

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 «Галузеве  
машинобудування»  
Цвіркун Л.О.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»  
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
за освітньою програмою «Галузеве машинобудування»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ТА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ  
ПЛОДООВОЧЕВОГО СИРОВИНИ»**

Виконав:  
здобувач вищої освіти Білик Надія Олександрівна \_\_\_\_\_  
(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  
2022



6. Список використаних джерел.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1. Схеми параметрів процесу різання плодовоовочевої сировини.
  2. Принципова схема роторної овочерізальної машини МРО 400-1000.
  3. Геометричні параметри леза ножа-клину.
  4. Схема сил при взаємодії ножа і матеріалу.
  5. Пристрій для різання плодовоовочевої сировини на частини.
  6. Форми ріжучого інструменту для подрібнення плодовоовочевої сировини.

6. Дата видачі завдання «    »    2022 р.

7. Календарний план

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                               | Строк виконання етапів роботи |
|-------|---|-------------------------------|
| 1     | Вступ   |                               |
| 2     | Аналітичний огляд процесу різання плодовоовочевої сировини        |                               |
| 3     | Удосконалення апарату та процесу різання плодовоовочевої сировини |                               |
| 4     | Охорона праці   |                               |
| 5     | Висновки по роботі  |                               |
| 6     | Оформлення роботи і подання до захисту                            |                               |

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

(підпис)

Білик Н.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 52 сторінки, в тому числі основного тексту – 46 сторінок. Робота містить: 6 таблиць, 31 рисунок. Список використаних джерел складається з 16 найменувань.

Об'єкт роботи – пристрій подрібнення плодоовочевої сировини, що наближена до сферичної форми, а саме плодів лимона, ківі, томату, картоплі.

Предмет роботи – процес різання плодоовочевої сировини.

Мета роботи – удосконалення апарату та процесу різання плодоовочевої сировини.

У процесі виконання роботи здійснено аналітичний огляд процесу різання плодоовочевої сировини, типи різання лезом, головні геометричні параметри леза. Вважається, що на сьогоднішній день при процесі подрібнення плодів та овочів для досягнення необхідного розміру, форми та безпосередньо отримання соку здійснюється в основному за допомогою соковитискачів, дробарок, блендерів, нерухомих решіток або дискових ножів, що повільно обертаються при постійній подачі сировини.

Зазначено, що різання – це обробка матеріалу з метою поділу на кілька частин, що здійснюється підібраним різальним інструментом, причому, плодоовочевій сировині надається потрібна форма, встановлений розмір та якість зрізу поверхні. Розглянуто властивості плодоовочевої сировини та її вплив на процес різання. Фізико-механічні та реологічні властивості багатьох соковмісних плодів значною мірою не схожі один з одним через їх відмінності в будові та хімічному складі. Відзначено, що вологість і щільність найбільш суттєві фактори, які впливають на властивості плодоовочевої сировини.

У роботі було обрано сукупність ріжучих органів лезових інструментів, зокрема, форма ріжучої кромки, яка підібрана так, щоб мінімізувати втрати соку при проколюванні плода та зменшити концентрацію напруги у різних точках ріжучої кромки. Сконцентровано увагу на тому, що використання пластинчастого ножа у вигляді одностороннього та прямокутного клина для різання плодоовочевої сировини з точки зору зниження енергоємності процесу розрізання, зниження втрат соку при роздавлюванні м'якого та цитрусового плоду не дає достатньої ефективності. При різанні плодоовочевої сировини, а саме плодів цитрусових, із традиційною формою пластинчастим ножом відбувається значне порушення клітинної структури матеріалу в зоні руйнування та рясного виділення соку.

Запропоновано застосовувати для різання на частини плодоовочеву сировину, як робочий інструмент, пластинчастий ніж із формою у вигляді двостороннього клину та торцевою частиною із загостреним двостороннім заточенням. При різанні за допомогою вигнутої форми ножа порушення цілісності структури плода мінімальне, а, отже, соковиділення незначне або зовсім відсутнє. Різання здійснюється шляхом поступального руху пластинчастого ножа з двостороннім заточенням.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** різання, плодоовочева сировина, геометричні параметри леза, ріжучий інструмент для подрібнення, деформація, пластинчастий ніж з одностороннім та прямокутним клином.

## ЗМІСТ

|   |        |
|---|--------|
| ВСТУП   | 6      |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ            | 7      |
| 1.1 Основні параметри процесу різання плодовоовочевої сировини                | 7      |
| 1.2 Характеристика плодовоовочевої сировини та її вплив на процес різання     | 14     |
| 1.3 Особливості конструкції подрібнювально-ріжучого обладнання                | 18     |
| <br>РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ТА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ | <br>25 |
| 2.1 Узагальнена схема різання плодовоовочевої сировини лезом                  | 25     |
| 2.2 Конструкція апарату для різання плодовоовочевої сировини на частини       | 31     |
| 2.3 Оптимізація форми ріжучої кромки лезового інструменту                     | 35     |
| <br>РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ   | <br>39 |
| 3.1 Захист від шуму та вібрації на виробництві                                | 39     |
| 3.2 Штучне та природне виробниче освітлення                                   | 41     |
| 3.3 Пожежна безпека   | 42     |
| <br>ВИСНОВКИ  | <br>43 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ  | 45     |
| ДОДАТКИ   | 46     |

|                  |                   |                 |               |             |  |                     |             |                |  |  |
|------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------|--|---------------------|-------------|----------------|--|--|
|                  |                   |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>                                       |                     |             |                |  |  |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>       | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |                     |             |                |  |  |
| <i>Розроб.</i>   |                   |                 |               |             | <b>Удосконалення апарату та процесу різання плодовоовочевої сировини</b> | <i>Літ.</i>         | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |  |  |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  |                     | 1           | 52             |  |  |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Омельченко</i> |                 |               |             |  | <b>ДонНУЕТ</b>      |             |                |  |  |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  | <b>Кафедра ЗІДО</b> |             |                |  |  |

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** У харчовій промисловості часто виникає необхідність різання на частини плодів та овочів, що мають неоднорідну структуру. Збереження цінних харчових речовин в оброблюваних продуктах безпосередньо залежить від кількості втрати соку. Частково ця проблема вирішується при зменшенні ступеня зминання плодів та овочів за рахунок більш ефективного контакту ріжучої кромки ножа з поверхнею продукту, що підлягає обробленню.

**Мета та задачі дослідження.** Метою бакалаврської роботи є удосконалення апарату та процесу різання плодоовочевої сировини.

**Практична та наукова новизна.** У процесі виконання роботи було здійснено аналітичний огляд процесу різання плодоовочевої сировини, типи різання лезом, головні геометричні параметри леза. Зазначено, що різання – це обробка матеріалу з метою поділу на кілька частин, що здійснюється підібраним різальним інструментом, причому, плодоовочевій сировині надається потрібна форма, встановлений розмір та якість зрізу поверхні.

Розглянуто властивості плодоовочевої сировини та її вплив на процес різання. Фізико-механічні та реологічні властивості багатьох соковмісних плодів значною мірою не схожі один з одним, через їх відмінності в будові та хімічному складі. Відзначено, що вологість і щільність найбільш суттєві фактори, що впливають на властивості плодоовочевої сировини.

У роботі було обрано сукупність ріжучих органів лезових інструментів, зокрема форма ріжучої кромки, підібрана так, щоб мінімізувати втрати соку при проколюванні плода та зменшити концентрацію напруги у різних точках ріжучої кромки. Сконцентровано увагу на тому, що використання пластинчастого ножа у вигляді одностороннього та прямокутного клина для різання плодоовочевої сировини з точки зору зниження енергоємності процесу розрізання, зниження втрат соку при роздавлюванні м'якого та цитрусового плоду не дає достатньої ефективності. При різанні плодоовочевої сировини, а саме плодів цитрусових, із традиційною формою пластинчастим ножом відбувається значне порушення клітинної структури матеріалу в зоні руйнування та рясного виділення соку.

Запропоновано, застосовувати для різання плодоовочевої сировини на частини, в якості робочого інструмента, пластинчастий ніж із формою у вигляді двостороннього клина та торцевою частиною із загостреним двостороннім заточенням. При різанні за допомогою вигнутої форми ножа порушення цілісності структури плода мінімальне, а, отже, соковиділення незначне або зовсім відсутнє. Різання здійснюється шляхом поступального руху пластинчастого ножа з двостороннім заточенням.

|                  |                   |                 |               |             |                                    |             |                |
|------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------------|-------------|----------------|
|                  |                   |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>       | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |                                    |             |                |
| <i>Розроб.</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> |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>    |             |                |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |                                    |             |                |

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПЛОДОВООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

### 1.1 Основні параметри процесу різання плодовоовочевої сировини

У консервних та овочесушильних галузях промисловості часто виникає необхідність різання на частини плодів та овочів, що мають неоднорідну структуру (оболонку та м'якоть). Збереження цінних харчових речовин в оброблюваних продуктах безпосередньо залежить від кількості соку, що губиться при цьому. Частково ця проблема вирішується при зменшенні ступеня зминання плодів та овочів, за рахунок більш ефективного контакту ріжучої кромки ножа з поверхнею продукту, що розділяється. Консервна промисловість виробляє величезну кількість найрізноманітніших овочевих та плодово-ягідних консервів, багато з яких можуть широко застосовуватися у дитячому харчуванні.

Спеціальне обладнання для виробництва консервів із фруктів представляє собою автоматизовану лінію. Варто розуміти, що не існує універсального обладнання для виробництва консервів. В більшості випадків використовується спеціальна лінія, яка включає в себе як підготовчі складові, так і безпосередньо машини для нарізки.

У технології виробництва продуктів харчування широко застосовуються процеси дроблення, подрібнення та розрізання на частини, які безпосередньо впливають на якість сировини та готової продукції. На сьогоднішній день у процесі подрібнення плодів та овочів для досягнення необхідного розміру, форми, та безпосередньо отримання соку здійснюється в основному за допомогою соковитискачів, дробарок, блендерів, нерухомих решіток або дискових ножів, що повільно обертаються при постійній подачі сировини.

На зміні агрегатного стану матеріалу, що розрізається, засновано фізичне різання. Таке різання відбувається під дією високих тисків у зоні контакту. Через дорожнечу застосовуємого обладнання, його малою продуктивності, фізичні способи різання складні.

Значне місце у механічній обробці харчових продуктів займає процес різання на окремі частини. У звичайний час доводиться розрізати різні продукти: м'ясо, ковбаси, рибу, овочі, фрукти, гастрономічні товари, хлібобулочні та кондитерські вироби. Різання харчових матеріалів здійснюється на спеціальних ріжучих машинах та пристроях або за допомогою ріжучих вузлів, які є частиною технологічних машин.

Механічні способи розрізання плодовоовочевої сировини можна охарактеризувати так: енергія витрачається на поділ плода на частини, а також подолання сил тертя ріжучою кромкою ножа.

|                  |                   |                 |               |             |  |                                 |             |                |
|------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------|--|---------------------------------|-------------|----------------|
|                  |                   |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>                                       |                                 |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>       | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |                                 |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |                   |                 |               |             | <b>Удосконалення апарату та процесу різання плодовоовочевої сировини</b> | <i>Літ.</i>                     | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  |                                 | 18          | 52             |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Омельченко</i> |                 |               |             |  | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |             |                |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  |                                 |             |                |

Можливість виробляти натуральний продукт, мінімізуючи витрати на його виробництво, при цьому зберігаючи якість готового продукту і є основна необхідність будь-якого виробника.

Нові способи різання харчових продуктів, такі як: віброрізання, різання ультразвуком, термофізичне різання, імпульсне різання. Всі ці способи отримали розвиток останні десятиліття. Проте можна впевнено сказати, що традиційне різання харчових продуктів пластинчастими, дисковими та стрічковими ножами є основним і незамінним способом подрібнення. Фізична сутність різання – це руйнування матеріалу (плодоовочевої сировини) за рахунок концентрації напруг у кожній точці ріжучої кромки, з умовою необхідної якості одержуваного продукту (точність розмірів шматка, форми, рівний зріз, мінімальна втрата соку). Відповідно до зазначеного раніше, різання плодоовочевої сировини відноситься до процесів поділу матеріалу, пов'язаних з його місцевим руйнуванням і характеризується складністю напруг, що виникають і деформацій під час контакту леза ножа і матеріалу, що розрізається.

Оскільки рух ножа щодо матеріалу, що розрізається, поступальний, форма ріжучої кромки і мікрогеометрія леза своїм сумарним впливом забезпечують поділ шарів матеріалу. Ріжуча здатність визначається шириною леза, розташуванням на лезі мікрозубців, їх частотою та розміром. Іншим важливим показником технологічної значущості пластинчастих ножів для нарізування часточок матеріалу є відхилення ходу від осі матеріалу.

Основна причина – неправильний підбір пластинчастого ножа, його товщини, довжини і ширини, а також величини критичної сили, що діє на ніж.

В цілому, домогтися підвищення конкретної технологічної надійності процесу подрібнення плодоовочевої сировини можна за рахунок раціонального підбору форми пластинчастого ножа. Вдосконалення конструкцій серійних різальних машин та апаратів за рахунок встановлення раціонального ріжучого елемента є найбільш ефективним, у порівнянні з розробкою та запровадженням нових моделей апаратів.

Різання – це обробка матеріалу, з метою поділу на кілька частин (порушенням єдності), що виконується підібраним різальним інструментом, причому плодоовочевій сировині надається потрібна форма, встановлений розмір та якість зрізу поверхні. Кожен початковий продукт за допомогою робочого інструменту повністю поділяється на дрібніші шматки без будь-яких відходів.

Перед руйнуванням в області контакту робочого інструменту з фруктово-овочевою сировиною проявляються пластичні та пружні деформації, їх значення залежать від структури матеріалу, фізико-механічних властивостей та швидкості його деформації. Зосереджена сила створює деформації у матеріалі. По лінії найбільшої напруги відбувається руйнування і встановлюється тоді, коли концентрація напруг стає рівною межі міцності (тимчасового опору) матеріалу.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 8    |



Залежно від стану матеріалу руйнування відбувається при розтягуванні або стисканні матеріалу. На створення пластичної та пружної деформацій витрачається робота різання і на подолання тертя інструменту об матеріал, що розрізається.

У загальному випадку різання, як процес, містить два етапи: попередній – зминання матеріалу до появи напруги руйнування та природний поділ.

В якості ріжучих робочих інструментів застосовують ножі, що мають різну конфігурацію та форму. Лезо ножів, як показано на рис. 1.1, має форму одностороннього або двостороннього клину.

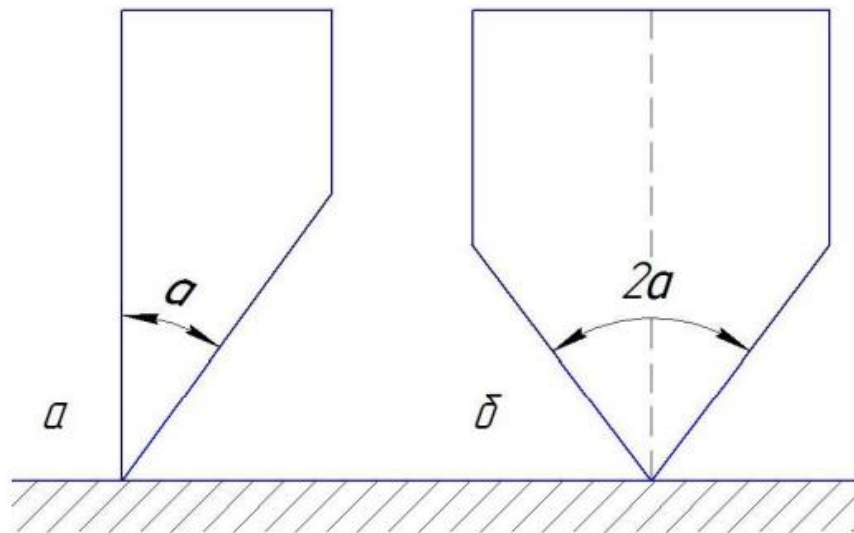


Рисунок 1.1 – Форма клина: а – односторонній; б – двосторонній

Силкові параметри: умовна напруга різання, питома сила різання, питома робота різання є характеристиками, що визначають різання харчових продуктів; продуктивність процесу різання визначають швидкість різання; вплив структури матеріалу на затуплення лезового інструменту. З перерахованих показників процесу різання найбільш важливим є зусилля, яке необхідне для розрізання продукту. Сила різання – це результуюча сил, що діє у процесі різання. На ріжучу кромку інструменту діють сили опору відносно траєкторії руху робочого органу. Вона оцінює вплив різних факторів на процес, таких як: властивості матеріалу, що розрізається, величина тертя об матеріал і пружні деформації у товщі матеріалу. Також другим важливим фактором, який визначає режим різання, є швидкість різання. Під швидкістю різання розуміють шлях точки ріжучого леза інструменту відносно матеріалу у напрямі головного руху на одиницю часу.

Існує два типи різання: «нормальне переміщення ріжучого інструменту та переміщення його по двох взаємно перпендикулярних напрямкам», які так само називаються ковзне різання та статичне (нормальне різання (рубка), рис. 1.2.

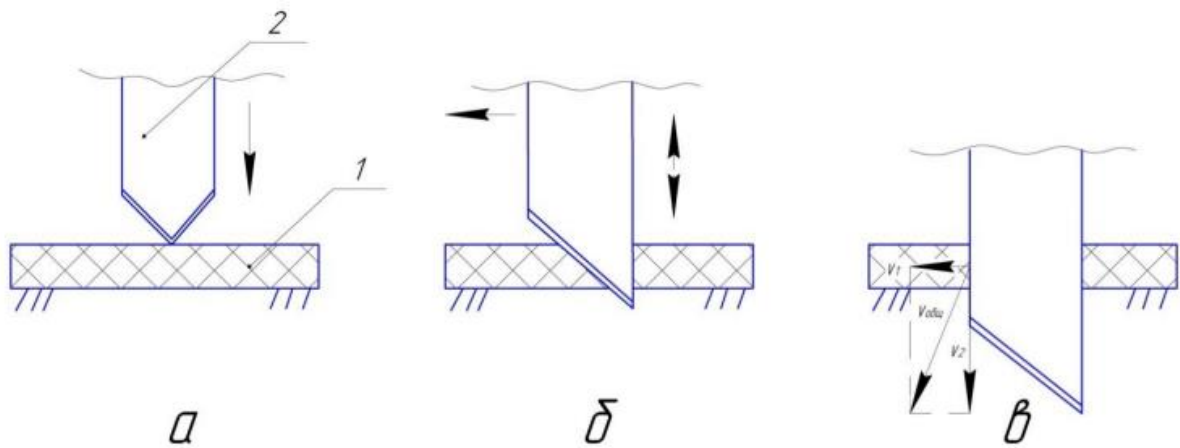


Рисунок 1.2 – Різання ножом: а – рубка; б – похиле різання; в – ковзне різання; 1 – ніж; 2 – матеріал

Статичне різання засноване на тому, що ріжучий інструмент переміщується тільки перпендикулярно до леза, проникає в товщу продукту. При цьому ріжуча кромка у напрямку власного руху ущільнює шар продукту. Після досягнення певної межі ущільнення, що залежить від структури тіла, що розрізається, відбувається руйнування і утворення поверхні зрізу. Спосіб статичного різання використовується у тих випадках, коли не потрібно високої якості зрізу продуктів. Розрізання рубкою використовується для продуктів у яких невеликі руйнівні контактні напруги.

При ковзному різанні клин інструменту переміщується, як і при рубці, перпендикулярно лезу, але має разом із цим і переміщення вздовж леза. При цьому зменшується величина необхідного попереднього ущільнення продукту, поверхня зрізу виходить більш гладкою. Різання ножом характеризується значно меншою кількістю відходів, меншою деформацією продукту в процесі різання та більш високою якістю зрізу і засноване на руйнуванні матеріалу безпосередньо під ріжучою кромкою. При цьому маса продукту деформується незначно, що особливо важливо. Такий вид різання дозволяє зберігати привабливий зовнішній вигляд продуктів та підвищити вихід готового продукту при різанні соковитих, соковмісних плодів та овочів.

Ковзний рух ножа характеризується відношенням швидкості руху ножа вздовж напрямку розрізу до швидкості впровадження ножа в масу продукту, що перерізується, в напрямку нормального до леза. Це відношення називається коефіцієнтом ковзання. Коефіцієнт тертя ковзання величина безрозмірна. Коефіцієнт тертя залежить від якості обробки поверхонь, присутності на них бруду, швидкості руху тіл один щодо одного.

Найважливіші фактори, які підвищують якісні показники процесу – це висока ріжуча здатність ножів, за рахунок правильно підібраної ріжучої кромки ножа, заточення леза, раціональні режими різання, точність осьового руху ріжучих і направляючих органів у процесі різання.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 10   |

Таким чином, незважаючи на складну кінематику ріжучих органів, нормальне різання, як окремий випадок ковзного різання, набуло широкого поширення при обробці харчової сировини та плодоовочевої сировини завдяки значним якісним показникам.

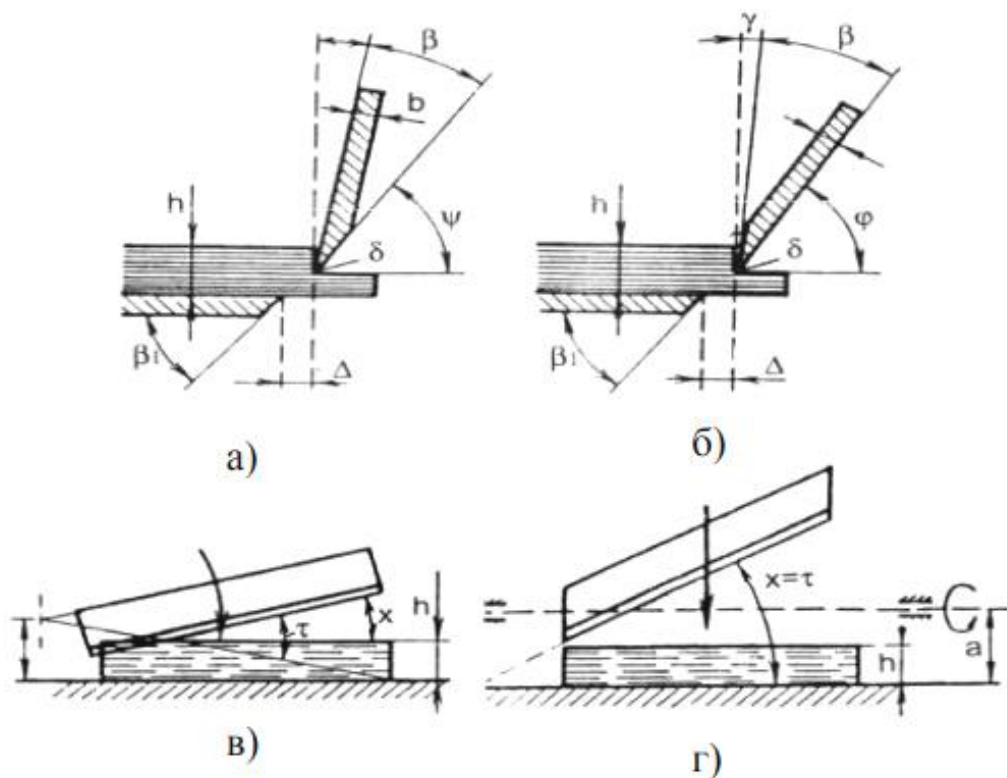
Кінематично всі випадки різання лезом можна розбити на три групи (рис. 1.3): різання нормальне (рис. 1.3, а, б), похиле (рис. 1.3, в – д), ковзне (рис. 1.3, ж, з).

Нормальне різання передбачає лише наявність нормальних зусиль, при переміщенні леза перпендикулярно оброблюваній поверхні. При похилому різанні частина нормальних зусиль перетворюється в тангенціальні, внаслідок чого суттєво знижується зусилля різання.

Ріжучий інструмент при ковзному різанні, крім переміщення в нормальному або похилому напрямку щодо поверхні оброблюваного продукту, може здійснювати переміщення паралельно ріжучій кромці, що значно знижує зусилля різання.

Плодоовочева продукція, що піддається різанню і має складну структуру не повинна розглядатися тільки як продукт, що має одну з перерахованих властивостей, він відноситься до шаруватих матеріалів, кожен з яких може характеризуватись своїми пружно в'язкими властивостями.

Якщо розглянути оброблювані матеріали за спадною величиною їх жорсткості та пружності, то першорядна роль у падінні нормальної складової сили різання при ковзному різанні грає кінематична трансформація кута заточування леза, а також «пиляча» дія крайки леза та перенесення частини сили тертя з нормального напрямку різання на тангенціальне.



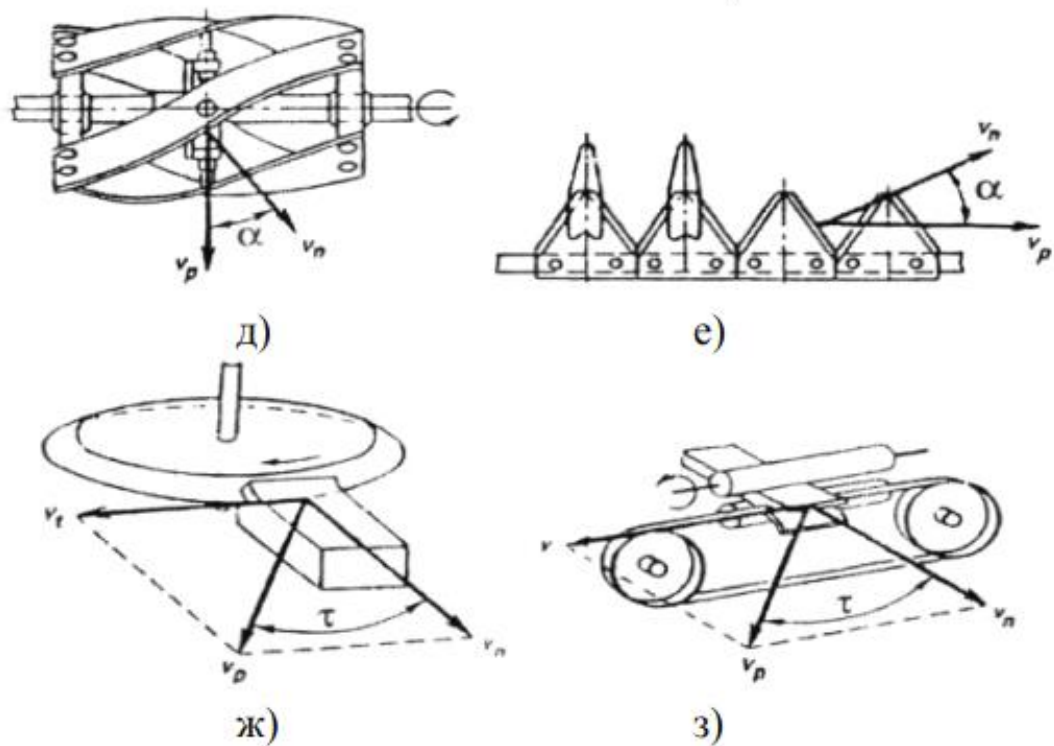


Рисунок 1.3 – Типи різання лезом:

а, б – нормальне; в, г, д, е – похиле; ж, з - ковзне;  $\gamma$  – передній кут;  $\beta$  – кут загострення;  $b$  – товщина леза;  $\Psi$  – задній кут;  $\delta$  – гострота леза;  $h$  – товщина матеріалу, що відрізається;  $\phi$  – кут різання;  $\tau$  – кут нахилу ножа;  $\chi$  – перебіг ножа;  $\alpha$  – кут між нормальною та радіальною складовою сили різання

В результаті, зі збільшенням в'язкості та пружності або зниженням жорсткості матеріалу, переважаючий тип різання – ковзний. Для пружно в'язких і волокнистих матеріалів істотну роль відіграє вплив кромки леза.

При ковзному різанні (рис. 1.3, ж, з) істотну роль грають: кінематична трансформація кута заточування; перенесення частини сили тертя з нормального на тангенціальний напрямок; кінематична трансформація ріжучої кромки леза та пиляча дія кромки.

Крім того, ковзне різання відрізняється від нормального зниженням навантаження на довжину леза. Однак, значення цього фактора у кожному вигляді різання ще повністю не встановлено.

З позицій фізики різання слід зазначити, що при обробці крихких матеріалів швидкість поширення тріщини дуже велика і теплові фактори різання не встигають надати істотного впливу, крім теплових ефектів від сили тертя. Зі зменшенням жорсткості та збільшенням пластичності роль теплових явищ суттєво знижується, при обробці лезом вони мало впливають на процес різання.

Розрізняють ковзне різання гладким і насіченим лезом. При ковзному різанні, переріз кромки у напрямку руху трансформується, набуваючи форми поздовжнього зразка еліптичного циліндра, що знижує радіус заокруглення кромки та збільшує її гостроту та ріжучу здатність.

Що стосується пиляльної дії або застосування шорсткої кромки, то вона найкраще використовується для обробки матеріалів з волокнистою структурою та змінними в'язко пластичними властивостями.

Особливу роль при різанні цитрусових плодів має такий фактор, як напрям різання: вздовж волокон, поперек волокон, під кутом та торцеве різання.

Процес ковзного різання можна представити двома основними видами: нормальним «рубка» та похилим. Плодоовочевий матеріал розрізається під дією нормальної сили  $N$ , тобто при нормальному різанні, представленому рис. 1.4 (а). Бічна сила  $T$  у даному різанні не бере участі. Кут ковзання у разі  $\tau = 0$ .

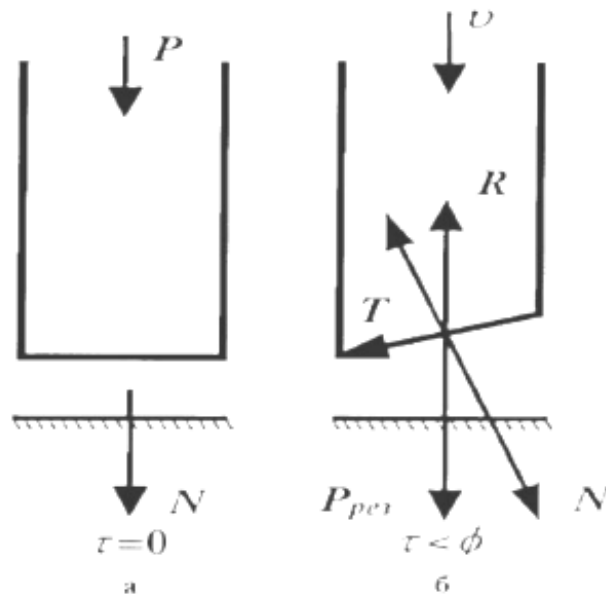


Рисунок 1.4 – Види різання: а – нормальне; б – похиле

Відповідно,

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}, \alpha_1 = \alpha_2$$

Кут різання дорівнює куту заточування ножа.

У разі похилого різання має місце бічна сила  $T$ , але оскільки  $0 < \tau < \psi$  (кут тертя) вона не може викликати руху частинок. Процес різання відбувається зі зміненим кутом заточування і лише нормальним тиском:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cos \alpha_3$$

Значення необхідного питомого тиску зменшується, як наслідок зміни у менший бік фактичного кута заточування при переміщення леза клину. Це явище зветься «кінематичною трансформацією кута заточення».

Як правило, в конструкціях сучасних овочерізок, застосовується в основному динамічне різання дисковими ножами, яке забезпечує мінімальну енергоємність подрібнення продукту.

При руйнуванні деформація залежить від структурних та механічних властивостей продукту: у пластичних або м'яких продуктів зрізуються ущільнені частинки матеріалу, у твердих (міцних) крихких, у пластичних (м'яких) волокнистих, розсіканих поперечно волокнам, неволокнистих продуктів і твердих волокнистих – розколювання.

При розрізанні м'яких продуктів при невеликому заточенні клина під впливом дотичних напруг, що з'являються внаслідок взаємодії грані леза ножа, руйнування відбувається вздовж робочої грані ножа.

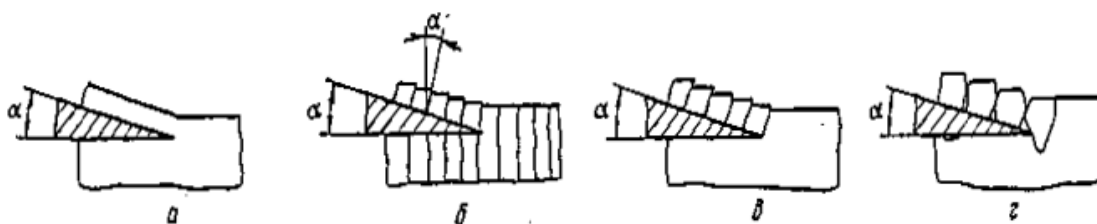


Рисунок 1.5 – Деформація харчових продуктів при різанні (рублячому):  
а – м'яких; б – волокнистих м'яких, клин спрямований поперек волокон;  
в – неволокнистих міцних; г – міцних крихких

При цьому шар матеріалу розрізається робочою кромкою клина і розділяється з основною частиною продукту, що залишається за основною гранню ножа. Поверхня розрізаних продуктів виходить досить рівною та гладкою (рис. 1.5, а).

При різанні, наприклад кісток, навіть при незначному заточенні клину відбувається двояке розколювання: по лінії руху ножа до площини зрізу (рис. 1.5, г). У таких продуктів поверхні сколювання часто розташовуються нижче опорної грані клину. Поверхня шматків виходить нерівною, ламаною, із суттєвою шорсткістю.

Збільшення сили різання при багатоповторному подрібненні одного й того ж продукту може бути наслідком зносу леза. Відбувається деструкція ділянок на кромці і це призводить до зменшення ріжучої здатності ножа, подальший контакт із соковмісним матеріалом, де  $pH=2$  призводить до затуплення та корозії робочого органу.

Дослідження даних, що характеризують вплив матеріалу на зміну ріжучої здатності та зношування леза ножа, повинні бути використані при удосконаленні леза та виборі матеріалу для їх виготовлення.

## 1.2 Характеристика плодоовочевої сировини та її вплив на процес різання

До плодоовочевої сировини належать: фрукти та овочі, близькі до сферичної форми, такі як цитрусові плоди. Фізико-механічні та реологічні

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 14   |

властивості багатьох соковмісних плодів значною мірою не схожі один з одним, через їх відмінності в будові та хімічному складі.

Виділено найбільш значні фізико-механічні властивості плодоовочевої сировини: будова плодів, їх показники міцності, вологість матеріалу, об'ємна щільність, значення коефіцієнта тертя при контакті з різальним інструментом.

Як відомо, при подрібненні плодоовочевої сировини лезовим інструментом досягається мінімальна питома енергоємність процесу при виборі раціональної форми ріжучої кромки. Необхідно відзначити, що вологість і щільність, найбільш суттєві фактори, що впливають на властивості плодоовочевої сировини. Вологість даної сировини пропорційна числу рідкого заповнювача, об'ємна щільність плодоовочевої сировини залежить від вологості, підвиду фрукта чи овочів та їх геометричних розмірів. Міцні властивості включають питомі показники роботи різання, а також швидкості розподілу пружних деформацій, як наслідок втрата соку, що руйнує напругу. Питома робота, яка необхідна для розрізання плода характеризує енергоємність поділу на частини вихідного матеріалу.

Робота присвячена удосконаленню пристрою подрібнення плодоовочевої сировини, близької до сферичної форми, а саме плодів лимона, ківі, томату, картоплі. Плоди приблизної довжини 60-80 мм, діаметром 40-60 мм, яйцеподібної чи овальної форми. Розглянемо властивості плодоовочевої сировини.

Плід ківі. Плід ківі – ягода, овальної або яйцеподібної форми, шкірка яких має червонувато-коричневий колір і покрита короткими твердими волосками. М'якуш плода ківі яскраво-зеленого, зі світлою серцевиною. Від центру плоду радіально відходить безліч світлих ліній, якими розкидане дрібне темно-фіолетове, майже чорне насіння, непомітне при вживанні; існує сорт Gold kiwi («золотий ківі», або «жовтий ківі»), плоди якого мають жовту м'якоть. Зрілий плід ківі приблизно 50-150 грам. Плід ківі на 84% складається із води, на 10% вуглеводи, решта вмісту харчові волокна, білки і жири.

ОКОЛОПЛОДНИК ТА НАСІННЯ

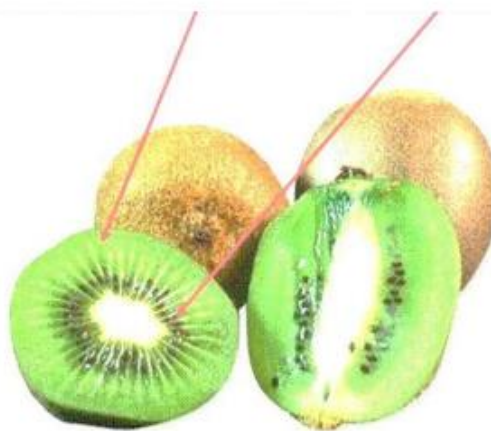


Рисунок 1.6 – Плід ківі

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 15   |

Крім води в ньому присутні білки (1%), жири (менше 1%), вуглеводи (10%), а також харчові волокна, нікотинова кислота, моно- та дисахариди. Енергетична цінність ківі відносно невелика, вона дорівнює 48 кілокалоріям на 100 г продукту.

Плоди лимона. Плід із довжиною 60 мм та діаметром від 40 до 60 мм, яйцеподібний або овальний, звужений до обох кінців, на верхівці розташований сосок, колір світло-жовтий, кірка має ямчасту структуру, лимон містить велику кількість залоз з ефірною олією, називається флаведо (від лат. жовтий), усередині плода розташовані гнізда. Волоски складають м'якоть плода, заповнені соком. М'якуш кислий, зеленувато жовтий. Плоди лимона дозрівають восени. Більшість поживних речовин знаходяться в шкірці лимона, особливо у верхньому шарі – лимонній цедрі, її застосовують у складі безлічі ліків

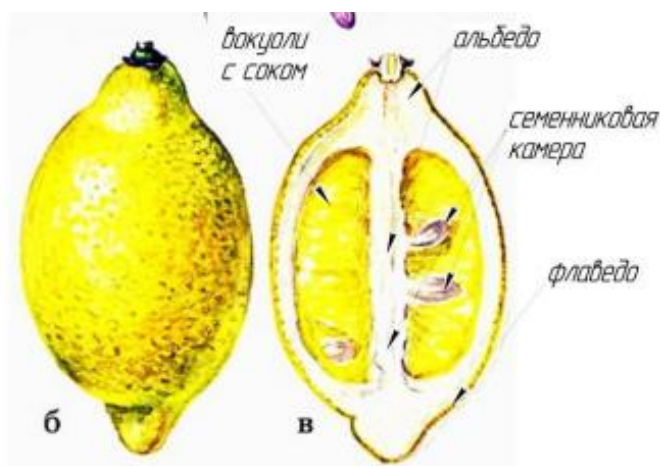


Рисунок 1.7 – Лимон

Саме тому для приготування рецептури лимонного напою плід лимона брали із цедрою. Внутрішній шар плода лимона називається альбеда. Він представлений білою тканиною під шкіркою і в насінній камері. У дозрілого плода лимона білий шар м'який і легко відокремлюється від шкірки. М'якуш становить близько 60% ваги плода, кірка – близько 40%.

У плодах цитрусу велика кількість вітаміну С, близько 40-60 мг на 100 г речовини. Є думка, що в зелених (не зовсім зрілих) плодах вітаміну С помітно більше, тому вони краще в лікувальних цілях.

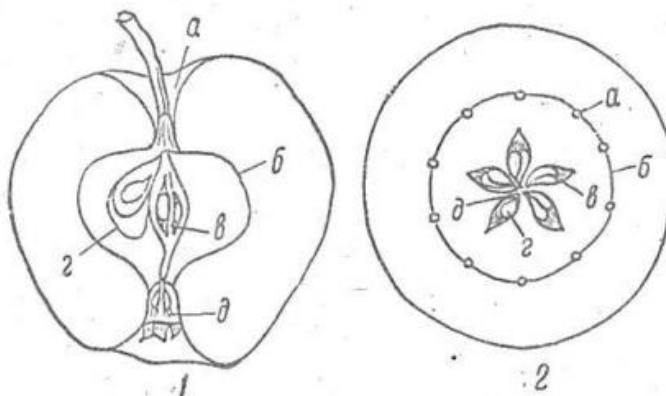


Рисунок 1.8 – Поздовжній та поперечний розріз яблука

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 16   |



Плід яблука. На поздовжньому розрізі проглядаються поглиблення (воронка) з плодоніжкою.

Шкіркою називається саме зовнішня покривна тканина плода. Насінневі камери з насінням розміщені у центрі плода. Найбільш цінна частина плода – м'якоть, яка розміщена між шкіркою та насінневою камерою. Форма плодів є сортовою ознакою і дуже різноманітна: кругла, плоскоовальна, плоска, округлоконічна тощо. М'якуш плода має різне забарвлення і варіюється від білого, жовтого, зеленого до видів сортів з рожево-білою м'якоттю. М'якуш яблука буває сухим, соковитим, пухким або щільним. Розрізняють смак від кислого до солодкого. Яблука в середньому складаються із 80-81% води; 9-10% цукри, мінеральні речовини, кислоти та волокна.

Картопля. Картопля має своєрідну будову. Невеликі темні точки (очки) або рубці завжди присутні на цілісній і твердій поверхні картоплі. Очками називають бруньки, із них проростають стебла рослин. На випадок пошкодження основної бруньки бульби завжди присутні кілька додаткових бруньок. Шкірка самої картоплі буває гладкою і сітчастою або лущиться, залежно від конкретного сорту.

Товщина перидерми залежить не тільки від виду, але і від погодних та кліматичних умов, якості ґрунту та добрив. Структурно-механічні властивості дозволяють поєднати концентрації напруги або швидкості деформацій в момент докладання зусиль. При відомих характеристиках можна обчислити необхідні параметри процесу та апарату, тобто виконати міцнісні та технологічні розрахунки.

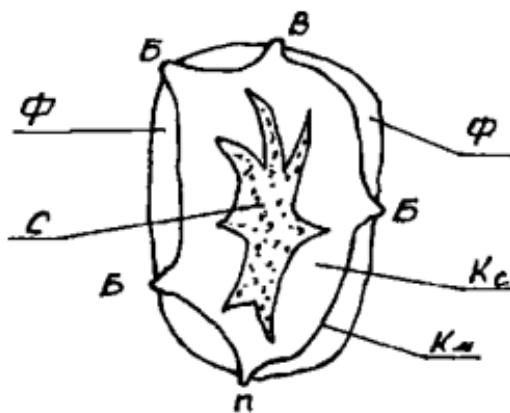


Рисунок 1.9 – Поздовжній розріз картоплі

Основними реологічними властивостями плодоовочевої сировини можна рахувати: міцність, в'язкість, пружність, твердість та пластичність. В залежності від умови зберігання, навантаження того самого матеріалу, виявляються різні реологічні властивості. Необхідно з'ясувати, які властивості досліджуваного плодоовочевого матеріалу є основними при заданих умовах деформування.

### 1.3 Особливості конструкції подрібнювально-ріжучого обладнання

Для тонкого подрібнення харчової сировини застосовують ріжучі машини, які умовно можна розділити на наступні чотири групи:

– емульситатори – машини з різальним механізмом, так званим ніж-решітка.

– машини, ріжучий механізм яких є ножем, кромка якого є криволінійною.

– машини, ріжучий механізм, яких складається із статора і ротора у вигляді конусів або дисків, які забезпечені зубчастими вінцями (мікро куттери).

– комбіновані машини, які використовують спільно кілька ріжучих механізмів.

Подрібнення здійснюється під дією зовнішніх сил, які долають активну силу взаємного зрушення зчеплення частинок обертючих матеріалів. Шматки твердого матеріалу при дробленні спочатку піддаються об'ємній деформації, а потім руйнуються з утворенням нових поверхонь по ослабленим дефектам.

На рис. 1.10 зображено принципову схему роторної овочерізальної машини МРО 400-1000.

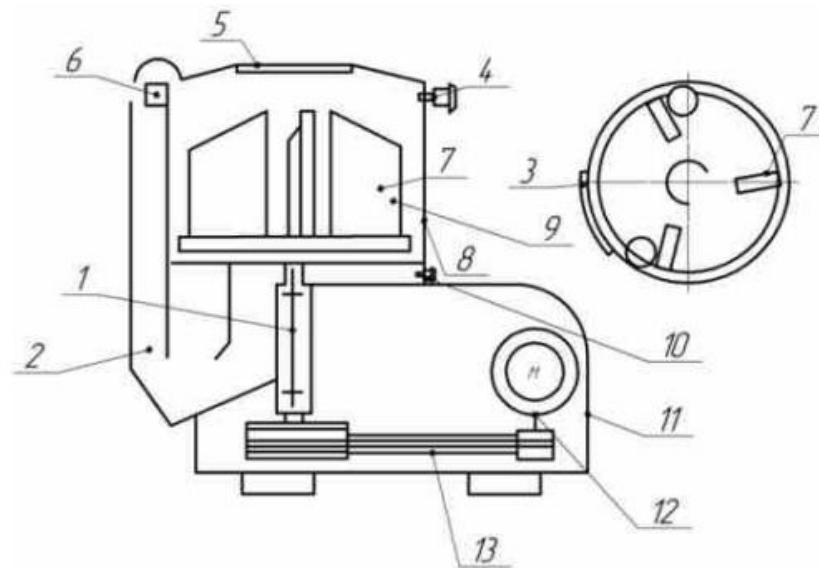


Рисунок 1.10 – Принципова схема роторної овочерізальної машини МРО 400-1000

На рис. 1.10 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.

Таблиця 1.1 – 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         |

На рис. 1.11 зображено пристрій для різання овочів та фруктів, а саме: а) загальний вигляд пристрою; б) схема кріплення ножа; в) регулювання ножа.

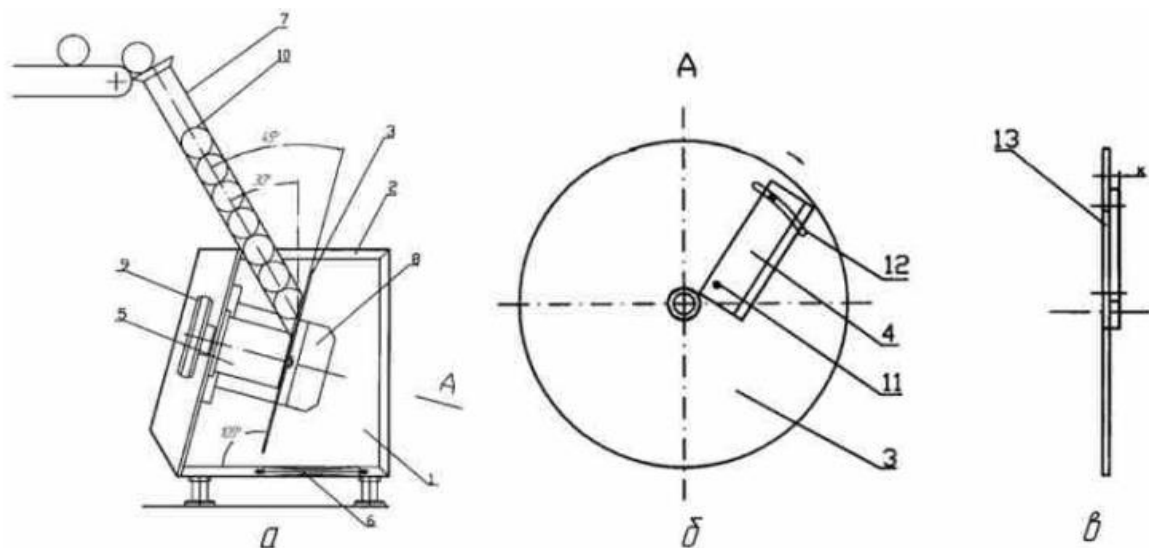


Рисунок 1.11 – Пристрій для різання овочів та фруктів  
а) загальний вигляд пристрою; б) схема кріплення ножа; в) регулювання ножа

Пристрій ВУ 10087 С1 2007 (рис. 1.6) містить корпус 1, диск 3, ніж 4, електропривод 5, транспортер 6, канал, що подає 7.

Робоча частина будь-якого ріжучого інструменту розуміється як матеріальне тіло та оформлене у вигляді лез (одного або кількох). Перетин опорної та робочої граней ножа називається ріжучою кромкою леза. Клин має одну ріжучу кромку і розрізання продуктів відбувається у одній площині.



Рисунок 1.12 – Подрібнювач картоплі КПР-ВОС.817

На рис. 1.12 показано: 1 – станина, 2 – привід, 3 – завантажувальний бункер, 4 – робоча камера, 5 – блок управління.

Таблиця 1.2 – 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       |

Утворений опорною та робочою гранями кут  $\alpha$ , отримав назву кута заточування леза. Односторонній клин (рис. 1.13), він має робочу (нахилу) та опорну (пряму) грані. Двосторонній клин, коли немає опорної грані, тому що обидві його грані є робочими. Кут, створений робочими гранями, є кутом заточення для такого клину.

Для двостороннього повністю симетричного клина кут дорівнює подвійному куту одностороннього клина. В перерізі ріжуча кромка може мати складну форму, кут заточування зазвичай приймається певного радіусу  $r$  і визначається дугою кола (зазвичай у сотих частках міліметра).

Ширина кромки  $\delta$  характеризує величину гостроти (затуплення) та приймається рівною  $2r$  леза. Розглянемо ріжучу кромку одностороннього плоского клина, представленого на рис. 1.14. Лінія торцевої ріжучої кромки може бути як прямолінійною ( $ab$ ) так і вигнутою. Кут, утворений з площиною матеріалу, буде різним та змінюватись від ступеня вигину кромки ножа.

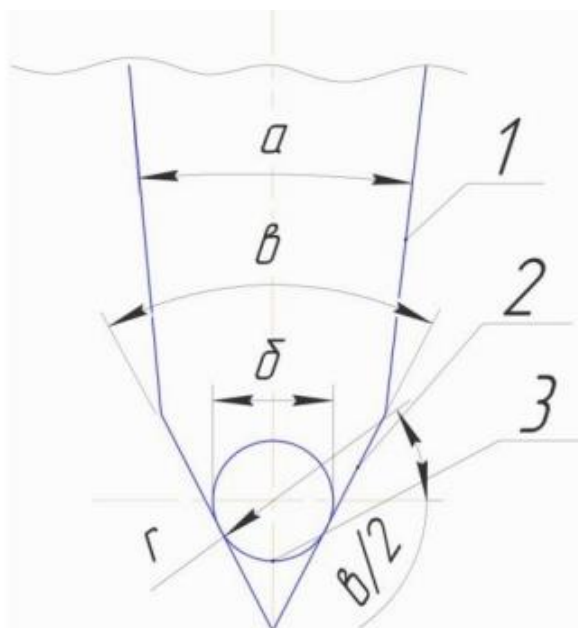


Рисунок 1.13 – Головні геометричні параметри леза ножа-клин

Односторонній клин утворює кут  $\alpha$ , кут загострення або заточування. Прямий клин ножа, з'єднаний послідовно з двох односторонніх пластинчастих ножів за допомогою зварювання.

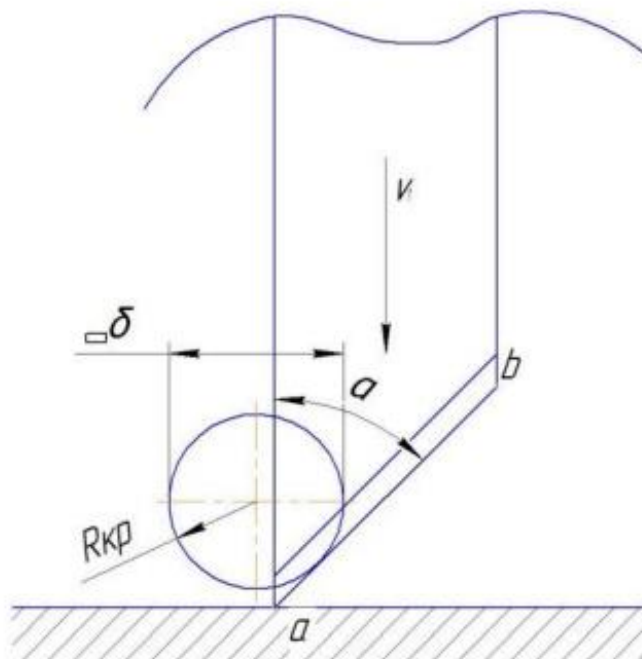


Рисунок 1.14 – Ріжуча кромка плоского ножа

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Сучасні типи пластинчастих ножів виготовляють зі стрічкової та смугової сталі, вони попередньо заточені та оброблені. Ножі, що виготовляються методом холодного згинання, характеризуються наявністю зміцнювальних фасок у ріжучої кромки  $ab$ , такі фаски підвищують стійкість леза, у площині яких утворюється кут притуплення  $\beta$ .

Геометричні параметри леза (форма ріжучої кромки ножа та тип заточування) визначаються реологічними властивостями матеріалу.

Виходячи з вищесказаного, розглянемо існуючі форми ріжучої кромки ножа, рис. 1.15. Для повноцінного поняття цієї проблеми розглянемо різні лезові інструменти, а також різноманіття форм різальних кромок.

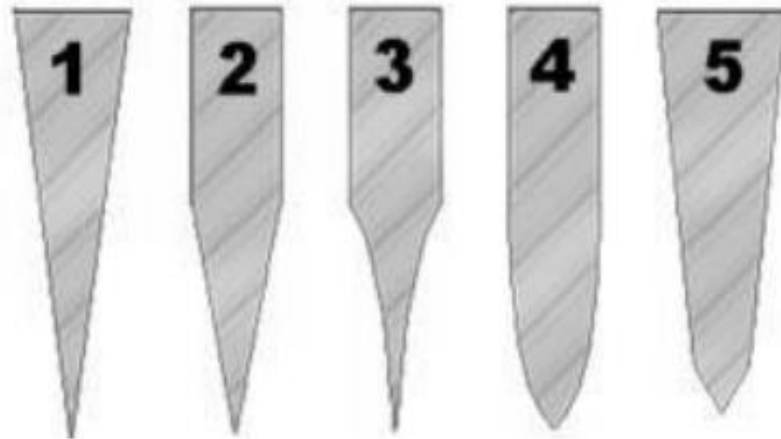


Рисунок 1.15 – Типи плаского клина

Залежно від форми перерізу можна виділити такі основні типи:

1. Прямі грані від корпусу ножа (утворює гострий кут заточення). Ідеально пристосований для різання із-за малого кута ріжучої кромки та плоских спусків. Для нормального різання пристосований погано через тонкість ріжучої кромки.

2. Клинок з прямими гранями ріжучої кромки. Подібний до першого типу ножа, але край утворює більш тупий кут, це дає більшу міцність і зносостійкість, але зменшення якості зрізу.

3. Клинок з увігнутими гранями ріжучої кромки. Використовується де потрібна гострота і тонкість різання, ідеально підходить для поділу плодоовочевої сировини. Виготовлення граней спеціальним циліндричним інструментом.

4. Клинок з опуклими гранями ріжучої кромки. Клинок підходить при рублячих ударах і має особливу міцність з гіршими показниками питомих зусиль різання при розрізанні плодоовочевої сировини.

5. Клинок з прямими підведеннями до ріжучої кромки. Подібний до першого типу ножа і за рахунок утворення підводів ріжуча кромка утворюється тупішим кутом.

У роботі було обрано сукупність ріжучих органів лезових інструментів, зокрема форма ріжучої кромки, підібрана так, щоб мінімізувати втрати соку при проколюванні плода та зменшити концентрацію напруги у різних точках ріжучої кромки

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 22   |

Рациональна форма леза ножа визначається режимом різання та реологічними властивостями матеріалу, що обробляється. Розрізняють симетричне та несиметричне, одно- та двостороннє заточування. У ножах, які використовуються для ковзного різання, кут заточування коливається в діапазоні 10-35°.

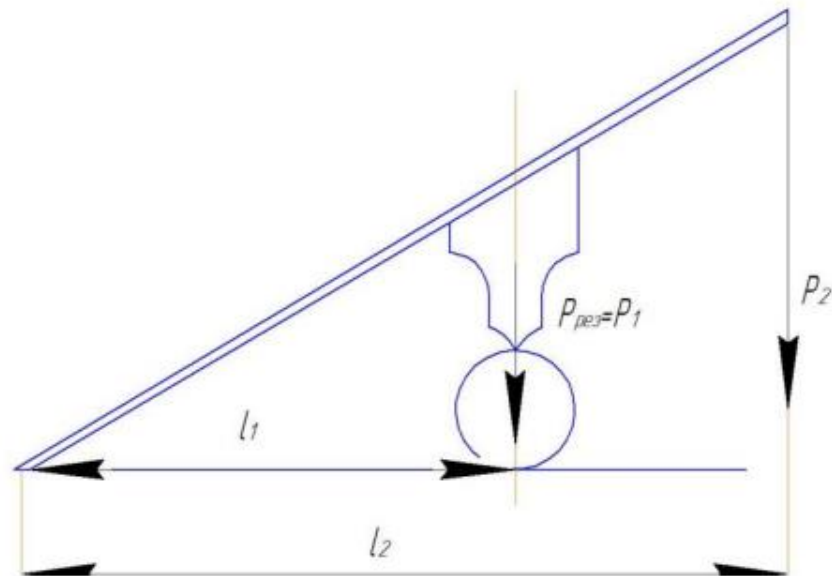


Рисунок 1.16 – Розподіл зусилля різання плода

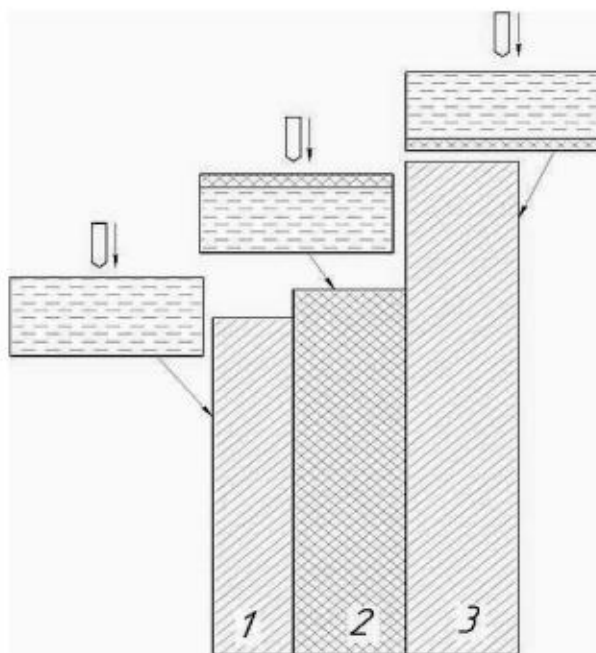


Рисунок 1.17 – Зміна сили різання залежно від плода:  
 1 – в момент розрізання м'якоті; 2 – шкірка на вході плода;  
 3 – шкірка на виході плода

Збільшення зусилля різання приблизно у 50 разів саме при розташуванні шкірки на виході леза ножа із матеріалу, на відміну від випадку, коли шкірка матеріалу знаходиться на вході леза або зовсім відсутня. Шкірка, що розташовується при виході леза формує опір деформуванню плода. На бічній поверхні ножа значно виникає великий тиск і, як наслідок, зростає сила тертя.

На основі аналізу наукових досліджень, основними показниками, що впливають на тонке подрібнення плодоовочевої сировини, є товщина ріжучої кромки, висота робочої грані, вид та кут заточування. Багато в чому експлуатаційні властивості ножів визначаються ріжучою здатністю та зносостійкістю. Мікрогеометрія ножа формується на етапі заточування, задається параметрами абразиву та режимами шліфування, а також твердістю вибраного матеріалу.

Стійкість ріжучої кромки до зламу є однією з найбільш важливою характеристикою ножів. При заданих режимах різання ця характеристика пов'язана з механікою різання і визначається, в основному, параметрами робочого органу. Слід зазначити, що у ряді робіт розрахункові схеми відповідають лише статичним умовам навантаження та при розрахунку стійкості ножів необґрунтовано спрощуються.

Новим завданням для вдосконалення процесу різання плодоовочевої сировини є створення точкового механічного інструменту, який при проектуванні на поверхню матеріалу, що розрізається, дає пляму малого перерізу, умовно – точку. Такий інструмент дозволяє зменшити кількість пружних деформацій на поверхні матеріалу, бо відпадає потреба розрізання соковмісних плодів та овочів ковзним різанням, а зворотно-поступальний рух ножа замінюється рухом із постійною швидкістю.

Подібний інструмент дозволяє значно поєднати переваги механічного інструменту та способів розрізання з використанням лазерних променів, водяних струменів та плазмового різання. Фактично, подібні ріжучі інструменти не вимагають заточування тривалий час. Часто саме число заточок і визначає довговічність ножа та використовується як показник. Виготовлення показаних ножів особливо важливо для різання соковмісних матеріалів з великим опором різання в початковий момент. Еластичний інструмент невеликого перерізу під час роботи схильний до вигину його робочої ділянки, що викликає похибку різання матеріалу.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 24   |



## РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ТА ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПЛОДОВООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

### 2.1 Узагальнена схема різання плодовоовочевої сировини лезом

Під час контакту лезового інструменту та розрізаємого матеріалу необхідно враховувати вибір раціональних режимів різання та оптимальної геометрії ножів, а також характеристики різального апарату і властивості оброблюваного матеріалу.

Стійкістю та жорсткістю оцінюється здатність ножа чинити опір навантаженням у процесі роботи, жорсткість оцінюється прогином робочого органу внаслідок дії бічної сили, а стійкість – це здатністю оболонки зберігати вихідну форму під дією зусилля різання. Великою критичною силою оцінюється статична стійкість, коли оболонка втрачає вихідну форму та випирає убік. Динамічна характеризується додатком сили в процесі різання «виникненням резонансних параметричних коливань ножа», у якому стійкість губиться і збереження прямого ходу стає неможливим.

Лезо набуде вигляду полотна, рис. 2.1 б, з товщиною кромки  $\delta$ , мм. Прямий пластинчастий ніж робить різання матеріалу 2 розтягуванням полотна 1 відповідною поздовжньою силою і в деяких випадках більш успішно, ніж просто лезо, рис. 2.1 а, що має фаски. Процес різання та доцільність застосування фасок знаходяться у вузькій залежності від реологічних властивостей оброблюваного матеріалу. Для пружних матеріалів фаски сприймають від 70% прикладеної сили різання.

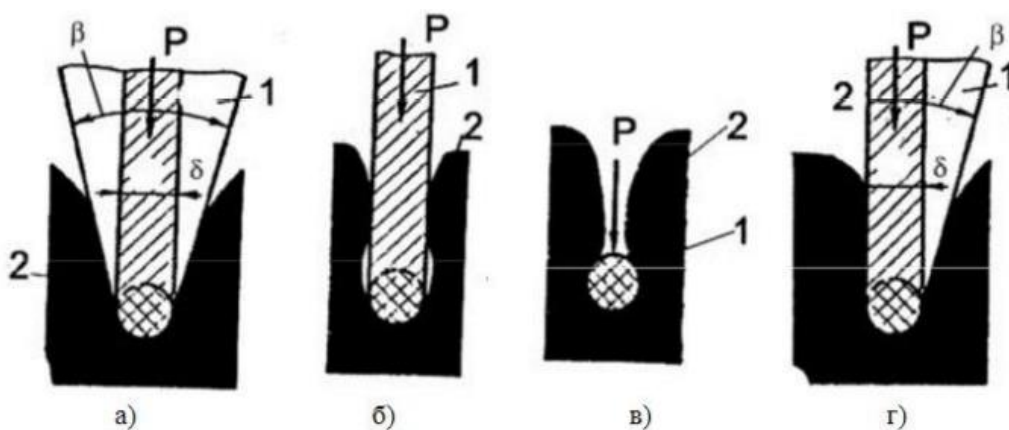


Рисунок 2.1 – Різні види леза: а) – лезо з двома гранями; б) – пряме лезо; в) – лезо-крапка; г) – одностороннє лезо; 1 – ніж; 2 – матеріал; P – сила різання;  $\beta$  – кут загострення;  $\delta$  – товщина леза

|  |            |          |        |         |
|--|------------|----------|--------|---------|
| <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>                                       |            |          |        |         |
| Зм.  | Арк.       | № докум. | Підпис | Дата    |
| Розроб.  |            |          |        |         |
| Перевір.   | Цвіркун    |          |        |         |
| Н. Контр.  | Омельченко |          |        |         |
| Затверд.   | Цвіркун    |          |        |         |
| <b>Удосконалення апарату та процесу різання плодовоовочевої сировини</b> |            |          | Літ.   | Арк.    |
|  |            |          |        | Аркушів |
|  |            |          | 15     | 52      |
| <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>  |            |          |        |         |

Для такого роду матеріалів зусилля різання прямим пластинчастим ножом іноді до 20% більше, ніж лезом із фасками. Фаски у цьому випадку, посилюючи опір кромки леза, розтягують волокнисту структуру матеріалу, що зменшує тиск на край.

Впровадження леза, проекції в точку, що є натягнутий дріт або струна діаметром  $\delta$ , в такому ж матеріалі сильно утруднено віджимаючим впливом матеріалу, який пружно відновлює свій обсяг у розрізі. Значно збільшується зусилля, яке необхідне для різання та дротяний поділ матеріалу стає не працюєдатним, оскільки він, розтягуючись, втрачає прямолінійність.

У практиці прикладом застосування дротяного леза може бути різання масла, мила та інших подібних матеріалів. Фаски леза, таким чином, мають істотне значення для різання упругов'язких матеріалів, вплив фасок збільшується або знижується залежно від реологічних властивостей матеріалу.

Узагальнена схема різання лезом наведена рис. 2.2. Лезо, під дією сили впроваджується в матеріал, що розрізається, і здійснює його поділ своєю ріжучою кромкою або вершиною двогранного кута, утвореного гранями (фасками) леза. У зоні безпосереднього контакту ріжучої кромки з матеріалом утворюється нова поверхня, в результаті тиску вершини леза на матеріал.

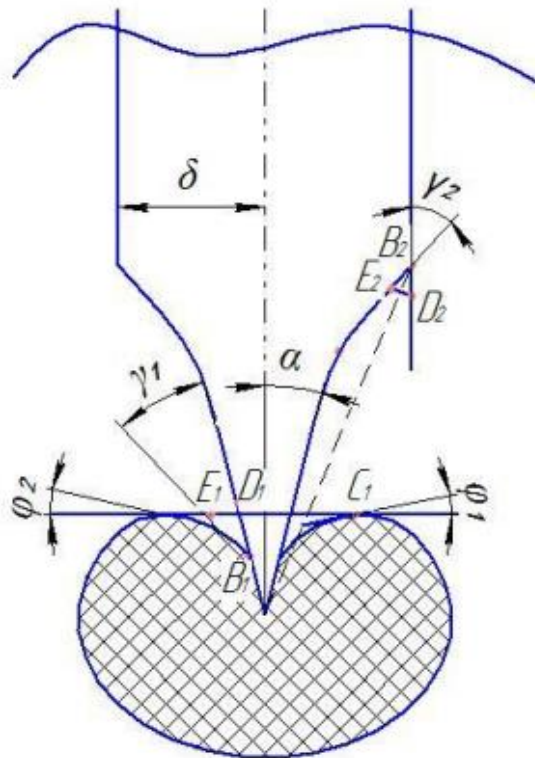


Рисунок 2.2 – Деформація матеріалу під дією леза ножа

У процесі різанні простежується дві зони контакту: зона стиснення ножом шару матеріалу (деформація) (зона А) та зона різання (руйнування) матеріалу, (зона Б) (рис. 2.2). В цьому разі деформація стиснення поширюється на всю товщину матеріалу.

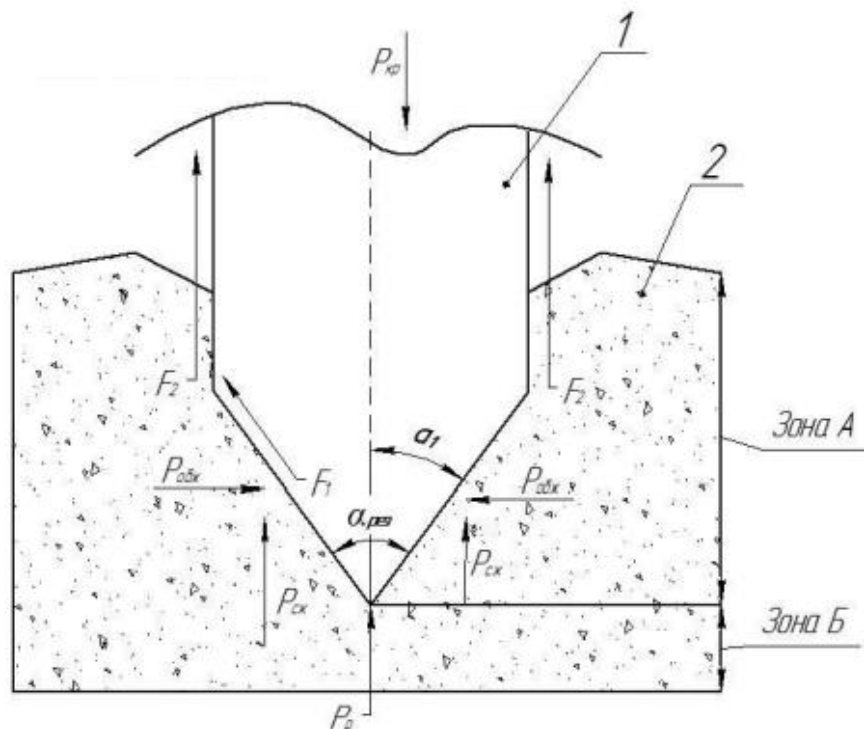


Рисунок 2.3 – Схема сил при взаємодії ножа і матеріалу заточуванням: 1 – площина різання – переріз леза; 2 – матеріал

Робота різанням визначається наступним рівнянням:

$$A = A_{\text{пл}} + A_{\text{упр}} + A_{\text{тр}} + A_{\text{дисп}}$$

де  $A_{\text{пл}}$  – робота, що витрачається на пластинчасту деформацію;

$A_{\text{упр}}$  – робота на пружну деформацію;

$A_{\text{тр}}$  – робота на тертя;

$A_{\text{дисп}}$  – на утворення нової поверхні.

Тоді:

$$A = A_{\text{пл}} + A_{\text{упр}} + A_{\text{тр}}$$

$$A_{\text{тр}} = A_{\text{пп}} + A_{\text{зп}} = \mu \frac{PV}{K_l} + \mu_1 P_1 V$$

де  $A_{\text{пп}}$  і  $A_{\text{зп}}$  – робота тертя на передній та задній поверхні, Дж;

$\mu$  і  $\mu_1$  – коефіцієнти зовнішнього тертя на передній та задній поверхнях інструменту;

$P$  і  $P_1$  – сили, що діють на передню та задню поверхні інструменту, Н;

$V$  – швидкість різання, м/хв;

$K_l$  – коефіцієнт поздовжньої усадки матеріалу.

Для ножів, з різною геометрією, які впливають із узагальненої залежності, можливі такі особливі випадки:

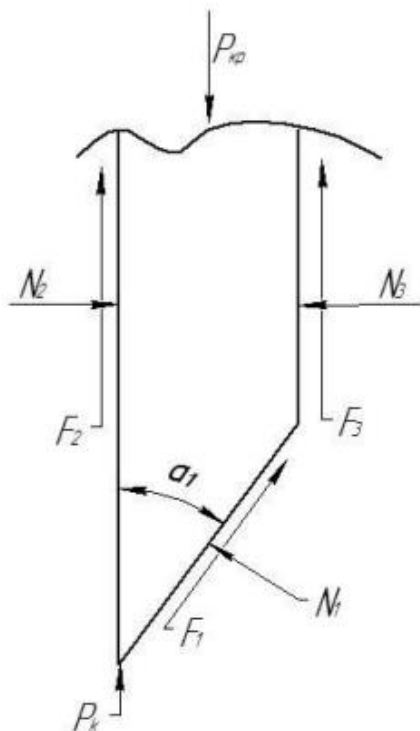


Рисунок 2.4 – Лезо у вигляді одностороннього клина

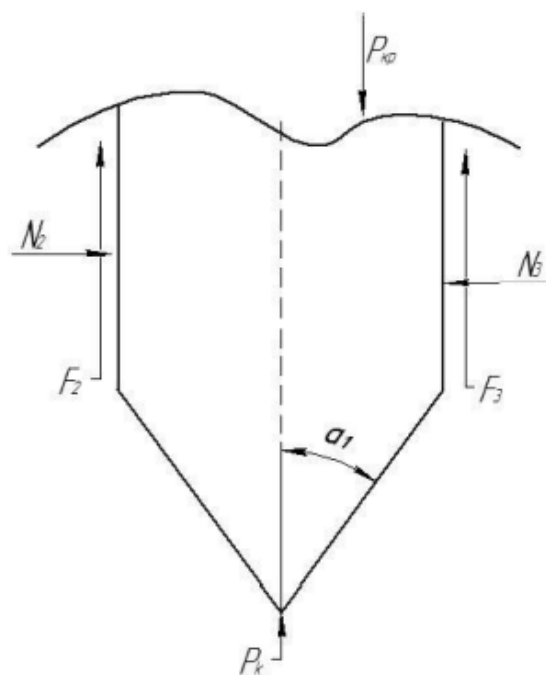


Рисунок 2.5 – Лезо у вигляді симетричного двостороннього клина

При стисканні матеріалу лезом робочого органу при невеликій швидкості подачі, деформація в матеріалі поширюється з тією ж швидкістю, дуже поступово. При високошвидкісному стисканні матеріалу, не рівномірний розподіл деформацій, вони локалізуються поблизу ріжучої кромки.

Як відомо, у пружному стані матеріалу швидкість поширення деформації дорівнює поширенню швидкості звуку. Якщо сила, що діє миттєво та короткочасно, то у матеріалі з пружно-пластичними властивостями область поширення деформацій буде обмеженою.

Наближення швидкостей різання до швидкостей поширення деформації дозволить змінити кількість деформацій і, відповідно, зменшення роботи, як слідство призведе до підвищення виходу продукту та покращення чистоти зрізів.

Проаналізуємо схематичний розріз плода лимона (близький до сферичної форми, рис. 2.6), що відповідає заглибленню ножа в плід, по ширині плода (поперечно).

На ділянці АБ, на початку процесу різання, що становить приблизно, відбувається деформація під впливом впроваджуваного клина. Лезо здавлює область застосування сили і починається одвісне стиснення поверхні матеріалу в площині клина та двовісне розтягування у площині опори.

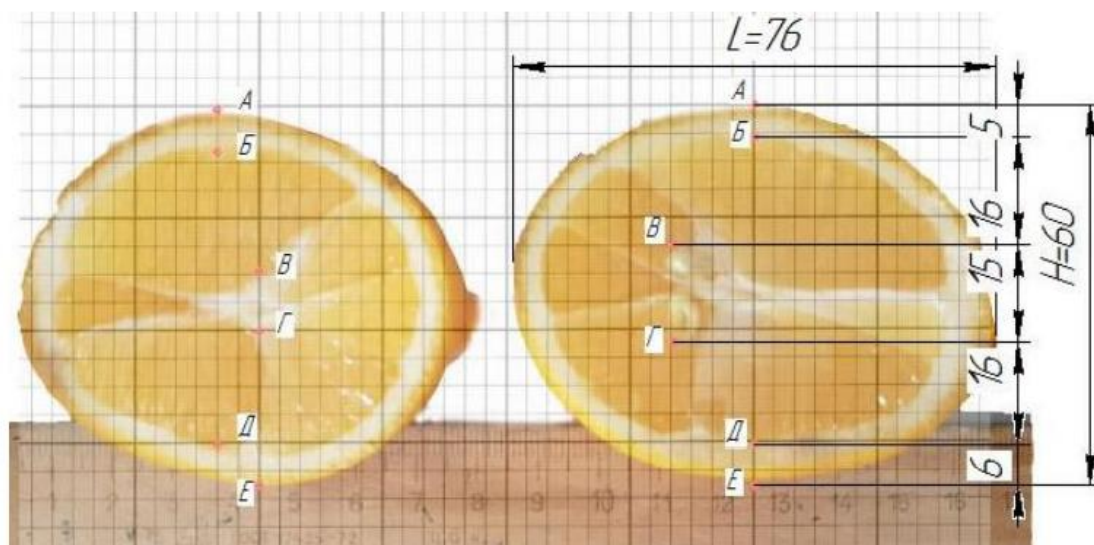


Рисунок 2.6 – Зображення плода лимона у розрізі

Початку процесу поглиблення ножа в матеріал відповідає точка А. На цій ділянці АБ, він відповідає шкірці лимона, відбувається ущільнення шаром та концентрація напруг (деформація) під кромкою лезового інструменту. Під зосередженим навантаженням відбувається вдавлення робочого леза в поверхню лимона і відбувається стиск у площині ножа. Верхня частина плода трохи прогинається і утворюється западина під лезом ножа. Як було сказано раніше область поширення деформаційних змін залежить як від властивостей та структури самого матеріалу, так і, наприклад, від режиму різання та геометричних властивостей робочого інструмента. Час зберігання також впливає на деформацію плода, тому що відбувається зморщування шкірки плода та подальша зміна суміші м'якоти на користь підвищення пластичних властивостей, так і від параметрів процесу.

В результаті верхній шар матеріалу злегка прогинається і утворює западину під лезом. Розподіл цих деформацій залежить від структури та властивостей плодової та рослинної сировини, а також від режиму різання та конструктивних особливостей робочого інструмента. Нижній шар матеріалу або м'якуш плода ущільнюється. У цей час опору матеріалу мало, зростання сили  $P$  мало спостерігається. Відносна деформація стиснення плода лимона під вістрям ножа незначна. На ділянці БВ, коли клин леза розрізає матеріал, зусилля  $P$  та загальна деформація матеріалу зростають, а швидкість деформації стиснення під вістрям леза зменшується. Шар шкірки, розташований під кромкою леза, починає ущільнюватись і переміщатися за бічними похилими краями леза. Наслідком цього є ізоляція соку, руйнування вакуолей лимона та ущільнення матеріалу.

Ущільнюються сильніше середні шари плода. Зростання зусилля  $P$  практично не спостерігається через незначний опір структури плода. Деформація шарів матеріалу так само мала. У середньому розмір області АБ, порівняно загального розміру плода, становить 6 мм або 0,3% від загального діаметра лимона. Подальше використання леза ножа в плід лимона (ділянка БВ) – напруженість збільшується спостерігається зростання зусилля  $P$ , у точці

досягається перший максимум (критичне значення сили ( $P_{кр}$ )). Відносна та загальна деформація стиску мінімальна. Сильніше ущільнюються верхні шари структури матеріалу У якийсь момент показники зминання, стиснення та розтягування досягають своїх максимальних величин і верхні шари плода починають руйнуватися, а лезо ножа далі проходитьиме в структуру. В цю мить відбувається процес різання плода.

Розмір області БВ змінюється в межах від 17 до 27,2% за середнього 23% щодо загального розміру плода. Через особливості будови плода лимона необхідно відзначити область ВГ (внутрішня м'якоть, насіння, насіння камери), які заснують додатковий опір ножа вглиб структури плода.

Щодо загального розміру, область ВГ змінюється в межах від 4,5 до 15,5 % при середньому 9%. Враховуючи сказане, можна виділити основні фактори, що впливають на зусилля різання плоду лимона: швидкість різання в шарі матеріалу, зсув ножів щодо осі різання плоду лимона, коефіцієнт тертя матеріалу о лезовий інструмент, а також необхідність враховувати можливість попадання твердих кісточок плода при розрізанні.

На ділянці ВГ діаграми зростання зусилля  $P$  інтенсивно збільшується, досягаючи максимуму в точці Г (критичного значення). Відносна деформація стиснення при цьому мінімальна. На цій ділянці об'ємна деформація зростає незначно. У матеріалі спостерігається інтенсивне ущільнення структури. Це продовжується до тих пір, поки шкірка лимона не починає руйнуватися. Стан напруженості досягає свого граничного значення і лезо розрізає матеріал. Шари матеріалу починають проштовхуватися і переміщатися убік, ущільнюючись до моменту розриву нижнього шару матеріалу. Процес руйнування матеріалу відбувається послідовно.

При подальшому зануренні леза в перерізі ГД відзначається падіння сили. На даній ділянці процес розрізання неоднорідного плоду значно відрізняється від різання однорідного матеріалу.

У перерізі ДЕ зусилля зростає. Однак сила в точці Е буде трохи меншою чим сила у точці Ф. На даній ділянці відбувається кінцевий поділ шкірки плоду. Починається використання клина в шар м'якоті плода.

На ділянці БВ руйнування плодів лезом відбувається під дією стискаючого зусилля, подальше впровадження леза збільшує руйнівну дію матеріалу. Міцність матеріалу досягає максимуму в точці Г, відбувається руйнування матеріалу.

## **2.2 Конструкція апарату для різання плодоовочевої сировини на частини**

Існує чимало конструкцій пристроїв для подрібнення різних матеріалів. Принцип дії більшості подрібнювального обладнання заснований на використанні ударного різання. Такий вплив на матеріал підходить виключно для дроблення, розмелювання твердого матеріалу.

Розглянемо пристрій подрібнювача (рис. 2.7). Послідовно встановлені конструкції робочого органу у напрямному циліндрі дозволяють досягти необхідної кількості частин готового продукту.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                                    | 30   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |

Для розрізання плодоовочевої сировини на кілька частин необхідно попередньо задати заздалегідь певну кількість частин. Даний пристрій може успішно застосовуватися в області комунального харчування.

Найбільш близьким до запропонованого пристрою є конструкція для різання на частини плодів та овочів автоматичних соковитискачів фірми ZumeX. Пристрій застосовується для подрібнення плодоовочевої сировини консервної промисловості та у сфері громадського харчування, наприклад для приготування смузі.

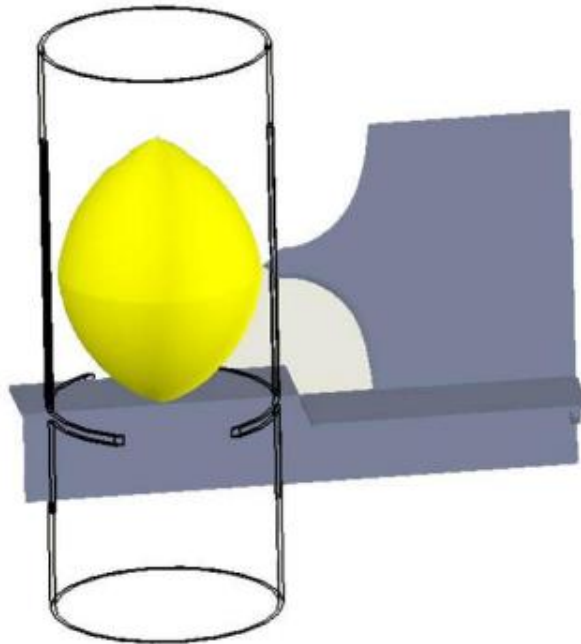


Рисунок 2.7 – Пристрій для різання на частині плодоовочевої сировини

Апарат включає опорні поверхні та сполучений ножовий вузол. Розрізання плодоовочевої сировини здійснюється за рахунок впливу на них опорних поверхонь, виконаних у вигляді півсфер з деяким зазором, в якому нерухомо встановлений ножовий блок. Матеріаломісткість та складність виконання відносяться до недоліків зазначеного вузла. Для виключення зминання плода при різанні обертання опорних поверхонь має бути суворо узгодженим. Крім того, обов'язкове одночасне використання обох половинок розрізаного фрукта чи плода. Інакше накопичується цінна невикористана харчова сировина, яка пізніше потрапляє у відходи.

Основна мета пристрою – підвищити продуктивність та рівень автоматизації технологічного процесу.

Апарат для різання на частини плодоовочевої сировини, близький до сферичної форми, містить опорну поверхню у вигляді циліндра з наскрізним хрестоподібним вирізом, даний виріз служить напрямною для різання, а також вертикальний 1 та горизонтальний паз 2, ножовий блок 3. Блок ножів 3, виконаний у вигляді пластини з опорними полицками 4, розташований у вертикальній канавці 1. Полички розташовані співвісно з канавкою поперечного вирізу 5. Загальна довжина блоку ножа, ширина ріжучої частини леза ножового блоку, довжина та ширина кожної полички виконані з

геометричними розмірами, пов'язаними з радіусом плода наступними співвідношеннями:

$$b = (2.0 \div 2.1)R;$$

$$L = (4.0 \div 4.5)R;$$

$$l = (2.0 \div 2.1)R;$$

$$a = (0.3 \div 0.4)R.$$

де  $R$  – радіус плода, мм;

$L$  – довжина ножового блоку, мм;

$b$  – ширина ріжучої частини леза ножового блоку, мм;

$l$  – довжина кожної з опорних полицок;

$a$  – ширина кожної з опорних полицок.

Крім того, воно може містити кілька пар опорних площин і ножових блоків, розміщених послідовно вздовж однієї вертикальної осі, причому кожна наступна площина різального леза ножового блоку зміщена щодо попередньої на кут і визначається співвідношенням:

$$\alpha = \frac{360}{n}$$

де  $n$  – кількість нарізаємих частин плоду.

Підвищення ефективності різання на частини плодоовочевої сировини близької до сферичної форми досягається виключенням елементів, що обертаються, тим самим значного спрощення конструкції. Центрування плодів суттєво спрощується за допомогою опорної поверхні у вигляді циліндра. Точне налаштування щодо центру продукту, що розрізається, забезпечує наскрізний хрестоподібний виріз, у вертикальний паз якого розміщується ножовий блок.

Виконання ріжучого інструменту у вигляді пластинчастого ножа, з співвісно розташованими горизонтальними опорними полицками, спрощує зворотно-поступальне переміщення руху ножа. Загальна довжина та ширина ножового блоку знаходяться у тісній залежності з радіусом плода.

Принципова схема пропонованого пристрою зображена на рис. 2.8. При різанні плодоовочевої сировини на дві частини пристрій працює, наступним чином: перед початком процесу різання лезовий інструмент знаходиться в крайньому правому положенні, опорна полицка 4 перекриває внутрішню порожнину циліндра, і ріжуче лезо при цьому знаходиться в створі з вертикальним пазом.

|     |      |          |        |      |                             |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                             | 32   |



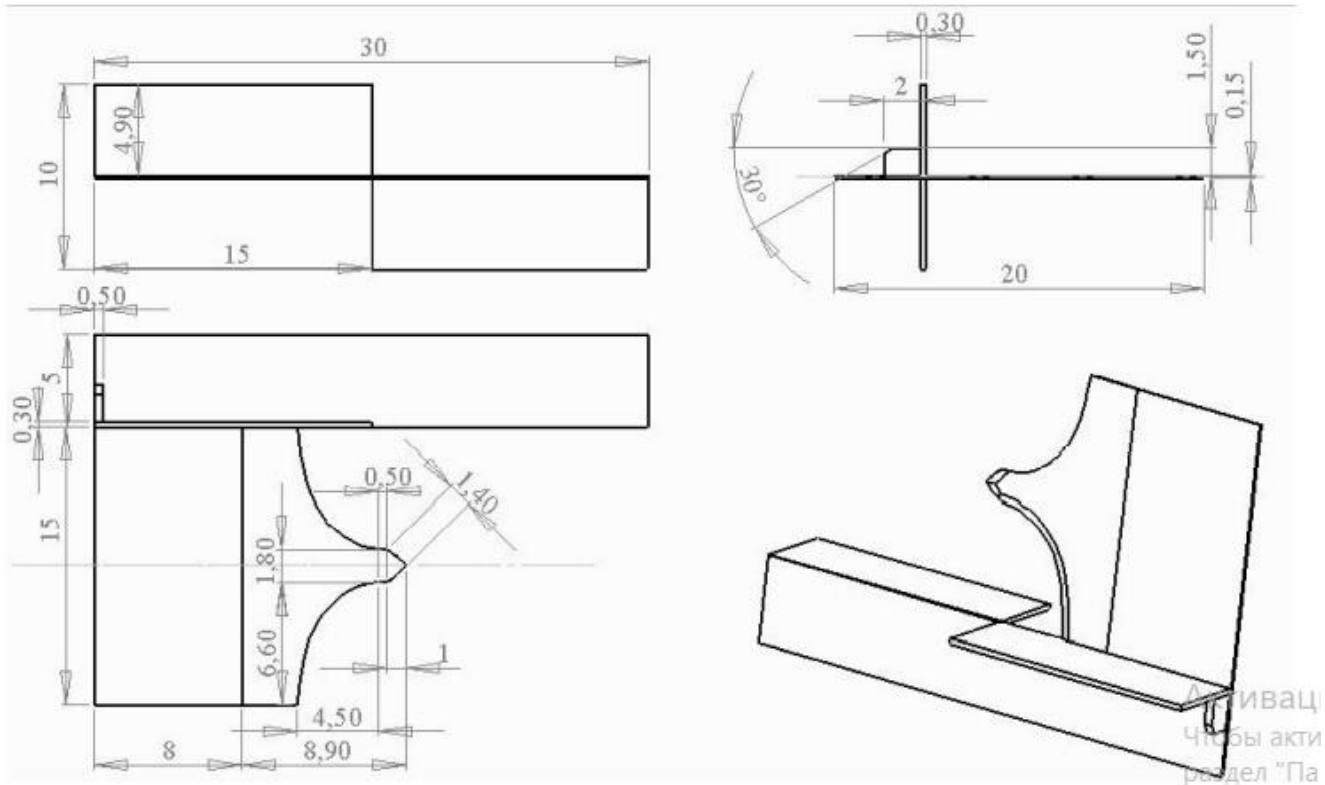


Рисунок 2.8 – Пристрій для різання плодоовочевої сировини на частини

Під впливом сили тяжіння плодова та рослинна сировина потрапляє в опорний циліндр із резервуару (не показано на кресленні). При подачі (поступальний рух ножового блоку 3) по горизонтальному пазу 2 ріжуча кромка леза ножового блоку 3 розрізає фрукт або овоч навпіл. Блок ножа знаходиться в крайньому лівому положенні, а ліва опорна полиця 4 звільняє прохід для розрізаної половини плодоовочевої сировини та потрапляє в апарат для подальшої обробки.

Опорна полиця 5 у цей момент підтримує іншу відрізану половинку матеріалу. Переміщуючись зліва направо ножовий блок звільняє прохід для раніше відрізаної половинки, що лежить на опорній полиці 5 і вона просувається на переробку. Потім процес повторюється. Той же процес може відбуватися з готовими половинками фруктів або овочів, коли кілька пар опорних циліндрів та блоків ножів послідовно розташовані вздовж однієї вертикальної осі. Описана конструкція для різання фруктів та овочів дозволяє удосконалювати процес нарізання плодоовочевої сировини.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку параметрів апарата для різання на частини

| Показники                       | Умовні позначення | Розмірність | Вихідні данні |
|---------------------------------|-------------------|-------------|---------------|
| Довжина лезового інструменту    | l                 | мм          | 110           |
| Поворотно-поступальний хід ножа | h                 | мм          | 60+/-10       |

|   |           |       |                   |
|---|-----------|-------|-------------------|
| Товщина лезового інструменту            | $\delta$  | мм    | 2                 |
| Ширина плоду                            | $H_1$     | мм    | 60                |
| Частота обертання двигуна               | $n$       | об/хв | 110               |
| Коефіцієнт тертя продукту об ніж        | $f$       | -     | 0,5               |
| Модуль пружності плода                  | $E$       | Па    | $10,3 \cdot 10^6$ |
| Питомий опір продукту різання           | $q_b$     | Н/м   | 660               |
| Коефіцієнт використання довжини різання | $\varphi$ | -     | 0,8               |

Знаходимо швидкість просування продукту через ножову стінку:

$$V_0 = \frac{0,06 \times 110}{60} = 0,11 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Питомий опір продукту різання:

$$q_b = \frac{40}{0,06} = 660 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

Зусилля, спрямоване на розрізування ножовою стінкою:

$$P_1 = 660 \times 0,11 \times 0,8 = 58 \text{Н};$$

Сила тертя продукту о лезовий інструмент, Н:

$$P_2 = \delta_{\text{сж}} F f = \delta_{\text{сж}} E l h_1 f \varphi;$$

$$P_2 = 0,002 \times 10,3 \times 10^6 \times 0,06 \times 0,11 \times 0,5 \times 0,8 = 54,3 \text{ Н};$$

Визначаємо потужність електродвигуна, кВт:

$$N_3 = \frac{(P_1 + P_2) V_0}{1000 \times \eta}$$

де  $\eta$  – КПД всього механізму, будемо вважати 0,7.

$$N_3 = \frac{(58+54,3)0,11}{1000 \times 0,7} = 0,12 \text{ кВт}$$

### 2.3 Оптимізація форми ріжучої кромки лезового інструменту

Використання тонкого пластинчастого ножа для різання плодоовочевої сировини з точки зору зниження енергоємності процесу розрізання, зниження втрат соку при роздавлюванні м'якого та цитрусового плоду та автоматизації роботи різального обладнання, підбір раціональної форми ріжучої кромки лезового інструмента має дуже гостре значення.

В апараті для різання на частини плодоовочевої сировини, як робочий інструмент, запропонований пластинчастий ніж із формою у вигляді двостороннього клину та торцевою частиною із загостреним двостороннім заточенням (рис. 2.9).

Матеріал розташовується на жорсткій підставі 1, в яку входить торець ножа 2. Передбачається, що для зменшення питомого зусилля різання і, як наслідок, зменшення енергоємності процесу різання плодоовочевої сировини, необхідно оптимізувати форму прямого ножа-клину з одностороннім заточуванням. Плаский спуск повністю утворює практично «чистий» клин. Він і функціонує акуратно, розділяючи розсікаємий матеріал з незмінним, не залежним від глибини розрізу зусиллям.

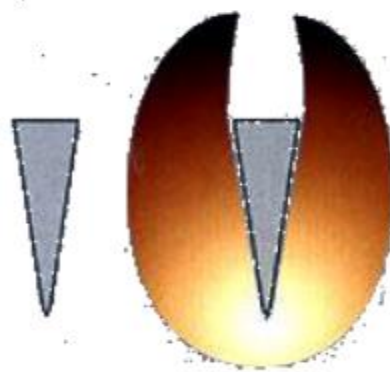


Рисунок 2.9 – Схема руху прямого клина у матеріалі

Сила, яка необхідна для відділення матеріалу, що розрізається, зростає доти, доки ніж повністю не зануриться в нього (за рахунок збільшення поверхні тертя між краєм ножа). Коли вся ширина леза вже поринула в матеріал і вся бічна поверхня вже доторкнулася з матеріалом, опір розрізу більше не збільшується і залишається незмінним незалежно від глибини зрізу. Більш того, для даного матеріалу при відповідній ширині ножа воно буде мінімальним, кут ріжучої кромки можна вивести порівняно гострий. Пласкі бічні грані клина врівноважують його рух у матеріалі, що розрізається, і допомагають утримувати заданий напрямок у точній площині розрізу.

Увігнутий спуск (рис. 2.10), завдяки бічним паралельним поверхням клина, показує найменший опір при різанні, за рахунок найменшої поверхні тертя між кромкою ножа і матеріалом, що розрізається.

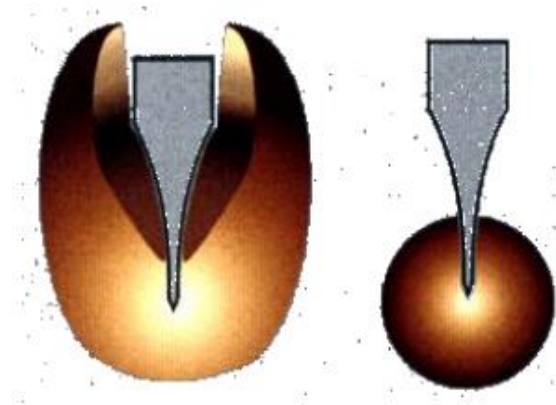


Рисунок 2.10 – Схема руху клина з увігнутим спуском у матеріалі

Максимальне стиснення матеріалу відповідає максимальній силі додатку, тому визначити величину сили різання на кромці можливо по формулі:

$$P_{кр} = \gamma P_{рез}$$

де  $\gamma$  – загальне зусилля, яке припадає на ріжучу кромку.

Слід зазначити, чим більші втрати, тим більше деформація плода, а отже нижча ефективність різання для даного виду матеріалу. На час розрізання впливають тривалість зберігання, конкретні властивості плодоовочевої сировини (щільність, товщина шкіри, реологічні властивості) та прикладена сила різання, яка необхідна для подолання контактної напруги матеріалу до повного його розрізання.

Також на час розрізання впливають: температура плода, конкретні властивості плода лимона (щільність, товщина шкіри) і необхідна сила різання, яка потрібна для розрубання на частини.

У ємність для подрібнення послідовно опускали лимон, фіксуючи його у циліндрі, потім проводили розрізання плода ножом. До різання плоди охолоджувалися або підігрівалися до заданої температури. Здійснювався пуск ножа із заздалегідь встановлюваною заданою частотою руху ножа, задля вивчення залежності сили різання від геометричних параметрів лезового інструменту (кута заточування леза інструменту, товщини та міцності матеріалу): встановлюємо ножовий блок із визначеними кутом заточування і товщиною, спеціальний паз блоку циліндра, знаходимо масу вантажу  $m_f$  кг, необхідну для розрубання одного плода на частини. Далі, знаючи діаметр даного плода, використовуючи штангенциркуль або мікрометр, за формулою визначаємо експериментальне питома зусилля різання  $P_{уд}$ , Н:

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 36   |

$$\vec{P}_1 = \frac{(m_{\Gamma} l_2)}{l_1}$$

де  $m_{\Gamma}$  – маса використаного вантажу, Н;

$$m_{\Gamma} = m_2 g$$

де  $m_2$  – вага, прикладеного вантажу, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння ( $g=9,81$ ), м/с<sup>2</sup>

Таблиця 2.2 – Характеристика досліджуваного об'єкту для різання

| Фруктовоовочева сировина | Щільність | Маса   | Вид поперечного перерізу            | Геометричний розмір плода |         |
|--------------------------|-----------|--------|-------------------------------------|---------------------------|---------|
|                          |           |        |                                     | Діаметр                   | Довжина |
| Лимон                    | 776,6     | 70÷94  | Овал, поверхня близька до сферичної | 40÷60                     | 60÷90   |
| Ківі                     | 550-620   | 70-106 |                                     |                           |         |
| Помідор                  | 580 - 630 | 80-126 |                                     |                           |         |
| Картопля                 | 1180      | 80-120 |                                     |                           |         |
| Яблоко                   | 520-550   | 85-110 |                                     |                           |         |

Активация Wi  
Чтобы активировать

$$\vec{P}_{рез} = \frac{\vec{P}_{рез}}{\cos\beta}$$

де  $\beta$  – кут різання, град.

$$\vec{P}_{удэ} = \frac{\vec{P}_{рез}}{d_n}$$

де  $d_n$  – діаметр плода, мм.

Необхідно зазначити, що збільшення тиску на вістрі леза ножа може призвести до викривлення поверхні леза, що спричинить поломку леза, а також деформації плода та втрати соку лимона, а також у слідстві збільшення сил тертя значних енерговитрат. Найменша сила опору руху леза виникає під час розрубання плода.

У ємність для подрібнення послідовно опускали лимон, ківі, яблуко, томат і картоплю, фіксуючи його в циліндрі, потім встановлювався ніж з певною формою та кутом заточення, проводили розрізання плода ножем. Здійснювався пуск ножа із заздалегідь встановленою заданою частотою руху.

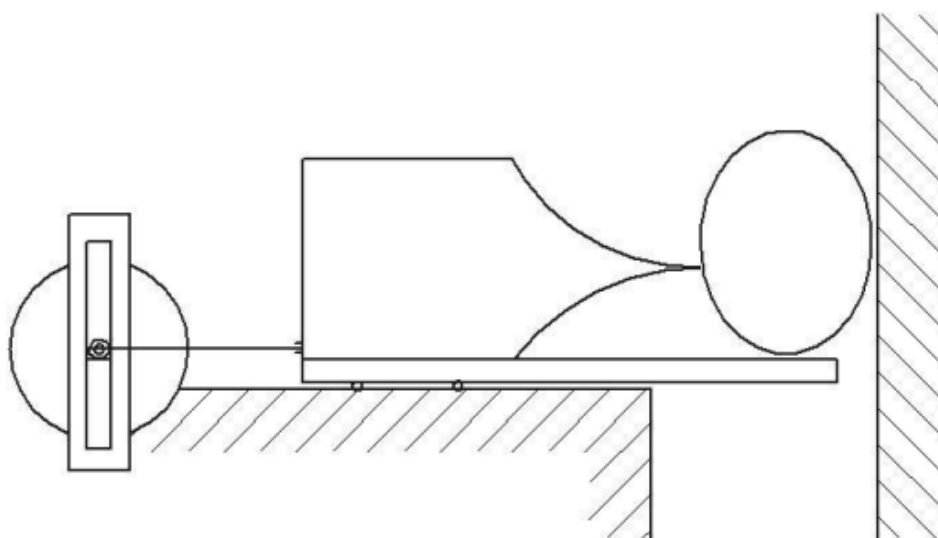


Рисунок 2.11 – Схема установки для різання плодовоовочевої сировини на частини

Встановлюємо ножовий блок з визначеними кутом заточування і товщиною в спеціальний паз блоку циліндра, встановлюємо масу вантажу  $m_f$  кг та визначаємо необхідне зусилля для розрубання одного плода на частини, потім порівнюємо з іншими формами лезового інструменту.

Були використані такі форми ріжучого інструменту (рис. 2.12-2.14)

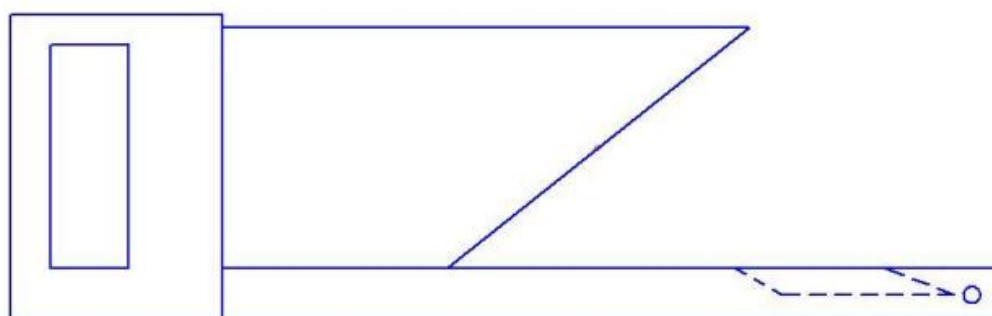


Рисунок 2.12 – Форма ножа у вигляді одностороннього клина

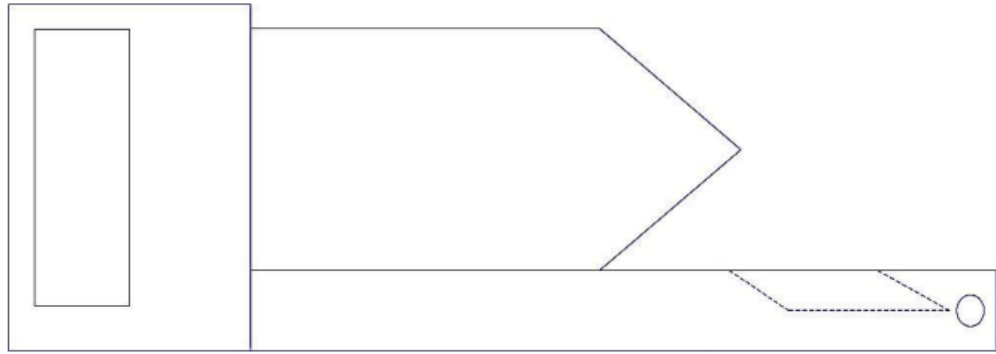


Рисунок 2.13 – Форма ножа у вигляді прямого клину

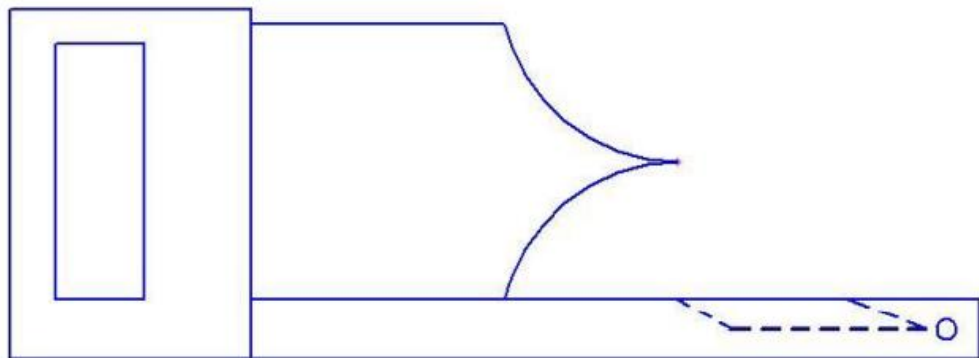


Рисунок 2.14 – Форма ножа з увігнутими спусками

При різанні плодоовочевої сировини, а саме плодів citrusових із традиційною формою пластинчастим ножом, відбувається значне порушення клітинної структури матеріалу в зоні руйнування та рясного виділення соку. При різанні за допомогою вигнутої форми ножа порушення цілісності структури плода мінімальне, а, отже, соковиділення незначне або зовсім відсутнє. Різання здійснюється шляхом поступального руху пластинчастого ножа з двостороннім заточенням і через ніж, з оптимізованою формою, обидва ножі розташовувалися в одній площині з плодом.

## РОДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 3.1 Захист від шуму та вібрації на виробництві

Для захисту роботи подрібнювального апарату від несприятливих шумових факторів, при проектуванні приводу необхідно враховувати організаційні, технічні та медичні аспекти.

Численні дослідження показали, що тривалий вплив шуму на людину може вплинути на її здоров'я. Надмірний вплив шуму впливає не тільки на втрату слуху. Людські слухові апарати – це лише двері, через які шум проникає в організм і впливає на центральну нервову систему організму. У повсякденному житті та роботі людина «звикає» до шуму, і їй здається, що шум їй не заважає. Однак, це враження вводять в оману – насправді шкідливий вплив шуму зберігається незалежно від того, звертають люди на нього увагу чи ні. Причому, іноді це залежить не від ступеня і тривалості впливу шуму, а більше від стану людини в певний період часу. Шум не тільки знижує працездатність, продуктивність і якість людської праці, він також знижує її безпеку. Найефективнішим способом боротьби з шумом є організація правильного налагодження та роботи обладнання за допомогою технічних та проектних заходів щодо зниження шуму від джерела.

Для зниження шуму підшипника ковзання шатун гільзи повинен бути виготовлений з капролона, тому шум знижується на 12 децибел.

Якщо контактний пристрій виготовлено з чавуну, а не зі сталі, рівень шуму знизиться на 3 ... 4 дБ. І шестерні також видають різний рівень шуму. Похилі шевронні зубці створюють низький рівень шуму.

Правильна посадка та змащення підшипників зменшать шум. Низький рівень шуму підшипників ковзання.

Основними вимогами до звуко- і звукоізоляційних матеріалів є вологостійкість, біологічна стійкість, яка повинна відповідати всім санітарно-гігієнічним нормам і зберігати свої властивості при тривалій експлуатації.

Для гасіння та локалізації вібрацій використовуються вібропоглинаючі матеріали – жорсткі та м'які листи з ПВХ та поліетилену, гумові листи, бітумні та полімерні клеї, включаючи каучук, епоксидну смолу тощо. До звукоізоляційних матеріалів в основному належать еластичні матеріали: напівтверді мати з мінеральної вати та синтетично-волокнисті плити; скловолокнисті плити, мати і рулони; деревоволокнисті ізоляційні плити; плити з пластифікованого пінополістиролу; ДВП на портландцементі; річковий пісок, паливний шлак.

|                  |                   |                 |               |             |  |                                 |             |                |
|------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------|--|---------------------------------|-------------|----------------|
|                  |                   |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>                                       |                                 |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>       | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |                                 |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |                   |                 |               |             | <b>Удосконалення апарату та процесу різання плодовоовочевої сировини</b> | <i>Літ.</i>                     | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  |                                 | 4           | 52             |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Омельченко</i> |                 |               |             |  | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |             |                |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  |                                 |             |                |



Шум вібрації можна зменшити, якщо встановити бар'єр, обернувши вібраційну машину пластиковою або гумовою кришкою. А також через спеціальне змащування деталей.

Звукоізоляція – це комплекс заходів щодо зниження рівня шуму, що надходить у приміщення ззовні.

Зниження шуму завдяки звукоізоляції здійснюється за рахунок використання акустичних матеріалів. Ефективність звукоізоляції характеризується коефіцієнтом відображення, який чисельно дорівнює частці акустичної енергії, відбитої від поверхні огорожі, що ізолює джерело шуму. Найпоширеніші способи звукоізоляції включають використання акустичних огорожень і кабін; збільшення маси перешкод; поділ легких будівельних конструкцій на окремі секції з суцільними повітряними проміжками; усунення або зменшення жорстких з'єднань між елементами. Акустичні кожухи охоплюють найгучніші машини та механізми, локалізуючи джерела шуму. Внутрішню поверхню стіни огорожі рекомендується обшивати звукопоглинаючим матеріалом. Для машин, що виробляють тепло, корпус оснащують вентиляцією з глушителем.

При поетапному виробництві рівень шуму завжди необхідно вимірювати. Персонал повинен бути ознайомлений з технікою безпеки та вживати заходів щодо звукоізоляції.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) застосовуються в тому випадку, якщо іншими способами забезпечити допустимий рівень шуму на робочому місці не вдається.

Принцип дії ЗІЗ – захистити найбільш чутливий канал впливу шуму на організм людини – вухо. Застосування ЗІЗ дозволяє попередити розлад не тільки органів слуху, а й нервової системи від дії надмірного подразника.

ЗІЗ включають в себе протишумові вкладиші (беруші), навушники, шоломи і каски, спеціальні костюми. Однак для того, щоб ЗІЗ були не просто захисними засобами, людина повинна мати можливість вибрати для себе конкретні засоби захисту.

Ефективність усіх протишумових пристроїв, включаючи навушники проти шуму та затички для вух, є найкращим засобом в області високих частот, де вона найбільш шкідлива і неприємна для людини.

Шум може порушити нормальну роботу шлунка, розлади центральної нервової системи. Для забезпечення прийнятних параметрів шуму в приміщенні проектом пропонуються колективні засоби захисту: акустика, архітектура та планування, а також організація та технологія.

Засоби боротьби з шумом за кількістю людей, на яких вони орієнтовані, поділяються на засоби індивідуального захисту та засоби колективного захисту. Для зменшення шуму в приміщенні необхідно:

- покривати стелі та стіни, безпосередньо біля джерела шуму, звукопоглинаючими матеріалами, використовувати підвісні звукопоглиначі.
- щоб усунути шум вентиляції, слід використовувати малошумний вентилятор.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                                    | 41   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |

Таблиця 3.1 – Рівень звукового тиску

| Характер робіт                                  | Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      |
|---|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|   | 32   | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Постійні робочі місця в промислових приміщеннях | 107  | 95 | 87  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   |

### 3.2 Штучне та природне виробниче освітлення

Правильне освітлення є одним з головних факторів створення хороших умов праці. Недостатнє освітлення може спричинити передчасну втому працівників, знизити продуктивність праці та потенційно призвести до нещасних випадків.

При виборі і розрахунку освітлення керуються нормами проектування виробничого освітлення, в яких задаються як кількісними (величина мінімальної освітленості), так і якісними характеристиками (показник засліпленості і дискомфорту, глибина пульсації освітленості), штучного освітлення.

Найбільш поширені три типи джерела світла: лампи розжарювання, люмінесцентні лампи і газорозрядні лампи високого тиску. Перевага ламп розжарювання полягає в тому, що вони включаються в мережу без додаткових пускових пристосувань. Однак мають відносно низьку світлову віддачу. Газорозрядні лампи високого тиску відрізняються високою світловою віддачею і компактністю, однак, мають складну схему включення і невисокий термін служби.

Електроосвітлення забезпечує рівномірну освітленість не менше 100 лк. Застосування відкритих електричних ламп не допускається. Спостереження за станом світильників покладається на осіб, виділених для цієї мети.

### 3.3 Протипожежна безпека

У багатьох випадках недотримання правил техніки безпеки призводить до вибухів і пожеж. Кожне підприємство знаходиться під постійним наглядом пожежної охорони, яка веде контроль за виконанням пожежних норм і правил, а також забезпечує гасіння вогню. Спільно з керівниками цехів, дільниць, відділів керівництво пожежної частини розробляє інструкції про протипожежні режими.

До засобів пожежної безпеки належать:

- а) застосування засобів пожежної сигналізації;
- б) застосування засобів пожежогасіння;
- в) організаційні заходи.

Засоби з пожежогасіння та їх кількість наведено в табл. 3.2.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 42   |

Таблиця 3.2 – Засоби з пожежогасіння

| Приміщення | Площа,<br>м <sup>2</sup> | Вуглекислі<br>вогнегасники ручні<br>(ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8),<br>шт. | Пінні<br>вогнегасники<br>(ОХП-5), шт. | Бочка з водою<br>місткістю не менш<br>0,2 м <sup>3</sup> . |
|------------|--------------------------|--|---------------------------------------|--|
| В          | 500                      | 1  | 4                                     | 2  |

Вогнегасники перебувають в спеціально відведених для них місцях.

Для пожежної сигналізації передбачений тепловий оповіщувач АТІМ – 1, у якому замикання контактів відбувається внаслідок теплової деформації біметалічної пластини. Він працює за температури 60°C і має розрахункове обслуговування до 15 м<sup>2</sup>. Крім того в цеху встановлено кнопковий оповіщувач ручної дії, кнопка якого захищена склом, щоб уникнути випадкового натискання.

В якості організаційних заходів передбачено також проведення протипожежного інструктажу і призначення відповідальних осіб, що стежать за справним станом і постійною готовністю засобів пожежогасіння і сигналізації.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 42   |

## ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена удосконаленню апарату та процесу різання плодоовочевої сировини. Зазначено, що у харчовій промисловості часто виникає необхідність різання на частини плодів та овочів, що мають неоднорідну структуру. Збереження цінних харчових речовин в оброблюваних продуктах безпосередньо залежить від кількості втрати соку. Частково ця проблема вирішується при зменшенні ступеня зминання плодів та овочів, за рахунок більш ефективного контакту ріжучої кромки ножа з поверхнею продукту, що підлягає обробленню.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд процесу різання плодоовочевої сировини, типи різання лезом, головні геометричні параметри леза. Зауважено, що різання – це обробка матеріалу з метою поділу на кілька частин, що здійснюється підібраним різальним інструментом, причому, плодоовочевій сировині надається потрібна форма, встановлений розмір та якість зрізу поверхні. Кожен продукт за допомогою робочого інструменту повністю поділяється на дрібні шматочки без будь-яких відходів.

У харчовій промисловості головним чином застосовуються процеси дроблення, подрібнення та розрізання на частини, які безпосередньо впливають на якість сировини та готової продукції. На сьогоднішній день у процесі подрібнення плодів та овочів для досягнення необхідного розміру, форми та безпосередньо отримання соку здійснюється в основному за допомогою соковитискачів, дробарок, блендерів, нерухомих решіток або дискових ножів, що повільно обертаються при постійній подачі сировини.

Для тонкого подрібнення харчової сировини застосовують ріжучі машини: емульситатори – машини з різальним механізмом, так званим ніж-решітка; машини, ріжучий механізм яких є ножем, кромка якого є криволінійною; машини, ріжучий механізм яких складається з статора і ротора у вигляді конусів або дисків, які забезпечені зубчастими вінцями (мікро куттери); комбіновані машини, які використовують спільно кілька ріжучих механізмів.

Розглянуто властивості плодоовочевої сировини та її впливу на процес різання. Фізико-механічні та реологічні властивості багатьох соковмісних плодів значною мірою не схожі один з одним, через їх відмінності в будові та хімічному складі. Відзначено, що вологість і щільність, найбільш суттєві фактори, що впливають на властивості плодоовочевої сировини. Вологість сировини пропорційна числу рідкого заповнювача, об'ємна щільність плодоовочевої сировини залежить від вологості, підвиду фруктів чи овочів та їх геометричних розмірів. Міцні властивості включають питомі показники роботи різання, а також швидкості розподілу пружних деформацій, як наслідок втрата соку, що руйнує напругу.

|                  |                   |                 |               |             |  |                                 |             |                |
|------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------|--|---------------------------------|-------------|----------------|
|                  |                   |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>   |                                 |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>       | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |  |                                 |             |                |
| <i>Розроб.</i>   |                   |                 |               |             | <b>Удосконалення апарату та процесу різання<br/>плодоовочевої сировини</b> | <i>Лім.</i>                     | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  |                                 | 2           | 52             |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Омельченко</i> |                 |               |             |  | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |             |                |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  |                                 |             |                |

Другий розділ присвячено удосконаленню пристрою подрібнення плодовоовочевої сировини, яка близької до сферичної форми, а саме плодів лимона, ківі, томату, картоплі. Плоди приблизної довжини 60-80 мм, діаметром 40-60 мм, яйцеподібної чи овальної форми. У роботі було обрано сукупність ріжучих органів лезових інструментів, зокрема, форма ріжучої кромки підібрана так, щоб мінімізувати втрати соку при проколюванні плода та зменшити концентрацію напруг у різних точках ріжучої кромки.

Зазначено, що під час контакту лезового інструменту та розрізаємого матеріалу необхідно враховувати вибір раціональних режимів різання та оптимальної геометрії ножів, а також характеристики різального апарату і властивості оброблюваного матеріалу. На час розрізання впливають тривалість зберігання, конкретні властивості плодовоовочевої сировини (щільність, товщина шкіри, реологічні властивості) та прикладена сила різання, яка необхідна для подолання контактної напруги матеріалу до повного його розрізання.

Зазначено, що збільшення тиску на вістря леза ножа може призвести до викривлення поверхні леза, що спричинить поломку леза, а також деформації плода та втрати соку лимона, а також у слідстві збільшення сил тертя значних енерговитрат. Найменша сила опору руху леза виникає під час розрубання плода.

Розглянуто пристрій для подрібнення плодовоовочевої сировини. Апарат включає опорні поверхні та сполучений ножовий вузол. Розрізання плодовоовочевої сировини здійснюється за рахунок впливу на них опорних поверхонь, виконаних у вигляді півсфер з деяким зазором, на якому нерухомо встановлений ножовий блок. Матеріаломісткість та складність виконання відносяться до недоліків зазначеного вузла. Для виключення зминання плода при різанні обертання опорних поверхонь має бути суворо узгодженим. Крім того, обов'язкове одночасне використання обох половинок розрізаємого фрукта чи плода. Інакше накопичується цінна невикористана харчова сировина, яка пізніше потрапляє у відходи.

Сконцентровано увагу на тому, що використання пластинчастого ножа у вигляді одностороннього та прямокутного клина для різання плодовоовочевої сировини з точки зору зниження енергоємності процесу розрізання, зниження втрат соку при роздавлуванні м'якого та цитрусового плоду не дає достатньої ефективності. При різанні плодовоовочевої сировини, а саме плодів цитрусових, із традиційною формою пластинчастим ножем відбувається значне порушення клітинної структури матеріалу в зоні руйнування та рясного виділення соку. Тому підбір раціональної форми ріжучої кромки лезового інструмента має дуже гостре значення.

Запропоновано, для різання плодовоовочевої сировини на частини, в якості робочого інструмента, застосовувати пластинчастий ніж із формою у вигляді двостороннього клина та торцевою частиною із загостреним двостороннім заточенням. При різанні за допомогою вигнутої форми ножа порушення цілісності структури плода мінімальне, а, отже, соковиділення незначне або зовсім відсутнє. Різання здійснюється шляхом поступального руху пластинчастого ножа з двостороннім заточенням і через ніж, з оптимізованою формою, обидва ножі розташовуються в одній площині з плодом.

|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    | 45   |

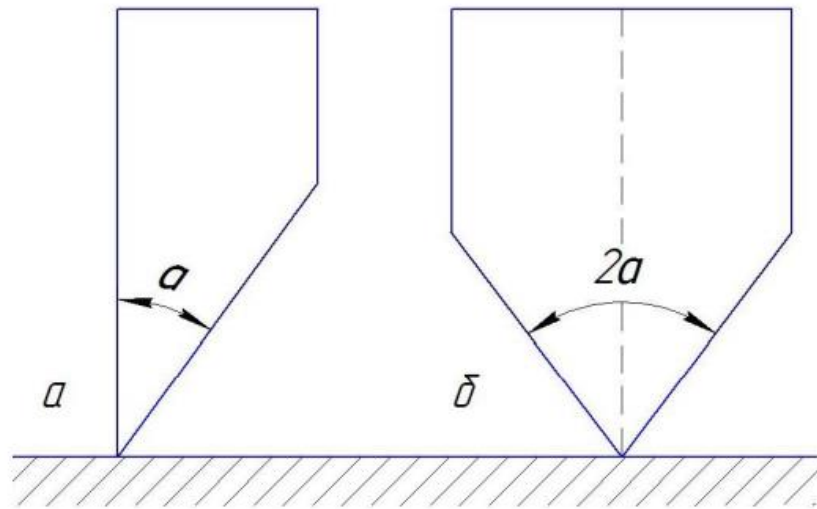
## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gubenia, O., Guts, V. (2010). Modeling of cutting of food products. EcoAgroTourism, no. 1, pp. 67–71.
2. Sheyina, A., Goots, V. (2016). Cutting speed value during plant material grinding in food industry. Ukrainian Journal Of Food Science, vol. 4, iss. 1, pp. 111–119.
3. Левіт, І. Б. (2012). Реологія харчових продуктів: монографія / І. Б. Левіт, В.О. Сукманов. Донецьк: ДонНУЕТ. 408 с.
4. Molenda, M., Thompson, S.A. and Ross, I.J. (2011). Friction of wheat on corrugated and smooth galvanized steel surfaces. Jagric. Engng Res., vol. 77 (2), pp. 209–219.
5. Goots, V., Gubenia, O., Sheina, A., Omelchenko, K. (2017). Modelling of mechanical systems be the reodynamical method. Proceedings Of University Of Ruse, vol. 56, b. 10.1. pp. 135–139.
6. Доценко В.Ф., Губеня В.О. Устаткування закладів ресторанного господарства: підручник. К.: Кондор -Видавництво, 2016. 636 с.
7. Шаповал С.Л., Тарасенко І.І., Шинкаренко О.П. Устаткування закладів ресторанного господарства. Механічне устаткування : навч. посіб. К., 2010. 240с.
8. Постнов Г.М., Афукова Н.О., Дмитревський Д.В. Механічне обладнання: навч. посібник. Х., 2014. 198 с.
9. Гвоздев О.В., Ялпачик Ф.Ю., Олексієнко В.О.. Машини та обладнання для хлібопекарського виробництва : підручник. Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. 312 с.
10. Машини та обладнання переробних виробництв: навч. посібник для студ. вузів / О.В. Дацишин [та ін.]; за ред. О.В. Дацишина. К.: Вища освіта, 2005. – 159 с.
11. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / П.С. Берник [та ін.]. Львів: Вид-во Національного ун-ту "Львівська політехніка", 2004. 336 с.
12. Устаткування закладів ресторанного господарства : навч. посібник / І. О. Конвісер, Г. А. Бублік, Т. Б. Паригіна; за ред. І. О. Конвісера. К. : КНТЕУ, 2007. 566 с.
13. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. Г. Мирончук та ін. ; М-во освіти і науки України за ред. В. Г. Мирончука. Вінниця Нова книга, 2007. 648 с.
14. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва : навч. пос. / І.П. Паламарчук [та ін.]. Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2006. 368 с.
15. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості : підручник / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. [та ін.] ; за ред. В.Г. Мирончука. Вінниця: Нова книга, 2007. 648 с.
16. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов, А.І. Українець [та ін.]. Вінниця: Нова книга, 2004. 288 с.

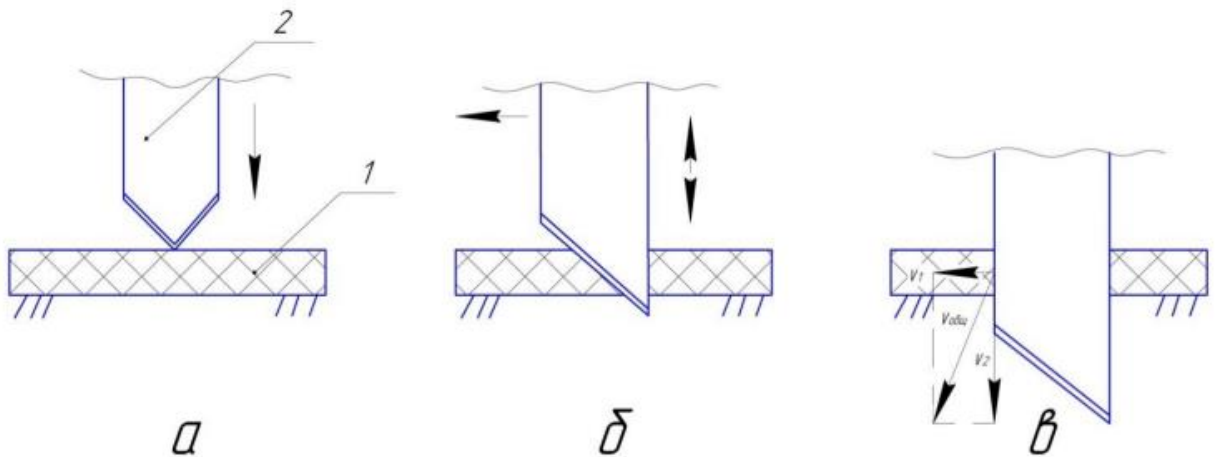
|     |      |          |        |      |                                    |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b> | Арк. |
|     |      |          |        |      |                                    | 46   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                    |      |

## Додаток А

### Схеми параметрів процесу різання плодовоовочевої сировини



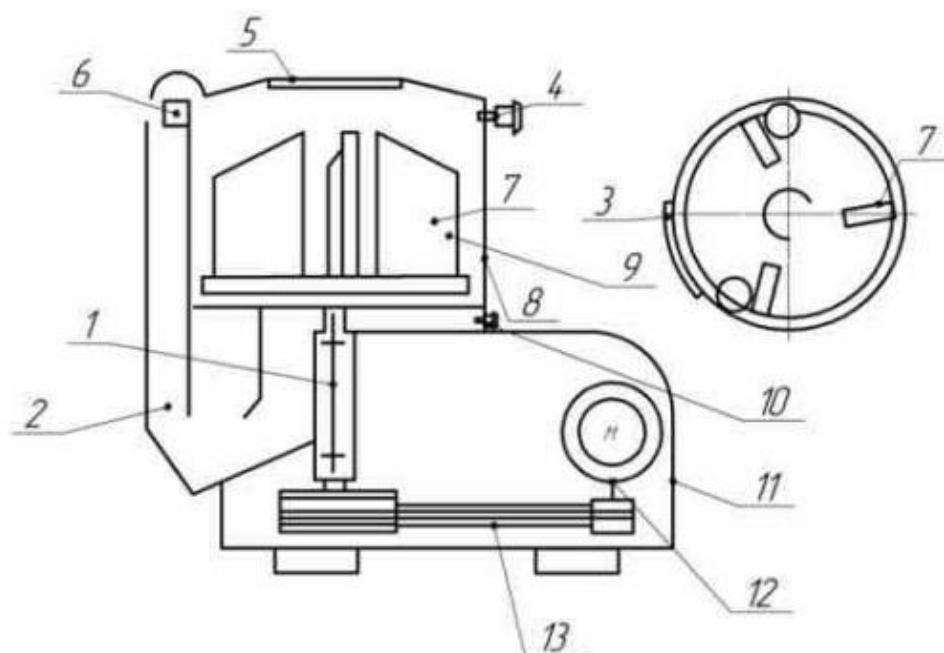
Форма клина: а – односторонній; б – двосторонній



Різання ножом: а – рубка; б – похилий різання;  
в – ковзне різання; 1 – ніж; 2 – матеріал

|  |      |            |                                 |      |
|--|------|------------|---------------------------------|------|
| <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>                               |      |            |                                 |      |
| Зм.  | Арк. | № докум.   | Підпис                          | Дата |
| Розроб.  |      |            |                                 |      |
| Перевір.   |      | Цвіркун    |                                 |      |
| Н. Контр.  |      | Омельченко |                                 |      |
| Затверд.   |      | Цвіркун    |                                 |      |
| <b>Схеми параметрів процесу різання плодовоовочевої сировини</b> |      |            | Літ.                            | Арк. |
|  |      |            |                                 | 1    |
|  |      |            | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |      |
|  |      |            | Аркушів                         | 52   |

**Додаток Б**  
**Принципова схема роторної овочерізальної машини**  
**МРО 400-1000**



Принципова схема роторної овочерізальної машини  
 МРО 400-1000

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.

Технічні характеристики подрібнювача МРОВ-400-1000

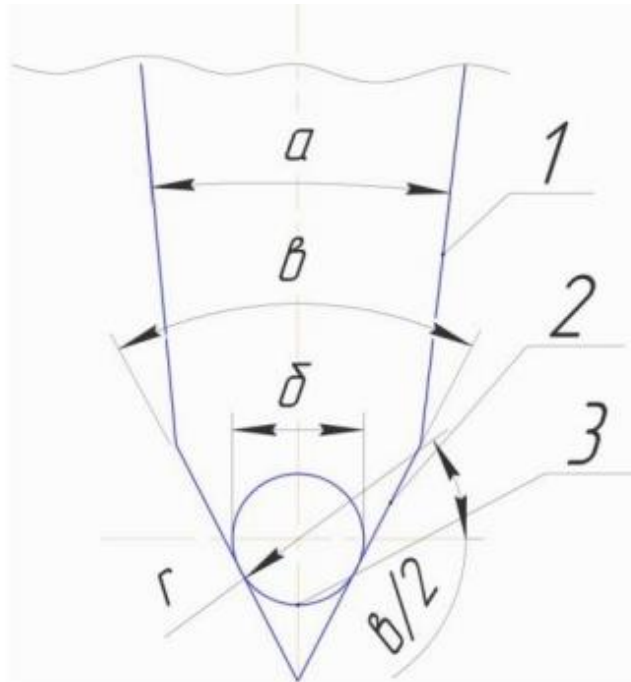
| Показник  | Значення   |
|---|------------|
| Продуктивність (при нарізанні скибочками товщиною 2 мм), кг/год | 900...1000 |
| Потужність електродвигуна кВт                                   | 0,8        |
| Габаритні розміри, мм:  |            |
| довжина   | 750        |
| ширина  | 510        |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

|           |            |          |        |      |   |  |                                 |      |         |
|-----------|------------|----------|--------|------|---|--|---------------------------------|------|---------|
|           |            |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>                                  |  |                                 |      |         |
| Зм.       | Арк.       | № докум. | Підпис | Дата |   |  |                                 |      |         |
| Розроб.   |            |          |        |      | <b>Принципова схема роторної овочерізальної машини МРО 400-1000</b> |  | Літ.                            | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  | Цвіркун    |          |        |      |   |  |                                 | 1    | 52      |
| Н. Контр. | Омельченко |          |        |      |   |  | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |      |         |
| Затверд.  | Цвіркун    |          |        |      |   |  |                                 |      |         |

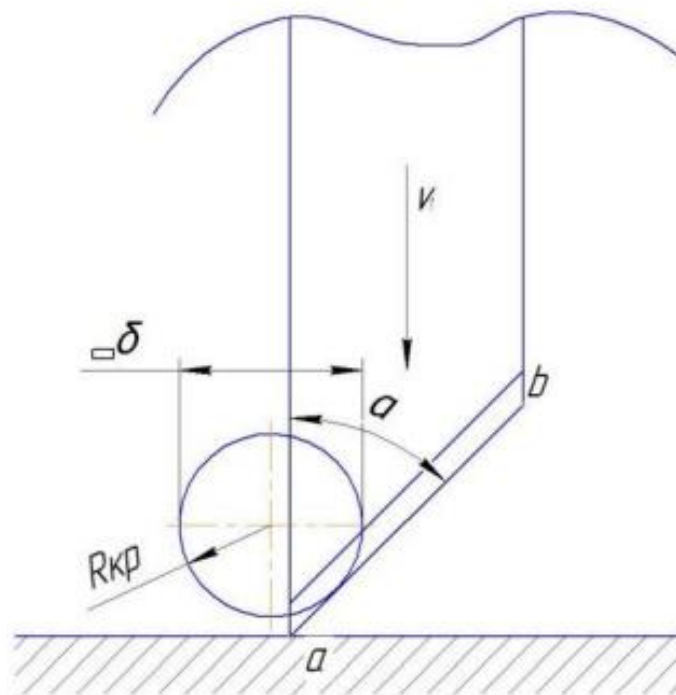


## Додаток В

### Геометричні параметри леза ножа-клинну



Головні геометричні параметри леза ножа-клинну

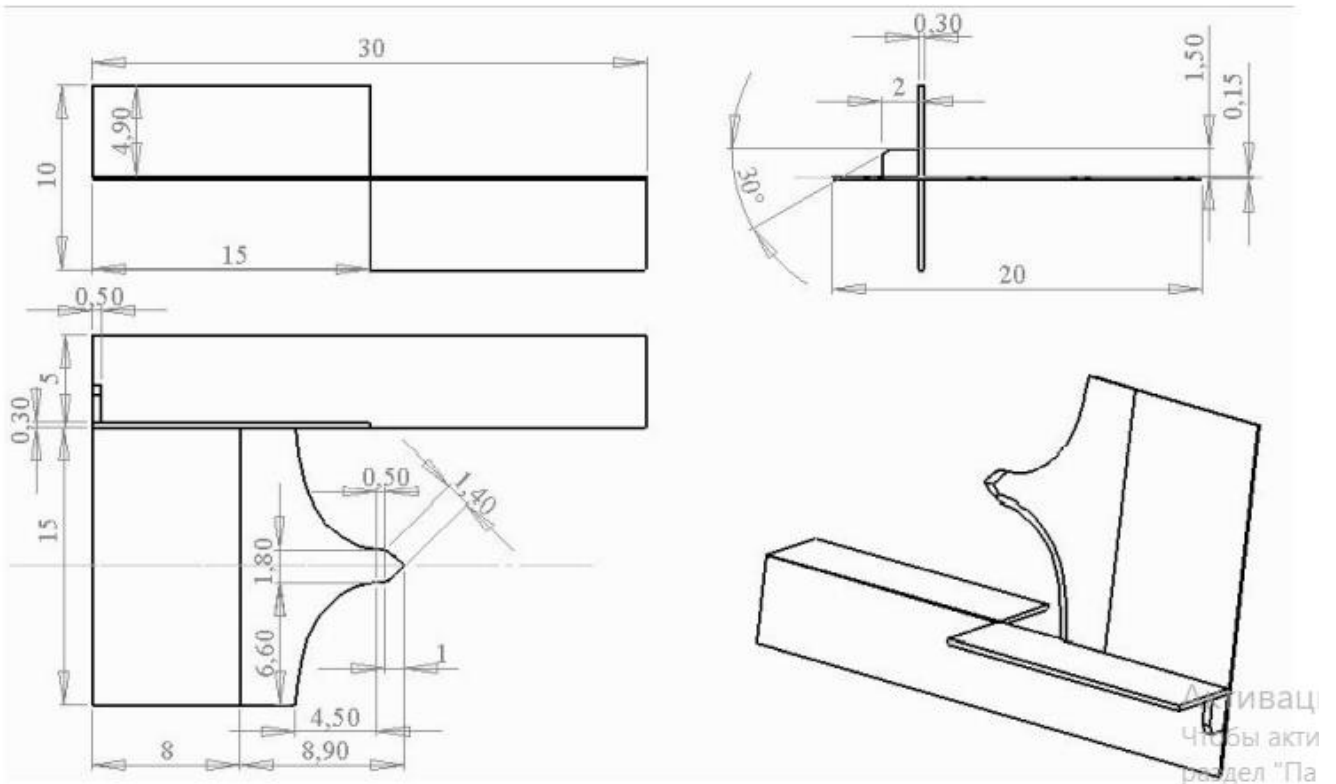


Ріжуча кромка плоского ножа

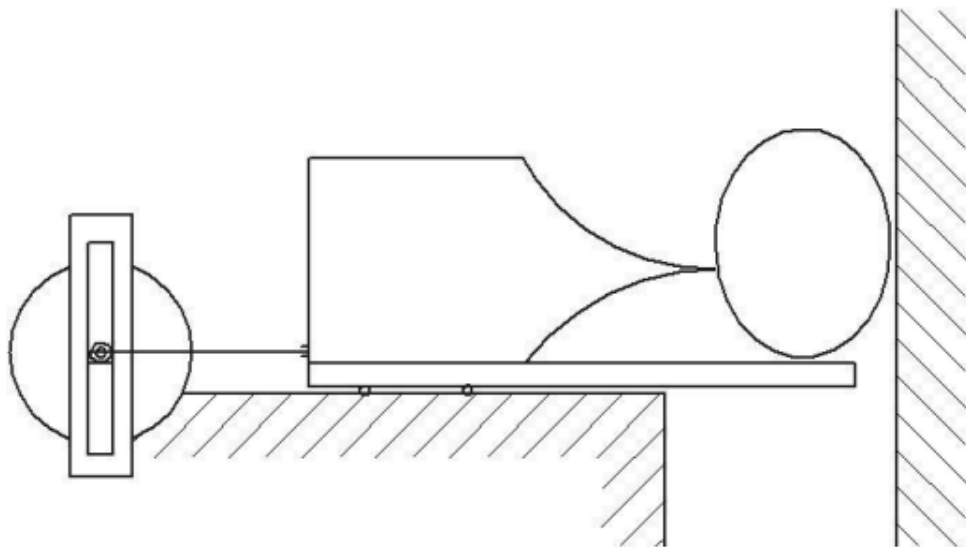
|   |      |            |        |         |
|---|------|------------|--------|---------|
| <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>            |      |            |        |         |
| Зм.   | Арк. | № докум.   | Підпис | Дата    |
| Розроб.                                       |      |            |        |         |
| Перевір.                                      |      | Цвіркун    |        |         |
| Н. Контр.                                     |      | Омельченко |        |         |
| Затверд.                                      |      | Цвіркун    |        |         |
| <b>Геометричні параметри леза ножа-клинну</b> |      |            |        |         |
| Літ.  |      | Арк.       |        | Аркушів |
|   |      | 1          |        | 52      |
| <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>               |      |            |        |         |



**Додаток Д**  
**Пристрій для різання плодоовочевої сировини на частини**

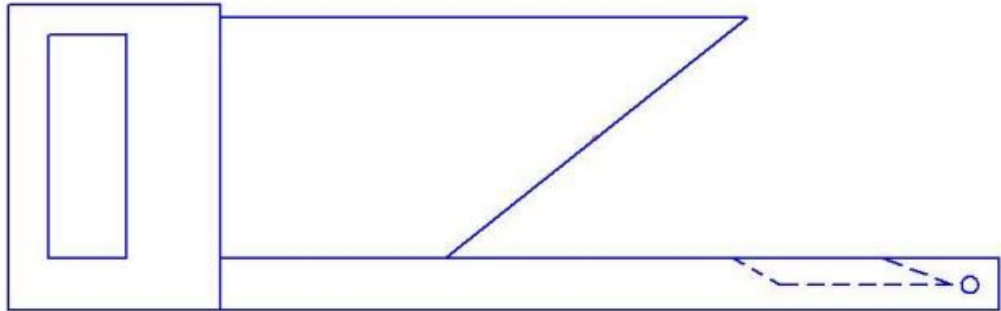


**Пристрій для різання плодоовочевої сировини на частини**

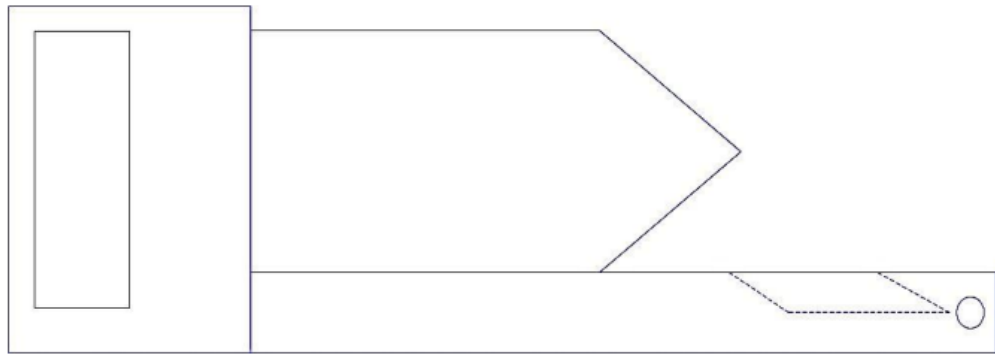


|           |            |          |        |      |   |      |         |
|-----------|------------|----------|--------|------|---|------|---------|
|           |            |          |        |      | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>                                    |      |         |
| Зм.       | Арк.       | № докум. | Підпис | Дата |   |      |         |
| Розроб.   |            |          |        |      | Літ.  | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  | Цвіркун    |          |        |      |   | 1    | 52      |
| Н. Контр. | Омельченко |          |        |      | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b>                                       |      |         |
| Затверд.  | Цвіркун    |          |        |      | <b>Пристрій для різання<br/>плодоовочевої сировини на<br/>частини</b> |      |         |

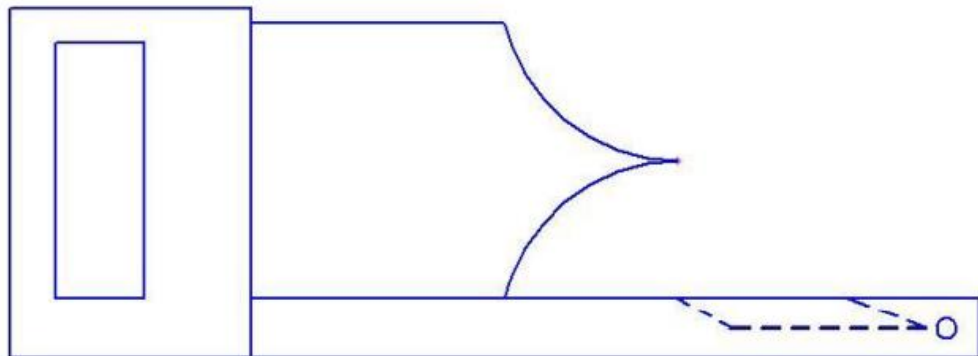
**Додаток Е**  
**Форми ріжучого інструменту для подрібнення**  
**плодовоовочевої сировини**



Форма ножа у вигляді одностороннього клина



Форма ножа у вигляді прямого клину



Форма ножа з увігнутими спусками

|                  |                   |                 |               |             |  |                                 |             |                |
|------------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------|--|---------------------------------|-------------|----------------|
|                  |                   |                 |               |             | <b>ДонНУЕТ.133.зГМБ-18.2022.ПЗ</b>   |                                 |             |                |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>       | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <b>Форми ріжучого інструменту<br/>для подрібнення<br/>плодовоовочевої сировини</b> | <i>Літ.</i>                     | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Розроб.</i>   |                   |                 |               |             |  |                                 | 1           | 52             |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  | <b>ДонНУЕТ<br/>Кафедра ЗІДО</b> |             |                |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Омельченко</i> |                 |               |             |  |                                 |             |                |
| <i>Затверд.</i>  | <i>Цвіркун</i>    |                 |               |             |  |                                 |             |                |