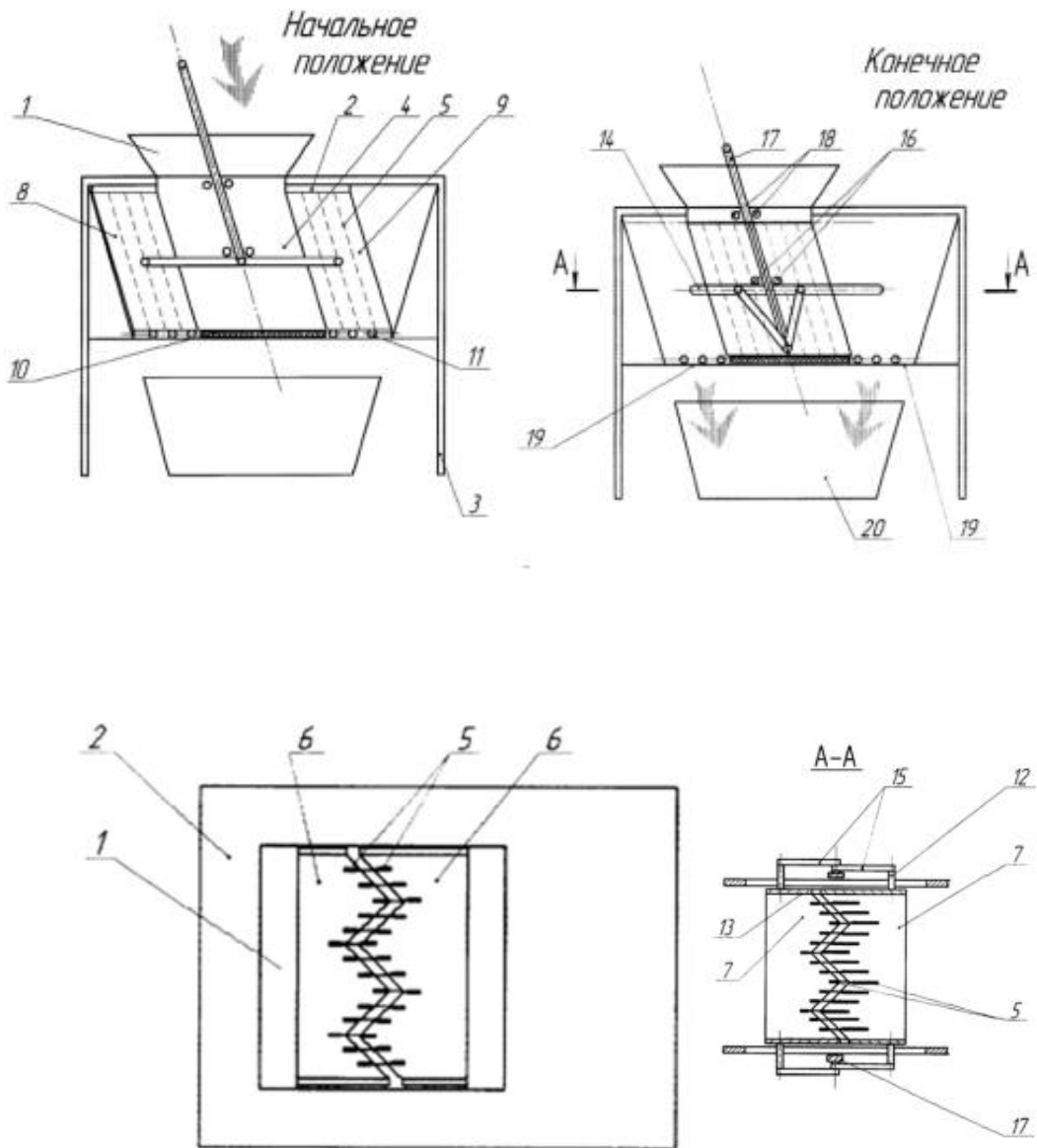


Технічні характеристики подрібнювача МРОВ-400-1000

Показник	Значення
Продуктивність (при нарізанні скибочками товщиною 2 мм), кг/год	900...1000
Потужність електродвигуна кВт	0,8
Габаритні розміри, мм:	
довжина	750
ширина	510
висота	710
Маса, кг	90

					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>Чумак</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>					1	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>				Кафедра ЗІДО		
					Додаток А Принципова схема роторної овочерізальної машини МРО 400-1000		

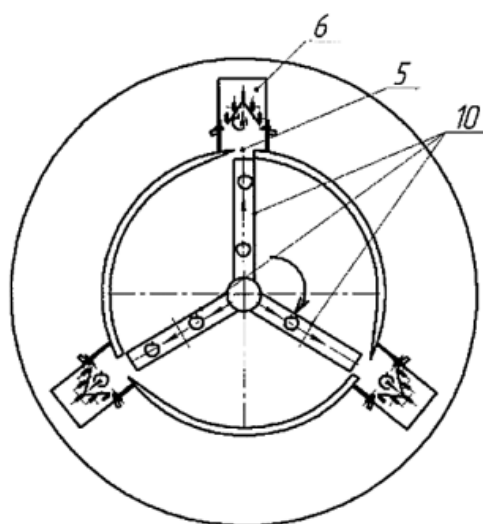
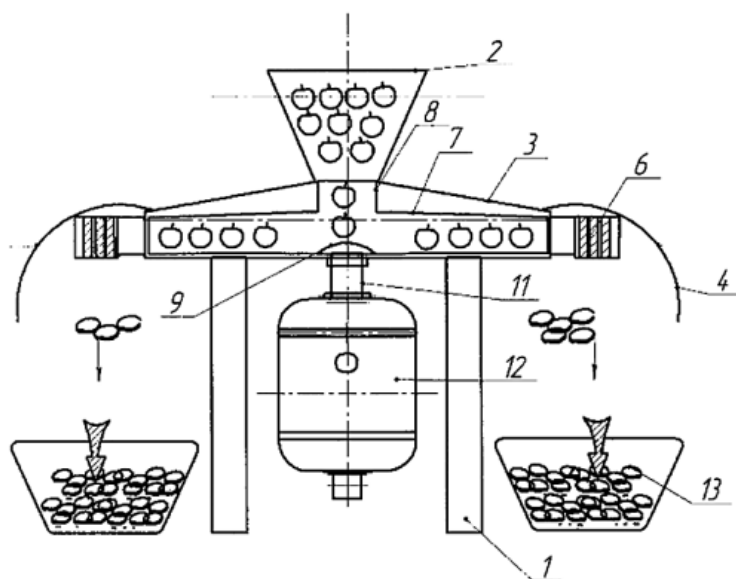
Додаток Б
Подрібнювач коренеплодів



					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Чумак			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цвіркун				1	52
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Хорольський			Додаток Б Подрібнювач коренеплодів		

Додаток В

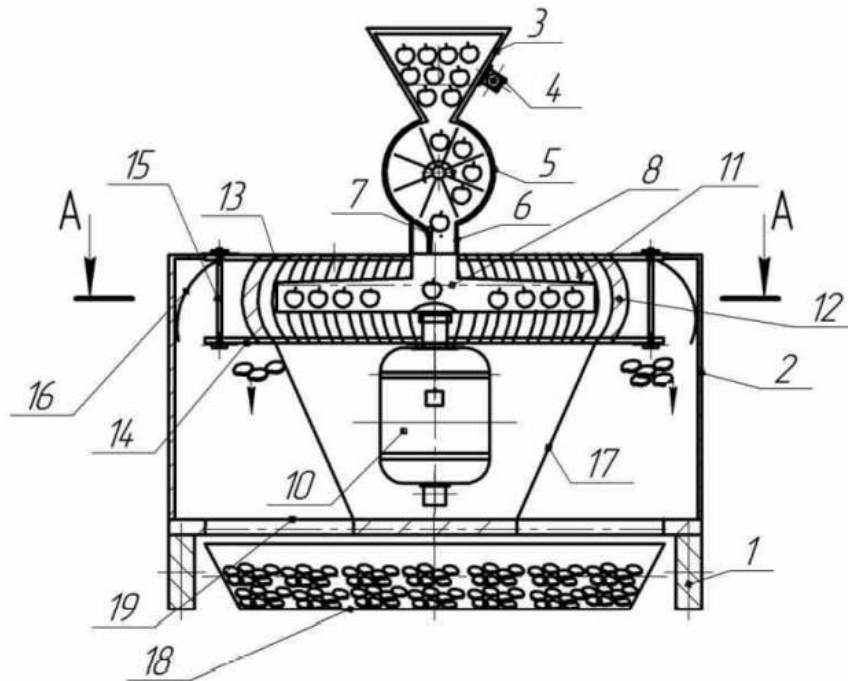
Роторний подрібнювач корнеплодів



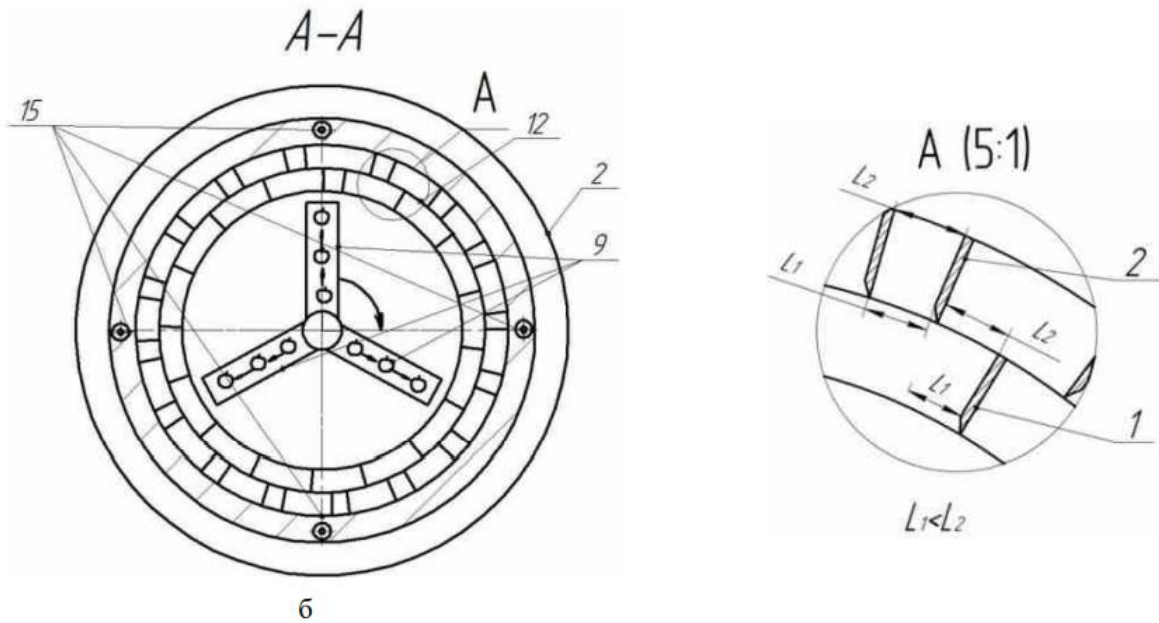
1 – станина; 2 – завантажувальний бункер; 3 – корпус; 4 – відбивачі; 5 – випускні отвори; 6 – ножові стінки; 7 – відцентровий ротор; 8 – горловина; 9 – сферичний ковпак; 10 – напрямні труби; 11 - вал; 12 – електродвигун; 13 – вивантажувальні ємності.

ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ										
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис							
Розроб.	Чумак			Додаток В Роторний подрібнювач корнеплодів						
Перевір.	Цвіркун									
Н. Контр.	Омельченко			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Літ.</td> <td style="width: 25%;">Арк.</td> <td style="width: 50%;">Аркушів</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">52</td> </tr> </table>	Літ.	Арк.	Аркушів		1	52
Літ.	Арк.	Аркушів								
	1	52								
Затверд.	Хорольський			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО						

Додаток Г
Роторний подрібнювач плодоовочевої сировини



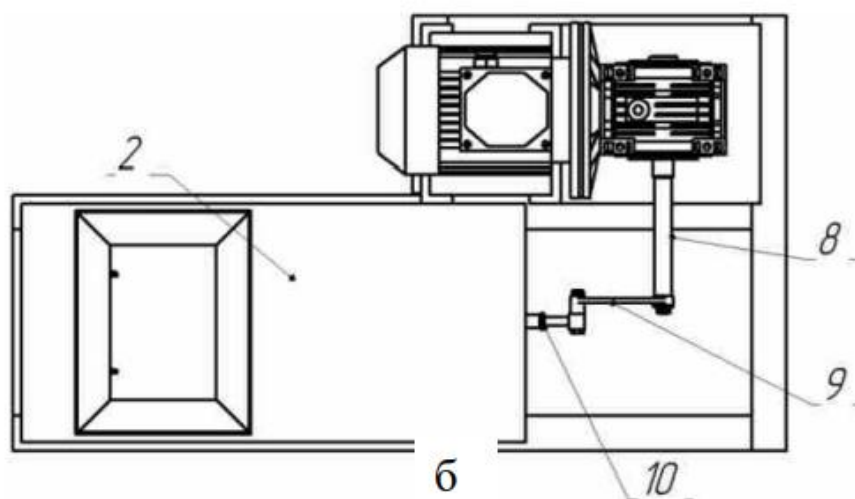
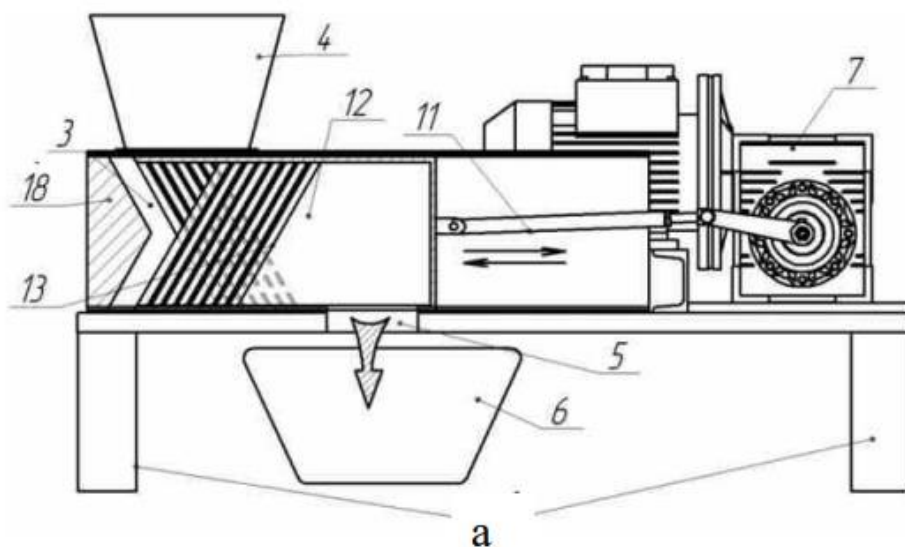
а



а – загальний вигляд, б – роторний подрібнювач плодоовочевої сировини, розріз А-А, схема розташування ножів ножового корпусу, вигляд А

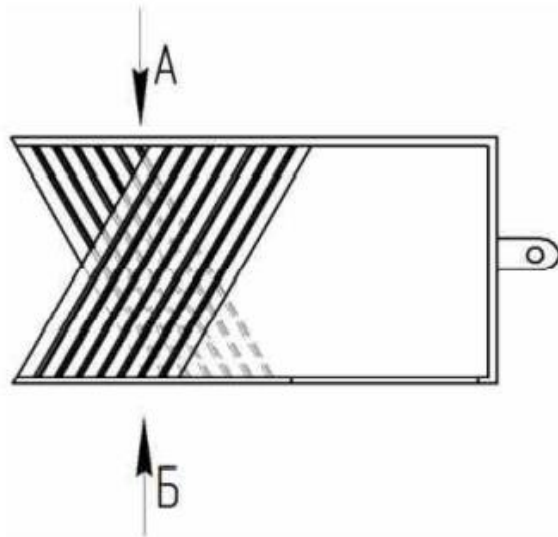
					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чумак				Додаток Г Роторний подрібнювач плодоовочевої сировини	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун						1	52
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
Затверд.	Хорольський							

Додаток Д
Скибочний подрібнювач плодовоовочевої сировини

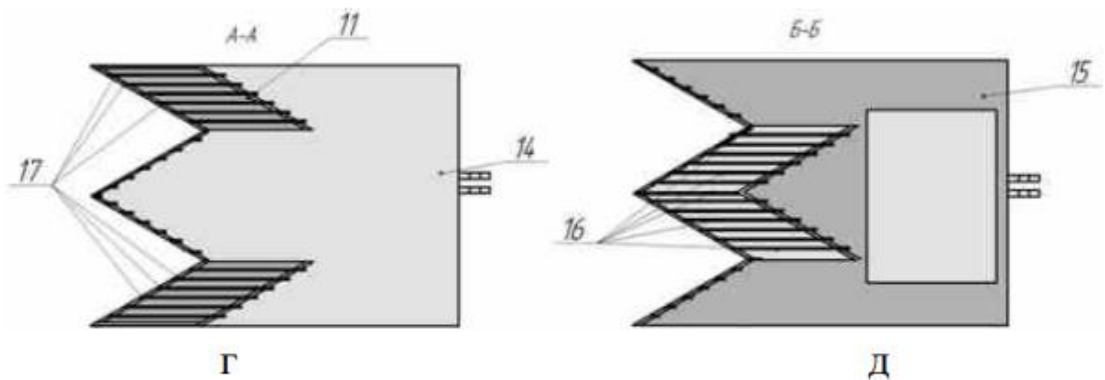


					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Чумак</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>					2	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>				Кафедра ЗІДО		

Додаток Д
Скибочний подрібнювач
плодовоовочевої сировини



В

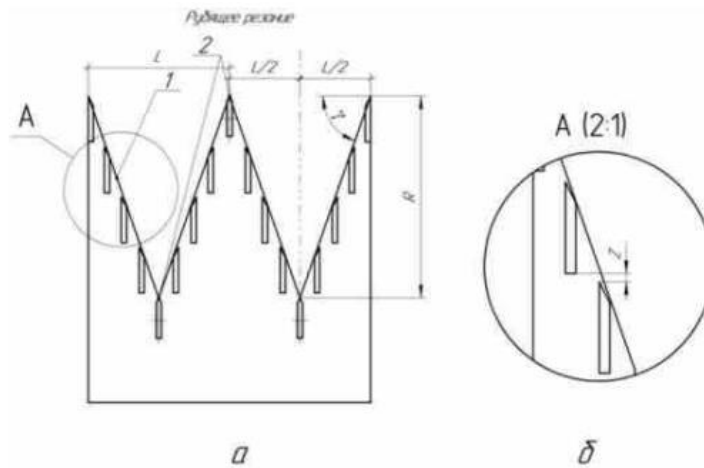


а – скибочний подрібнювач плодоовочевої сировини, загальний вигляд; б – скибочний подрібнювач плодоовочевої сировини, вид зверху, в – ножова стінка, вид збоку, г – ножова стінка, вид зверху А-А, д – ножова стінка, вид знизу Б-Б

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Чумак				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун					2	52
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський						
Додаток Д Скибочний подрібнювач плодоовочевої сировини							

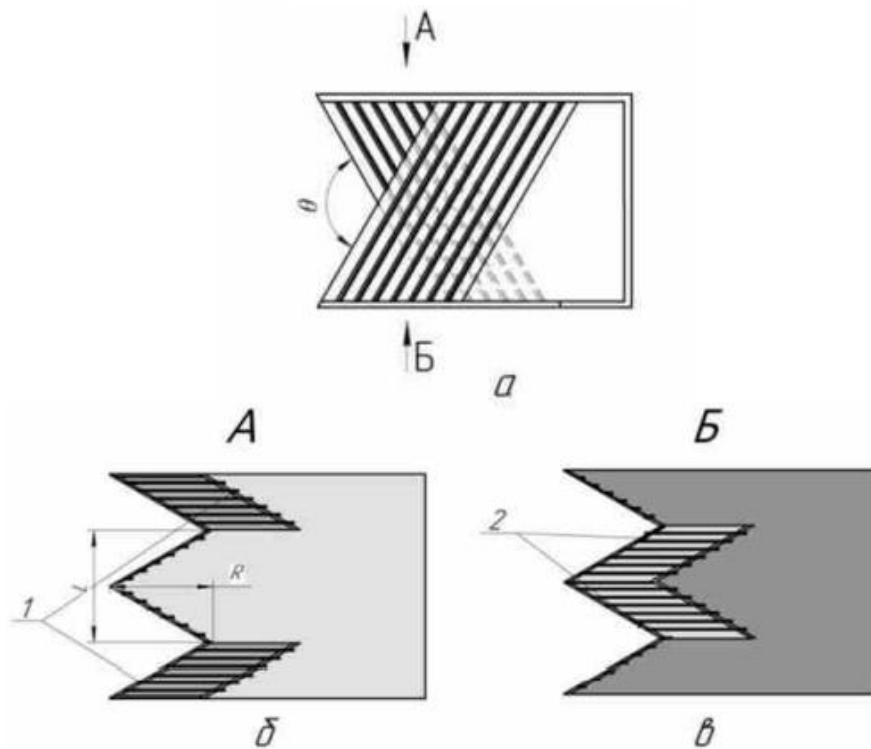
Додаток Е

Схема геометричних параметрів ріжучого апарату – зигзагоподібної
ножової стінки (різання рубляче, пряме розташування ножів)



а – загальний вигляд, б – вид А
1 – сторона зигзагу, 2 – вершини зигзагу

Схема геометричних параметрів зигзагоподібних ножів стінки з
розгорнутим розташуванням ножів

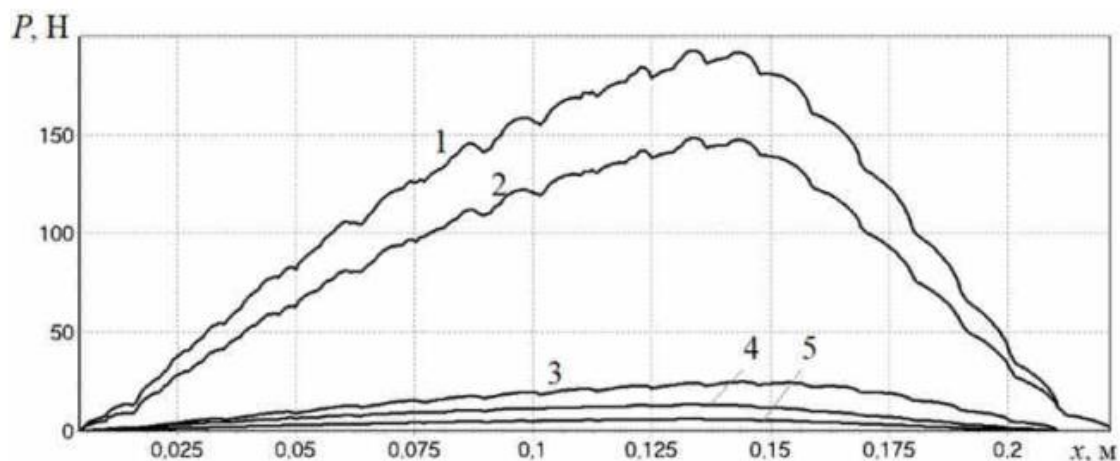


а – вид збоку, б – вид А, в – вид Б
1 – бокові сегменти, 2 – центральні сегменти

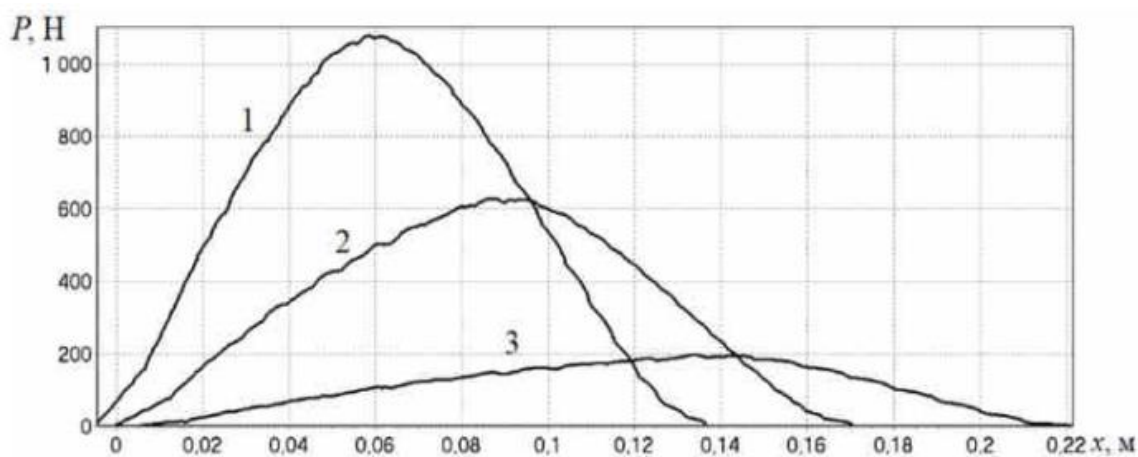
					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Чумак				Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун					1	52
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Хорольський						
Додаток Е							
Схема геометричних параметрів ріжучого апарату							

Додаток Є

Моделювання процесу різання плодоовочевої сировини зигзагоподібною
ножовою стінкою

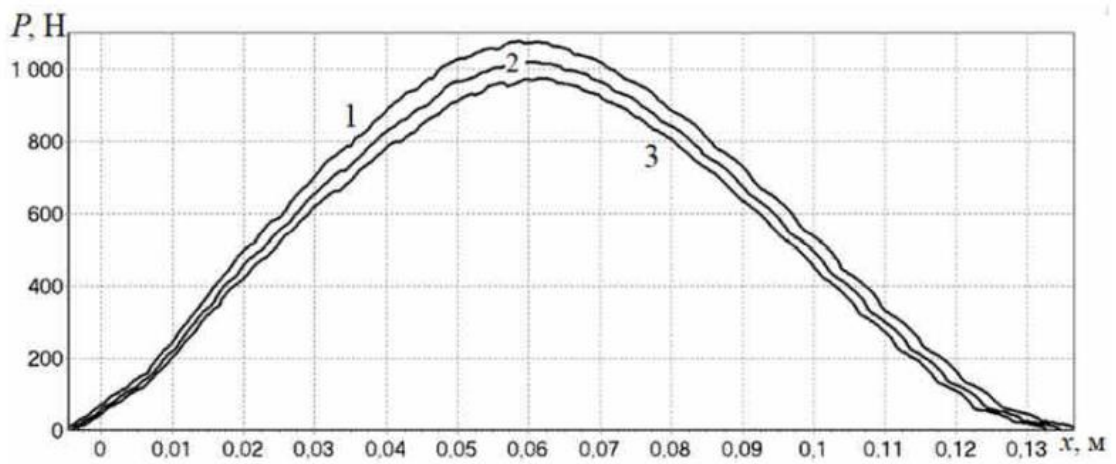


Складові сили різання у процесі взаємодії матеріалу з блоком ножів



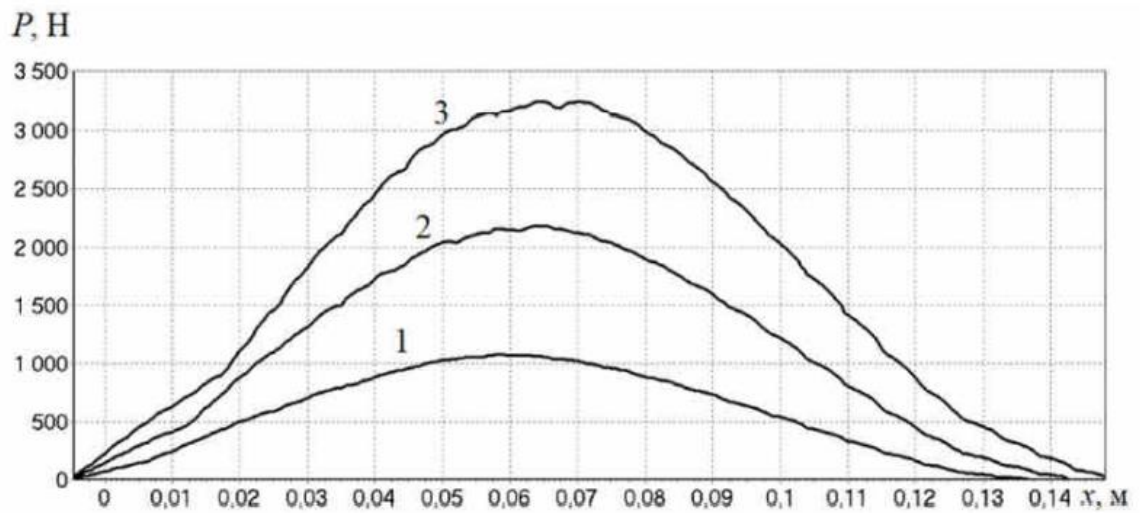
Зміна зусилля різання за різних значень зсуву ножів
1 – $\Delta = 5$ мм, 2 – $\Delta = 7$ мм, 3 – $\Delta = 10$ мм

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додаток Є Моделювання процесу різання			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Чумак								3	52
Перевір.	Цвіркун							ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Н. Контр.	Омельченко									
Затверд.	Хорольський									



Зміна зусилля різання за різних значень кута защемлення ножів

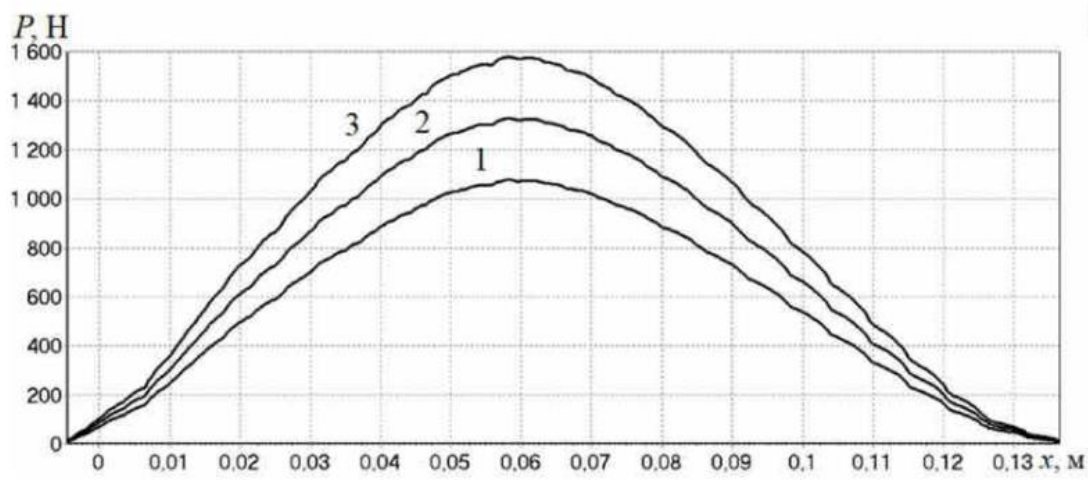
1 – $\theta = 120^\circ$, 2 – $\theta = 130^\circ$, 3 – $\theta = 140^\circ$



Зміна зусилля різання за різних значень ширини ножів

1 – $H = 10$ мм, 2 – $H = 15$ мм, 3 – $H = 20$ мм

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чумак				Додаток Є Моделювання процесу різання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун						3	52
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
Затверд.	Хорольський							



Зміна зусилля різання за різних значень товщини ножів
 1 – $d = 1,00$ мм, 2 – $d = 1,25$ мм, 3 – $d = 1,50$ мм

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чумак				Додаток Є Моделювання процесу різання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун						3	52
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
Затверд.	Хорольський							