

Омельченко Олександр Володимирович, канд. техн. наук, доц., кафедра загальноінженерних дисциплін і обладнання, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: вул. Трамвайна, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. Тел.: 0972958852; e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua.

Омельченко Александр Владимирович, канд. техн. наук, доц., кафедра общинженерных дисциплин и оборудования, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: ул. Трамвайная, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. Тел.: 0972958852; e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua.

Omelchenko Oleksandr, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of General Engineering Disciplines and Equipment, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Address: Tramvayna str., 16, Kryvyi Rih, Ukraine, 50005. Tel.: 0972958852; e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua.

Мельник Ольга Євгенівна, канд. техн. наук, доц., кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту, Криворізький національний університет. Адреса: вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, Україна, 50027. Тел.: 0671049709; e-mail: melnikolgaev@gmail.com.

Мельник Ольга Евгеньевна, канд. техн. наук, доц., кафедра электроснабжения и энергетического менеджмента, Криворожский национальный университет. Адрес: ул. Виталия Матусевича, 11, г. Кривой Рог, Украина, 50027. Тел.: 0671049709; e-mail: melnikolgaev@gmail.com.

Melnik Olga, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of Power Supply and Energy Management, Krivoy Rog National University. Address: Vitaly Matusevich str., 11, Krivoy Rog, Ukraine, 50027. Tel.: 0671049709; e-mail: melnikolgaev@gmail.com.

DOI: 10.5281/zenodo.3937779

УДК 637.513.3:591.432

ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗАННЯ СТРАВОХОДУ ЯК СКЛАДОВОЇ ПРОЦЕСУ ЙОГО ОЧИЩЕННЯ

Д.В. Горелков, В.С. Мироненко, Л.О. Цвіркун, Г.В. Гейєр

Проаналізовано можливі технічні рішення для реалізації процесу очищення стравоходу від слизової та серозної оболонки. Наведено результати експериментальних досліджень процесу різання стравоходу свинячого та яловичого трубочастими й плоскими ножами. Оцінено значущість впливу

© Горелков Д.В., Мироненко В.С., Цвіркун Л.О., Гейєр Г.В., 2020

чинників на процес різання, отримано дані щодо зусилля різання стравоходу у стиснених умовах циліндричним ножом залежно від вихідної температури сировини, кута загострення різальної кромки лека ножа.

Ключові слова: процес різання, стравохід яловичий, серозна оболонка, кут загострення, циліндричний ніж, зусилля різання.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗАНИЯ ПИЩЕВОДА КАК СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРОЦЕССА ЕГО ОЧИСТКИ

Д.В. Горелков, В.С. Мироненко, Л.А. Цвиркун, Г.В. Геер

Проанализированы возможные технические решения для реализации процесса очистки пищевода от слизистой и серозной оболочек. Приведены результаты экспериментальных исследований процесса резания пищевода свиного и говяжьего трубчатymi и плоскими ножами. Оценена значимость влияния факторов на процесс резания, получены данные про усилия резания пищевода в условиях сжатия цилиндрическим ножом в зависимости от исходной температуры сырья, угла заточки режущей кромки лезвия ножа.

Ключевые слова: процесс резания, пищевод говяжий, серозная оболочка, угол заточки, цилиндрический нож, усилие резания.

RESEARCHES OF CUTTING OF THE ESOPHESOPULA AS A COMPONENT OF THE PROCESS OF ITS CLEANING

D. Horielkov, V. Myronenko, L. Tsvirkun, H. Heiier

The analysis of the mechanization of the meat by-products peeling process, which showed the relevance of developing equipment for the peeling of mucous by-products, is carried out. With this goal in mind, the results of a study of the cleaning process of mucous by-products by the example of beef and pork esophagus are presented. The results of experimental studies of the process of cutting the esophagus of pork and beef with tubular and flat knives are presented. The significance of the influence of factors on the cutting process is estimated, data on the cutting force relative to cutting the esophagus in cramped conditions with a cylindrical knife are obtained depending on the initial temperature of the raw material, the angle of sharpening of the cutting edge of the knife blade. The results showed the advisability of using cylindrical knives in the designed apparatus, despite the significantly greater significance of the cutting force compared to flat knives. Cylindrical knives can achieve the desired result when removing the serous membrane. Analytical dependencies between quality indicators and outgoing process parameters allowed us to determine the appropriate combination of parameters of rational indicators of cutting force at different sharpening angles of the cutting edge of the knife blade. Data were obtained on the dependence of cutting the esophagus of pork and beef at different initial temperature indicators of raw

material. The obtained data confirmed the assumption regarding the possibility of processing raw materials in a frozen state, which does not violate the technological requirements for the by-products processing. The data obtained confirmed the possibility of constructing an apparatus for meat by-products peeling.

Keywords: *cutting process, beef esophagus, serous membrane, sharpening angle, cylindrical knife, cutting force.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Ринок м'ясних продуктів є одним з найбільших ринків продовольчих товарів. Однією з таких товарних груп є субпродукти. За поживною цінністю багато субпродуктів не поступаються м'ясу, а за наявністю в них вітамінів і мікроелементів навіть перевершують його. У зв'язку з цим харчові субпродукти займають важливе місце в харчуванні людини, тому виготовлення продукції з них є перспективним напрямом для розвитку м'ясної індустрії загалом. Популярність субпродуктів серед вітчизняних споживачів зумовлена низькою собівартістю виробів із них та доступністю для широкого сектора споживачів.

Одним із видів сировини, що зазвичай не перероблялася на підприємствах м'ясної промисловості, є стравохід великої рогатої худоби та свиней. На підприємствах, що спеціалізуються на переробці м'ясної сировини, ця категорія субпродуктів або не переробляється взагалі, або переробляється за допомогою обладнання, яке умовно забезпечує очищення сировини з обов'язковою подальшою обробкою вручну. Спеціалізованого обладнання для обробки стравоходу на сьогодні немає, і пов'язано це з низькою проблемних питань технічного характеру: ручне очищення, мала продуктивність; пошкодження оболонки під час обробки, відсутність спеціалізованого устаткування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання очищення м'ясної сировини, у тому числі субпродуктів, слід розглядати як складний комбінований процес, який об'єднує низку інших, різних за характером та фізичною суттю. Пропонуємо для реалізації процесу очищення слизових субпродуктів, зокрема стравоходу, використовувати поєднання двох процесів: різання та гідравлічної обробки. Слід відзначити, що для очищення слизових субпродуктів на підприємствах м'ясної індустрії здебільшого використовуються саме комбіновані процеси. Так, для очищення кишок використовуються віджимні вальці різних конструкцій та продуктивності, для очищення шлунків різноманітні конструкції відцентрових шпарителів [1; 2]. У першому випадку віджимні вальці, призначені для обробки сировини, за геометричними розмірами схожої на стравоходи яловичі або свинячі, але за своїм принципом дії неспроможні виконати функції зняття слизової оболонки з поверхні стравоходу та видалити серозну

оболонку з середини разом із залишками корму. Відцентрові шпарителі використовувати для очищення стравоходу взагалі неможливо. У запропонованому технічному рішенні, яке має розв'язати питання очищення стравоходу, пропонується поєднати його різання для відокремлення серозної оболонки та використання гідравлічної складової для вимивання залишків корму [3]. Для реалізації конструкції робочих органів та отримання даних щодо перебігу процесу необхідно обрати вид різання, конструкцію робочих органів та температурний режим обробки сировини. Питаннями різання м'ясної сировини займались: А.І. Пелєєв, А.Н. Салтиков, І.А. Рогов, І.М. Ощіпок [4; 5], за даними яких характер різання та вид різального робочого органу обираються відповідно до конкретного технологічного завдання на основі проведених експериментальних досліджень. Отже, для розв'язання завдання з розробки обладнання для очищення стравоходу яловичого та свинячого необхідно провести серію експериментальних досліджень із визначення основних процесних параметрів та отримання даних щодо конструкції робочих органів.

Мета статті – дослідження процесу різання субпродуктів на прикладі стравоходу яловичого та свинячого плоскими та трубчастими ножами з метою отримання даних для розробки конструкції дослідно-експериментального зразка машини для очищення стравоходу та визначення раціональних процесних і робочих параметрів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перший етап планування експерименту для отримання лінійної моделі заснований на варіюванні на трьох рівнях. У цьому випадку, за відомої число факторів, можна знайти число дослідів, необхідну для реалізації всіх можливих поєднань рівнів факторів. Формула для розрахунку числа дослідів виглядає таким чином: $N = r^k$, де N – кількість дослідів; r – число рівнів факторів, k – число факторів.

На основі аналізу апріорної інформації робиться вибір експериментальної області факторного простору, який полягає у виборі основного (нульового) рівня й інтервалів варіювання факторів.

Як незалежні керовані змінні, що характеризують процес розрізання, прийнято: α – кут загострення ножа, t – температура продукту. Для нашого експерименту кути загострення обрані довільно. Кути заточування 10, 20, 30 градусів є базовими і дають результати, які характеризують мінімальні й максимальні значення. Для вибору значень температури показники взято з табл. 1.

**Зміна зсувних властивостей за різних температур
м'яса яловичого**

Показник	Величина характеристики за температури, °С						
	-15	-10	-5	0	5	10	15
Напруга різання, Н/м ²	–	7,56	3,34	2,32	2,19	1,94	1,90
Модуль пружності, Н/м ²	51,4	23,3	5,00	1,19	0,33	0,126	0,118
Опір різанню подачі, Н/м	0,94	0,82	0,71	0,61	0,55	0,57	0,60

Отже, напруга різання майже не залежить від температури, якщо вона вище нуля. За температури нижче нуля зусилля різання збільшується ступінчасто в 1,5 разу, потім у 2 рази. Модуль пружності збільшується спочатку в 4 рази, а нижче -10°C – у 2 рази. Тому за основний рівень обрано температуру 0°C . Оскільки, вище нуля зусилля зрізу не змінюється, за верхній рівень обрано температура 5°C , за нижній рівень – температура -5°C .

Як вихідні шукані параметри окремо визначається сила різання для плоских і циліндричних ножів. Для кожного досліді встановлюються потрібні режимно-конструктивні параметри різання попередньо підготовлених зразків стравоходу. Шляхом заміни лез у тримачі встановлюється потрібне лезо.

Експериментально досліджувалися три варіанти комплектації різального інструменту із кутами загострення $10, 20, 30^{\circ}$ і три варіанти температури: $-5, 0, 5^{\circ}\text{C}$. У нашому випадку формула для розрахунку числа дослідів виглядає таким чином: $N = 3^2$. Отже, для випробування всіх трьох варіантів комплектуючих різального механізму необхідно 9 разів провести експеримент для циліндричних ножів та 9 разів для плоских ножів. Дані експерименту заносились до таблиці плану експериментальних досліджень (табл. 2) і проводилася їх математична обробка.

Для опису залежностей між вихідними змінними і вхідними параметрами обрано квадратичну модель:

$$Y(X_1, X_2) := a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_1^2 + a_4 \cdot X_2^2 + a_5 \cdot (X_1 \cdot X_2),$$

де a_{ij} – коефіцієнти математичної моделі; X_1 – кут заточування, град;
 X_2 – температура продукту, $^{\circ}\text{C}$.

План експериментальних досліджень

№ досліджу	Плоский ніж			Циліндричний ніж		
	α , град	t, °C	P, Н	α , град	t, °C	P, Н
1	10	-5	31,8	10	-5	50
2	10	5	20	10	5	33,2
3	30	-5	34,1	30	-5	56
4	30	5	25	30	5	36
5	20	5	33	20	5	53
6	20	-5	22,5	20	-5	35
7	30	0	25,6	30	0	38
8	10	0	23,7	10	0	36
9	20	0	24,6	20	0	37,2

Використання моделі дає можливість знайти, найкращі сполучення кута загострення та температури продукту. Після визначення таблиці експерименту на її основі створено матрицю експерименту F , яка враховує обраний вид математичної моделі. Коефіцієнти моделі визначалися за загальною формулою

$$a = (F^T \cdot F)^{-1} \cdot F^T \cdot Y.$$

Таким чином, для цього технологічного процесу отримано дві моделі для двох видів ножа. Перевірка за статичними критеріями щодо адекватності моделей показала, що вони правильно відтворюють показники технологічного процесу і можуть бути використані для проведення подальших досліджень та розробки конструкції робочих органів конструкції пристрою для очищення субпродуктів.

Структурно-механічні показники м'язової тканини м'яса впливають на консистенцію готового продукту. Для оцінки їх впливу на процес проведено низку експериментальних досліджень із плоским лезом ножів. Дані дослідження внесено в табл. 3. На основі цих даних побудовано лінії рівня 1 та графік поверхні 2. Результати дослідження показують, що м'язові тканини свинячого стравоходу, за своїм складом відрізняються від яловичини меншим вмістом сполучної тканини, що підтверджується зменшенням зусилля зрізу на 30% порівняно з м'язовими частинами стравоходу яловичого.

Показники зусилля зрізу яловичини та свинини

№ з/п	Яловичина, Н	Свинина, Н
1	17,5	14,5
2	13,5	10
3	18,5	15,5
4	15,8	12,8
5	18	15
6	14,5	11,5
7	15,5	12,5
8	14,5	11,5
9	15	12

Розділенню матеріалу на частини під впливом леза передують попереднє стиснення ним матеріалу до виникнення на його кромці руйнівної контактної напруги. У нашому випадку зусилля, при якому завершується стиснення матеріалу і починається його різання, є максимальним серед усіх зусиль, що виникають під час різання. Процес різання виглядає таким чином: при заглибленні леза в шар матеріалу на певну глибину, коли на його різальній кромці виникає руйнівне контактне напруження, починається різання. На ніж діють такі сили: $P_{\text{різ}}$ – опір руйнуванню матеріалу під кромкою леза, спрямований угору; $P_{\text{обт}}$ – сили обтискання матеріалом, що горизонтально спрямовані і діють на бічні грані леза (виникають вони від розширення шару матеріалу, спричиненого заглибленням у нього клинка леза); $P_{\text{ст}}$ – опір шару стискання фаскою леза, спрямовано угору; T – на обох боках ножа виникає сила тертя матеріалу об лезо. У нашому випадку на зусилля різання впливає форма ріжучого інструменту.

У разі розрізання плоским однобічним ножем $P_{\text{обт}}$, $P_{\text{ст}}$ та T значно менше, оскільки ніж має тільки один ріжучий бік сторону, яка приймає велику частину зусиль, які припадають на ніж. До того ж під час розрізання така форма ножа сприяє розділенню шару матеріалу, через що він починає менше прилягати до ножа, що зменшує вплив сил і зусилля різання.

Під час різання циліндричним ножем, на відміну від плоского, зменшення зусилля різання не спостерігалось, а навпаки, спостерігалось змінання зразка. Це зумовлено тим, що ніж проходить між двома шарами: серозним, прикріпленим до м'язового і слизовим. Зусилля різання має високі значення з двох причин. Перша – зв'язок між серозним і слизовим

шарами дуже міцний, що потребує збільшення сили прикладеної до ножа. Друга – при завершенні стиснення матеріалу і початку розрізання, після проходження певної відстані з'являється необхідність збільшити зусилля різання до 20 Н. Це зумовлено тим, що $P_{рв}$ більше, оскільки сила зчеплення шарів більша. При $P_{ст}$ фаскою леза шар продукту відгинається і верхня його частина прилягає до ножа. Це призводить до збільшенню опору і сили тертя.

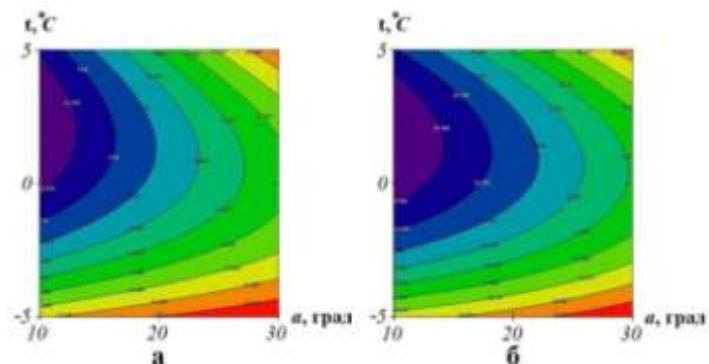


Рис. 1. Лінії рівня: а – свинина; б – яловичина

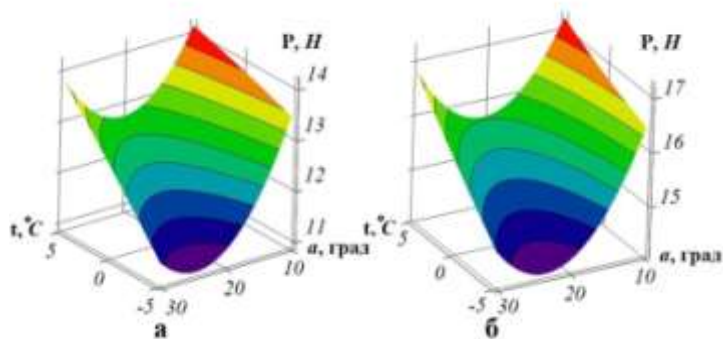


Рис. 2. Графік поверхні: а – свинина; б – яловичина

На основі даних табл. 3 для визначення зусилля різання яловичого стравоходу були побудовані лінії рівня 3 та графік поверхні 4. На графіках 3 та 4 показано вплив температури продукту та кута загострення ножа певної форми на зусилля різання. Для плоского ножа

зусилля різання зростає поступово: за температури 0 та 5 °С зусилля різання майже однакові, за температури –5 °С зусилля різання зростає до 18–19Н. Для циліндричного ножа графік має інший вигляд. За плюсової температури зусилля різання зростає поступово, за температури –5 °С це зусилля зростає різко, хоча сила тертя зменшується, збільшується сила опору і вирішальним чинником стає площа контакту ножа з м'ясом.

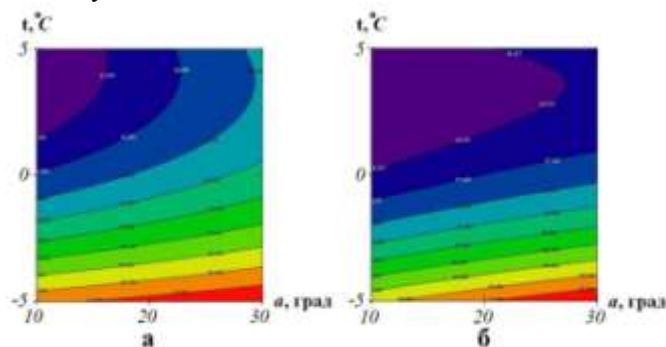


Рис. 3. Лінії рівня: а – плоского ножа; б – циліндричного ножа

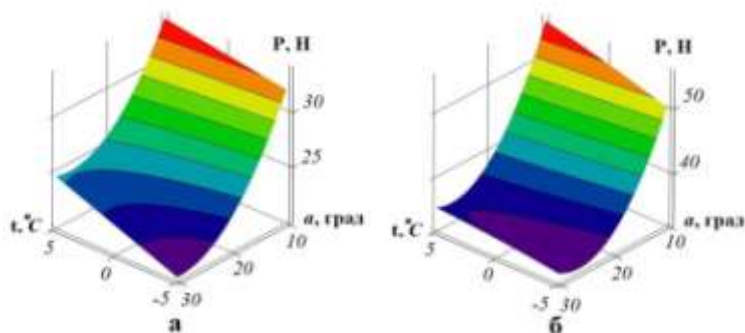


Рис. 4. Графік поверхні: а – плоского ножа; б – циліндричного ножа

Ще одним з визначальних параметрів, що впливає на ефективність різання, є початкова температура сировини. Так, за результатами дослідження різання ножами з кутом загострення 10° показало мінімальне значення зусилля різання 12 Н, що робить їх використання більш раціональним під час різання за температури 5 °С, ніж за температури –5 °С. Це зумовлено тим, що на тонкий ніж при температурі 5 °С сили $P_{обт}$, $P_{ст}$ та T діють менше, що дозволяє за мінімальних значень зусилля різання розрізати м'язову частину. Але за

температури $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ структура продукту стає твердішою, через кристалізацію води в клітинах зростає сила $P_{\text{різ}}$, що призводить до зростання зусилля різання на 150–220%. Ніж із кутом заточки 30° за температури $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ малоефективний, бо через збільшення кута збільшується сила, необхідна для стискання матеріалу до виникнення на його кромці руйнуючої контакти напруги, а збільшення площі контакту призводить до збільшення сили опору та тертя. За температури $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ніж без великих зусиль долає силу опору руйнуванню матеріалу під кромкою ножа. Крім того, збільшення кута загострення дозволяє пролонгувати строк використання ножа без загострення.

Після знаходження аналітичних залежностей між показниками якості та вхідними параметрами процесу за заданими показниками знайдено відповідні сполучення параметрів, які показують оптимальні показники зусилля різання. Оптимальними показниками зусилля різання вважають значення, за яких ніж нешвидко втрачає здатність до використання. Для плоского ножа оптимальні показники перебувають у межах від 0 до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ при кутах загострення від 20° до 30° . Для плоского ножа оптимальними показниками є $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та кути загострення від 10° до 20° .

Висновки. Таким чином основними параметрами, які характеризують процес різання стравоходу яловичого та свинячого під час очищення, є зусилля різання, що виникає при цьому, характер пружних деформацій під час розрізання матеріалу, а також вид і геометрія різального інструменту. На процес різання більше впливають вологість продукту, що розрізається, і його фізико-механічні властивості. З боку геометричних параметрів різальної кромки інструменту найбільший вплив має кут загострення в межах $20\text{--}30^{\circ}$ за температури в межах від 0 до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. За умови забезпечення оптимальних параметрів мікрогеометрії леза ножа використання отриманих даних дозволить поліпшити якість зрізу, зменшити деформаційно-силовий вплив на матеріал і зусилля різання, забезпечити максимальну продуктивність обладнання. Отримані дані щодо зусилля різання стравоходу під час очищення дозволяють визначити характер руху та взаємодії механізмів для організації руху робочих органів апарата, що проектується, з урахуванням подальших досліджень гідравлічної обробки сировини під час очищення.

Список джерел інформації / References

1. Ивашов В. И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Ч. 1. Оборудование для убоя и первичной обработки. / В. И. Ивашов. – М. : Колос, 2001. – 552 с.

Ivashov, V. (2001), *Technological equipment for meat industry enterprises. Part 1 [Tehnologicheskoe oborudovanie predpriyatiy myasnoy promyshlennosti. Chast 1. Oborudovanie dlya uboaya i pervichnoy obrabotki]*, Kolos, Moscow, 552 p.

2. Соловьев О. В. Мясоперерабатывающее оборудование нового поколения : справочник / О. В. Соловьев. – М. : ДеЛи принт, 2010. – 470 с.

Solovev, O. (2010), *New generation meat processing equipment [Myasopererabatyivayushee oborudovanie novogo pokoleniya]*, DeLi print, Moscow, 470 p.

3. Усовершенствование способа обработки субпродуктов / Д. В. Горелков, Д. В. Дмитриевский, В. Н. Червоный, В. В. Юрченко. – Мн. : БГТУ, 2017. – С. 118–119. – Режим доступа : <http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/606/1/Usovershenstvovanie-sposoba-obrabotki-subproduktov.pdf>

Gorelkov, D., Dmitrevskiy, D., Chervonyiy, V., Yurchenko, V. (2017), *Improving the method of processing offal [Usovershenstvovanie sposoba obrabotki subproduktov]*, BGTU, Minsk, pp. 118-119, available at: <http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/606/1/Usovershenstvovanie-sposoba-obrabotki-subproduktov.pdf>

4. Oshchypok I. M. Investigation of the change of energy source at hack food raw materials from the angle of sharpening the wedge [Electronic resource] / I. M. Oshchypok // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. – 2018. – № 20 (85). – Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/17650932/>

Oshchypok, I. (2018), “Investigation of the change of energy source at hack food raw materials from the angle of sharpening the wedge” [Investigation of the change of energy source at hack food raw materials from the angle of sharpening the wedge], *Naukoviy visnik Lvivskogo natsionalnogo universitetu veterinarnoyi meditsini ta biotekhnologiy imeni S.Z. Gzhitskogo*, No. 20(85), available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/17650932/>

5. Пелеев А. И. Оборудование для съемки и переработки шкур на мясокомбинатах / А. И. Пелеев, А. Н. Салтыков. – М. : Пищевая пром-сть, 1968. – 164 с.

Peleev, A., Saltyikov, A. (1968), *Equipment for shooting and processing hides at meat processing plants [Oborudovanie dlya s'emki i pererabotki shkur na myasokombinatah]*, Pischevaya promyshlennost, Moscow, 164 p.

Горелков Дмитро Вікторович, канд. техн. наук, доц., кафедра процесів та устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: gorelkov.dmv@gmail.com.

Горелков Дмитрий Викторович, канд. техн. наук, доц., кафедра процессов и оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: gorelkov.dmv@gmail.com.

Horielkov Dmitriy, PhD in Tech. Sc., Assoc. Prof., Department of Food and Hotel Industry Process and Equipment named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: gorelkov.dmv@gmail.com.

Мироненко Валерія Сергіївна, асп., кафедра процесів та устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: valeria92iua@gmail.com.

Мироненко Валерія Сергеевна, асп., кафедра процессов и оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева. Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: valeria92iua@gmail.com.

Myronenko Valeriia, Graduate Student, Department of Food and Hotel Industry Process and Equipment named after M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: valeria92iua@gmail.com.

Цвіркун Людмила Олександрівна, канд. пед. наук, ст. викл., кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання, Донецький національний університет економіки та торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. Адреса: вул. Трамвайна 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. E-mail: cvircun@donnuet.edu.ua.

Цвиркун Людмила Александровна, канд. пед. наук, ст. преп., кафедра общеинженерных дисциплин, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского. Адрес: ул. Трамвайная, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. E-mail: cvircun@donnuet.edu.ua.

Tsvirkun Lyudmila, PhD in Pedagog. Sc., Senior Lecturer, Department of General Engineering Disciplines, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Address: Tramvajna str., 16, Krivij Rig, Ukraine, 50005. E-mail: cvircun@donnuet.edu.ua.

Гейер Геннадій Валерійович, д-р екон. наук, проф., науково-дослідна частина Донецького національного університету економіки та торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. Адреса: вул. Трамвайна 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. E-mail: heier_gv@donnuet.edu.ua.

Геер Геннадий Валерьевич, д-р екон. наук, проф., научно-исследовательская часть Донецкого национального университета экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского. Адрес: ул. Трамвайная, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. E-mail: heier_gv@donnuet.edu.ua.

Heier Hennadii, Dr. of Econ. Sc., Prof., research part, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Address: Tramvajna str., 16, Krivij Rig, Ukraine, 50005. E-mail: heier_gv@donnuet.edu.ua.

DOI: 10.5281/zenodo.3937781