

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

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

\_\_\_\_\_Хорольський В.П.  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ  
ОЧИЩЕННЯ СТАВКОВОЇ РИБИ ВІД ЛУСКИ»**

Виконав:  
здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Васильченко Тарас Ігорович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

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

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

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

**Мета кваліфікаційної роботи:** удосконалення процесу очищення тушок ставкової риби від луски за допомогою ультразвукових коливань та його апаратурне оформлення.

**Завдання роботи:** провести теоретичне обґрунтування залежності зусилля зв'язку луска-шкіра для тушок коропа та товстолобика; визначити залежність впливу частоти ультразвукових коливань на зусилля зв'язку луска-шкіра; розробити математичну залежність визначення зусилля зв'язку луска-шкіра від маси риби та тривалості обробки для ефективної частоти ультразвукових коливань; розробити конструкцію апарата для забезпечення запропонованого процесу очищення тушок риби від луски; провести визначення техніко-експлуатаційних характеристик апарата для очищення тушок риби від луски; здійснити комплекс заходів щодо практичного впровадження розробки у виробництво.

**Об'єкт:** процес очищення тушок ставкової риби від луски за допомогою ультразвуку.

**Предмет:** тушки ставкової риби коропа *Cyprinus carpio*, товстолобика *Hypophthalmichthys*.

**Методи / методики, використані у кваліфікаційній роботі:** дослідження сили зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані; дослідження зміни сили зв'язку луска-шкіра при зберіганні ставкової риби в охолодженому вигляді; дослідження впливу частоти ультразвукових хвиль на силу зв'язку луска-шкіра

**Основні висновки та рекомендації:** обґрунтовано доцільність та ефективні параметри процесу очищення тушок ставкової риби від луски за допомогою ультразвукових коливань; встановлено, що ультразвукова частота, маса тушок риби та тривалість обробки мають визначальний вплив на зусилля зв'язку луска-риба; отримано математичну модель рівняння залежності зусилля зв'язку луска-риба від маси тушок ставкової риби та тривалості ультразвукової обробки за частоти коливань 22 кГц; розроблено експериментальні установки для дослідження впливу ультразвукової обробки на процес очищення тушок риби та дослідження процесу відриву луски з поверхні тушки риби; встановлено вплив ультразвукової обробки на зусилля зв'язку луска-риба; розроблено схему обладнання для очищення тушок ставкової риби від луски

**Ключові слова:** РИБА, ТУШКА, ЛУСКА, ЧАСТОТА, ПРОЦЕС УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ, УЛЬТРАЗВУКОВА УСТАНОВКА.

## ЗМІСТ

ВСТУП		6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА АПАРАТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РИБИ		8
1.1	Характеристика рибної сировини	8
1.2	Аналіз способів очищення тушок риби	12
1.3	Апаратурне оформлення процесу очищення рибної сировини від луски	14
1.4	Загальний план проведення теоретичних та експериментальних досліджень	21
	Висновки за розділом	23
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ		24
2.1	Об'єкт та предмет досліджень	24
2.2	Експериментальна установка для проведення досліджень	24
2.3	Метод дослідження процесу відриву луски з поверхні тушки риби	24
2.4	Методи обробки експериментальних даних	27
	Висновки за розділом	28
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТАВКОВОЇ РИБИ ВІД ЛУСКИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ		29
3.1	Дослідження сили зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані	29
3.2	Дослідження зміни сили зв'язку луска-шкіра при зберіганні ставкової риби в охолодженому вигляді	32
3.3	Дослідження впливу частоти ультразвукових хвиль на силу зв'язку луска-шкіра	33
3.4	Математичне моделювання процесу очищення риби від луски за допомогою ультразвуку	36
	Висновки за розділом	39
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПРОМИСЛОВОГО ЗРАЗКА АПАРАТА ДЛЯ		40

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

ОЧИЩЕННЯ ТУШОК РИБИ ВІД ЛУСКИ ТА ЙОГО  
ВПРОВАДЖЕННЯ

4.1	Вимоги та обґрунтування конструкції апарата	40
4.2	Визначення інтенсивності випромінювання акустичної потужності ультразвукової установки	41
4.3	Кінематико-енергетичний розрахунок привода ультразвукового апарата для очищення тушок риби від луски	45
4.4	Загальний опис розробленого ультразвукового обладнання для очищення риби від луски.	46
4.5	Впровадження результатів дослідження	48
	Висновки за розділом	49
	ВИСНОВКИ	50
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51

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

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На сучасному етапі розвитку людства постає необхідність вирішення проблем раціонального використання енергетичних і матеріальних ресурсів, безпеки виробництв і продукції. Це питання є особливо актуальним для розвитку харчової промисловості України.

Для ефективного вирішення наведених проблем на сьогоднішній день існує декілька шляхів, серед яких одне з чинних місць займає інтенсифікація технологічних процесів в харчових виробництвах з використанням ультразвукових технологій. Використання ультразвуку можливо для проведення процесів сушіння, різання, коагуляції, розчинення та кристалізації.

Питанню вивчення ультразвуку, його застосування в харчовій промисловості присвятили праці вітчизняні та закордонні вчені І.Е. Ельпінер, Й.О. Рогов, В.М. Горбатов, Ю.Ф. Заяс, В.М. Хмелев, Б.Г. Новицький, О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, П.М. Немирович, Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Canovas, Jochen Weiss.

Очищення тушок риби від луски – це проміжна операція для забезпечення необхідних органолептичних властивостей харчової рибної сировини, усунення мікробіологічної контамінації, отримання цінного матеріалу – шкіри риби, яка має високі споживчі якості при виготовленні шкіргалантерейних виробів.

Головним недоліком діючих технологій переробки ставкової риби є нерациональне використання харчового та технічного потенціалу сировини.

Усі операції по обробці риби на підприємствах ресторанного господарства проводяться вручну. Частково видаляються окремі ділянки шкіри, але луска видаляється повністю, при цьому відбувається погіршення зовнішнього вигляду. На рибопереробних підприємствах використовують декілька способів видалення луски, заснованих на принципі грубого механічного впливу на луску риби за допомогою металевих фрез або абразивної поверхні. Також існують способи видалення луски повітряною, водяною та повітряно-водяною струменями. Головним недоліком існуючих способів очищення тушок риби від луски є пошкодження шкіри тушок риби, що зменшує вартість готового продукту, звужує шляхи використання шкіри при виробництві шкіргалантерейних виробів.

Таким чином, удосконалення процесу очищення ставкової риби від луски за допомогою ультразвукових коливань та його апаратурне оформлення є актуальним науково-технічним завданням.

**Мета і завдання дослідження.** Метою кваліфікаційної роботи магістра є удосконалення процесу очищення тушок ставкової риби від луски за допомогою ультразвукових коливань та його апаратурне оформлення. Для досягнення мети необхідно було вирішити наступні завдання:

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Васильченко Т.І.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Дейниченко Г.В.				6	2
Н. контр.		Омельченко О.В.			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.		Хорольський В.П.					

- провести теоретичне обґрунтування залежності зусилля зв'язку луска-шкіра для тушок коропа та товстолобика;
- визначити залежність впливу частоти ультразвукових коливань на зусилля зв'язку луска-шкіра;
- розробити математичну залежність визначення зусилля зв'язку луска- шкіра від маси риби та тривалості обробки для ефективної частоти ультразвукових коливань;
- розробити конструкцію апарата для забезпечення запропонованого процесу очищення тушок риби від луски;
- провести визначення техніко-експлуатаційних характеристик апарата для очищення тушок риби від луски.

*Об'єкт дослідження* – процес очищення тушок ставкової риби від луски за допомогою ультразвуку.

*Предмет дослідження* – тушки ставкової риби коропа *Syrpinus caprio*, товстолобика *Hypophthalmichthys*.

*Методи дослідження* – аналітичні, теоретичні та експериментальні з використанням контрольно-вимірювальної апаратури відповідної точності, стандартні методики дослідження харчової сировини, сучасні методи математичної статистики, кореляційного аналізу та комп'ютерних технологій.

*Основні результати* кваліфікаційної роботи магістра полягають у наступному:

- обґрунтовано доцільність та ефективні параметри процесу очищення тушок ставкової риби від луски за допомогою ультразвукових коливань;
- встановлено, що ультразвукова частота, маса тушок риби та тривалість обробки мають визначальний вплив на зусилля зв'язку луска-риба;
- отримано математичну модель рівняння залежності зусилля зв'язку луска-риба від маси тушок ставкової риби та тривалості ультразвукової обробки за частоти коливань 22 кГц;
- розроблено експериментальні установки для дослідження впливу ультразвукової обробки на процес очищення тушок риби та дослідження процесу відриву луски з поверхні тушки риби;
- встановлено вплив ультразвукової обробки на зусилля зв'язку луска-риба;
- розроблено схему обладнання для очищення тушок ставкової риби від луски.

*Особистий внесок магістранта* в отриманні результатів полягає у проведенні експериментів, в обробці дослідних даних, узагальненні отриманих результатів, формулюванні висновків.

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

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА АПАРАТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РИБИ

В Україні риба й морепродукти були і залишаються традиційними продуктами харчування. За останні роки споживчий ринок України зазнав значних змін. Державний комітет статистики засвідчує, що на сьогодні «середній українець» споживає за рік близько 10 кг риби. Для порівняння: на кожного із 110 млн. японців припадає 100 кг риби у рік. В Іспанії споживання риби і морепродуктів на одну людину складає близько 40 кг, у Португалії та Норвегії – близько 50, в Ісландії – близько 90 кг. Слід зазначити, що 15 років тому назад один середньостатистичний українець споживав 18,5-20 кг рибопродуктів. Цей показник наближався до норми споживання, яка складає 20 кг на душу населення і відповідає міжнародним вимогам.

### 1.1. Характеристика рибної сировини

Короп – *Syrphius castris* – цінна промислова риба. Висока екологічна пластичність, швидкий ріст, відмінні смакові якості в поєднанні зі здатністю споживати вищу водну рослинність і утилізувати її до безпосереднього продукту харчування роблять коропа вельми бажаним об'єктом в багатьох прісноводних екосистемах.

Звичайний або білий товстолобик – *Hypophthalmichthys molitrix* val – важлива промислова риба, яка характеризується високим темпом росту, дає високий приріст іхтіомаси, відіграє значну роль у збільшенні рибопродуктивності і покращенні санітарного стану усіх типів водойм і раціонального використання їх природних ресурсів. При цьому товстолобик є цінним продуктом харчування. Харчова цінність пресервів визначається в першу чергу хімічним складом риби, якістю білків, жирів, їх співвідношенням. Хімічний склад м'яса риби непостійний і змінюється в залежності від її віку, фізіологічного стану, часу і місця вилову, характеру живлення тощо (табл. 1.1).

М'ясо коропа містить в середньому 14-18% білка, м'ясо товстолобика – 16-18%. Білки зазначених риб є повноцінними, окрім білків строми, оскільки містять всі незамінні амінокислоти, а також умовно замінні, такі як аланін, аргінін, аспарагінова кислота, гліцин, гістидин, пролін, серія тощо. Вміст окремих амінокислот в м'ясі змінюється, залежно, від часу і місця вилову, технології вирощування, годівлі, стану риби, тривалості і умов зберігання тощо.

<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Васильченко Т.І.		
Перевір.		Дейниченко Г.В.		
Н. контр.		Омельченко О.В.		
Затверд.		Хорольський В.П.		
<b>АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА АПАРАТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РИБИ</b>				
		Літ.	Арк.	Акрушів
		8	16	
<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>				

Таблиця 1.1 – Хімічний склад та енергетична цінність ставкової риби різних видів і порід

Види ставкової риби	Вміст у 100 г сирого м'яса, %				Енергетична цінність	
	вологи	білка	жиру	золи	ккал	кДж
Український лускатий короп	74,3	19,6	4,9	1,2	121	506
Дзеркальний лускатий короп	84,4	13,0	1,5	1,1	66	276
Дзеркальний лінійний короп	78,7	16,0	4,2	1,1	102	427
Товстолобик строкатий	79,6	16,9	2,4	1,1	89	372
Товстолобик білий	74,3	19,7	4,2	1,8	117	490
Амур білий	81,6	14,3	3,0	1,1	84	351

Одним із найбільш важливих показників якості білка є ступінь його засвоюваності. За ступенем засвоюваності на першому місці стоять білки риби і молока. Добра засвоюваність білків риби пояснюється тим, що вміст білків строми (колагену і еластину) в них не перевищує 3-5%, тоді як вміст неповноцінних білків у м'ясі наземних тварин становить близько 18%. Якщо із 100 грам білків риби організм засвоює 40 грам, то із 100 грам свинини – 20 грам, яловичини – 15. Таким чином, білки риби за біологічною цінністю не поступаються білкам м'яса теплокровних тварин, а по швидкості перетравлення і засвоюваності переважають білки тварин і рослинні білки.

Небілкові азотисті речовини складають у більшості риб порівняно невелику кількість, однак надають рибі специфічного смаку і запаху. Представлені вони в основному азотистими основами: аміаком та моно-, ди-, триметиламіном. Встановлено, що у м'язах свіжої риби кількість азоту усіх легких основ не перевищує 15...17 мг/100г. При цьому триметиламін присутнім в незначних кількостях: у морських рибах до 2...2,5 мг/100г, у прісноводних – до 0,5 мг/100г.

Жир риби за складом і властивостями значно відрізняється від жиру наземних тварин. У жирі риб насичені кислоти складають близько 16% від загальної кількості жирних кислот, цим пояснюється їх рідка консистенція при кімнатній температурі.

Якісний і кількісний склад жирів залежить від середовища мешкання риб. Аналіз літературних джерел свідчить, що жири прісноводних риб мають складну будову, у їх жирнокислотному складі переважають кислоти з більш низькою молекулярною вагою і меншою ненасиченістю, ніж у складі жирів морських риб.

Товстолобик містить від 4,5 до 23,5% жиру, жирність підвищується по мірі збільшення розмірів риби. Важливою особливістю є те, що ліпіди товстолобика містять великий процент високоненасичених жирних кислот (лінолевої, ейкозопентаєнової і докозогексаєнової), що пояснюється особливостями їх харчування. Ейкозопентаєнова кислота і створювані за її рахунок ненасичені жирні кислоти  $\omega$ -3 ряду спочатку синтезуються водоростями, а потім переміщуються



по харчовому ланцюгу у м'ясо риб. Це в свою чергу дозволяє характеризувати м'ясо товстолобика як дієтичний продукт харчування. Білий амур містить до 7% жиру. Харчова цінність ліпідів визначається наявністю речовин ліпідної природи, таких як фосфоліпіди, жиророзчинні вітаміни, стерини, і жирнокислотним складом ліпідів. Відомо, що внаслідок низької температури плавлення (23.35 °C) жири риб легко всмоктуються і значно краще засвоюються (на 95...97 %) порівняно з жирами наземних тварин (75...88%) і рослинними оліями (89...94%).

Вміст жиру – один із основних показників, за якими можна характеризувати цінність того чи іншого виду риби. Вміст багатьох жирних кислот у ліпідах риб коливається в значних межах, що залежить, на думку науковців, від виду риб, складу їжі і температури району вирощування. Встановлено, що у ліпідах прісноводних риб міститься у три рази більше лінолевої кислоти, а ейкозопентаєнової у два рази менше у порівнянні з їх вмістом у ліпідах морських риб. В цілому жири прісноводних риб мають складний склад, в якому переважають кислоти з більш низькою молекулярною вагою і меншою не насиченістю, ніж у складі жирів морських риб. Білий амур та товстолобик відносяться до риб середньої жирності, найбільший вміст жиру спостерігається у риб осіннього вилову.

Мінеральні речовини відіграють важливу фізіологічну роль як для організму самої риби, так і для організму людини. Вміст мінеральних елементів в м'ясі риб залежить від наявності їх у воді і кормах та, незначною мірою, від виду і віку риб. В м'ясі коропа міститься до 3 % мінеральних елементів, в м'ясі товстолобика – до 2 %. Серед макроелементів в зазначених рибах переважають калій, фосфор, магній, кальцій. У м'язах живої риби фосфор знаходиться головним чином у складі фосфатидів, фосфопротеїдів і нуклеотидів, а також інших органічних сполук, що виступають проміжними продуктами білкового і вуглеводного обміну в організмі. Натрій, калій, кальцій, магній і хлор у вигляді розчинних солей входять до саркоплазми м'язових клітин, міжклітинної рідини, крові і плазми.

Важливе значення мають мікроелементи, які входять до складу важливих органічних сполук. Залізо входить до складу гемоглобіну крові та деяких окиснювальних ферментів; марганець, молібден, мідь і цинк – містяться у плазмі крові і білкових речовинах печінки. Встановлено, що істотної різниці у вмісті золи у м'ясі різних видів риб не спостерігається, однак вміст мікроелементів у морській рибі є вищим (табл. 1.2).

В незначній кількості в прісноводних рибах містяться залізо, марганець, мідь, кобальт тощо.

Вітаміни в тілі риб розподілені нерівномірно, причому у внутрішніх органах їх набагато більше, ніж у м'язах. Усі вітаміни групи В мають велике значення для нормального функціонування кровотворної, нервової та травної систем, для попередження захворювань шкіри, серцевих м'язів тощо. Вміст вітаміну В2 у рибах знаходиться в межах від 14 до 1560 мкг%, вітамін В12

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
						10
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

міститься від 0,02 до 23 мкг%, вітамін С – від 0,5 до 19,7мг%. Вітамін D міститься в основному у печінці риб.

Таблиця 1.2 – Вміст мінеральних елементів у різних видів риб

Риби	Вміст у м'ясі мг % на сиру речовину,										
	мг%					мкг%					
	К	Са	Mg	P	Fe	Zn	Mn	Cu	Co	Mo	I
Морські	120	10	13	120	0,3	1,1x10	90	65	3,3	4,5	19
Прохідні	430	120	185	430	7,3	70,0	875	480	23,4	13,5	816
Прісноводні	110	20	20	125	0,4	5,0	135	50	3,9	5,7	0
Напівпрохідні	420	95	170	315	4,1	20,7	520	305	14,4	8,5	113

Цінність риби залежить також від органолептичних властивостей м'яса, від його кольору, щільності, ступеню ніжності або жорсткості, сухості або соковитості, від розміру риби, її форми, і, що особливо важливо, від співвідношення між їстівними і неїстівними частинами тіла даної риби. Вихід окремих частин тіла і органів риби залежить не тільки від середньо-штучної ваги, але й від виду риби. Чим вища маса тіла, тим більший вихід їстівної частини (м'яса) і менший неїстівної, технічної.

Співвідношення їстівних та неїстівних частин коропа наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Вагове співвідношення частин тіла у різновікових груп білого амура, вирощених у рибних водоймах, %

Вікова група	Загальна маса, г	Голова	Внутрішні органи	М'язи	Скелет	Шкіра, плавці	Нирки	Селезінка
Сьоголіток	50,7	20,7	12,8	53,3	4,9	2,4	4,5	1,4
Двуліток	325,6	17,6	10,7	60,8	2,7	1,9	4,9	1,4
Триліток	749,0	13,4	12,4	61,2	-	-	-	3,6

Як видно з даних табл. 1.3, найбільший вихід їстівних частин мають трилітки коропа. Також слід зазначити, що промислові показники (середньо-штучна маса і вихід їстівної частини) залежать також від технології вирощування риби, в окремих випадках від щільності посадки. Чим вона більша на одиницю площі, тим нижче середньоштучна маса і вихід м'яса.

Слід зазначити, що товстолобик, як і інші амурські риби, має велику питому масу їстівної частини тіла. Питома вага його мускулатури з віком збільшується від 49,4% до 57,1%, у той час як маса скелету знижується майже у 2 рази, а маса луски - у 1,5 рази.

Таким чином, вихід їстівної частини у білого амура та товстолобика є достатньо високим (табл. 1.4).

Як свідчать дані, наведені у табл. 1.4, за виходом їстівної частини білий амур та товстолобик поступаються судаку та лину, але переважають інші риби, в тому числі коропа.

З віком зі збільшенням розмірів харчова цінність риб зростає, вміст білка та жиру збільшується на 0,3-0,9%.

Отже, можна зробити висновок, що білий амур та товстолобик є цінною сировиною для виробництва рибних пресервів.

Таблиця 1.4 - Масова частка їстівної частини прісноводних риб, % від загальної товарної маси риби

Види і породи риб	Їстівна частина
Український лускатий короп	51
Український рамчастий короп	50
Дзеркальний лінійний короп	49
Білий товстолобик	52
Білий амур	54
Лящ	53
Судак	59
Линь	55
Сріблястий карась	44
Сом	52
Форель	50
Щука	43

## 1.2 Аналіз способів очищення тушок риби

Одним з основних чинників, що перешкоджають використанню ставкової риби для промислової переробки в напівфабрикати і готові кулінарні вироби, є наявність лускатого покриву, що щільно сидить і який необхідно видаляти на стадії первинної обробки тушок. Луска утворює на тілі риби гнучкий панцир. Кожна лусочка утримується своєю підставою в кишені верхнього шару дерми, а вільним кінцем налягає на наступну лусочку.

Луска являє собою тонкі пружні фіблярні пластинки, на нижній стороні яких знаходяться дрібні кристалики гуаніну, придатного для виготовлення перлового пата, а самі лусочки на 80% складаються з колагену, придатного для виготовлення клейових речовин.

Луска – це тверді метамерні пластинки риби, що виконують захисну функцію. Луска забезпечує гладкість поверхні тіла і запобігає виникненню складок шкіри. Розрізняють декілька типів луски, основними з яких є три:

плакоїдна, ганоїдна і еласмоїдна. Плакоїдна луска складається з дентину, а зверху вкрита емаллю. Ганоїдна луска сформована кістяними платівками, що зверху вкриті шаром схожої на дентин речовини ганоїдін. Для кистеперих риб характерна космоїдна луска, зовнішня поверхня якої утворена шаром косміна, а поверх нього дентину. Луска знаходиться в лускатій сумці, де утримується білками з'єднувальної тканини. Луска покрита слизом, яку виділяє шкіра для зменшення опору зустрічного потоку води.

Видовий та віковий склад промислових риб різноманітний; тушки мають значні відхилення по довжині, ширині і товщині. Внаслідок цього процес видалення луски є надзвичайно складним і трудомістким.

Одним з найефективніших способів видалення луски з поверхні риби є очищення тушки риби за допомогою струменя води. На виході з впускного пристрою формують вільний струмінь води прямокутного поперечного перерізу. Струмінь води при температурі не більше 35°C подають на поверхню тушки риби по напрямку від її хвоста до голови в проміжок між поверхнею тушки риби і укріпленою на ній лускою.

Струмені води переміщують уздовж поверхні тушки риби зі швидкістю від 0,02 до 0,20 м/с. Струмінь води на виході з впускного пристрою подають з середньою швидкістю в діапазоні від 5 до 45 м/с. Довжину відрізка струменя води, обмеженого вихідною частиною впускного пристрою і поверхнею тушки риби, підтримують в діапазоні від 0,1 до 0,4 м. Остаточне очищення тушки риби від луски здійснюється за допомогою різального інструменту.

Спосіб не знайшов широкого застосування через високий тиск водного або повітряного струменя і низької якості обробки. Використовувані захвати, для утримання тушок часто розривають хвостову частину риби; при цьому тушка зривається, доводиться зупиняти машину і вручну видаляти рибу з робочої камери.

До ефективних способів очистки риби від луски можна віднести гідротермічний. Спосіб включає занурення тушок риби у гарячу воду, витримку риби в ній і видалення луски з поданням струменя води. При цьому використовують воду з температурою 52-55°C, а витримку риби у воді здійснюють впродовж 70-80 секунд. Причому видалення луски роблять шляхом обробки тушок м'якими волосяними щітками в напрямі від голови до хвоста.

Недоліком цього способу є підвищення температури тушки риби, що відбувається в результаті занурення і витримки її у відносно гарячій воді. При цьому відбувається денатурація, тобто згортання білку в поверхневому шарі тушки при температурі води, що перевищує 30°C. Денатурація супроводжується зниженням харчової цінності риби і погіршенням її споживчих властивостей.

Також відомі термічні способи видалення луски разом зі шкірою та внутрішностями. Відомий ферментативний спосіб видалення луски разом зі шкірою, заснований на впливі протосубтілінузу на сполучнотканинні білки. При цьому відбувається ферментативне руйнування шкіри риби. При ретельному і рівномірному розподілі ферментних препаратів вдається досить повно видалити

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

луску, але верхній шар шкіри при цьому розкладається. Шкіра втрачає природний малюнок, зменшується її товщина, вона стає непридатною для подальшої переробки в шкіргалантерею.

Аналіз показав, що даним способом притаманні такі недоліки, як: втрачання харчові цінності і попадання у відходи, втрачання підшкірного шару жиру, проварювання поверхневого шару та відкритих частин риби, що призводить до денатурації білка, пошкодження шкіряного покриву риби та необхідності ручної доочистки тушок риби.

### **1.3 Апаратурне оформлення процесу очищення рибної сировини від луски**

Лускоочисні машини бувають двох видів: для групової і поштучної обробки риби. Групова обробка здійснюється у барабанах, внутрішня поверхня яких складається зі шкрябальних або просічених із зубчастими краями. Поштучна обробка риби здійснюється барабанами, на зовнішній поверхні яких є скоби, насічки. Очищення риби здійснюється шляхом механічної дії поверхонь, що обертаються, на луску. Лускоочисні барабани для групової обробки риби більш продуктивні, ніж барабани для поштучної обробки. Лускоочисні машини можуть бути періодичної і безперервної дії, з орієнтуванням і без неї, а також поштучним поданням риби.

Видалення луски з риб, які мають слабкий лускатий покрив можна здійснювати в мийних машинах.

Лускоочисний барабан ЧБ-1 (рис. 1.1) призначений для групової періодичної обробки риб усіх промислових розмірів.

Основний робочий орган машини представляє металевий барабан з отворами, усередині якого є шкрябання. Барабан має схил  $4^\circ$  в сторону вивантаження. Під дією сили тяжіння і натискуючого ролика барабан притискається до роликів приводних валів, який передає йому обертання від електродвигуна через редуктор. По всій довжині барабана проходить перфорована труба для води, подання якої регулюється соленоїдним вентилем. Під барабаном встановлений піддон для збору луски. Завантаження барабана робиться ковшовим підйомником партіями по 80-160 кг.

Ківш підйомника піднімається в горизонтальному положенні, а у верхній частині перевертається в завантажувальний лоток. Залежно від розмірів риби за допомогою реле часу встановлюється цикл роботи в межах 2,5-5 хв. Обертання похилого барабана сприяє рівномірному розподілу риби по усій його довжині.

Перевертаючись, риба потрапляє на шкрябання то одним боком, то іншим і очищається від луски. Під час роботи кришка барабана закрыта. Після закінчення циклу обробки кришка барабана за допомогою електромагніту автоматично відкривається і очищена риба вивантажується.

Продуктивність машини ЧБ-1 сягає 1200 кг/год, але при обробці на тушці риби залишається 5-10% луски, що вимагає ручного доопрацювання. При

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

поганому очищенні риби слід збільшити цикл обробки, збільшивши час обертання барабана і зменшивши його схил. Якщо риба погано відмита від луски, необхідно прочистити перфорацію барабана і збільшити подання води. У разі ушкодження риби в процесі обробки необхідно зменшити тривалість циклу. Необхідно систематично перевіряти роботу електромагніту, кришки і соленоїдного вентиля подання води.

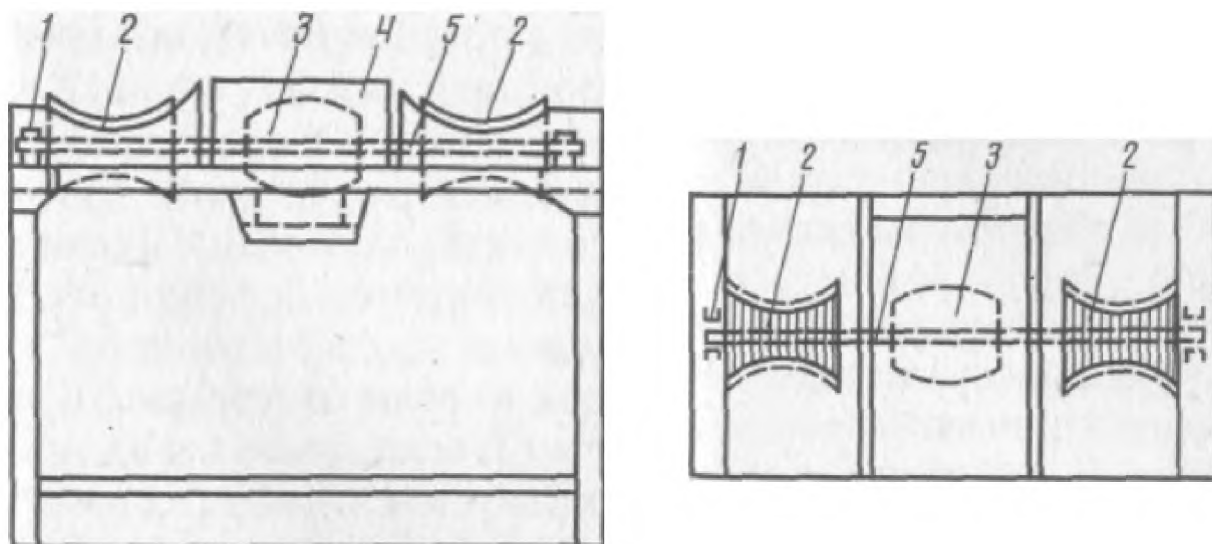


Рисунок 1.1 – Лускоочисна машина ЧБ-1:

1 – завантажувальний лоток, 2 – лускоочисний барабан, 3 – захисні щитки, 4 – кришка, 5 – розвантажувальний лоток, 6 – піддон для збору луски.

Машина Н2-ИРА-314 призначена для зняття луски з необробленої свіжої або розмороженої риби. Рибу в положенні «на боці» головою вперед вручну укладають одночасно на два операційні конвеєри. Верхні гілки конвеєрів розташовані на тих, що направляють, за допомогою яких можна змінювати висоту їх підйому. Конвеєрні стрічки регулюють у випадку необхідної обробки риби різної товщини. Одна стрічка машини налаштовується на максимальну товщину риби, а інша - на середню або мінімальну. Конвеєри подають рибу до притискних роликів, які, обкатуючи рибу, притискають її до стрічки. Гладкі пластини лускозмінного вузла облягають тіло риби по його формі і перешкоджають зміщенню риби, а зубчасті - знімають з неї луску. Після зняття луски з одного боку риба потрапляє на вузол розвороту, де вона перевертається на інший бік. Операція зняття луски повторюється.

Технічна продуктивність машини при середній масі 0,5 кг складає 48 риб/хв. Під час зняття луски на робочі органи машини подається вода у кількості 2,3 м<sup>3</sup>/год. Обслуговують машину 5 чоловік, в тому числі 4 людини зайняті чисткою.

Малогабаритний лускоочисний барабан (рис 1.2) призначений для знімання луски з морського окуня, судака і інших риб.

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

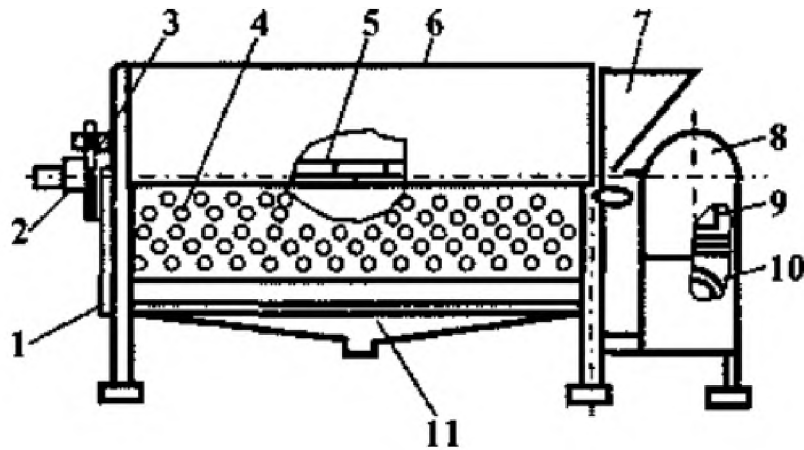


Рисунок 1.2 – Малогабаритний лускоочисний барабан:

1 – кришка, 2 – ричажний затиск, 3 – сальникове обладнання, 4 – барабан, 5 – полий вал, 6 – кожух барабану, 7 – бункер, 8 – кожух, 9 – редуктор, 10 – електродвигун, 11 – піддон

Барабан з терковою поверхнею виробляють з листової корозійностійкої сталі, піддон і кожух оцинкованої сталі. Рибу завантажують у бункер вручну. Разова загрузка барабану 30-50 кг. Тривалість циклу роботи 5-6 хв. При обертанні барабана теркова поверхня знімає луску з риби. Всередину барабана через порожнистий вал подається вода. Для повного розвантаження барабан повинен зробити 2-3 обороти при відкритій передній кришці.

Пристрій конструкції ЦПКТБ «Азчерриба» (рис. 1.3) призначений для зняття луски з великих риб і встановлюється як на промислових судах, так і на берегових підприємствах.

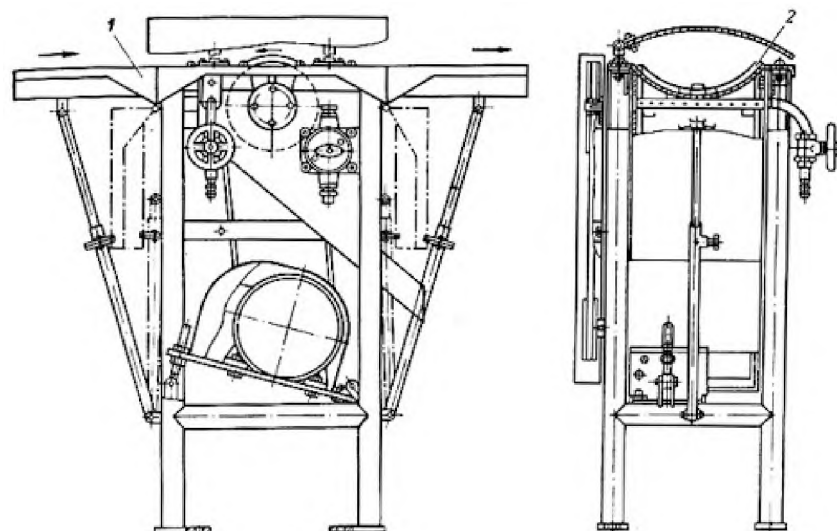


Рисунок 1.3 – Лускоочисна машина конструкції ЦПКТБ «Азчерриба»:

1 – лоток, 2 – лускоз'ємний барабан

Основним робочим органом пристрою є той, що обертається в

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

підшипниках барабан, який має увігнуту поверхню з розташованими в шаховому порядку що перекривають один одного плаваючими дротяними скобами. Скоби змонтовані на пластинах - амортизаторах з пористої гуми.

Технічна характеристика пристрою приведена в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика пристрою конструкції ЦПКТБ «Азчерриба»

Продуктивність, риб/хв	7
Потужність, кВт	0,6
Габаритні розміри, мм:	
довжина	550
ширина	406
висота	845
Маса, кг	56

Обертання барабану передається від електродвигуна через клиноремінну передачу. Лотки мають увігнуту поверхню для підтримки риби під час обробки.

Рибу вручну вкладають бічною частиною на лоток і протягають хвостом вперед по увігнутій поверхні того, що обертається назустріч рибі барабана. Потім її перевертають на 180° і процес повторюється.

Зняття луски відбувається при попаданні риби в щілини між скобами і поверхнею барабана. Разом з високопродуктивними машинами на судах флоту рибної промисловості для очищення риби від луски, обезголовлювання, відрізання плавників, оброблення на тушку і філе широко застосовуються різні інструменти та пристрої.

Пристрій для зняття луски з риби РО-1М (рис. 1.4) представляє собою переносний електродвигун з частотою обертання 23,3 с<sup>-1</sup> на вихідному валу якого закріплений гнучкий вал, який передає обертання циліндричній фрези із спіральними зубами.

Використання приводного інструменту для видалення луски дозволяє дещо підвищити продуктивність праці.

Кінець фрези має форму усіченого конусу з шорсткою поверхнею, що дозволяє зчищати луску з важкодоступних місць (біля зябер і плавників). Для безпеки роботи фреза ув'язнена по півколу в кожух. Рибу укладають на стіл і, злегка притискуючи фрезу, що обертається по черзі очищають луску з однією і іншої сторони в напрямі від хвостової частини до голови.

При роботі з пристроєм РО-1М необхідно стежити за контактом між вилкою пристрою і розеткою, що знаходиться під напругою, а також за станом гнучкого валу. Фреза пристрою є небезпечним різальним інструментом, при роботі з яким необхідно бути достатньо уважним.



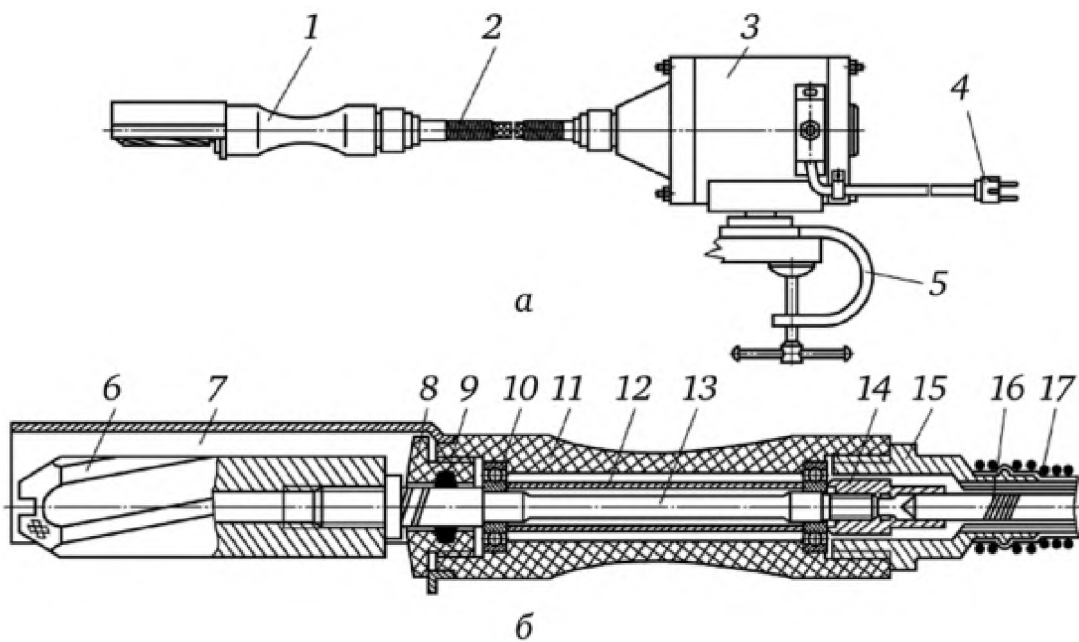


Рисунок 1.4 - Пристосування РО-1М для очистки риби:  
а - загальний вид, б – розріз

Пристосування РО-1М (рис. 1.4 а, б) складається із скребкового механізму 1, гнучкого валу 2 і двигуна 3. Скребок 4 виготовлений з нержавіючої сталі у вигляді фрези з подовжніми спіральними зубами. Кінець скребка виконаний у формі усіченого конуса має шорстку поверхню. Для запобігання розльоту луски скребок 4 закривається кожухом 5. Скребок закріплений на рукоятці 8 за допомогою гайки 6, що має сальник 7. Усередині рукоятки, виготовленого з електроізоляційного матеріалу, в підшипниках обертається проміжний вал 10. Від подовжнього переміщення проміжний вал утримується втулкою розпору.

Щоб уникнути попадання мастила з підшипників на інші деталі і оброблюваний продукт підшипники на валу ущільнені повстяними кільцями. За допомогою втулки з текстилю 12 гнучкий вал 13 з'єднується з валом 10 шкрябання, а на втулку нагвинчується гайка 11. Таке кріплення гнучкого валу до скребка забезпечує електробезпеку останнього. Гнучкий вал 13 розміщений усередині металевому рукава і передає рух від електродвигуна 3 до скребка 4. Від поломки із-за різких перегинів гнучкий вал захищений пружинами 14, наявними біля рукоятки скребка і двигуна. До столу двигун кріпиться кронштейном, а під'єднується до електромережі штепсельною вилкою з заземленням.

Включається електродвигун за допомогою тумблера. Технічна характеристика пристосування РО-1М приведена в табл. 1.6.

Пристрої та пристосування для очищення риби від луски. Для цієї операції застосовуються ручні і приводні інструменти. Ними користуються при вступі на обробку невеликих партій риби або риби різних видів і розмірів. Головним недоліком є низька продуктивність.

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

Таблиця 1.6 - Технічна характеристика пристосування РО-1М

Показники	РО-1М
Продуктивність, кг/г	50-60
Номінальна потужність електродвигуна, кВт	0,05
Частота обертів робочого органу, об/хв	1400
Габарити, мм:	
довжина	185
ширина	110
висота	130

Ручні інструменти підрозділяються на інструменти з абразивною поверхнею (рис. 1.5), із зубчастою кромкою (рис. 1.6) і оригінальних видів (рис. 1.7).

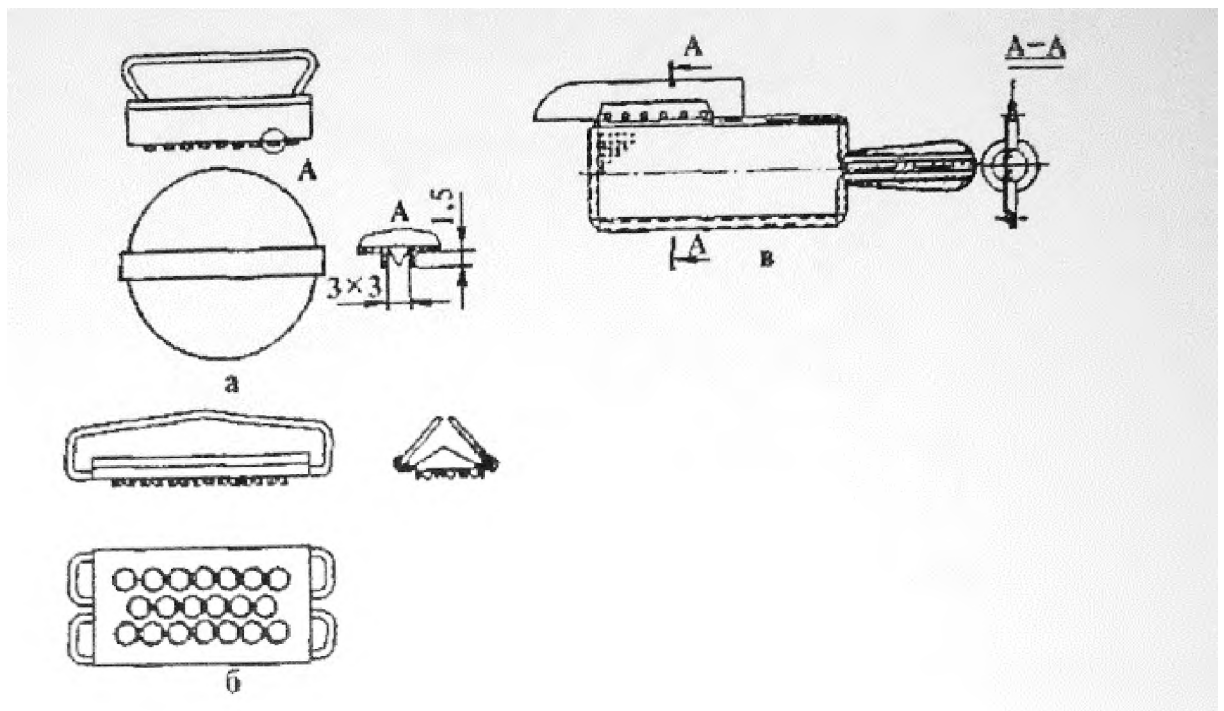


Рисунок 1.5 – Інструменти з абразивною поверхнею для зняття луски:  
а – кругла терка, б – прямокутна терка, в – терка-хвістуруб

При користуванні ручним інструментом рибу кладуть на стіл і притримують лівою рукою. У праву руку беруть інструмент і рухом проти луски очищають рибу.

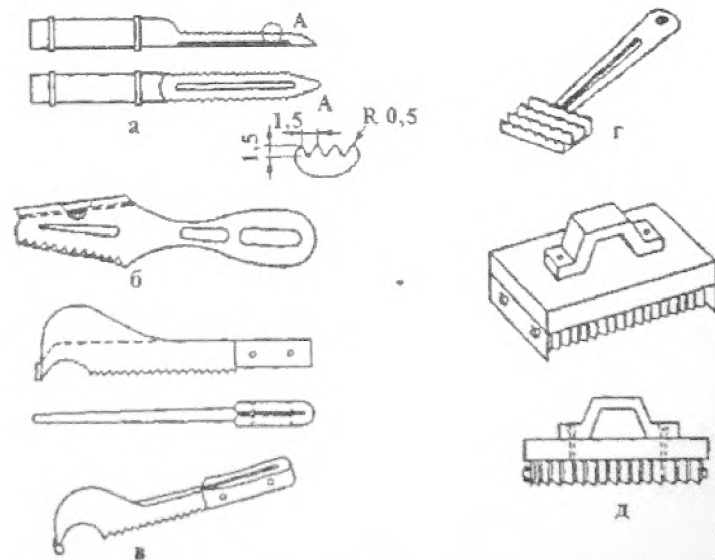


Рисунок 1.6 – Інструменти із зубчатою кромкою для зняття луски:  
 а – жолобковий скребок; б – двосторонній скребок; в – інструмент для зняття луски, відрізання голови і шкірки риби; г – інструмент Вавицької; д – інструмент з гофрованими кромками

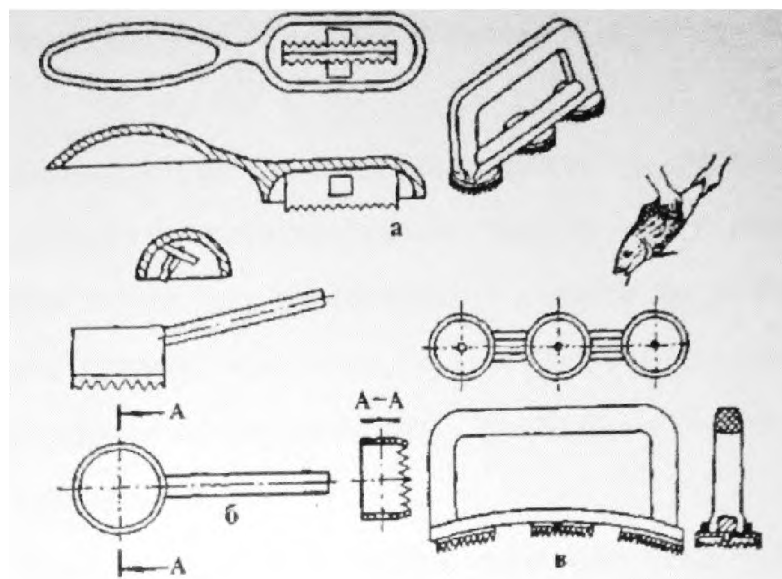


Рисунок 1.7 – Інструменти оригінальних видів для зняття луски:  
 а – інструмент з литим корпусом і шарнірною зубчастою кромкою;  
 б – скребок Калінінградського рибоконсервного комбінату;  
 в – потрійний круглий скребок із скобо образною рукояткою

Пристрій для очистки риби від луски (рис. 1.8.) містить барабан, утворений двома опорними дисками і розміщеним на них пружним очисним елементом з абразивною поверхнею.

Пружний очисний елемент виконаний у вигляді еластичної оболонки, розміщеної на встановлених з можливістю подовжнього переміщення уздовж валу опорних дисках. Вал виконаний порожнистим і перфорованим, а на зовнішню поверхню еластичної оболонки нанесений абразив у вигляді окремих квадратів

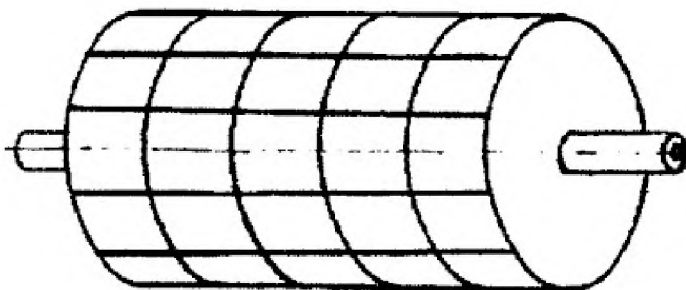


Рисунок 1.8 – Пристрій для очистки риби від луски

До недоліків цього пристрою можна віднести те, що при роботі у нього поступово знижуються експлуатаційні властивості і для відновлення цих властивостей барабан необхідно періодично піддавати механічній обробці на спеціальному устаткуванні, крім того, це устаткування є устаткуванням періодичної дії, що знижує продуктивність і ускладнює включення до складу безперервно-потоківих ліній.

Всім існуючим пристроям з механічним способом видалення луски, притаманні загальні недоліки. Якщо застосування машини має на меті зберегти шкірний покрив, то луску вдається видалити далеко не повністю. В даному випадку обов'язково потрібне тривале і монотонне ручне доочищення тушок. Якщо збільшити тривалість очищення в машині, то це призведе до стирання шкірного покриву.

#### 1.4 Загальний план проведення теоретичних та експериментальних досліджень

Для реалізації мети та завдань досліджень було розроблено загальний план проведення теоретичних та експериментальних робіт (рис. 1.9).

Планом було передбачено проведення аналізу інтенсифікації процесу очищення тушок риби за допомогою ультразвука. Аналіз проводився за наступними напрямками:

- характеристика рибної сировини;
- аналіз способів очищення тушок риби від луски;
- аналіз апаратурного оформлення процесу очищення тушок риби від луски.

Ґрунтуючись на даних проведеного аналізу, можна сформулювати мету, предмет та об'єкт дослідження.

Проведення досліджень відбувається з розробкою методик та

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

експериментальних установок.

Дослідження процесу очищення тушок риби від луски відбувається за наступними напрямками:

- дослідження сили зв'язку луска шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані та при зберіганні в охолодженому вигляді;
- дослідження впливу частоти ультразвукових хвиль на силу зв'язку луска-шкіра;
- математичне моделювання процесу очищення тушок риби від луски за допомогою ультразвуку;
- розробка апарата для проведення процесу очищення тушок риби від луски відбувається на основі обґрунтованих раціональних та експлуатаційних параметрів процесу.



Рисунок 1.9 – Загальний план проведення теоретичних та експериментальних досліджень

## Висновки за розділом.

Аналіз науково-технічної літератури дозволив зробити висновки про недостатню ефективність існуючого устаткування для проведення процесу очищення тушок риби від луски, відсутність наукових даних про закономірності впливу ультразвукової обробки на ефективність процесу і перспективність використання ультразвукового обладнання для очищення тушок риби від луски. Встановлено, що існуючі способи видалення луски не дозволяють механізувати процес видалення луски при гарантованому збереженні природного малюнка та придатності шкіри для вичинки; така механізація повинна підвищити ефективність комплексної переробки коропа і товстолоба.

Дослідження впливу ультразвукової обробки на продукти харчування, а саме під час очищення тушок ставкової риби, в Україні відсутні, що викликає необхідність проведення додаткових наукових досліджень з цього напрямку.

Розроблено план теоретичних та експериментальних досліджень, сформульовано мету та завдання для її вирішення.

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

## РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Об'єкт та предмет досліджень

При виконанні кваліфікаційної роботи магістра в якості об'єкта досліджень було обрано процес очищення тушок риби за допомогою ультразвуку.

Предметом досліджень, що розглядались, було обрано тушки ставкової риби коропа *Syrpinus carpio*, товстолобика *Hypophthalmichthys*, що є одними з найважливіших представників ставкової риби та які мають найбільшу частку продажу в Україні.

### 2.2. Експериментальна установка для проведення досліджень

Експериментальні дослідження проводили з використанням ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т, що дозволив проводити дослідження з використанням випромінювачів з частотою 15 кГц, 22 кГц та 35 кГц. Коливання низьких частот одержували від магнітострикційних перетворювачів, кожний з яких має в своїй будові напрямні з експоненціальним переходом. Магнітострикційний перетворювач виготовляється з феромагнітних сплавів та набирається з П- або О-образних пластин. Використання перетворювачів цього типу дозволяє більш раціонально використовувати енергію. Обмотка збудження розташовується на стрижнях, створюючи замкнутий магнітний потік.

Принципова будова ультразвукового апарата наступна: генератор, що є джерелом енергії, випромінювач, концентратор і робочий орган.

Розглянемо будову установки більш детально (рис. 2.1).

Дослідження проводили наступним чином. Тушку риби розміщували в ємності з водою. Після цього відраховували необхідну тривалість обробки. Дослідження процесу відриву луски з поверхні тушок риби проводили з використанням авторської установки.

### 2.3. Метод дослідження процесу відриву луски з поверхні тушки риби

Для дослідження процесу відриву луски з лускової сумки риби було розроблено та створено експериментальну установку. Установка складається з наступних елементів (рис. 2.2). Нерухома нижня пластина 1 поєднує закріплені на ній чотири стійки 3, на яких нарізано різьбу, та утримувачів зразка 12.

На стійках за допомогою гайок регулювання висоти закріплено верхню

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Васильченко Т.І.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Дейниченко Г.В.				24	5
Н. контр.		Омельченко О.В.			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
Затверд.		Хорольський В.П.					

опору 2 з можливістю її руху вгору чи вниз відповідно дослідного зразка. На опорі 2 нерухомо зварено напрямну втулку 4, у внутрішній частині якої вгвинчено стрижень 5, на одному боці якого закріплено рукоять для обертання 6, а на другому - рухомий шарнір 7. По всій довжині стрижня 5 виконана різьба з дрібним кроком 0,25 мм, що дозволяє плавно переміщувати стрижень разом із закріпленими на ньому пластинами. До шарніру нерухомо приєднана жорстка Г-подібна пластина 8. Шарнір виконано рухомим з тією метою, щоб при підйомі стрижня Г-подібна пластина переміщувалася тільки вертикально. В свою чергу до Г-подібної пластини приєднано дві тонкі гнучкі пластини 10 та 11, на яких закріплені тензодатчики опору 13. Гнучка пластина 10 є робочою пластинною, тоді як пластина 11 виконує роль точки відліку. В визначеній точці гнучких пластин на нитці підвішені захвати 16 для утримання луски під час відривання. З метою запобігання розриву контакту тензодатчиків із цифровим тензометричним вимірювачем ЦТІ-1 15 на стійках встановлено діелектричний ізолятор 14.

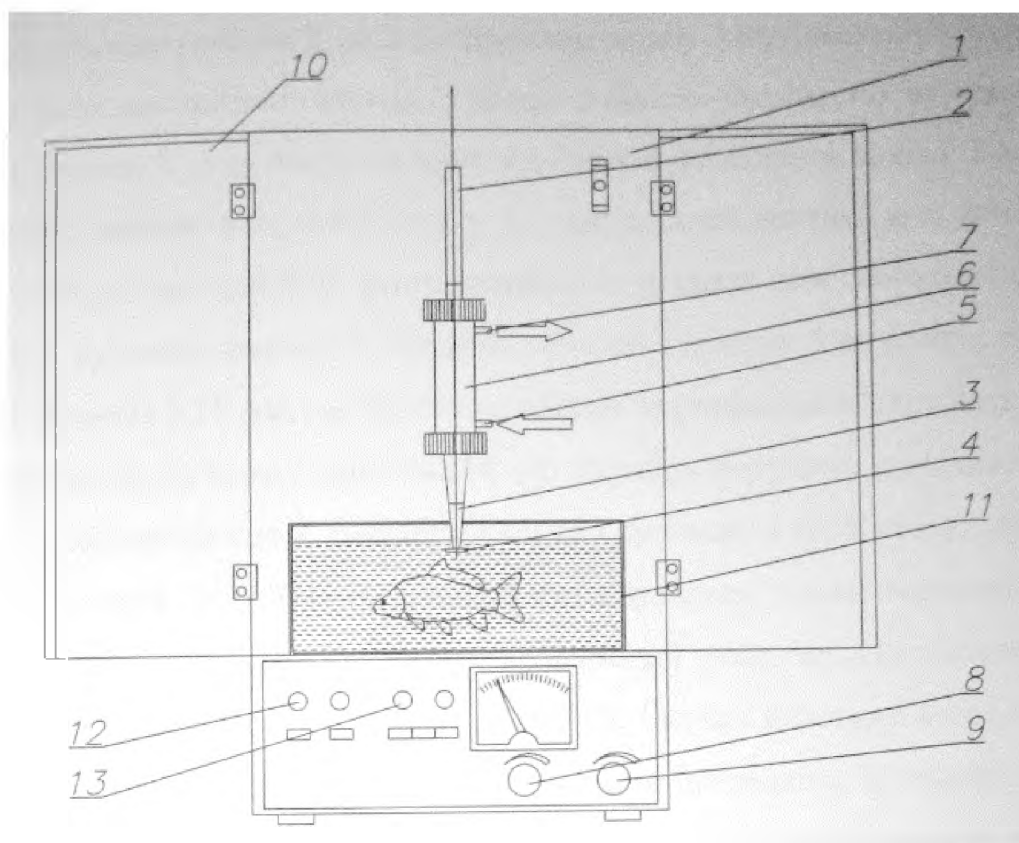


Рисунок 2.1 – Схема експериментальної ультразвукової установки:

- 1 – корпус; 2 – штатив; 3 – концентратор; 4 – випромінювач; 5,7 – вхідний та вихідний патрубків для води; 6 – трансформатор з водяним охолодженням; 8 – регулятор частоти; 9 – регулятор потужності; 10 – звукоізолюючі дверцята; 11 – експериментальна насадка, 12 – вимикач частоти; 13 – імпульсний вимикач

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



Принцип дії установки (рис. 2.2) базується на роботі тензодатчиків опору. Для дослідження рибу викладають на нижню опору 1, де вона закріплюється нерухомо утримувачами 12 і за допомогою захвату 16 затискається одноразово тільки одна луска.

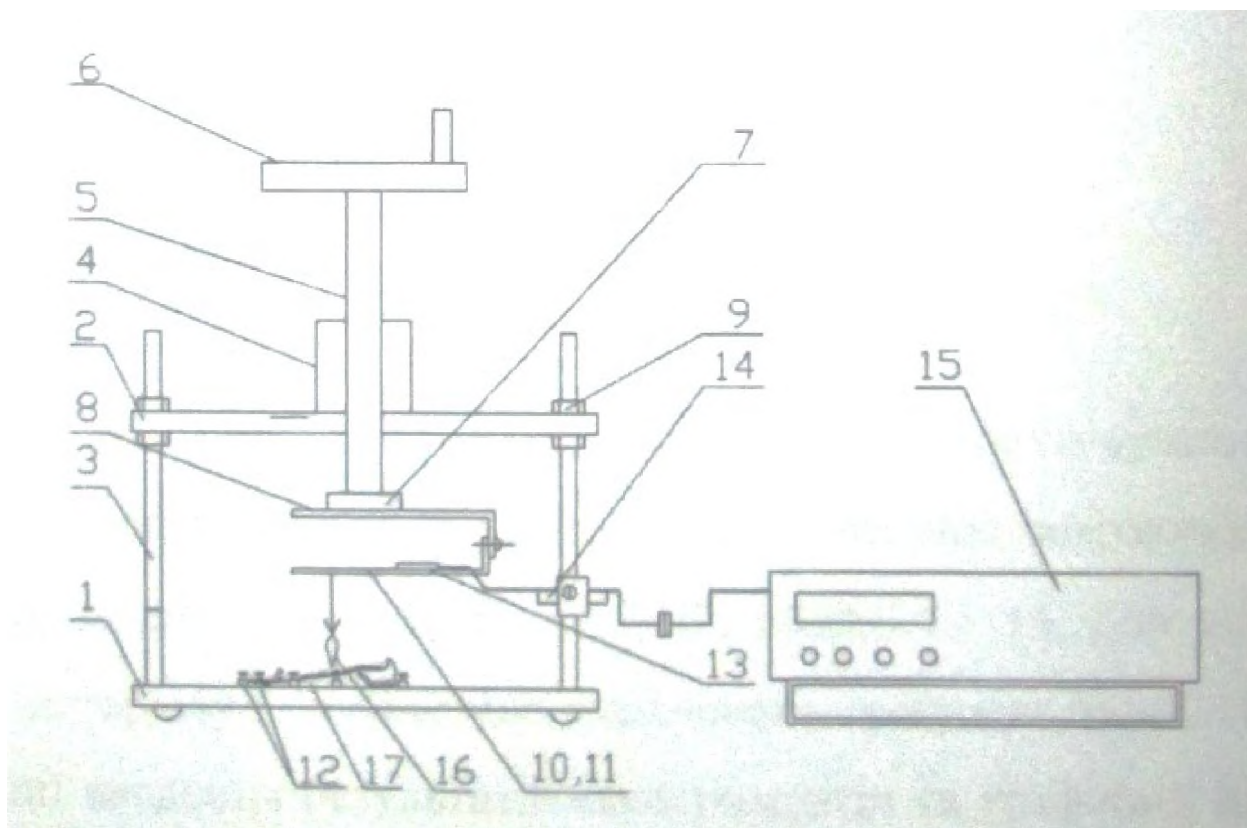


Рисунок 2.2 – Схема експериментальної установки для дослідження процесу відриву луски з поверхні шкіри риби

При обертанні рухомого стрижня 5 Г-подібна пластина 8 разом із гнучкими пластинами 10 та 11 вертикально підіймається угору. При цьому гнучка пластина 10 згинається за рахунок того, що один її край підіймається разом із Г-подібною пластиною, а інший утримується за рахунок сили зчеплення луски із захватом. Під час згинання пластини 2 опір тензOMETричних датчиків змінюється. Тоді, коли зусилля вигнутої пластини 10 буде дорівнювати силі зчеплення «луска-шкіра», і відбувається відривання луски зі шкіри риби. На той момент, коли відбувається відрив луски від шкіри, реєструється максимальне значення розгалуження моста опору. Потім пластина 10 відновлюється у своє вихідне положення. Розташування на пластині тензодатчиків з обох боків пластини дозволяє підвищити точність вимірювань, оскільки кожен з тензодатчиків працює на різні види навантажень: нижній датчик працює на стискання, а верхній - на розтяг. За рахунок включення в єдину напівмостову схему двох тензOMETричних датчиків відбувається максимальне розгалуження схеми і тим

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

самим забезпечується підвищення її чутливості.

## 2.4. Методи обробки експериментальних даних

При обробці експериментальних даних використовувалися сучасні комп'ютерні технології: для проведення математичних розрахунків було використано програми Microsoft Excel 2010, MathCAD 14, для відображення графічного матеріалу - професійно спрямована програма AutoCAD 2010, для автоматизації введення результатів експериментів та графічної інформації – сканувальний пристрій CANON MP 4410 та система оптичного розпізнавання тексту – ABBYY FineReader 10.

Обробку результатів досліджень проводили методами математичної статистики та кореляційного аналізу.

### 2.4.1. Обчислення похибок прямих вимірювань.

При повторних вимірюваннях виникає розсіювання результатів, викликане комплексом причин. В цьому випадку, найімовірніше, значення шуканої величини визначається середнім арифметичним за формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i, \quad (2.1)$$

де  $x_i$  – елементи масиву даних ( $i = 1 \dots N$ ).

Абсолютну похибку прямих вимірювань визначають за формулою:

$$\Delta x = \frac{t_s}{\sqrt{N}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x}_i)^2}{N-1}} = \frac{t_s}{\sqrt{N}} \cdot \sigma, \quad (2.2)$$

де  $t_s$  – коефіцієнт Стюдента;  
 $\sigma$  – стандартне відхилення.

Для вилучення грубих похибок в даних використовується правило «трьох сигм», за якими модуль максимального відхилення вимірювання значення від середнього на величину  $3 \cdot \sigma$  – малоімовірний. Для цього точку з максимальним відхиленням від середнього видаляють з даних та порівнюють відхилення цієї точки від середнього з величиною  $3 \cdot \sigma$ , обчислених для нового масиву даних.

### 2.4.2. Обчислення непрямих даних.

У непрямих дослідженнях шукана величина  $y$  пов'язана функціональною залежністю із сукупністю аргументів  $i$  визначається формулою:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.3)$$

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

де  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – незалежні аргументи, які визначаються шляхом прямих вимірювань, при цьому кожний з них може бути однократним чи багатократним прямим вимірюванням із різними похибками  $\Delta x_i$ .

В цьому разі абсолютна похибка визначення є шуканою величини  $\Delta y$  обчислюється за формулою 2.4.

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot \Delta x_i^2}, \quad (2.4)$$

де частинна похідна функції  $\partial f / \partial x_i$  обчислюється для середніх значень аргументів  $\Delta x_i$

Відносна похибка визначення шуканої величини  $y$  обчислюється за наступною формулою 2.5:

$$\Delta y = \frac{\Delta y}{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial(\ln f)}{\partial x_i}\right)^2 \cdot \Delta x_i^2}, \quad (2.5)$$

де обчислюється для середніх значень аргументів  $\Delta x_i$

#### **Висновки за розділом.**

1. Об'єкт дослідження – процес очищення тушок риби від луски за допомогою ультразвуку.
2. Предмет дослідження – тушки коропа та товстолобика.
3. Розроблено схему експериментальної ультразвукової установки та лабораторну установку для дослідження процесу відриву луски від поверхні шкіри риби, що базується на використанні тензодатчиків.

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

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТАВКОВОЇ РИБИ ВІД ЛУСКИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ

### 3.1. Дослідження сили зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані

Теоретично зусилля  $F$ , необхідне для зняття луски, пропорційне квадрату характерного розміру тушки  $l$ , отже, можна написати:

$$F \approx k_1 \cdot l^2, \quad (3.1)$$

де  $F$  – зусилля на відрив луски (величина зв'язку луска - шкіра), Н;  
 $k_1$  - коефіцієнт пропорційності, Н/м<sup>2</sup>;  
 $l$  – характерний розмір тушок риби, наприклад, товщина середньої частини,  
 м.

З іншого боку, обсяг тушки, отже, і її маса пропорційні кубу характерного розміру тушки, так що можна написати:

$$M \approx k_2 \cdot l^3, \quad (3.2)$$

де  $M$  – маса тушки, кг.

З (3.1) та (3.2) випливає, що

$$F \approx k_3 \cdot M^{2/3}, \quad (3.3)$$

Сила зв'язку луска-шкіра залежить від величини - коефіцієнта міцності зчеплення луски з тушкою різних видів риби. Це значення для коропа вище, ніж для білого товстолобика, за однакової маси тушок. Отже, величиною цієї константи можна кількісно охарактеризувати міцність утримання луски тушкою. Дана величина необхідна для розрахунків апарату по видаленню луски. Визначивши її для різних видів риби, можливо розрахувати теоретично силу зв'язку луска-шкіра для тушок необхідної маси.

Розроблена експериментальна установка дозволила з достатньою точністю вимірювати силу зв'язку луска-шкіра в початковому стані для тушок коропа і білого товстолобика різної маси. При цьому дослідженню піддавалися тушки риби, яка присипляе безпосередньо перед проведенням експерименту; період від моменту припинення життєдіяльності до моменту зняття показання не

<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Васильченко Т.І.		
Перевір.		Дейниченко Г.В.		
Н. контр.		Омельченко О.В.		
Затверд.		Хорольський В.П.		
<b>РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТАВКОВОЇ РИБИ ВІД ЛУСКИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ</b>				
		Літ.	Арк.	Акрушів
			29	11
<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>				

перевищував 4...5 хв. Таким чином, отримані дані можна вважати найбільш близькими до сили зв'язку луска-шкіра у живої риби, тому що зняти дані безпосередньо з тушок живої риби на даній експериментальній установці не представляється можливим.

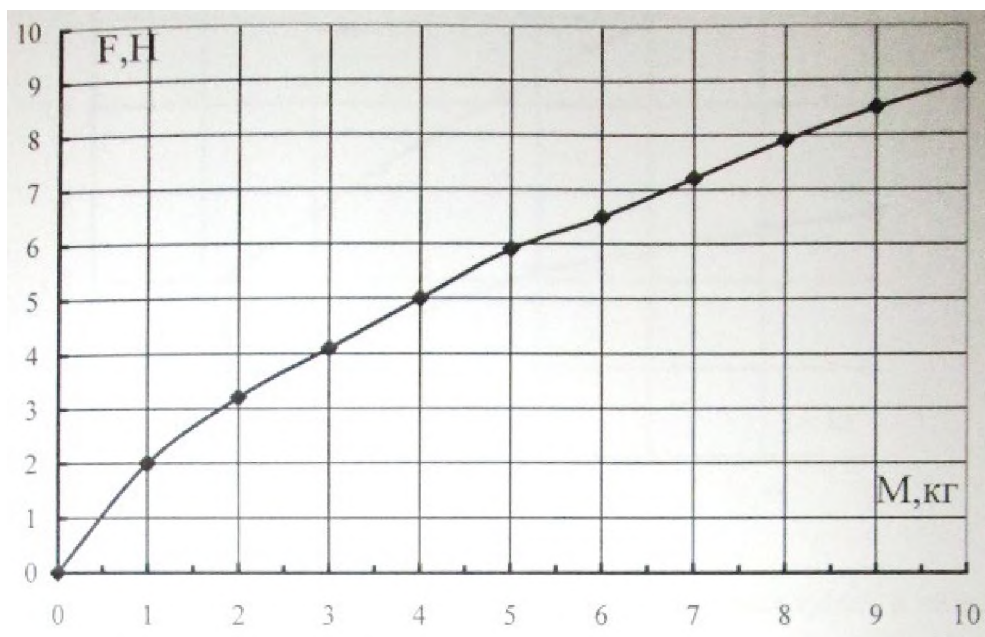


Рисунок 3.1 – Теоретична залежність сили зв'язку луска-шкіра F від маси тушок

Отримані експериментальним шляхом дані дозволили виявити залежність сили зв'язку луска-шкіра від маси тушок ставкової риби. Динаміка зміни сили зв'язку луска - шкіра для ставкової риби залежно від маси тушок наведена на рис. 3.2.

Аналіз отриманої залежності свідчить про те, що в процесі збільшення маси тушок відбувається зростання сили зв'язку луска-шкіра. Залежно від виду ставкової риби зростання відбувається різним чином, отже, значення коефіцієнтів  $k_1$  і  $k_3$  (на підставі формул (3.1) і (3.3)) для коропа і білого товстолобика будуть різними. Так, тушки масою до 0,3 кг мають близьке значення сили зв'язку, але з ростом маси тушок сила зв'язку у коропа наростає значно швидше, ніж для білого товстолобика. Так, при масі тушок 1,0 кг сила зв'язку у коропа в 1,8 рази перевищує силу зв'язку у товстолобика, а при збільшенні маси тушок до 2 кг це співвідношення становить 1:2,1.

Дана відмінність може бути обумовлено різним морфологічним будовою луски коропа і товстолобика – короп має луску більшого розміру, ніж товстолобик, більш велику лускову сумку, і, відповідно, кожна лусочки утримується великою кількістю білкових утворень. Отримавши ці дані, можна припустити, що навіть при видаленні луски відомими способами необхідно сортувати рибу за масою і регулювати величину прикладається сили при обробці

різних видів риби на одиниці обладнання.

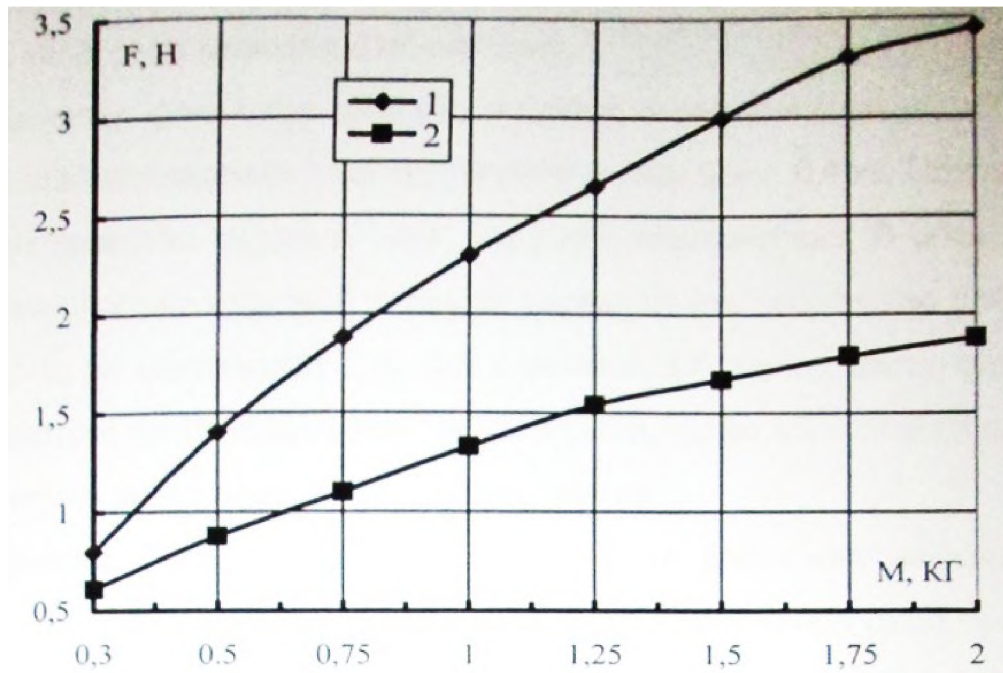


Рисунок 3.2 - Залежність сили зв'язку луска-шкіра від маси тушок в нативному стані: 1 - коропи, 2 – товстолобика

Незначне відхилення даних, отриманих експериментально, від теоретичної залежності виявлено для тушок риби масою 0,3...0,4 кг. При цьому відхилення виявлено як для коропи, так і для товстолобика. В обох випадках експериментально отримані значення перевищують теоретично розраховані. Ймовірно, це обумовлено тим, що в початковий період росту тушки риби відбуваються процеси активних змін її будови, які не збігаються з процесами росту тушки на другому і третьому році життя.

Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити силу зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані і розрахувати на підставі експериментальних даних значення коефіцієнтів  $k_3$  для коропи і товстолобика, при використанні яких можливе теоретичним шляхом розрахувати силу зв'язку луска-шкіра для тушок будь-яких вагових груп. Для коропи значення  $k_3$  становить 2,29, а для білого товстолобика – 1,25.

У реальних умовах виробництва досить рідко доводиться мати справу з живою рибою, так як в основній своїй масі рибопереробні підприємства віддалені від нагульних ставків, і виникає необхідність короткочасного зберігання риби та транспортування до місць її переробки. При цьому на переробку надходить снула або охолоджена риба, яка відповідає вимогам державних стандартів. Отже, актуальним є дослідження сили зв'язку луска-шкіра не тільки для снулої, а й для охолодженої ставкової риби.

### 3.2. Дослідження зміни сили зв'язку луска-шкіра при зберіганні ставкової риби в охолодженому вигляді

Було проведено дослідження з визначення сили зв'язку луска-шкіра для коропа і товстолобика, що зберігалися після усилення в холодильній камері при температурі  $6^{\circ}\text{C}$  протягом 48 год. Через кожну годину відбиралися тушки риби і піддавалися дослідженню на експериментальній установці. Результати проведених досліджень представлені на рис. 3.3 і 3.4.

В результаті досліджень, проведених для коропа, було відзначено, що залежність сили зв'язку луска-шкіра від часу зберігання в охолодженому вигляді для тушок коропа різної маси представляється характерною кривою, яку можна умовно розділити на дві ділянки.

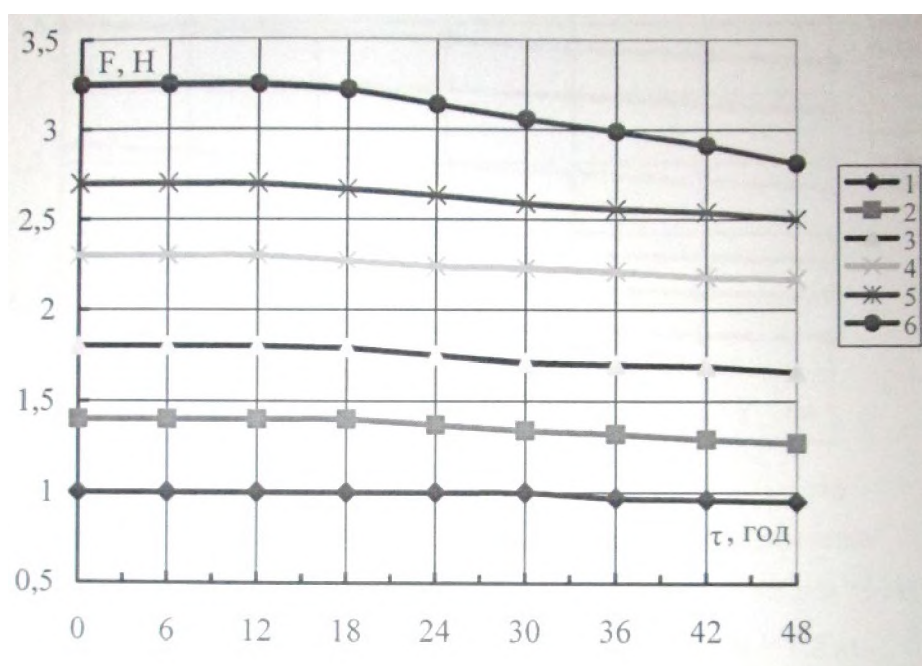


Рисунок 3.3 – Зміна сили зв'язку луска-шкіра для коропа при зберіганні,  $t = 6^{\circ}\text{C}$ : 1 –  $m = 0,5$  кг; 2 –  $m = 0,75$  кг; 3 –  $m = 1,0$  кг; 4 –  $m = 1,25$  кг; 5 –  $m = 1,5$  кг; 6 –  $m = 1,8$  кг;

Перша ділянка – період зберігання в перші 6...8 год. Отримані експериментальні дані показують, що сила зв'язку луска-шкіра на даному етапі практично не змінюється, оскільки розкид отриманих даних знаходиться в межах похибки вимірювання. На підставі цього можна судити про те, що активність процесів зміни білкових з'єднань, що утримують лусочку, перші 6...8 год зберігання при температурі  $6^{\circ}\text{C}$  не спостерігається. Друга ділянка, від 6...8 год і до закінчення всього терміну зберігання тушок (48 год) обрано згідно вимогам стандарту на рибу охоложену. Експериментальні дані показують, ЕЦО на цьому етапі спостерігається ослаблення зв'язку луска-шкіра, проте швидкість ослаблення зв'язку невелика.

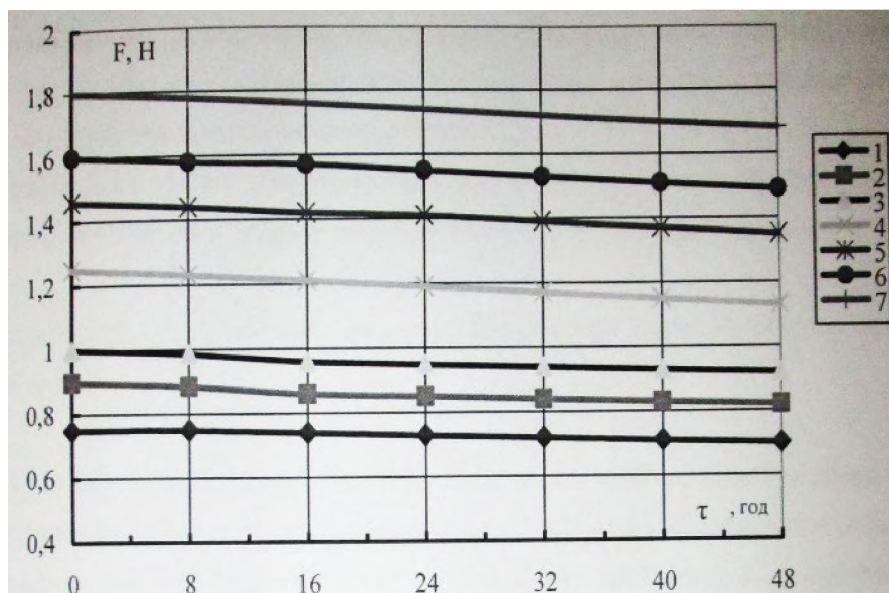


Рисунок 3.4 – Зміна сили зв'язку луска-шкіра для товстолобика при зберіганні,  $t = 6^{\circ}\text{C}$ : 1 –  $m = 0,3$  кг; 2 –  $m = 0,5$  кг; 3 –  $m = 0,75$  кг; 4 –  $m = 1,0$  кг; 5 –  $m = 1,25$  кг; 6 –  $m = 1,5$  кг; 7 –  $m = 1,8$  кг

Певно, за даних умов зберігання відбуваються процеси ослаблення білкових з'єднань лускатої сумки шкіри риб. Через 48 год зберігання сила зв'язку луска-шкіра зменшується на 5...8% від початкового значення. Відзначено, що для великої риби цей відсоток вище, ніж для дрібної.

На рис 3.4 представлено зміна сили зв'язку луска-шкіра для товстолобика при зберіганні в охолодженому вигляді. Характер залежностей аналогічний залежностям для коропа. Єдиною відмінністю є те, що друга ділянка кривих починається з 5...7 год зберігання, і ослаблення зв'язку луска-шкіра відбувається кілька інтенсивніше в процентному співвідношенні. Це може відбуватися внаслідок різної активності ферментів тушок коропа і товстолоба.

Проведені експериментальні дослідження дозволили простежити зміну сили зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби при зберіганні в охолодженому вигляді. Встановлено, що дана величина змінюється незначно, і для розробки технічного завдання на апарат з видалення луски буде використай сила зв'язку луска-шкіра в нативному стані.

Наступним етапом експериментальних досліджень є вивчення змін сили зв'язку луска - шкіра в процесі ультразвукової обробки рибної сировини.

### 3.3. Дослідження впливу частоти ультразвукових хвиль на силу зв'язку луска-шкіра

Були проведені дослідження зміни сили зв'язку луска-шкіра для коропа і білого товстолобика в процесі ультразвукової обробки з використанням експериментальної установки УЗДН-2Т. Дослідження проводили з



використанням магнітострикційних випромінювачів, що випромінювали ультразвукові коливання частотою 15 кГц, 22 кГц та 35 кГц. Ефективність використання ультразвукових хвиль з запропонованого ряду обумовлена умовою виникнення в рідких технологічних середовищах режиму розвинутої кавітації та пов'язаних з ним явищ, таких як ударні хвилі, мікротечії, акустична турбулентність.

Згідно ДСТУ 2284:2010 «Риба жива. Загальні технічні вимоги», за яким короп та товстолобик білий поділяються за масою на три групи (звичайний – 0,3...0,8 кг, великий – 0,8...1,5 кг, короп відбірний – 1,5 кг та більше), було обрано три вагові групи риб, які були оброблені ультразвуковими хвилями. Результати досліджень для коропа наведені на рис. 3.5-3.7, товстолобика – рис. 3.8-3.10.

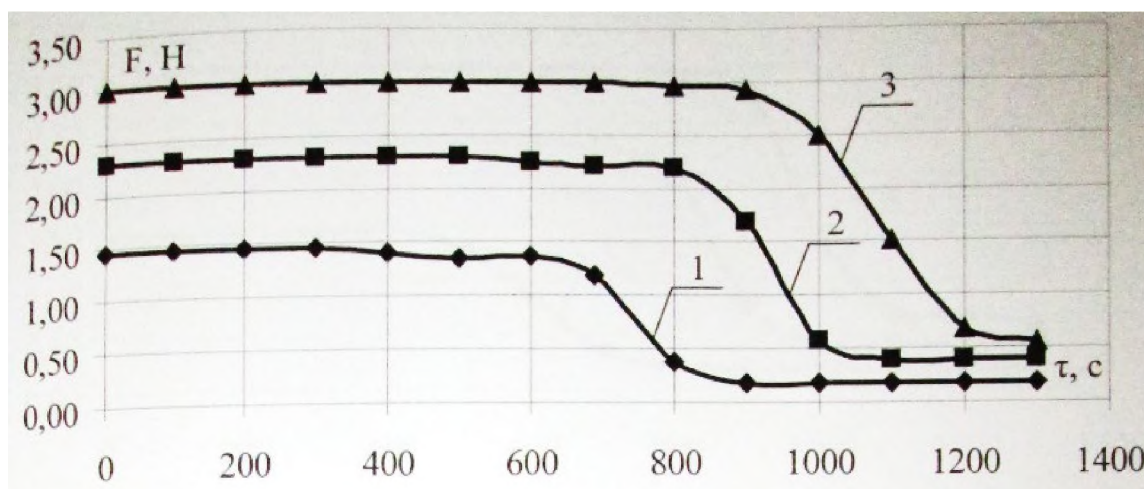


Рисунок 3.5 – Залежність сили зв'язку луска-шкіра для коропа від тривалості ультразвукової обробки (частота ультразвукових хвиль 15 кГц):  
1 – m = 0,5 кг; 2 – m = 1,0 кг; 3 – m = 1,5 кг

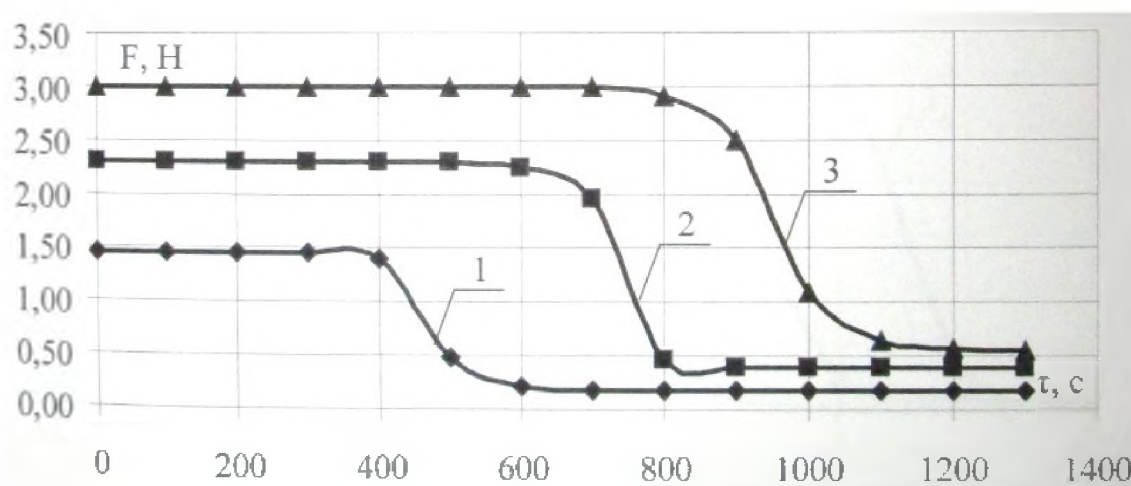


Рисунок 3.6 – Залежність сили зв'язку луска-шкіра для коропа від тривалості ультразвукової обробки (частота ультразвукових хвиль 22 кГц):  
1 – m = 0,5 кг; 2 – m = 1,0 кг; 3 – m = 1,5 кг

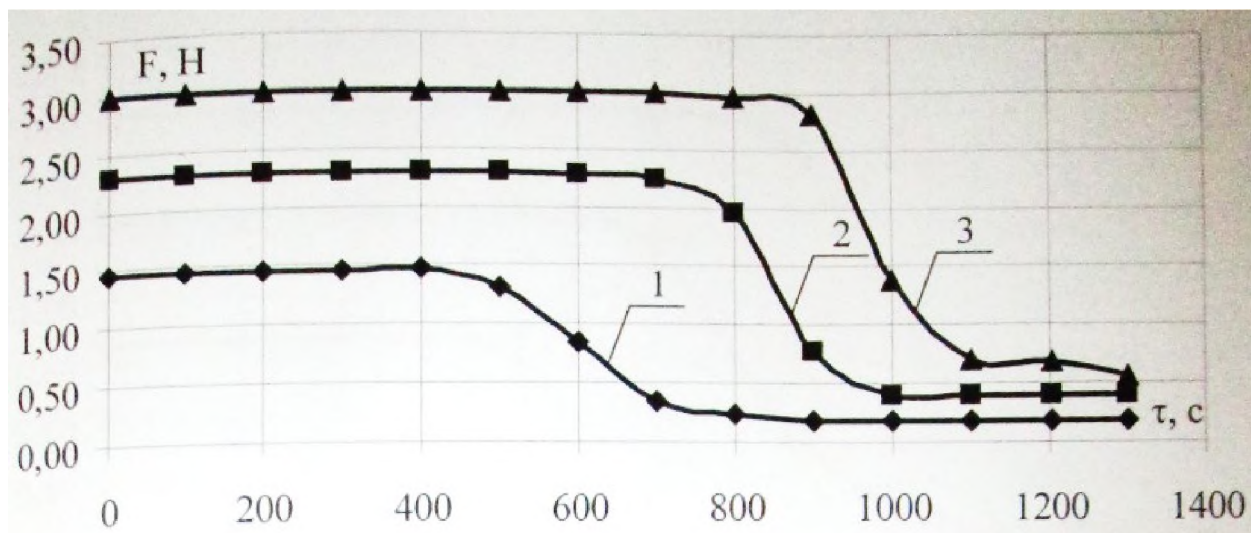


Рисунок 3.7 – Залежність сили зв'язку луска-шкіра для коропа від тривалості ультразвукової обробки (частота ультразвукових хвиль 35 кГц):  
 1 –  $m = 0,5$  кг; 2 –  $m = 1,0$  кг; 3 –  $m = 1,5$  кг

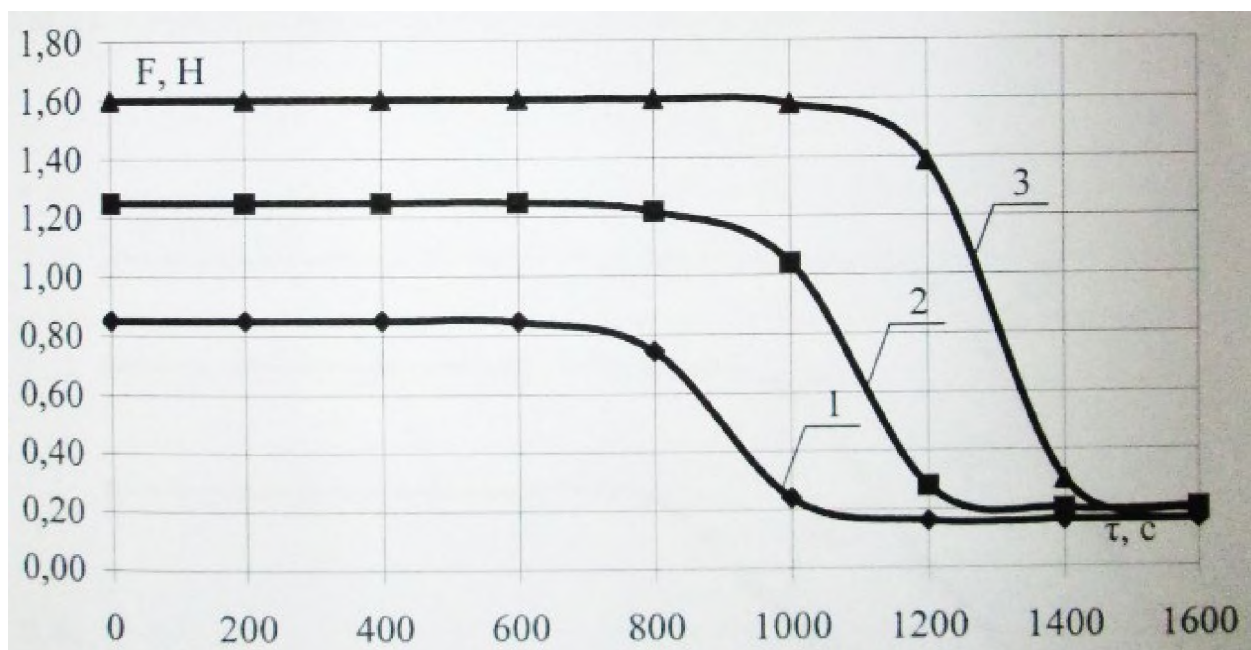


Рисунок 3.8 – Залежність сили зв'язку луска-шкіра для товстолобика від тривалості ультразвукової обробки (частота ультразвукових хвиль 15 кГц):  
 1 –  $m = 0,5$  кг; 2 –  $m = 1,0$  кг; 3 –  $m = 1,5$  кг

За результатами дослідження виявлено, що найбільший вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукових коливань частотою 22 кГц. Так використання означеної частоти скорочують тривалість обробки на 27...34% для коропа та 24...29% - для товстолобика. Це явище можна пояснити тим, що обрана частота (22 кГц) має найбільшу амплітуду коливання торця ультразвукового випромінювача. Так, дослідження довели, що для ультразвукового випромінювача з частотою 22 кГц амплітуда коливань торця дорівнює 68 мкм,

для 15 кГц - 50 мкм, для 35 кГц - 48 мкм.

### 3.4 Математичне моделювання процесу очищення риби від луски за допомогою ультразвуку

Модель технологічного процесу будують на основі експериментальних даних. Відомо, що будь який експеримент пов'язаний з випадковими похибками вимірювань, тому обробку знайдених даних необхідно проводити за допомогою методів математичної статистики.

Найбільше поширення для обробки даних має метод найменших квадратів. Він дозволяє побудувати оптимальну, у деякому смислі, оцінку коефіцієнтів математичної моделі, а також відповісти на питання: чи є дана математична модель адекватною.

Предбачається, що вихідна величина  $Y$  (сила зв'язку луска-шкіра) залежить від двох незалежних змінних  $x_1$  – маси тушки риби та  $x_2$  – тривалості ультразвукової обробки. Змінні  $x_1$  та  $x_2$  можна представити вектором

$$x = (x_1, x_2), \quad (3.4)$$

За допомогою проведення дослідів треба знайти наближений опис функції

$$y = y(x), \quad (3.5)$$

В даному випадку досліджується технологічний процес, математична модель якого має вигляд

$$y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_1^2 + a_4 \cdot x_2^2 + a_5 \cdot x_1 \cdot x_2, \quad (3.6)$$

Модель, що буде досліджуватися, має дві змінних  $x_1$  та  $x_2$ . Область визначення змінних має такі межі

- для коропа

$$0.5 < x_1 < 1.5, 400 < x_2 < 1200 \\ x_{10} = 1.0, x_{20} = 800$$

- для товстолобика

$$0.5 < x_1 < 1.5, 600 < x_2 < 1400 \\ x_{10} = 1.0, x_{20} = 1000$$

Кодовані змінні визначимо за формулою

$$X_i = (x_i - x_{i0})/I_i, \quad (3.7)$$

де  $I_i$  – інтервал зміни.

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

Після перетворення вхідні параметри будуть змінюватися у межах  $-1 < X_i < 1$ . Одержання кодованих значень змінних проводили за допомогою пакету MathCad.

Для зменшення впливу випадкових похибок проведемо рандомізацію даних експериментів - послідовність проведення дослідів визначимо за допомогою таблиці випадкових чисел.

Складемо таблицю повного факторного експерименту  $i$  з урахуванням рандомізації додаємо до неї стовпці вимірювань. У кожній точці проведено два вимірювання для зменшення похибки спостереження (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунків математичної моделі

Номер дослідів	$X_1$	$X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$	$X_1 X_2$	короп		товстолобик	
						$\tilde{y}^{i,1}$	$\tilde{y}^{i,2}$	$\tilde{y}^{i,1}$	$\tilde{y}^{i,2}$
1	0	0	0	0	0	0,44	0,46	0,57	0,59
2	1	0	1	0	0	2,91	2,89	1,49	1,51
3	0	1	0	1	0	0,44	0,46	0,21	0,19
4	-1	0	1	0	0	0,21	0,19	0,19	0,17
5	0	-1	0	1	0	2,29	2,31	1,24	1,26
6	1	1	1	1	1	0,59	0,61	0,31	0,29
7	1	-1	1	1	-1	3,01	2,99	1,57	1,59
8	-1	-1	1	1	1	1,41	1,39	0,79	0,81
9	-1	1	1	1	-1	0,19	0,21	0,17	0,19

В кожній експериментальній точці  $x_1$  проводять  $v$  дослідів (в нашому випадку два дослідів), за результатами яких розраховується середнє значення параметру, який спостерігається

$$\tilde{y}^i = v^{-1} \cdot \sum_{j=1}^v \tilde{y}^{i,j}, \quad (3.8)$$

При цьому передбачається, що результати спостережень незалежні, розподілені нормально та мають однакову дисперсію  $\sigma^2$ . Крім того передбачається, що математичні сподівання результатів спостережень дорівнюють істинним значенням величини, яка спостерігається.

Оцінка коефіцієнтів моделі  $a$  розраховується за методом найменших квадратів за формулою

$$a = C \cdot F \cdot \tilde{Y}, \quad (3.9)$$

При цьому дисперсія оцінок знаходиться з формули

$$\sigma_i^2 = c_{i,j} \cdot \sigma^2, \quad (3.10)$$

де  $c_{ij}$  –  $i$ -й елемент головної діагоналі дисперсійної матриці  $S$ .

Оцінка дисперсії похибки спостережень, коли у кожній точці проводиться декілька спостережень, знаходиться за допомогою суми квадратів похибок

$$S_e = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^v (\tilde{y}^{i,j} - \tilde{y}^i)^2, \quad (3.11)$$

з числом ступенів вільності

$$\varphi = N \cdot (v - 1), \quad (3.12)$$

за формулою

$$S_2 = S_e / v \cdot \varphi_2, \quad (3.13)$$

Сума квадратів, що характеризує неадекватність моделі знаходиться за формулою:

$$S_D = \sum_{i=1}^N v \cdot (\tilde{y}^i - y)^2, \quad (3.14)$$

Сума квадратів  $S_D$  має наступну кількість ступенів вільності:

$$\varphi_1 = N - (n + 1), \quad (3.15)$$

Значення  $F$ -критерію знаходиться з формули:

$$F = (S_D \div \varphi_1) / (S_E \div \varphi_2), \quad (3.16)$$

При аналізі точності математичної моделі, коли дисперсія похибки спостережень  $\sigma_2$  не відома і в кожній точці плану відбувається  $v$  спостережень, використовують  $t$ -розподіл і ступінь вільності дорівнює:

$$\varphi_2 = N \cdot (v - 1), \quad (3.17)$$

У випадку  $v$  дослідів у кожній точці експерименту знаходять значення  $F$ -критерію. Ця величина підкоряється  $F$ -розподілу з числами ступенів вільності  $\varphi_1$   $\varphi_2$ . Для визначення надійності  $P = P(F < F_{кр})$  з таблиць знаходять значення  $F_{кр}$ . Коли  $F < F_{кр}$  модель є адекватною. Якщо  $F > F_{кр}$  гіпотеза про адекватність моделі відкидається.

Розрахунки квадратичної математичної моделі а також будову поверхні відгуку проведені за допомогою пакету MathCAD.

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

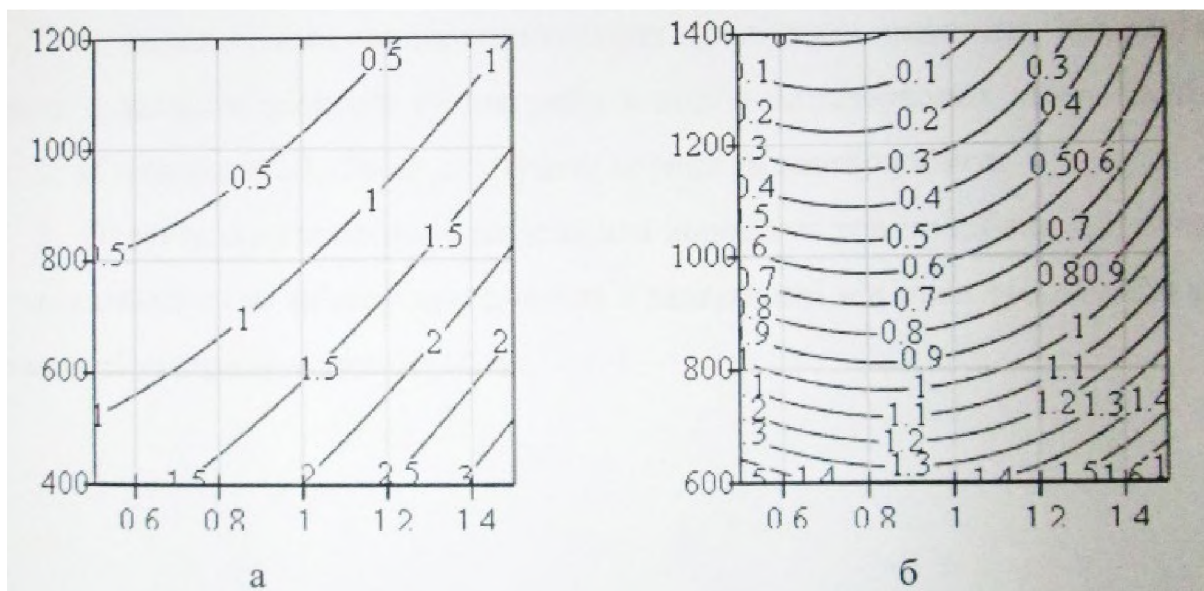


Рисунок 3.9 – Поверхні відгуку зусилля зв'язку луска-шкіра від тривалості ультразвукової обробки та маси тушок риби:  
а - для коропа, б - для товстолобика

Загальний вид моделі з кодованими значеннями має вигляд:

для коропа

$$Y = 0.972 + 0.783 \cdot X_1 - 0.908 \cdot X_2 + 0.317 \cdot X_1^2 + 0.142 \cdot X_2^2 - 0.3 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (3.18)$$

для товстолобика

$$Y = 0.7 + 0.37 \cdot X_1 - 0.492 \cdot X_2 + 0.08 \cdot X_1^2 - 0.035 \cdot X_2^2 - 0.165 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (3.19)$$

де  $Y$  – зусилля зв'язку луска-шкіра в кодованих значеннях,  
 $X_1$  – маса тушки риби в кодованих значеннях,  
 $X_2$  – тривалість обробки ультразвуковими хвилями в кодованих значеннях.

Таким чином, за результатами експериментальних досліджень виявлено, що раціональна тривалість обробки тушок риби в полі ультразвукових хвиль частотою 22 кГц складає 10... 16 хв для тушок коропа та товстолобика.

### Висновки за розділом.

1. Досліджено залежність сили зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані та під час зберігання.
2. За результатами експериментальних досліджень виявлено, що раціональна тривалість обробки тушок риби в полі ультразвукових хвиль частотою 22 кГц складає 10...16 хв для тушок коропа та товстолобика.
3. Отримано математичну модель для коропа та товстолобика, що показує залежність сили зв'язку луска-шкіра в залежності від маси тушок риби та тривалості ультразвукової обробки.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПРОМИСЛОВОГО ЗРАЗКА АПАРАТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТУШОК РИБИ ВІД ЛУСКИ ТА ЙОГО ВПРОВАДЖЕННЯ

### 4.1. Вимоги та обґрунтування конструкції апарата

Для реалізації способу очищення тушок риби від луски ультразвуком виконано роботу з проектування нового ультразвукового апарата, який повинен відповідати низці вимог: технологічним, експлуатаційним, енергетичним, конструктивним, економічним, техніки безпеки та охорони праці, технічної естетики.

Технологічні вимоги полягають у максимальній відповідності режиму роботи, параметрів, будови робочого об'єму, фізико-хімічним змінам, що відбуваються у харчових продуктах за ультразвукової обробки. Основною умовою є реалізація процесу ультразвукової обробки за високої якості харчових продуктів із максимальною продуктивністю та мінімальними втратами.

Експлуатаційні вимоги передбачають: простоту обслуговування устаткування з мінімальними витратами праці; доступність для огляду, чищення, ремонту; безперебійність у роботі; стійкість до корозії, яка може виникнути під дією навколишнього середовища, оброблюваних харчових продуктів та миючих засобів; автоматизацію контролю та регулювання технологічного процесу.

Конструктивними вимогами є:

- технологічність, тобто відповідність конструкції та матеріалів оптимальній технології машинобудування. Технологічність установки повинна витримуватися протягом усього циклу виробництва – від заготовок деталей й до випробовування готового устаткування;
- уніфікація та нормалізація деталей та вузлів, максимальне використання стандартизованих деталей та виробів, що сприяє підвищенню серійності, технологічності та ремонтпридатності;
- технічна досконалість, працездатність та надійність устаткування, які характеризуються тривалим періодом відповідності сучасному рівню розвитку техніки, довговічністю у роботі та цілістю у процесі зберігання та транспортування;
- простота будови, невелика маса та розміри, виготовлення з недорогих доступних матеріалів .

Економічні вимоги відображають мінімальні витрати на виготовлення, монтаж та експлуатацію устаткування за збереження високих техніко-економічних показників, до яких належать: висока питома продуктивність, низька питома металомісткість та високий коефіцієнт корисної дії .

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Васильченко Т.І.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Дейниченко Г.В.</i>			40	10	
<i>Н. контр.</i>		<i>Омельченко О.В.</i>			<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський В.П.</i>					
<b>РОЗРОБКА ПРОМИСЛОВОГО ЗРАЗКА АПАРАТА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ТУШОК РИБИ ВІД ЛУСКИ ТА ЙОГО ВПРОВАДЖЕННЯ</b>							

Установка повинна відповідати усім вимогам електробезпеки, мати надійне заземлення. Температура зовнішніх поверхонь не повинна за стикання з ними викликати опіків.

Необхідно передбачити фарбування зовнішніх частин установки у білий колір та відповідність вимогам ергономіки та антропологічним особливостям людини.

Під час проектування установки було сформульовано технічне завдання:

- при виготовленні, випробуванні та постачанні установки повинні виконуватися вимоги ГОСТ 12.2.003-74 «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки», ОСТ 26-291-79 «Судини та апарати. Технічні вимоги»;
- матеріал корпусу установки - листовая сталь 12Х18Н9Т для зовнішніх стінок та сталь Ст 3 для внутрішніх стінок робочої камери .

#### 4.2 Визначення інтенсивності випромінювання акустичної потужності ультразвукової установки

З метою забезпечення необхідної питомої потужності ультразвукової обробки виникає необхідність розрахунку інтенсивності випромінювання акустичної потужності ультразвукової установки.

Теоретичною проблемою, яка обумовила дане дослідження, стала складність вимірювання вихідних параметрів ультразвукових магнітострикційних перетворювачів.

На даний час існують методики розрахунку вихідних параметрів ультразвукових коливальних систем, які дозволяють одержати тільки приблизні параметри окремих конструктивних елементів .

Для вимірювання корисної акустичної потужності ультразвукових установок, призначених для роботи в рідких і рідиннодисперсних середовищах використовують калориметричний метод . Методика проведення вимірювань заснована на практичній реалізації калориметричного методу, який полягає в непрямій оцінці по ступеню нагрівання  $\Delta T = t_2 - t_1$  рідини в об'ємі  $V$  з адіабатною оболонкою, з відомою теплоємністю  $C$  і густиною  $\rho$ , оскільки ці параметри у рідині при нагріванні змінюються, за формулою:

$$P_{ак} = C \cdot \rho \cdot V \frac{\Delta T}{t}, \quad (4.1)$$

де  $t$  – тривалість озвучення рідини тієї, що знаходиться у вимірювальному об'ємі, с.

Проте цей спосіб дає приблизні значення. Крім того, використання емпіричних формул із залученням експериментальних результатів є досить складним і вимагає громіздких обчислень та витрат часу.

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



Мета та завдання роботи полягає в необхідності визначення вихідних параметрів ультразвукових перетворювачів для полегшення і підвищення продуктивності праці під час роботи ультразвукових коливальних систем.

Інтенсивність ультразвукових коливань, яка передається через робочі інструменти до оброблюваного середовища, повинна складати 3...10 Вт/см . Таким чином, визначення інтенсивності дозволить обґрунтувати час обробки продуктів харчування.

Визначення інтенсивності акустичного випромінювання ультразвукових технологічних установок є невід'ємним і важливим етапом на стадії конструювання ультразвукової апаратури і в процесі ультразвукової обробки різних технологічних середовищ. Для настройки ультразвукових коливальних систем під конкретний технологічний процес, де величина акустичної потужності повинна бути суворо витримана в певних межах, оскільки величина акустичної потужності, що вводиться в середовище, є основним параметром ультразвукових установок і визначає якість і ступінь протікання технологічного процесу в ультразвуковому полі, то розробка сучасних методик визначення інтенсивності акустичного випромінювання ультразвукових коливань є актуальною задачею.

При всій різноманітності ультразвукового технологічного устаткування загальним для нього є те, що корисний ефект досягається за рахунок енергії ультразвукових пружних коливань. Будь-яка ультразвукова технологічна установка складається з джерела енергії й ультразвукової коливальної системи (перетворювач), що перетворює електричну енергію в енергію механічних ультразвукових коливань.

У цей час в ультразвуковій техніці найбільш широко використовують стрижневі п'єзоелектричні й магніострикційні перетворювачі поздовжніх коливань. Магніострикційний перетворювач, виготовлений зі сплавів, набирається із О-подібних пластин. У зібраному виді він являє собою пакет прямокутного перетину із центральним вікном. На перетворювачі розміщається обмотка підмагнічування й збудження. Феритний магніострикційний перетворювач звичайно виготовляють із двох стрижнів, між якими уклеєні постійні магніти. Обмотка збудження розташовується на двох стрижнях, створюючи замкнутий магнітний потік.

На практиці, зазвичай, використовують симетричний магніострикційний перетворювач, який умовно можна уявити як систему трьох послідовно з'єднаних стрижнів. Довжина середнього стрижня дорівнює висоті вікна  $B$ , його поперечний переріз –  $S_2$ , довжина крайніх однакова й рівна товщині накладки  $11$ , для кожного з них поперечний переріз дорівнює  $S_2$ . Відношення площ поперечного переріза

$$q = \frac{S_1}{S_2} = \frac{a}{a-b}, \quad (4.2)$$

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

де  $a$  – ширина перетворювача, мм;  
 $b$  – ширина вікна, мм.

Визначення хвильових розмірів  $oa_1$  і  $ag$  перетворювача проводиться за формулою:

$$a_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c} \cdot l_1, \quad (4.3)$$

$$a_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c} \cdot l_2, \quad (4.3)$$

де  $f$  – задана частота перетворювача, Гц;  
 $c$  – швидкість звуку в матеріалі перетворювача, м/с.

Аналіз роботи ультразвукових перетворювачів показує, що внутрішній опір перетворювача на резонансній частоті є активним і визначається потужністю механічних втрат у системі. Відповідно до загального визначення добротності матеріалу  $Q$ , що характеризує механічні втрати в ньому, являє собою відношення щільності пружної енергії до питомої потужності втрат за період.

З огляду на те, що коефіцієнт втрат  $Q^{-1}$  магнітострикційного перетворювача однаковий для середнього й крайнього стрижнів, одержуємо:

$$R_{м.п.} = \frac{\rho \cdot c^{-1}}{2Q} \cdot \left\{ 2a_1 + \left[ \pi - 2 \arctg \left( \frac{s_1}{s_2} \cdot \operatorname{tg} a_1 \right) \right] \cdot \frac{s_2}{s_1} \cdot \left( \cos^2 a_1 + \frac{s_1^2}{s_2^2} \cdot \sin^2 a_1 \right) \right\}, \quad (4.5)$$

де  $\rho$  – щільність матеріалу перетворювача, кг/м<sup>3</sup>;  
 $c$  – швидкість поширення ультразвукових хвиль в перетворювачі, м/с;

Розрахунок активного складового навантаження  $R_H$  проводиться за стандартними формулами.

Для однорідного стрижневого перетворювача амплітуда коливань на кінці  $\xi_{пер}$  визначається за формулою Статникова-Казанцева:

$$\xi_{пер} = \frac{\sigma_T \cdot S \cdot A}{2\pi \cdot f \cdot (Z_i - R_H)}, \quad (4.6)$$

де  $S$  – площа поперечного переріза активної частини перетворювача ( $S=S_2$ );  
 $\sigma_T$  – амплітуда змушеної напруги.

Для магнітострикційного перетворювача  $\sigma_T = \sigma_M$  – амплітуда магнітострикційних напруг.

Внутрішній опір перетворювача  $Z_i$  має комплексний характер. Його реактивна складова обертається в нуль на частоті механічного резонансу. При

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цьому амплітуда коливань досягає максимуму. Активна складова внутрішнього опору перетворювача при резонансі дорівнює опору механічних втрат перетворювача  $R_{М.П.}$ , а коефіцієнт  $A = \cos a_1$ . З урахуванням зв'язку амплітуди коливань на кінці робочої частини перетворювача й на накладці, а також з урахуванням трансформації опору навантаження накладкою було отримано загальне вираження для розрахунку амплітуди коливань на торці перетворювача  $\xi_{пер}$  при резонансі. Аналіз його показав, що для випадку, коли добротність матеріалу можна вважати постійною, амплітуда коливань пропорційна амплітуді магнітострикційних напруг:

$$\xi_{пер} = \frac{\sigma_T \cdot S \cdot \cos a_1}{2\pi \cdot f \cdot (R_{П.М.} - R_H)} \quad (4.7)$$

Використовуючи дані про вид концентратора та випромінювача, їх геометричні розміри, з допомогою номограм можна отримати розрахункові показники амплітуди коливань на торці випромінювача  $\xi_{випр}$ . Цей показник є одним з головних факторів, що впливає на інтенсивність випромінювання акустичної потужності ультразвукової установки. Для ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т  $\xi_{випр} = 1,8 \cdot \xi_{пер} = 68$  мм. Ці дані підтверджуються мікроскопічним вимірюванням амплітуди коливань випромінювача. Інтенсивність акустичної потужності ультразвукового випромінювання розраховано за формулою:

$$I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c \cdot (2\pi \cdot f)^2 \cdot \xi_{випр}^2 \quad (4.8)$$

де  $\rho$  – густина оброблювального середовища, кг/м<sup>3</sup>;  
 $c$  – швидкість поширення ультразвукових хвиль, м/с;  
 $f$  – частота ультразвукових коливань, Гц;  
 $\xi_{випр}$  – амплітуда коливань, м.

За розрахунками, інтенсивність акустичної потужності ультразвукового випромінювання для ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т склала 3...5 Вт/см<sup>3</sup>, що дозволяє використовувати ультразвукову обробку для очищення тушок риби від луски.

Представлена методика для розрахунку інтенсивності акустичної потужності ультразвукових коливань дозволяє отримати вихідні дані ультразвукових установок. Це дозволяє при конструюванні ультразвукових випромінювачів прогнозувати вихідні характеристики, а при роботі з ультразвуковими установками – обґрунтовувати час обробки середовищ, що підлягають обробці.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3. Кінематико-енергетичний розрахунок привода ультразвукового апарата для очищення тушок риби від луски

Для реалізації процесу очистки риби від луски пропонуємо конструкцію, принципова схема якої зображена на рис. 4.1.

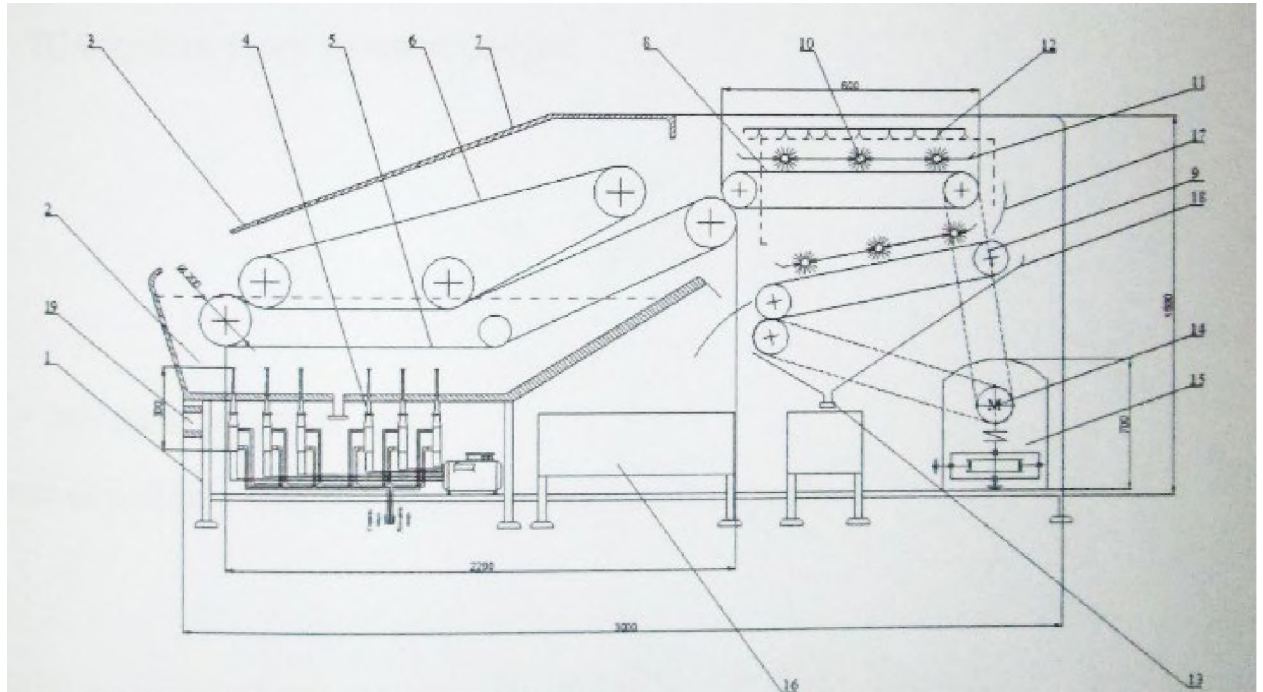


Рисунок 4.1 - Принципова схема апарата для видалення луски с тушок свіжої риби за допомогою ультразвукового випромінювання:

- 1 – корпус, 2 – смінь для обробки ультразвуковими випромінювачами, 3 – ізоляція, 4 – ультразвукові магнітострикційні випромінювачі, 5 – транспортер подачі, 6 – притискуючий транспортер, 7 – кришка, 8,9 – транспортери очистки, 10 – щітки, 11 – контролюючі пластини, 12 – форсунки, 13 – зливний кран, 14 – електродвигун, 15 – редуктор, 16 – смінь для очищення риби, 17 - огинаюча пластина, 18- загороджувальні пластини, 19 – блок автоматики

$$\omega_T = \frac{0.0028 \cdot 2}{0.2} = 0.0028 \cdot 10 = 0.028 \text{ рад/с}$$

$$n_T = 10 \cdot \omega_T, \quad (4.11)$$

$$n_T = 10 \cdot 0.028 = 0.28 \frac{1}{\text{хв}}$$

Здійснюємо підбір двигуна:  $N = 1.1 \text{ кВт}$ , марки – 4A100LB8УЗ,  $n_{\text{дв}}^1 = 700 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_{\text{дв}}^2 = 116,7 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_{\text{дв}}^3 = 1,46 \text{ мин}^{-1}$ .

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

#### 4.4. Загальний опис розробленого ультразвукового обладнання для очищення риби від луски.

Для реалізації процесу очистки риби від луски було запропоновано конструкцію апарата для видалення луски з використанням ультразвукових хвиль, принципова схема якого зображена на рис. 4.2 (без двигуна та редуктора).

Апарат складається зі зварного корпусу 1, ємності для обробки ультразвуковими випромінювачами 2, яка вкрита шаром ізоляції 3, ультразвуковими магнітострикційними випромінювачами 4, транспортеру подачі 5, притискуючого транспортеру 6, відкидної кришки 7, транспортерів очистки 8 і 9, м'яких капронових щіток 10, контролюючих пластин з пазами 11, форсунок для подачі води 12, крану для видалення луски з водою 13, електродвигуна 14, редуктору 15, ємності для збору очищеної риби 16, огинаючої пластини 17, загороджувальних пластин 18 та блоку автоматичного регулювання і настроювання 19. Всі транспортери забезпечені обладнанням для регулювання натягу транспортної стрічки.

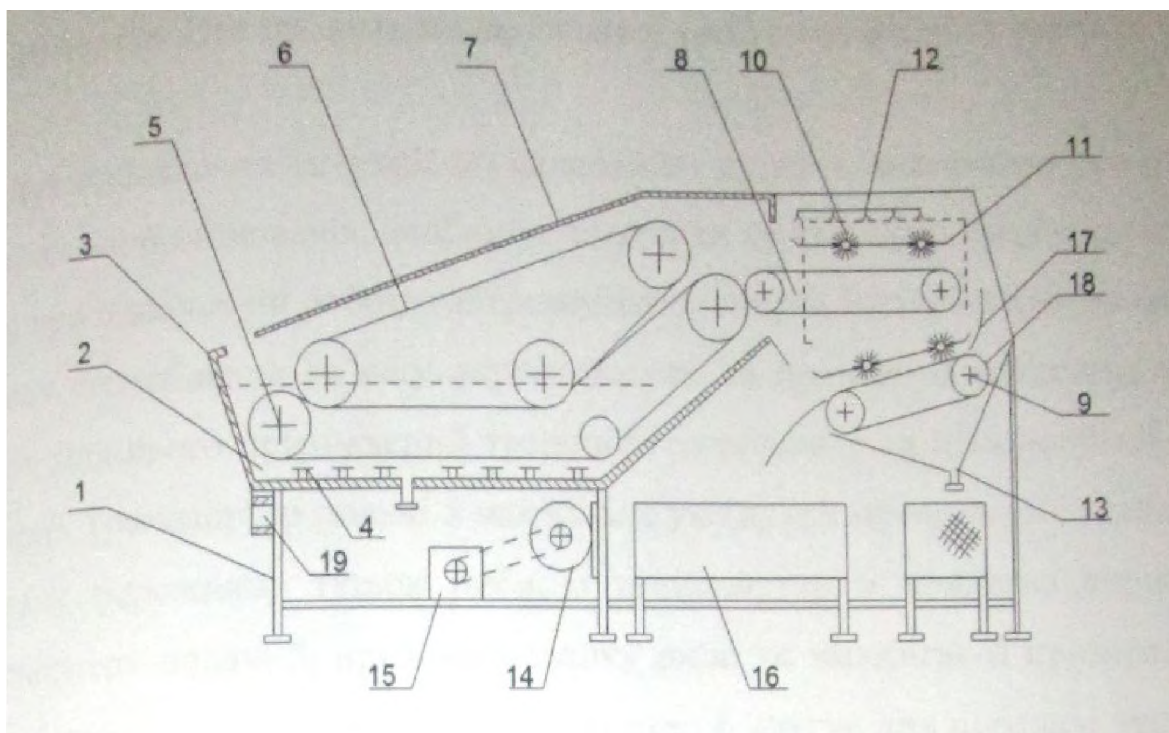


Рисунок 4.2 – Конструкція апарата для видалення луски з поверхні тушок риби з використанням ультразвукових хвиль:

- 1 – корпус; 2 – ємність для обробки ультразвуковими випромінювачами; 3 – ізоляція;
- 4 – ультразвукові магнітострикційні випромінювачі; 5 – транспортер подачі;
- 6 – притискуючий транспортер; 7 – кришка; 8,9 – транспортери очистки; 10 – щітки;
- 11 – контролюючі пластини; 12 – форсунок; 13 – зливний кран; 14 – електродвигун;
- 15 – редуктор; 16 – ємність для очищення риби; 17 – огинаюча пластина;
- 18 – загороджувальні пластини; 19 – блок автоматики.

Корпус 1 повинен бути зварним, виготовлений з металевого куточку, що дозволяє забезпечити достатньо прочну конструкцію. Ємність для обробки ультразвуковими випромінювачами 2 повинна бути виготовлена із нержавіюючого матеріалу для передбачення корозії в процесі контакту з водою та повітрям. Даний матеріал повинен бути дозволеним для використання в харчовій промисловості. Крім того, кришка 7 вільно відкидається назад, надаючи вільний доступ до внутрішніх елементів апарату. Передбачена можливість її легкого зняття. Все це дозволяє проводити санітарну обробку швидко та якісно.

Для проведення операції по видаленню луски з використанням ультразвукових випромінювачів, необхідно опустити тушки риби в воду, витримати у воді при одночасній роботі ультразвукових випромінювачів для завершення процесу послаблення зв'язку «луска-шкіра» та подати на транспортер очищення. Для цього призначений транспортер подачі 5 та притиснутий транспортер 6. Транспортер подачі 5 має кілька увігнутий профіль для укладання в утворену порожнину тушок риби, а транспортер 6 прилягає впритул до транспортеру подачі 5, прижимає тушку риби та запобігає її повертанню в процесі просування під водою. Транспортер 6 слугує для передачі тушок риби на транспортер очищення 8.

Стрічка на всіх транспортерах виконана з капрону, розміром осередку 10-15 мм. Дане рішення дозволяє легко придати транспортерній стрічці увігнутий профіль та регулювати зусилля тиску транспортерної стрічки на тушку риби за рахунок змін натягнення стрічки. Крім цього, транспортерна стрічка перешкоджає повертанню та зміщенню тушок риби в процесі обробки за рахунок виникаючої сили зчеплення луски та капронової діли при стисненні тушки між двома стрічками. При цьому русі тушок риби назад і в сторони стає неможливим. Найменший опір виникає в напрямку руху головою вперед; саме цей напрям і задається тушці риби в процесі обробки.

Для безпосереднього видалення луски з тушок риби призначені два аналогічних вузла, що включають транспортер, контролюючу пластину з пазами і два ряди м'яких капронових щіток. Транспортер призначений для подачі тушок риби під очистку та передачі на подальшу обробку. Контролююча пластина призначена для запобігання вигинання і перевертання тушок в процесі очищення. Пластина має увігнуту форму, знаходиться під пружиною і перешкоджає зміні положення тушки в процесі очищення. Вона має поздовжні пази, в яких знаходяться капронові щітки. Для рівномірного двократного очищення тушок другий ряд пазів зміщений щодо першого. Таким чином, другий ряд щіток очищає ділянки тушки, не оброблені першим рядом щіток. Для гарантованого і повного видалення луски пази перекривають один одного на певну величину. При цьому за рахунок ширини щіток і розрахованого зміщення вдається двічі обробити кожен сторону тушок за один захід. Це дозволяє повністю видалити луску і відмовитися від ручної доочистки тушок.

Для видалення використовують м'які капронові щітки, так як вони добре копіюють форму тушки, повністю видаляють луску, не пошкоджуючи при цьому

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

шкірний покрив риби. У процес очищення вони додатково притискають тушки до транспортеру. Пристрій другого вузла з видалення луски аналогічно першому, за винятком того, що транспортер має дещо меншу довжину.

Для перевертання тушок на необроблену сторону служить огинаюча пластина 17. Тушки риби виходять з першого транспортера очищення головою вперед і з віддаленої лускою з верхнього боку тушок. Край огинаючої пластини практично впритул прилягає до контролюючої пластини і не дозволяє тушкам риби змінити свою орієнтацію при подальшому русі. При цьому транспортер очищення продовжує проштовхувати тушки риби в заданому напрямку. За рахунок округлої форми огинаючої пластини тушки риби згинаються і прилягають до огинаючої пластини очищеною стороною; за рахунок наявності шару води при зрошенні камери і під дією своєї ваги вони просуваються по огинаючої пластині і потрапляють на другий вузол очищення, але вже очищеною стороною вниз. Після видалення луски з другої сторони тушки транспортер очищення скидає рибу в розвантажувальній лоток, по якому тушки видаляються із зони обробки і потрапляють в підставлену ємність для очищеної риби.

Технічні характеристики апарата для видалення луски з використанням ультразвуку приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики апарата для видалення луски з поверхні тушок риби з використанням ультразвукових хвиль

Показники	Значення
Об'єм води у ємності, дм <sup>3</sup>	160
Тривалість ультразвукового випромінювання, хв	10...20
Номінальна потужність, кВт	до 4
Струм	трифазний змінний
Частота, Гц	50
Номінальна напруга, В	380/220
Розміри апарату, мм	
довжина	2900
ширина	700
висота	1500
Маса, кг (без води)	280

#### 4.5 Впровадження результатів дослідження

Підсумковим етапом роботи є організація та проведення заходів щодо впровадження результатів досліджень у виробництво.

Метою науково-практичних розробок та впровадження результатів досліджень у виробництво є:

- інтенсифікація процесу очищення тушок риби від луски за допомогою ультразвукових хвиль;
- зменшення витрат рибної сировини;

- ефективно відділення побічних продукту переробки риби луски, яка може бути направлена на переробку та отримання іхтеожелатину;
- можливість подальшої переробки рибної шкіри для отримання шкір-галантерейних виробів.

### **Висновки за розділом.**

1. Розроблено технічні вимоги (технологічні, експлуатаційні, енергетичні, конструктивні, економічні тощо) та технічне завдання на проектування ультразвукового апарата для очищення тушок риби від луски за допомогою ультразвуку.
2. Визначено інтенсивність випромінювання акустичної потужності ультразвукової установки. За розрахунками, інтенсивність акустичної потужності ультразвукового випромінювання склала 3...10 Вт/см<sup>2</sup>, що дозволяє використовувати ультразвукову обробку для очищення тушок риби від луски.
3. Проведено кінематико-енергетичний розрахунок привода ультразвукового апарата для очищення тушок риби від луски. Розроблено схему промислової установки для проведення процесу очищення тушок риби від луски.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49



## ВИСНОВКИ

1. Аналіз науково-технічної літератури дозволив зробити висновки про недостатню ефективність існуючого устаткування для проведення процесу очищення тушок риби від луски, відсутність наукових даних про закономірності впливу ультразвукової обробки на ефективність процесу і перспективність використання ультразвукового обладнання для очищення тушок риби від луски.

2. Досліджено залежність сили зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані та під час зберігання. Проведені експериментальні дослідження дозволили визначити силу зв'язку луска-шкіра для тушок ставкової риби в нативному стані і розрахувати на підставі експериментальних даних значення коефіцієнтів  $k_3$  для коропа і товстолобика, при використанні яких можливо теоретичним шляхом розрахувати силу зв'язку луска-шкіра для тушок будь-яких вагових груп. Для коропа значення  $k_3$  становить 2,29, а для білого товстолобика – 1,25.

3. Виявлено, що найбільший вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукових коливань частотою 22 кГц. Використання означеної частоти скорочую тривалість обробки на 27...34% для коропа та 24...29% – для товстолобика. За результатами експериментальних досліджень виявлено, що раціональна тривалість обробки тушок риби в полі ультразвукових хвиль частотою 22 кГц складає 10...20 хв для тушок коропа та товстолобика.

4. Отримано математичну модель для коропа та товстолобика, що показує залежність сили зв'язку луска-шкіра в залежності від маси тушок риби та тривалості ультразвукової обробки.

5. Проведено кінематико-енергетичний розрахунок привода ультразвукового апарата для очищення тушок риби від луски. Розроблено схему промислової установки для проведення процесу очищення тушок риби від луски за допомогою ультразвуку.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Васильченко Т.І.</i>			<b>Висновки</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Дейниченко Г.В.</i>					50	1
<i>Н. контр.</i>		<i>Омельченко О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський В.П.</i>						
						<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дипломне проектування: навч. посіб. / Дейниченко Г.В., Черевко О.І., Дейнека І.Г., Лазарев М.І. та ін.; за ред. проф. Г.В. Дейниченка. - К.: Фірма «ІНОКС», 2015. - 470 с.
2. Иванова. В .Я., Голубенко О.А. Товароведение и экспертиза кожевенной продукции (учебник). - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2003. — 355 с.
3. Современные способы и устройства для снятия чешуи. Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ. - М., Сер.4, вып.4, 1974 — 90 с.
4. Коробейник А.В. Технология переработки и товароведения рыбы и рыбных продуктов/ Серия «Учебники, учебные пособия» — Ростов н/Д: Изд-во «Феникс», 2002. - 288 с.
5. Чупахин В.М. Технологическое оборудование рыбоперерабатывающих предприятий. - М.: Агропромиздат, 1989. — 339 с.
6. Дегтярев В.Н. Правила эксплуатации технологического оборудования рыбообработывающих производств: В 2-х ч./ В.Н. Дегтярев. - Петропавловск-Камч.: КамчатГТУ, 2001. - 186 с.
7. Гидромеханические процессы обработки гидробионтов: Монография / В.Н. Дегтярев. - Петропавловск-Камчатский.: КамчатГТУ, 2008. — 171с.
8. Ершов А.М., Бохан В.Н., Калинин Ю.Ф. Тепловое рыбообработывающее оборудование предприятий и промысловых судов: Учебное пособие. - Мурманск: МВИМУ, 1990. - 171 с.
9. Борисочкина Л.И., Гудович А.В. Производство рыбных кулинарных изделий. Технология и оборудование. - М.: Агропромиздат, 1989. - 312с.
10. Черевко О.І., Постнов Г.М. Нові напрямки переробки ставкової та океанічної риби в кулінарну продукцію: монографія. - Харків: ХДАТОХ, 2003.-149 с.
11. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості: [затв. наказом Міністерства промислової політики України від 09.07.2007 р. № 373]. - К.: ДКЕД, 2007. - 321 с.
12. Офіційний сайт ПрАТ «Чернігівриба [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://chemigivryba.com.ua/>
13. Офіційний сайт компанії «Міжнародна група морепродуктів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.seafood.com.ua/>
14. Агранат Б. А. Основы физики и техники ультразвука / Б. А. Агранат.-М.: Высшая школа, 1987. - 352 с.
15. Акопян В. Б. Ультразвук в производстве пищевых продуктов / В. Б. Акопян И Пищевая промышленность. - 2003. - №3. - С.54-55.
16. Алексеев Е.Л. Моделирование и оптимизация технологических процессов в пищевой промышленности / Е. Л. Алексеев, В. Ф. Пахомов. - М.: і Агропромиздат, 1987. - 272 с.
17. Бирман Г. Капиталовложения. Экономический анализ инвестиционных проектов / Г. Бирман, С. Шмидт; пер. с англ, под ред. Л.П.Белых. - М.:

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Банки и биржи: ЮНИТИ, 1997. - 632 с.
18. Валентас К. Дж. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов / К. Дж. Валентас, Э. Ротштейн, Р. П. Сингх (ред.) / пер. с англ, под ред. А. Л. Ишевского. - СПб: Профессия, 2004. - 848 с.
  19. Всероссийский Научно-исследовательский институт токов высокой частоты им. В.П. Вологодина (ВНИИ ТВЧ) [Электронный ресурс]. - Режим Доступу: <http://vniitvch.spb.ru//>.
  20. Гершгал Д.А. Ультразвуковая технологическая аппаратура / Д А Гершгал, В. М. Фридман. - М.: Энергия, 1976. - 320 с.
  21. ГОСТ 27955-88. Преобразователи ультразвуковые магнитострикционные. Методы измерения характеристик. (МЭК 782). - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 26 с.
  22. Дагаев Ю.А. Обоснование рациональных параметров процесса и рабочих органов устройств для приготовления эмульсии при производстве оеченья : автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук.: спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств» / Ю.А. Дагаев. — Киев, 1986. -
  23. Донской А.В. Ультразвуковые электротехнические установки / д В. Донской. - Л.: Энергоиздат, 1982. - 208 с.
  24. Кавецкий Г. Д. Процессы и аппараты пищевой технологи / Г. Д. Кавецкий, Б. В. Васильев. - М.: Колос, 2000. - 551 с.
  25. Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості / О. А. Литвиненко, О. І. Некроз. П. М. Немирович. З. Кіндрат. -К.: РВЦ УДУХТ, 1999. - 87 с.
  26. Казанцев В.Ф. Расчёт ультразвуковых преобразователей для технологических установок / В. Ф. Казанцев. - М.: Машиностроение, 1980. - 44 с.
  27. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. - М.: Высш, шк., 1991. - 400 с.
  28. Квашнин С. Е. Медицинские электроакустические системы : Учебн. пособ. / С. Е. Квашнин. - М.: МГТУ, 2002. - 228 с.
  29. Китайгородский Ю. И. Инженерный расчёт ультразвуковых колебательных систем : Учеб, пособие для слушателей заочных курсов повышения квалификации ИТР по применению ультразвука в машиностроении / Ю. И. Китайгородский, Д. Ф. Яхимович, - М. : Машиностроение, 1982, - 56 с.
  30. Ковалёв В. В. Методы оценки инвестиционных проектов / г Ковалёв. - М.: Финансы и статистика, 1999. - 144 с.
  31. Ковальчук В.В. Основи наукових досліджень: Навчальний посібник / В. В. Ковальчук, Л. М. Моїсєєв. - 2-е видання, перероблене і доповнене. - К.: ВД «Професіонал», 2004. - 208с.
  32. Копылов Ю. А. Основные направления в создании оборудования использованием электрофизических методов обработки пищевых продуктов (Обзор) / Ю. А. Копылов, Е. М. Еськов-Сосковед. - М.:

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ЦНИИТЭИ. - 44с.
- 33.Кругов В.И. Основы научных исследований / В. И. Кругов. - М.: Высшая школа, 1989. - 400 с.
  - 34.Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продуктов животноводства / А.А. Курочкин, В. В. Ляшенко. Под ред. В.М. Баутина. - М.: Колос, 2001. - 440 с.
  - 35.Липатов Н.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / Н. Н. Липатов. - М.: Экономика, 1987. - 272 с.
  - 36.Машины и аппараты пищевых производств : в 3 кн.: Кн. 2. Т. 1 / С.Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова, проф. В.Я. Груданова. - Минск; БГАТУ, 2008. - 580 с.
  - 37.Методика визначення ефективності витрат на наукові дослідження і розробки та їх впровадження / Міністерство освіти і науки України, Департамент науки і технологій. - К., 2002. - 32 с.
  - 38.Методы исследования и организации экспериментов / под ред. проф. К.П.Власова - Х.: Изд-во «Гуманитарный Центр», 2002. - 202 с.
  - 39.Назаров Н.И. Технология и оборудование пищевых производств / Н. И. Назаров, Н. И. Нечаев, В. Г. Щербаков. - М.: Пищевая промышленность, 1989. - 352 с.
  - 40.Нечаев А. П. Технологии пищевых производств / А. П. Нечаев, И. С Шуб, О. М. Аношина и др.; Под ред. А. П. Нечаева. - М: КолосС, 2005. -768 с.
  - 41.Новицкий Б.Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Б. Г. Новицкий. - М.: Химия, 1983. - 192 с.
  - 42.Остапчук Н. В. Математическое моделирование процессов пищевых производств : Сб. задач: Учеб. Пособие /Н. В. Остапчук, В.Д. Камидский, Г. Н. Станкевич, В. П. Чучуй; Под ред. Н; В. Остапчука. — К.: Вища шк, 1992. -175с.
  - 43.Остриков А.Н. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов - СПб.: ГИОРД, 2003. - 352 11 с.
  - 44.Панфилов В.А. Машины и аппараты пищевых производств. Книга 1 / В.А. Панфилов, С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков. - М.: Высшая школа, 2001.-703 с.
  - 45.Петрушко И.В. Оборудование для ультразвуковой обработки: монография / И.В. Петрушко. - СПб.: Андреевский издат. дом, 2005. - 166 с.
  - 46.Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер. с англ. / Под ред. К.Хилла. - М.: Мир, 1989. — 568 с.
  - 47.Промтов М.А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества / М. А. Промтов. - М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. - 136 с.
  - 48.Промтов М. А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М. А. Промтов // Вестник ТГТУ. - 2008. - Том №14. - №4. - С. 861-869.
  - 49.Радж Б. Применение ультразвука / Б. Радж.- М.: Техносфера, 2006.-576 с.

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

50. Разработка и выпуск УЗ оборудования [Электронный ресурс]. - ООО «Ультразвуковая техника - ИН Л А Б». - Режим доступа: <http://www.itinlab.ru/>.
51. Рогов, И. А. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов / И. А. Рогов, В. Я. Адаменко, С. В. Некрутман и др.; под ред. И. А. Рогова. - М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981.— 288 с.
52. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. - М.: Машиностроение, 1981.-184 с.
53. Сучков Г.М. Электромагнитно-акустические преобразователи / Г. Сучков, В. Н. Себко. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. - 64 с.
54. Тимофеева В.А. Товароведение продовольственных товаров / В.А. Тимофеева. - Ростов н/Д: Феникс, 2005. - 416 с.
55. Украинец А.И. Технология пищевых продуктов: Учебник / Под ред. Д-ра техн. наук, проф. А. И. Украинца. - К.: Издательский дом «Аска- да», 2008.- 736 с.
56. Ультразвуковое оборудование [Электронный ресурс]. - ПКФ ООО «Сапфир». - Режим доступа: <http://www.vv.sapphire.ru/>.
57. Ультразвуковое оборудование. Номенклатурный каталог (НК 16.1- 02). - М.: Информ-электро, 2002, - 44 с: с табл.
58. Ультразвуковые технологии и оборудование [Электронный ресурс]. - «Александра-Плюс». - Режим доступа: <http://www.alexplus.ru/>.
59. Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы / Н. Б. Урьев. - М.: Химия, 1980. - 320 с.
60. Федоткин И.М. Интенсификация технологических процессов пищевых производств / И.М. Федоткин, Б.Н. Жарик, Б.И. Погорельский. - К.: Техника, 1984. -176 с.
61. Федоткин И.М. Использование кавитации в технологических процессах / И. М. Федоткин, А. Ф. Немчин. - Киев: Вища школа, Изд-во при Киев, ун-те, 1984.-68 с.
62. Федоткін І. М. Математичне моделювання технологічних процесів Гідромеханічні процеси / І. М. Федоткін, І. Ю. Бурляй, М. О. Рюмшин. - К.: Техніка, 2004. -312с.
63. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Хартман и др. - М.: Мир, 1977. - 552 с.
64. Хмелев В. Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. унта, 2010. - 203с.
65. Хмелев В. Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в п промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелев, Г.В. Леонов, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов / Алт.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- гос. техн, ун-т, БТИ. - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн, ун-та, 2007. - 400 с.
66. Шаповаленко О.І. Зберігання та переробка сільськогосподарських продукції / О.В. Богомолів, Н.В. Верешко, О.М. Сафонов та ін. Під ред. О.І. Шаповаленка, О.М. Сифонової. - Харків: Еспада, 2008. - 544 с.
  67. Шутилов В.А. Основы физики ультразвука / В. А. Шутилов. - Ленинград: из-во Ленинградского университета., 1980. - 280 с.
  68. Active ULTRASONICS [Електронний ресурс]. - Innovative & Unique Ultrasonic Solutions. - Режим доступу: <http://activeultrasonics.com/>.
  69. Berk, Z. Food Process Engineering and Technology / Z. Berk. - Academic Press, San Diego, 2009. - 622 p.
  70. Canselier, J. P. Ultrasound emulsification - An overview / J. P. Canselier, H. Delmas, A. M. Wilhelm, B. Abismail // Journal of Dispersion Science and Technology. - № 23. - 2002. - P. 333-349.
  71. Frank D. Gunstone. Oils and fats in the food industry. - Blackwell Publishing, 2008. - 146 p.
  72. Freitas S. Continuous contact and contamination free ultrasonic emulsification - A useful tool for pharmaceutical development and production / S. Freitas, G. Hiescher, H. P. Merkle. // Ultrasonics Sonochemistry. - 2006. - Vol. 13. - P. 76- 15.
  73. Hiescher T. Ultrasonic production of nano-size dispersions and emulsions / Dans European Nano Systems Workshop - ENS 2005. - 2005. — P. 138-143.
  74. Hui Y. H. Handbook of Food Products Manufacturing. Principles, Bakery, Beverages, Cereals, Cheese, Confectionary, Fats, Fruits, and Functional Foods / Y. H. Hui. - Hoboken, New Jersey, 2007. - 2236 p
  75. Mason T.J. and Lorimer J. P.. Applied Sonochemistry. The Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing. - Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2002.-310 p.
  76. Patist A. Ultrasonic innovations in the food industry: From the laboratory to commercial production / Alex Patist, Darren Bates // Innovative Food Science and Emerging Technologies. - №9. - 2008. - P. 147-154.
  77. Puškar A. The use of high-intensity ultrasonics. — VEDA, Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava. — 305 p.
  78. Ultrasound company [Електронний ресурс]. - BANDELIN electronic GmbH & Co. - Режим доступу: <http://www.bandelin.com/>.
  79. Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing / Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Canovas, Jochen Weiss. - Springer, New York, 2010. – 678 с.
  80. Wu H. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter / H. Wu, G. J. Hulbert, J. R. Mount // Innovative Food Science & Emerging Technologies. - № 1. - 2000. - P. 211 -218.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-20м.2021.ПЗ</b>	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		