

¹Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна).e-mail: valeria92iua@gmail.com**ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЖУЧИХ ОРГАНІВ
МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СУБПРОДУКТІВ**

UDC 637.513.3:591.432

Myronenko V. S., Graduate Student¹¹State Biotechnological University (Kharkiv, Ukraine) e-mail: valeria92iua@gmail.com**JUSTIFICATION OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE CUTTING BODIES
OF THE BY-PRODUCTS CLEANING MACHINE**

Мета. Обґрунтування геометричних параметрів робочих ріжучих органів машини для очищення слизових субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого.

Методи. В ході проведення досліджень було використано експериментальні методи досліджень з використанням контрольно-вимірювальних приладів, сучасні методи математичної статистики, стандартні методики дослідження харчової сировини.

Результати. Висвітлені основні запити м'ясної індустрії стосовно напрямків удосконалення етапів виробництва виробів з використанням окремих видів субпродуктів. Проаналізовано особливості застосування сучасного обладнання щодо можливості використання в процесі очищення стравоходу та шлунку, великої рогатої худоби та свиней. Виявлені основні технічні проблемні питання пов'язані з можливістю обробки стравоходу в шлямодробильних машинах та шлунку в відцентрових машинах. Запропоновані шляхи щодо усунення технічних недоліків існуючих апаратів та перспективи розробки нових зразків устаткування. На основі аналізу встановлено, що застосування шлямодробильних машин та відцентрових для очищення слизових субпродуктів не забезпечує необхідного результату. Проведено аналіз м'ясної сировини як предмету наукових досліджень, який показав, що незважаючи на різну геометричну форму, таких субпродуктів як шлунок та стравохід, доцільним і перспективним є розробка єдиного апарату для їх очищення, але зі змінними робочими органами. Визначені основні чинники, що впливають на ефективність реалізації процесу очищення слизових субпродуктів та перспективні напрямки розвитку його апаратного оформлення. Запропоновано принципову схему та принцип роботи вузла для очищення слизових субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого, його тривимірну модель та порядок роботи. Обґрунтовані пропозиції щодо геометричних параметрів ріжучої крайки ріжучого вузла, зокрема форми зубців ріжучої крайки, діаметру ріжучого вузла, конусності. Окреслені такі основні параметри експериментальних ріжучих крайок робочого ріжучого вузла машини для очищення субпродуктів як крок зубців, кут загострення, висота.

Ключові слова: субпродукти, стравохід яловичий, шлунок яловичий, процес очищення, ріжуча крайка, зусилля різання.

Постановка проблеми. М'ясна індустрія, як і будь яка інша індустрія, постійно потребує розвитку та модернізації. Стосується це абсолютно всіх аспектів виробництва: технології, обладнання, методи обробки сировини, пакування, засоби індивідуального захисту співробітників, методи контролю якості продукції та багатьох інших складових. Незважаючи на сучасний рівень розвитку техніки та інновацій залишаються невирішеними питання

© Мироненко В. С.

переробки окремих видів м'ясної сировини, зокрема окремих видів субпродуктів. Такі субпродукти як печінка, нирки, серце стали невід'ємною частиною сучасної кулінарії завдяки своїм смаковим та поживним властивостям. Також свою популяризацію вони отримали завдяки відносній простоті та зручності попередньої підготовки, зокрема очищення, що передуює кулінарній обробці. В промисловості також ряд субпродуктів, обробка яких відносно проста, набули своєї цінності для виготовлення певного асортименту м'ясних виробів [8,10]. Але слід відзначити, що існує низка субпродуктів, зокрема слизових субпродуктів, які обмежено переробляються промисловістю і як наслідок м'ясний ринок має обмежений асортимент продукції з них. Здебільшого проблемні питання переробки слизових субпродуктів пов'язані з низьким рівнем механізації процесів їх очищення. Тому для розширення асортименту виробів зі слизових субпродуктів, раціонального використання м'ясної сировини та механізації процесів очищення актуальною стає задача розробка інноваційних процесів обробки субпродуктів та їх апаратне оформлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед існуючого розмаїття устаткування для обробки субпродуктів існують певні аналоги, які можуть в певній мірі реалізувати процес очищення таких слизових субпродуктів як стравохід та шлунок, проте якість обробленої сировини буде залишатись на відносно низькому рівні. Так, на сьогодні існують різноманітні конструкції шлямодробильних машин [1, 2], які успішно виконують очищення кишок яловичих та свинячих від шлямю. Проте їх застосування для очищення стравоходу, зокрема яловичого, не є можливим незважаючи на віддалено схожу будову стравоходу та кишок. Якщо розглянути стравохід як предмет дослідження, то ми можемо побачити суттєві відмінності: по перше серозна оболонка, яка заходить в середині стравоходу відрізняється від шлямю в кишках щільною структурою доволі еластичною і порушити цю структуру за допомогою вальців шлямодробильних машин не є можливим, по друге м'язова – паренхімна тканина, в стравоходах змінюється протягом життя худоби шляхом потовщення і зростання та коливається в межах від 3 мм до 28...32 мм, що унеможливує вплив вальців шлямодробильних машин і як наслідок очищення стравоходу від серозної оболонки не відбувається. Окрім цих двох явищ слід також додати, що існують додаткові невирішені питання пов'язані з очищенням стравоходу від слизової оболонки, яка заходить зовні, а також видалення зі стравоходу залишків їжі тварини. Всі ці технологічні питання на теперішній час вирішені лише частково, а застосування шлямодробильних машин існуючих конструкцій не забезпечує очищення стравоходу від слизової та серозної оболонок в повній мірі та за один операційний цикл. Така сама ситуація і з свинячими стравоходами з лише тією різницею, що вони мають менший діаметр та довжину, що обумовлено відмінною анатомічною будовою по відношенню до великої рогатої худоби. Якщо ретельно проаналізувати конструкції шлямодробильних машин, то можна побачити, що всі запропоновані варіації передбачають використання водного середовища у значній кількості. Звісна річ, у випадку обробки кишок водне середовище є необхідною складовою для отримання якісно очищеної сировини. У випадку ж з очищенням стравоходу використання водного середовища є можливість уникнути з метою заощадження енергетичних та водних ресурсів

Майже ідентична ситуація і з шлуном яловичим, який є цінною для м'ясопереробної галузі сировиною. Для обробки переважно використовуються відносно прості за конструкцією відцентрові машини [2]. В основу роботи яких покладено вплив відцентрових сил під час обертання ротора та водного середовища переважно гарячої води. Вони є доволі ефективними з точки зору видалення зовнішнього покриву шлунку та залишків їжі, але після обробки залишається не видаленими слизова оболонка рубця та сітки [4], жирова тканина та частково слизова оболонка. Завдяки цьому шлунок яловичий, а здебільшого тільки його частина – рубець, обмежено використовуються під час виробництва ковбасних виробів. Переважно такими ковбасами є ліверні ковбаси. І для виробництва інших видів виробів від застосовується обмежено. Проте ця цінна сировина має свої перспективи для застосування і як основи для

нових видів м'ясних та кулінарних виробів, так і основи кулінарних виробів в ресторанній галузі. Для реалізації цих перспектив слід вирішити науково-технічне завдання щодо механізації процесу очищення м'язової (паренхімної) частини від слизової оболонки та жирової. Існуючі відцентрові машини для очищення субпродуктів цього процесу реалізувати не можуть в повній мірі. Під час реалізації цього завдання слід також враховувати, що шлунок, який піддається обробці, на відміну від стравоходу та інших видів субпродуктів не має хоча б наближеної геометричної форми. Так само, як і стравохід шлунок яловий має багатопарову будову і схожі під час очищення технічні задачі. Тому робочі органи устаткування, що реалізовуватиме це технологічне завдання повинні бути сконструйовані у відповідності до потреб технологічного виробництва та з урахуванням будови і структурно-механічних властивостей сировини. Враховуючи ідентичність завдань доцільним є проведення робіт з конструювання машини для очищення слизових субпродуктів [7], яка б мала за своїми функціональними можливостями проводити очищення як стравоходу, так і шлунку. Конструкція машини має реалізовувати процес очищення за один операційний цикл, з мінімальними втратами цінної м'язової частини та мінімальними витратами енергетичних ресурсів. З урахуванням того, що приведені існуючі аналоги переважно використовують у великій кількості водні ресурси, то стає також актуальною задача виключення використання водного середовища, а за неможливості мінімізація його застосування. За конструкцією машина має вбудовуватись у технологічну лінію м'ясопереробного виробництва, та забезпечувати належні санітарно-гігієнічні вимоги під час очищення, тобто розгалуження потоків очищеної сировини та відокремлених частин слизової та серозної оболонок шлунку яловичого та стравоходів свинячих та яловичих.

Мета статті. Обґрунтування геометричних параметрів робочих ріжучих органів машини для очищення слизових субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для вирішення поставленої задачі – механізації процесу очищення стравоходу яловичого та шлунку запропоновано конструкцію машини для очищення слизових субпродуктів [3, 5]. Основним робочим органом машини є очищувальний пристрій (рис.1).

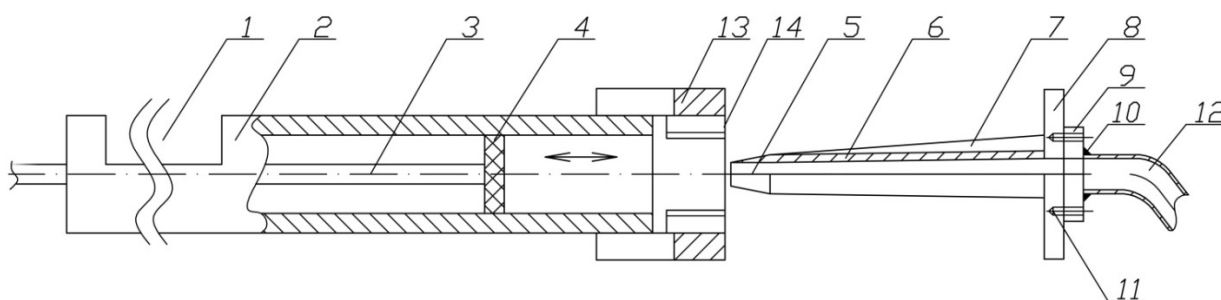


Рисунок 1 – Схема робочого вузла машини для очищення слизових субпродуктів:

- 1 – жолоб завантажувальний, 2 – циліндр напрямний, 3 – шток поршня, 4 – поршень штовхаючий, 5 – вузол ріжучий, 6 – конус порожнистий, 7 – лезо клиноподібне, 8 – фланець ножовий, 9 – фланець, 10 – з'єднання зварювальне, 11 – з'єднання різьбове, 12 – патрубок відвідний

Пристрій для очищення слизових субпродуктів складається із жолоба завантажувального 1, циліндра напрямного 2, поршня штовхаючого 4, штока поршня 3, вузла ріжучого 5, муфти скребкової 13. Ріжучий вузол виконано у вигляді зрізаного порожнистого конуса 6, на краю якого виконано загострення з метою ефективного різання м'якоті стравоходу навколо серозної оболонки. Загострення може бути виконано у вигляді зубців для зменшення зусилля різання під час очищення. На верхній бічній частині ріжучого конуса виконано лезо клиноподібне 7

для повздовжнього однобічного розрізання стравоходу і подальшого вільного руху по поверхні ріжучого вузла з подальшим його самостійним зняттям. Внутрішня частина конусу виконана також конусною для вивільнення серозної оболонки з залишками їжі, що споживала худоба. Конус 6 виконано суцільно із фланцем 8. В свою чергу фланець з'єднувальний 8 кріпиться з'єднаннями 11 до фланця 9, на якому закріплено патрубок відвідний 12 за допомогою з'єднання 10. Між циліндром напрямним 2 та вузлом ріжучим 5 встановлено нерухому муфту скребкову 13 з розташованими у внутрішньому діаметрі муфти нерухомими лезами 14 у кількості від 4 до 8 шт. для зняття зовнішньої слизової оболонки з поверхні стравоходу.

Робочий вузол машини працює наступним чином. Стравохід свинячий, великої рогатої худоби або інших свійських тварин, який має циліндричну подовжену форму завантажується поштучно до жолоба завантажувального 1 і проштовхується поршнем 4 по циліндру напрямному 2 до муфти скребкової 13. Муфта 13 розташовується на відстані 5...10 мм від циліндра 2. Під час стикання з нерухомими лезами 14 відбувається відокремлення слизової оболонки стравоходу від м'язової частини стравоходу. Слизова оболонка, яка відокремилась від стравоходу загортається, ущільнюється і після проходження стравоходу під дією власної ваги спадає з муфти 13. Далі, з проходженням нерухомої муфти 13 стравохід стикається з ріжучою крайкою ножового вузла 5, яка врізається в м'язову частину стравоходу по краю внутрішньої серозної оболонки, поршень 4 проштовхує стравохід далі по конусу 6 і внутрішній вміст – серозна оболонка опиняється у середині конусу і шляхом проштовхування по конусу відокремлюється від м'язової частини і проходить далі до відвідного патрубку 12 для подальшого видалення. Одночасно із видаленням серозної оболонки відбувається рух м'язової частини стравоходу по зовнішній поверхні конусу 6 із одночасним повздовжнім його розрізанням лезом клиноподібним 7. По мірі руху по поверхні конусу 6 м'язова частина ущільнюється, стикається з лезом 7, який розрізає і одночасно розгинає та загортає стравохід змушуючи по мірі наближення до фланця 8 зісковзувати з ріжучого вузла. Після проштовхування стравоходу поршень 4 повертається своє вихідне положення, до жолоба завантажувального знову потрапляє неочищений стравохід і процес повторюється.

В основу принципу роботи машини покладено загальний принцип, але передбачається зміна робочих вузлів у відповідності до виду сировини, що підлягає обробці. Так, для обробки стравоходу передбачається використання циліндричного ріжучого вузла, але не суворої геометричної форми циліндра а утинного конусу. Така форма обрана з міркувань зменшення зусилля різання та ефективності протікання процесу. Звісна річ, що циліндрична форма зручніша та простіша з точки зору виготовлення, але застосування циліндричного ножа додаватиме додаткового тертя під час відокремлення серозної оболонки та затримання її видалення з ножа. Виконання вузла ріжучого (рис.2) у формі утинного конусу дозволить вивільняти серозну оболонку та зменшити зусилля різання .

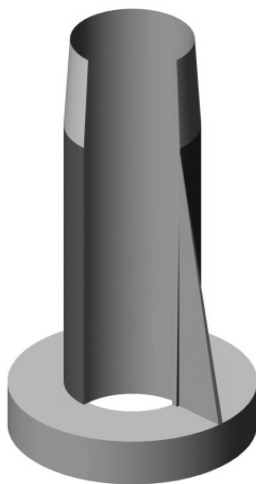


Рисунок 2 – 3D-модель вузла ріжучого

Щодо конусності зовнішньої поверхні ножа, то її значення повинно бути виявлено шляхом експериментальних досліджень та за можливості має бути мінімальним задля зменшення енергетичних витрат на процес очищення. По робочому краю ріжучого конусу передбачається виконання ріжучої крайки. Конструкція машини передбачає нерухомий стан ріжучих елементів і рух сировини по відношенню до них. Враховуючи це, для забезпечення ефективного процесу різання, а саме цей процес покладено в основу процесу очищення, необхідним є визначення оптимальної форми ріжучої крайки. Слід також враховувати, що ніж являє собою порожнистий утинутий конус, а отже застосування форм ріжучих крайок є доволі обмеженим. З усього розмаїття форм пропонується до використання зубчастоподібну та пір'яподібну форми, як найбільш прийнятні для застосування (рис. 3).

Зазначені форми ріжучої крайки дозволять забезпечити осьове повздовжнє різання м'язової частини стравоходу, знизити зусилля різання як головного показника процесу і як наслідок знизити енергоспоживання машини в цілому, забезпечити ефективне відокремлення серозної оболонки від м'язової частини та якість поверхні зрізу як запоруку зовнішнього вигляду кінцевих виробів.

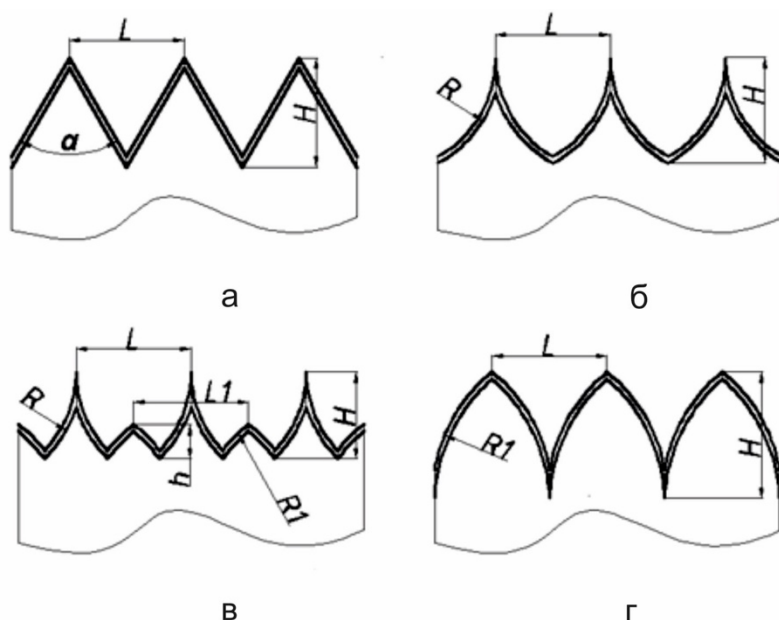


Рисунок 3 – Експериментальні форми ріжучих крайок робочого ріжучого вузла машина для очищення слизових субпродуктів: а – зубчаста рівнобічна, б – пір'яподібна, в - пір'яподібна комбінована, г – зубчаста загострена

Для забезпечення зазначених показників слід вирішити таке науково-практичне завдання, як дослідження основних геометричних параметрів геометрії ріжучої крайки та її характеристик на процес різання стравоходу. Основними параметрами для ріжучої крайки є: L – крок зубців, $L1$ – крок малих зубців (для пір'яподібної комбінованої), H – висота зубців, h – висота малих зубців (для пір'яподібної комбінованої), R – радіус внутрішнього закруглення зубців, $R1$ – радіус зовнішнього закруглення зубців, α – кут загострення рівнобічного зубця при вершині. Кількість зубців буде безумовно залежить від діаметру конусу, висоти зубця та його ширини при основі. Запропоновані геометричні параметри ріжучих крайок наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри експериментальних ріжучих крайок робочого ріжучого вузла машини для очищення субпродуктів

№ з/п	Форма ріжучої крайки	L , мм	H , мм	Ll , мм	α , град	h , мм	R , мм	Rl , мм
1	Зубчаста рівнобічна	10...25	15...25	-	15...45	-	-	-
2	Пір'яподібна	10...25	15...25	-	-	-	20...30	-
3	Пір'яподібна комбінована	10...25	15...25	5...12	-	5...10	20...30	20...30
4	Зубчаста загострена	10...25	15...25	-	-	-	-	20...30

Діаметр конусу вузла ріжучого, а по суті ріжучої крайки, обираємо згідно проведених досліджень геометричних параметрів стравоходу яловичого. Як і показали, що геометричні характеристики стравоходу та його структурно-механічні властивості залежать від віку худоби. Так, стравохід яловичий віком худоби до 1 року має зовнішній діаметр 18...25 мм, а віком 2 і більше років вже становить 28...47 мм.

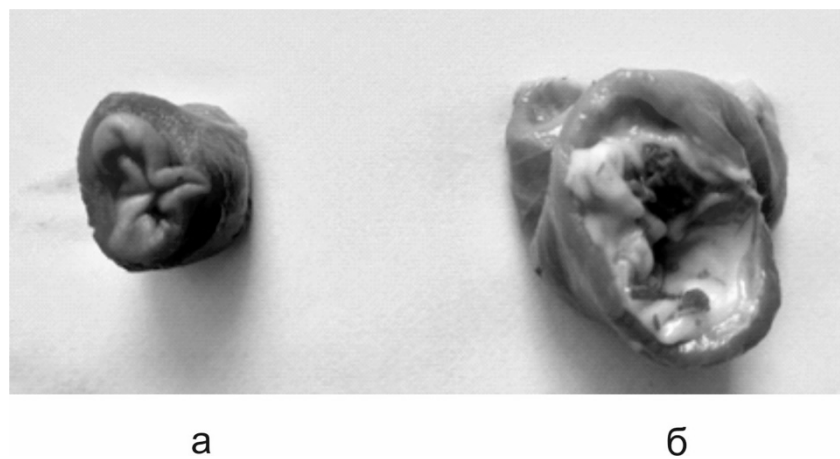


Рисунок 4 – Стравохід яловичий поперечного розрізу у охолодженому стані:
а – віком худоби до 1 року, б – вік худоби 2 і більше років

Виходячи з практичних міркувань в подальшому для проведення досліджень та практичного застосування слід використовувати два комплекти робочих вузлів машини для очищення стравоходу яловичого. Відповідно з вузлом ріжучим діаметром 10...12 мм та 20...23 мм. Обрані значення діаметру відповідають діаметру серозної оболонки в середині стравоходу. Остаточні значення можуть біти отримані після проведенні додаткових експериментальних досліджень.

Висновки. Проведені аналітичні дослідження показали перспективність розробки інноваційного методу очищення широкого спектру слизових субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого. Запропонована модель робочих органів дозволяє зробити висновки щодо можливості використання в процесі очищення субпродуктів за умови проведення комплексних досліджень запропонованого способу очищення. А також досліджень впливу геометричних параметрів робочих органів на процес очищення, якість очищення та енергетичні витрати на реалізацію процесу. Проведені експериментальні дослідження процесу різання як складової процесу очищення нададуть можливість отримати дані щодо остаточних конструктивних параметрів робочих органів та провести конструкторські роботи щодо загальних конструктивних та експлуатаційних параметрів машини для очищення субпродуктів та подальшого впровадження у виробничих умовах.

Список літератури

1. Коваль О. А. Технологія обробки субпродуктів. Київ : Основа, 2002. 80 с.
2. Ілюхин В. В. Тамбовцев І. І. Монтаж, налагодження, діагностика та ремонт обладнання підприємств м'ясної промисловості. К.: Кондор, 2005. 456 с.
3. Горелков Д. В., Мироненко В. С., Омельченко О. В., Остахов М. П. Розробка конструкції установки для очищення слизових субпродуктів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2021. Вип. 1 (33). С. 131-138.
4. Ніколаєвич В. І. Анатомія і фізіологія сільськогосподарських тварин. Київ: Аграрна освіта, 2014. 511 с.
5. Горелков Д. В., Мироненко В. С., Цвіркун Л. О. та ін. Дослідження різання стравоходу як складової процесу його очищення. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2020. Вип. 1 (31). С. 145-156. URL: <https://elib.hduht.edu.ua/bitstream/123456789/5620/1/13.pdf>.
6. Бондар С., Войцехівська Л., Вербицький С. Вивчення компонентного складу типових паштетних виробів і оцінювання можливості долучення до нього м'яса птиці механічно відокремленого. *Продовольчі ресурси*. 2016. 4 (06). С. 113-122.
7. Сухенко, В. Ю., Сухенко, Ю. Г., Сарана, В. В., Муштрук, М. М. Моделювання технологічних процесів і обладнання переробних підприємств АПК: монографія. Київ: Компрінт, 2017. 520 с.
8. Oshchypok I. M. Дослідження зміни енергозатрат при рубанні харчової сировини від кута загострення клина. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*. 2018. 20 (85). С. 123-127.

References

1. Koval, O. A. (2002). *Tekhnolohiia obrobky subproduktiv* [Byproducts processing technology], Kyiv: Osnova, 80 p.
2. Ilyuhin, V. V. Tambovtsev, I. I. (2005). *Montazh, naladka, diagnostika i remont oborudovaniya predpriyatiy myasnoy promyshlennosti* [Installation, adjustment, diagnostics and repair of equipment for meat industry enterprises]: K.: Kondor, 456 p.
3. Horielkov, D. V., Myronenko, V. S., Omelchenko, O. V., Ostakhov, M. P. (2021). *Rozrobka konstruktsii ustanovky dlia ochyshchennia slyzovykh subproduktiv* [Development of the design of the installation for the purification of mucous by-products], *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli*, 1 (33), 131-138.
4. Nikolaievych, V. I. (2014). *Anatomiia i fiziolohiia silskohospodarskykh tvaryn* [Anatomy and physiology of farm animals], Kyiv: Ahrarna osvita, 511 p.
5. Gorelkov, D., Mironeneko, V., Cvirkun, L. (2020). *Doslidzhennia rizannia stravokhodu yak skladovoi protsesu yoho ochyshchennia* [Researches of the process of cutting of the esophagus as a component of the process of its cleaning], 145-156. URL: <https://elib.hduht.edu.ua/bitstream/123456789/5620/1/13.pdf>.
6. Bondar, S., Voitsekhivska, L., & Verbytskyi, S. (2016). *Vyvchennia komponentnoho skladu typovykh pashetnykh vyrobiv i otsiniuvannia mozhlyvosti doluchennia do noho miasa ptytsi mekhanichno vidokremlenoho* [The development of a component warehouse of typical pate varieties and the assessment of the possibility of reaching a new poultry meat, mechanically water-reinforced], *Prodovolchi resursy* [Food resources], 4(06), 113-122.
7. Sukhenko, V. Yu., Sukhenko, Yu. H., Sarana, V. V., Mushtruk, M. M. (2017). *Modeliuvannia tekhnolohichnykh protsesiv i obladnannia pererobnykh pidpriemstv APK* [Modeling of technological processes and possession of processing enterprises of the agro-industrial complex]: monohrafiia. Kyiv, Komprynt, 520 p.
8. Oshchypok, I. M. (2018). *Doslidzhennia zminy enerhozatratt pry rubanni kharchovoi syrovyny vid kuta zahostrennia klyna*. [Additional change in energy costs when cutting grub syrovina in the

form of a sharpened wedge], Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 20(85), 123-127.

Objective. *Justification of the geometric parameters of the working cutting organs of the machine for cleaning mucous offal on the example of the beef esophagus.*

Methods. *In the course of the research, experimental methods of research with the use of control and measuring devices, modern methods of mathematical statistics, and standard methods of research of food raw materials were used.*

The results. *The main requests of the meat industry regarding directions for improving the stages of production of products using certain types of by-products are highlighted. The peculiarities of the use of modern equipment regarding the possibility of use in the process of cleaning the esophagus and stomach of cattle and pigs were analyzed. The main technical problems identified are related to the possibility of processing the esophagus in slime machines and the stomach in centrifugal machines. Proposed ways to eliminate technical shortcomings of existing devices and prospects for the development of new models of equipment. Based on the analysis, it was established that the use of slime crushers and centrifugal machines for cleaning slime by-products does not provide the required result. An analysis of meat raw materials as a subject of scientific research was carried out, which showed that despite the different geometric shape of by-products such as stomach and esophagus, it is expedient and promising to develop a single apparatus for their cleaning, but with variable working organs. The main factors affecting the effectiveness of the process of purification of mucous by-products and promising directions for the development of its hardware design have been determined. A schematic diagram and principle of operation of a unit for cleaning mucous by-products using the example of a beef esophagus, its three-dimensional model and the procedure of operation are proposed. Reasoned proposals regarding the geometric parameters of the cutting edge of the cutting unit, in particular the shape of the teeth of the cutting edge, the diameter of the cutting unit, the taper. The main parameters of the experimental cutting edges of the working cutting assembly of the machine for cleaning offal are outlined, such as the pitch of the teeth, the sharpening angle, and the height.*

Key words: *offal, beef esophagus, beef stomach, cleaning process, cutting edge, cutting force.*