

УДК 664:66.084.8

№ держреєстрації 0114U006534

Шифр № 12-15-16Б

Інв. _____

Міністерство освіти і науки України
Харківський державний університет харчування та торгівлі
(ХДУХТ)
61051, м. Харків, вул. Клочківська, 333

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ХДУХТ

д.т.н., проф. _____ О.І. Черевко

« ____ » _____ 2016 р.

**ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ
У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ**

(заключний)

Керівник НДР,
канд. техн. наук, професор

Г.М. Постнов

Зав. кафедрою устаткування
харчової і готельної індустрії
ім. М.І. Беляєва, д.т.н., проф.

Г.В. Дейниченко

2016

Рукопис закінчено « ____ » _____ 2016 р.

Результати роботи розглянуто Експертною радою за напрямом
*«Процеси, апарати, обладнання
харчових виробництв, холодильна техніка»*
протокол від _____ № ____

СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Кандидат технічних наук, професор	Г.М. Постнов
Доктор технічних наук, професор	Г.В. Дейниченко
Кандидат технічних наук, доцент	З.О. Мазняк
Кандидат технічних наук, доцент	І.В. Золотухіна
Кандидат технічних наук, доцент	М.А. Чеканов
Кандидат технічних наук, доцент	В.М. Червоний
Здобувач	Д.А. Нечипоренко
Здобувач	О.В. Яковлев
Студент	Г.М. Шипко

РЕФЕРАТ

Звіт 172 с., 25 табл., 27 рис.

Інтенсифікація, процес, машина, апарат, ультразвук, кавітація, соління, рибна сировина.

Об'єктом дослідження є інтенсифікація масообмінних процесів харчових виробництв на прикладі процесу соління рибної сировини з використанням ультразвуку.

Мета роботи – наукове обґрунтування інтенсифікації масообмінних процесів на прикладі процесу соління рибної сировини.

Було систематизовано відомості щодо способів соління рибної сировини, актуальні методи інтенсифікації процесу соління, а відповідне також апаратурне оформлення.

Інтенсифікація виробничих процесів, а також вирішення проблем енерго- та ресурсозбереження в різних галузях промисловості останнім часом набуває все більш важливого значення. Одним з найбільш ефективних способів досягнення високих технологічних результатів в масообмінних процесах при обробленні рідких гетерогенних систем є імпульсні енергетичні впливи на оброблювані середовища.

Перспективним напрямом інтенсифікації процесу соління риби є використання ультразвукової обробки. Проте дослідження її впливу на кінетику процесу соління в Україні носять обмежений характер, що викликає необхідність проведення додаткових наукових досліджень з цього напрямку.

Визначені напрямки експериментальних досліджень із визначення найбільш раціональних параметрів ультразвукової обробки рибної сировини під час соління.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА АПАРАТІВ ДЛЯ СОЛІННЯ РИБИ	13
1.1 Характеристика рибної сировини як об'єкта соління.....	13
1.2 Аналіз способів соління риби.....	20
1.3 Інтенсифікація способів соління.....	25
1.4 Апаратурне оформлення процесу соління рибної сировини.....	31
1.5 Мета та завдання дослідження.....	38
1.6 Загальний план проведення теоретичних та експериментальних досліджень.....	39
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	42
2.1 Об'єкт та предмет досліджень.....	42
2.2 Експериментальна установка для проведення досліджень.....	42
2.3 Методи дослідження.....	44
2.3.1 Методика визначення ультразвукового тиску ультразвукового перетворювача.....	44
2.3.2 Методика визначення загальної корисної акустичної потужності ультразвукового перетворювача.....	44
2.3.3 Методика визначення розсіяння акустичної енергії ультразвукового перетворювача.....	47
2.3.4 Методика визначення фізико-хімічних показників соленої риби.....	50
2.3.5 Методика визначення органолептичних показників соленої риби.....	53
2.3.6 Методика визначення мікробіологічних показників соленої риби.....	54
2.4 Методи обробки експериментальних даних.....	55

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОЛІННЯ РИБНОЇ СИРОВИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ.....	58
3.1 Вплив ультразвукової обробки на процес соління риби.....	58
3.1.1 Теоретичне обґрунтування інтенсифікації зовнішнього масообміну за наявності акустичних коливань.....	59
3.1.2 Математичне моделювання впливу ультразвукової обробки на процес внутрішнього масопереносу.....	69
3.1.3 Розрахунок тривалості соління риби в ультразвуковому полі.....	74
3.2 Обґрунтування та вибір параметрів ультразвукових хвиль.....	79
3.3 Дослідження процесу соління океанічної риби за допомогою ультразвуку.....	84
3.4 Результати дослідження якісних показників соленої за допомогою ультразвукової обробки океанічної риби.....	92
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОМИСЛОВОГО ЗРАЗКА АПАРАТА ДЛЯ СОЛІННЯ РИБИ.....	100
4.1. Вимоги та обґрунтування конструкції апарата.....	100
4.2. Розрахунок магнітострикційного перетворювача.....	101
4.3. Розрахунок і проектування трансформаторів пружних коливань і хвилеводів.....	106
4.4. Розрахунок і проектування робочої камери апарата.....	110
РОЗДІЛ 5 ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	117
5.1. Економічна ефективність результатів дослідження.....	117
5.2. Впровадження результатів дослідження.....	127
ВИСНОВКИ.....	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	131
ДОДАТКИ.....	
ДОДАТОК А. Патент	152

А.1	Патент України на корисну модель №102331.....	153
ДОДАТОК Б.	Акти впровадження.....	160
Б.1	Акт впровадження результатів дослідження у виробництво.	161
Б.2	Акти впровадження результатів дослідження у навчальний процес.....	166

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

УЗ – ультразвук;

УЗК – ультразвукові коливання;

УЗКВІ – ультразвукові коливання високої інтенсивності;

УЗКС – ультразвукова коливальна система;

ДСТУ – державний стандарт України;

УЗТ – ультразвукові технології;

NaCl – хлорид натрію.

ВСТУП

Комплексне та раціональне використання гідробіонтів є визначальним напрямом розвитку і вдосконалення техніки та технології їх переробки.

Під час виробництва солоної океанічної риби можуть з'явитися окремі небажані дефекти: засмага, затяжка, окис, фуксин тощо. Уникнути цих дефектів, що виникають під час соління риби, можна шляхом своєчасного та рівномірного розподілу NaCl або сольового розчину за всією масою риби, що можливо за умови використання чинників, здатних інтенсифікувати процес соління.

Одним з існуючих на сьогодні підходів, завдяки якому найбільш ефективно вирішуються питання інтенсифікації технологічних процесів у харчових виробництвах, є використання нових видів енергії та її високоефективне підведення до взаємодіючих речовин. Таким видом енергії є ультразвукові коливання високої інтенсивності, які дозволяють інтенсифікувати процеси хімічних, мікробіологічних і харчових технологій.

Грунтуючись на дослідженнях вітчизняних і зарубіжних учених І.Е. Ельпінера, Й.О. Рогова, В.М. Горбатова, Ю.Ф. Заяса, В.М. Хмелева, Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Cánovas, Jochen Weiss, присвячених питанню використання ультразвуку, заснованого на властивостях і специфічності впливу ультразвукових коливань на масообмінні процеси, можна висунути гіпотезу, що як основу ультразвукової обробки риби можна використати енергетичний вплив ультразвукових коливань на клітинну структуру риби, за якого відбуваються як змінні процеси у м'язових волокнах, так і активація ферментного комплексу, що інтенсифікує соління і зменшує витрати енергетичних ресурсів. На сьогодні ультразвукові коливання у промисловості використовуються для інтенсифікації процесів тендеризації, отримання водно-жирових емульсій, покращення якості харчових продуктів тощо.

Теорії соління і результати сучасних досліджень викладено в працях М.І. Турпаєва, Л.П. Міндер, І.П. Леванідова, М.М. Рульова, Н.А. Воскресенського. Проте наявні відомості про використання ультразвуку для інтенсифікації процесу

соління є незначними і мають суперечливий характер, що зумовлює актуальність проведення відповідних досліджень.

Таким чином, удосконалення процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку для отримання однорідного за вмістом NaCl у визначених межах продукту та апаратурне оформлення відповідного процесу є актуальним завданням.

Метою роботи є вдосконалення процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвукових коливань та його апаратурне оформлення. Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести теоретичне обґрунтування застосування ультразвукових коливань для інтенсифікації процесу соління: визначити величину ультразвукової енергії, що забезпечує інтенсифікацію процесу соління риби, і кількість енергії, яка при цьому розсіялась у ній;
- визначити параметри, що впливають на ефективність процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку;
- провести математичне моделювання процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку;
- дослідити кінетику дифузії NaCl у рибі за тузлучного соління;
- дослідити якісні показники солоної риби океанічного промислу;
- розробити конструкцію ультразвукового апарата для забезпечення процесу соління риби океанічного промислу та провести дослідження його техніко-експлуатаційних характеристик;
- здійснити комплекс заходів із практичного впровадження розробки у виробництво;
- оцінити економічний та соціальний ефект від упровадження розробки у виробництво.

Об'єкт дослідження – процес соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку.

Предмет дослідження: риба океанічного промислу, яка використовується для виробництва рибопродуктів (оселедець атлантичний *Clupea harengus*, скумбрія атлантична *Scomber scombrus*, сардина тихоокеанська *Sardinops melanostictus melanostictus*, або івасі); способи підведення енергії ультразвукових коливань; органолептичні та мікробіологічні показники солоної океанічної риби.

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

Наукова новизна одержаних результатів:

- науково обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість інтенсифікації процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвукової обробки;
- теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено інтенсифікацію зовнішнього масообміну під час соління риби за допомогою ультразвуку;
- отримано математичну модель для визначення величини інтенсивності внутрішнього масопереносу під час соління риби за допомогою ультразвуку.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено експериментальну установку для проведення соління риби океанічного промислу;
- встановлено раціональні параметри процесу соління риби за допомогою ультразвуку;
- визначено конструктивні параметри, експлуатаційні характеристики апарата для соління риби за допомогою ультразвуку та його продуктивність;
- визначено показники якості риби океанічного промислу, засоленої за допомогою ультразвуку;
- розроблено рекомендації щодо використання ультразвукових установок для інтенсифікації процесу соління рибної сировини;
- результати досліджень упроваджено у виробництво та навчальний процес.

На технічні рішення, запропоновані в роботі, отримано патент України на корисну модель.

Реалізація результатів роботи. Виготовлено експериментальний зразок пристрою для соління риби за допомогою ультразвуку та впроваджено у виробництво на ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор» (акт від 10.02.2016 р.), рекомендації щодо використання ультразвукових установок для інтенсифікації процесу соління рибної сировини – на ТОВ «Маріко» (акт від 30.04.2015 р.), а також у навчальному процесі ХДУХТ (акти від 25.05.2015 р., від 22.10.2015 р., від 28.10.2015 р.).

Апробація результатів. Основні положення роботи були представлені, обговорювались та схвалені на XVIII Міжнародній науково-практичній конференції «Современные технологии сельскохозяйственного производства» (м. Гродно, Республіка Білорусь, 2015 р.), X Міжнародній науково-практичній конференції «Техника и технология пищевых производств» (м. Могильов, Республіка Білорусь, 2015 р.), 81-й Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті» (м. Київ, 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Наука сегодня: теоретические и практические аспекты» (м. Москва, Російська Федерація, 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» (м. Тернопіль, 2015 р.), конференціях професорсько-викладацького складу, молодих вчених та аспірантів ХДУХТ (м. Харків, 2015-2016 рр.).

Наукові розробки були представлені на виставці наукових розробок ХДУХТ в рамках Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, 2015 р.), виставці наукових розробок у масштабах соціального заходу по популяризації науки для дітей і молоді «Наукові пікніки» (м. Харків, 2015 р.), виставці наукових розробок ХДУХТ, що проводилася в рамках Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та

готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2015 р.).

Публікації. За результатами роботи опубліковано 15 наукових праць, у тому числі: 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 – у збірнику, що проіндексований у міжнародних наукометричних базах; 1 патент України на корисну модель; 9 матеріалів конференцій та тез доповідей.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА АПАРАТІВ ДЛЯ СОЛІННЯ РИБИ

1.1 Характеристика рибної сировини як об'єкта соління

Процес соління риби необхідно розглядати не тільки як метод консервування, але насамперед як спосіб розширення і поглиблення асортименту гастрономічних рибних товарів. Він застосовується під час виробництва солоних, маринованих, в'ялених, сушених, копчених рибних товарів і є одним з найбільш доцільних способів переробки риби океанічного промислу [14, 116, 124].

Консервувальна дія NaCl заснована на наступних явищах:

1) NaCl за концентрації вище 6% викликає плазмоліз мікробних клітин і їх загибель [7];

2) настають зміни пептидного зв'язку білків і його зміцнення, що підвищує стійкість білків і знижує можливість використання їх у метаболізмі мікроорганізмів [158];

3) в розчинах NaCl менше розчиняється кисню, що ускладнює розвиток аеробної мікрофлори, гнильні процеси протікають значно повільніше [38, 99];

4) NaCl послаблює і змінює характер біохімічної дії протеолітичних ферментів, причому напрямок і ступінь цих змін залежать від концентрації NaCl в розчині і температури [55, 94].

Навіть найвищі концентрації NaCl (при 26% відбувається повне насичення тканин) не припиняють ферментативні процеси; повільно, але відбувається руйнування білкових речовин на більш прості органічні речовини; окислення жирів тощо [122, 126].

У процесі соління зміни, що протікають в рибі, залежать від властивостей і хімічного складу її тканин [126]. Худі риби при солінні значно зневоднюються, просолюються, в результаті чого така продукція може зберігатися тривалий час без істотних змін. Перед вживанням у їжу така риба вимагає додаткової кулінарної обробки.

Жирна риба в процесі соління та зберігання здатна дозрівати – зникає смак і запах сирової риби, консистенція її м'яса стає ніжною, риба набуває приємного смаку і аромату. Дозріла риба придатна в їжу без кулінарної обробки. Дозрівання солоної риби являє собою досить складний комплекс змін білків і ліпідів, що призводять до утворення продуктів із специфічними смаком і ароматом. Встановлено, що процес дозрівання риби починається з розщеплення білків під впливом протеолітичних ферментів, що містяться у внутрішніх органах риби. Далі на процес дозрівання впливає мікрофлора тузлуку, особливо молочнокислі бактерії. Розвиток молочнокислої мікрофлори корисний в тому відношенні, що вона є антагоністом гнильних бактерій і тому підвищує стійкість слабосолених продуктів під час зберігання.

У процесі соління і зберігання солоної риби в тузлуку в тканинах її накопичуються продукти розпаду азотистих речовин і ліпідів, що входять до складу м'яса риби. У результаті гідролізу білкових речовин в рибі зменшується кількість білкового і збільшується кількість небілкового азоту. Гідроліз ліпідів супроводжується накопиченням вільних жирних кислот [84, 111].

На процес дозрівання солоної риби впливають такі чинники:

- концентрація NaCl в рибі (краще дозріває слабосолена і середньосолена риба, ніж міцносолена);
- температура зберігання солоної риби (процес дозрівання при високих температурах протікає більш інтенсивно, ніж при низьких);
- вміст жиру в рибі (жирна риба дозріває краще, ніж менш жирна);
- сезон вилову риби, тому що в різні сезони неоднакова активність травних ферментів виловленої риби (в період інтенсивного харчування активність ферментів підвищується).

Найбільшим попитом серед громадян України користуються солена риба наступних видів: оселедець атлантичний *Clupea harengus*, скумбрія атлантична *Scomber scombrus*, сардина тихоокеанська *Sardinops melanostictus*, які мають 10...20% вмісту жиру за масою (табл. 1.1) [115] і здатні до дозрівання.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад та енергетична цінність риб

Вид риби	Вода	Білки	Жири	Екстрак- тивні ре- човини	Золь- ність	Енергетична цінність, кКал/100 г
	г/100 г					
Анчоус атлантичний	71,5	20,1	6,1	0,2	2,3	135
Вугор	64,0	14,5	30,5	-	1,0	333
Жовтопер	75,8	17,9	4,0	0,8	2,3	108
Камбала азово- чорноморська	78,9	18,2	1,3	0,4	1,6	85
Кілька балтійська	75,0	14,1	9,0	-	1,9	137
Короп	77,4	16,0	5,3	-	1,3	112
Лящ	77,7	17,1	4,1	-	1,1	105
Минтай	81,9	15,9	0,9	0,1	1,3	72
Окунь морський	77,1	18,2	3,3	-	1,4	103
Окунь річковий	79,2	18,5	0,9	-	1,4	82
Осетр азово- чорноморський	71,4	16,4	10,9	-	1,3	164
<i>Оселедець атлантичний жирний</i>	61,3	17,7	19,5	-	1,5	246
Палтус чорний	70,1	12,8	16,1	-	1,0	196
Пікша	81,4	17,2	0,2	-	1,2	71
Сазан азовський великий	75,3	18,4	5,3	-	1,0	121
Сайра середня	65,4	19,5	14,1	-	1,0	205
<i>Сардина тихоокеанська</i>	69,2	19,1	10,0	0,5	1,8	166
<i>Скумбрія атлантична</i>	67,5	18,0	13,2	-	1,3	191
Скумбрія далекосхідна	61,4	19,3	18,0	-	1,3	239
Тунець	69,3	24,4	4,3	0,5	1,7	136
Щука	79,3	18,4	1,0	-	1,2	84
Язик морський	83,2	10,3	5,2	0,4	1,3	88

Атлантичний оселедець *Clupea harengus* – вид променеперих риб родини оселедцевих *Clupeidae* (рис. 1.1) [104-105].

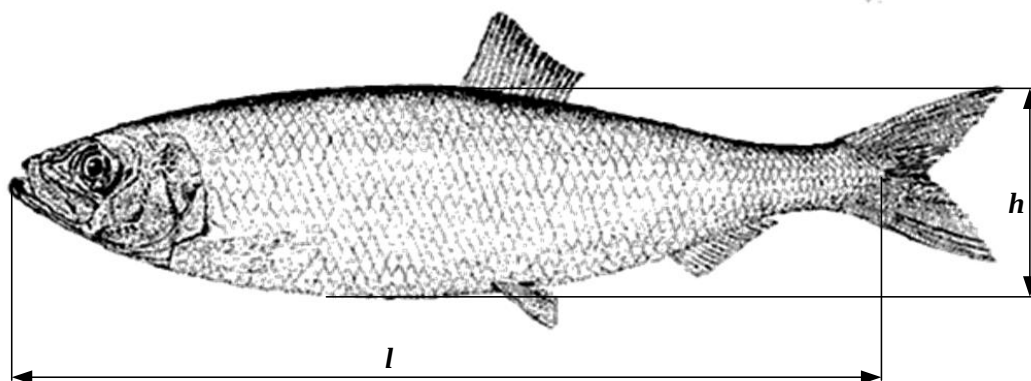


Рисунок 1.1 – Геометричні характеристики *Clupea harengus*
($l = 0,19 \dots 0,27$ м, $h = 0,05 \dots 0,06$ м)

Атлантичний оселедець є одним з найпоширеніших видів риб на планеті. Ареал охоплює північну частину Атлантичного океану. Харчується крилем і дрібними видами риб, а його природними хижаками є кити, тріска і інші великі риби. Друга назва – багатохребцеві.

Середня довжина тіла атлантичного оселедця складає 20...25 см, максимальна довжина тіла – 45 см, а маса – 1,1 кг. Кількість хребців коливається в районі 55...60 шт. У звичайний час (крім періоду нересту) мешкає в товщі води на глибині до 200 м.

Світовий вилов *Clupea harengus* на 2013 рік за даними FAO FishStat [72] склав 1816987 т.

Розрізняють чотири промислові категорії оселедця [18, 46, 142]: дрібний оселедець (7...19 см у віці 1...3 років), жирний оселедець (19...26 см у віці 3...4 років), великий переднерестовий оселедець (5...7 років) і нерестовий оселедець (5...8 років). Найціннішою вважається жирний оселедець – він добре просолюється і піддається консервації. Вміст жирів в оселедці після відгодівлі може перевищувати 20%. Хімічний склад м'яса оселедця схильний до великих сезонних коливань, пов'язаних з мінливими умовами харчування і нересту.

Оселедець являє собою дуже цінну сировину для приготування солоної продукції, різноманітних делікатесних пресервів, а також для холодного і гарячого копчення. Використовують її головним чином для виробництва слабо- і середньосолоної продукції, продукції спеціального баночного соління і різного виду пресервів. Морожений оселедець може бути спрямований на виробництво продукції гарячого і холодного копчення. Великого жирного оселедця використовують для приготування підвісної продукції та баликів.

Атлантичний оселедець є джерелом вітамінів А, D і B₁₂, а також поліненасичених жирних кислот. Згідно з останніми дослідженнями, вживання оселедця в їжу знижує ризик розвитку хвороб серця і судин, завдяки збільшенню в організмі числа ліпопротеїнів високої щільності. Оселедцевий жир зменшує розмір адипоцитів (жирових клітин), що сприяє зниженню ризику виникнення діабету другого типу. Крім того, оселедець містить антиоксиданти [162-163].

Скумбрія атлантична *Scomber scombrus* – риба родини скумбрієвих загону окунеподібних (рис. 1.2). Тіло веретеноподібне, вкрите дрібною циклоїдною лускою. Спинка синьо-зелена, з безліччю чорних, слабо зігнутих смужок. Нижня частина тіла і черево білі. Плавального міхура немає [104-105].

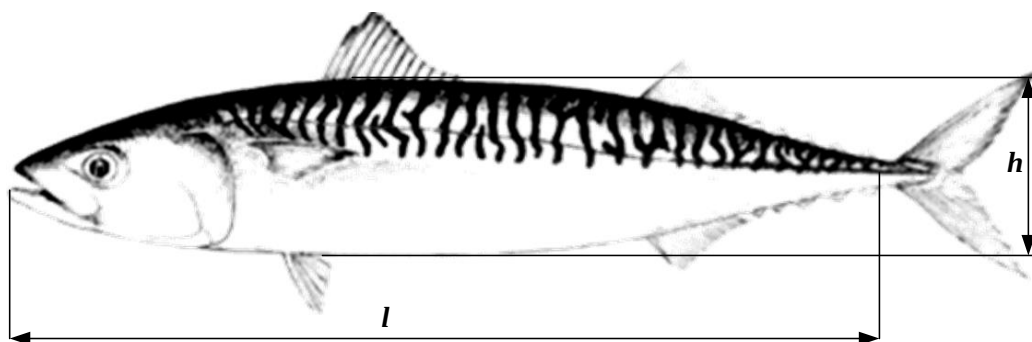


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд *Scomber scombrus*

($l = 0,22 \dots 0,35$ м, $h = 0,05 \dots 0,06$ м)

Виловлюється в Північно-Західній, Південно-Східній і Північно-Східній Атлантиці. Довжина виловлюваної скумбрії атлантичної складає 18...45 см, маса становить 200...1000 г, а в окремих районах має довжину до 45 см і масу до 2...3 кг. Мінімальна довжина риби 20 см. Співвідношення мас окремих частин тіла риби (у %): голова – 17...20, нутрощі – 12...19, тушка – 64... 68. Хімічний склад м'яса риби

(у %): вода – 70...73, білки – 18...20, жири – 5,8...18, зола – 1...2.

Світовий вилов *Scomber scombrus* на 2013 рік за даними FAO FishStat склав 981 881 т, таким чином він збільшився з 2009 р на 38% [72, 93].

Скумбрії притаманні великі коливання вмісту жиру в м'ясі залежно від районів і періоду лову. Так, навесні вміст жирів у скумбрії низький (приблизно, 3%), але до осені він може досягати 30%, включаючи великі кількості жирних кислот омега-3. Скумбрія також є хорошим джерелом вітамінів D і B₁₂ [18, 46].

Скумбрія використовується для приготування різноманітної продукції з хорошими смаковими якостями. М'ясо скумбрії ніжне, смачне, і чим жирніше риба, тим смачніше продукція, незважаючи на властивий їй кислуватий присмак м'яса. М'ясо скумбрії має слаборозвинуту структурно-сполучну тканину, слабкий кістковий скелет, що призводить при обробці до швидкого ослаблення консистенції м'яса. При правильній технологічній обробці скумбрії на судах і берегових підприємствах з урахуванням особливостей будови тіла риби з особливо жирної готують баликові вироби холодного і гарячого копчення, слабосолоні з прянощами або без них, консерви натуральні в томатному та інших соусах, пресерви з тушок філе і філе-шматочків в різних соусах і заливках.

Сардина тихоокеанська *Sardinops melanostictus* – морська риба роду сардінопс *Sardinops* (рис. 1.3). Торгова назва «оселедець івасі» отримала завдяки зовнішньої подібності з оселедцем і японському назвою «ма-івасі» (яп. – «Сардина»). Деякі автори не виділяють далекосхідну сардину в окремий вид, а вважають її підвидом *Sardinops sagax melanosticta* [104-105, 173].

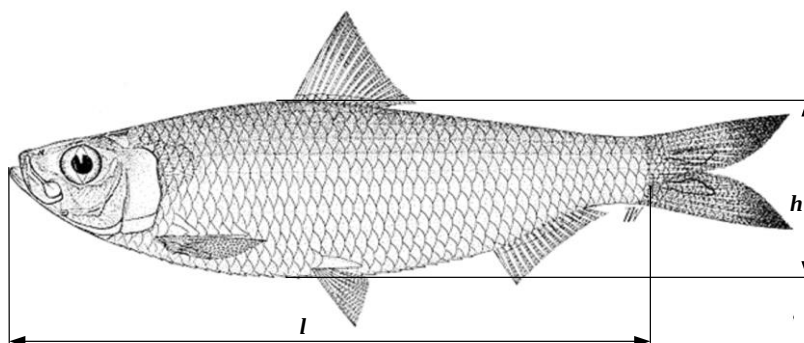


Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд *Sardinops melanostictus*
($l = 0,15...0,22$, $h = 0,03...0,04$ м)

Сардини тихоокеанські мають подовжене тіло, яке стисло з боків. У спинному плавці налічують 17...21 м'яких променів, в анальному плавці 17...22 м'яких променів. Хвостовий плавець вильчатий, його задня частина чорна. Забарвлення тіла сріблясто-біле, а спини – зеленувате. Уздовж тіла проходить ряд темних плям.

Північна межа ареалу проходить біля Курильських островів Російської Федерації. Південніше зустрічається біля берегів Японії, Кореї, Китаю, аж до північної частини Південно-Китайського моря.

Світовий вилов *Sardinops melanostictus* на 2013 рік за даними FAO FishStat склав 380023 т, таким чином він збільшився на 98% з 2009 р. [72, 151] Вилов сардини тихоокеанської неухильно збільшується, при цьому до 80% улову припадає на рибу довжиною 13 ... 16 см [20, 133].

Сардини тихоокеанські відносяться до білкових риб з мінливою жирністю. Залежно від сезону лову їх жирність може коливатися в межах 0,5...34,8%. Особливістю сардини тихоокеанської є високий вміст в ній темного м'яса (31,1%), що значно перевищує вміст його в інших промислових рибах (сайрі – 23,3%, японській скумбрії – 18,1, королівській макрелі – 4,5%) і впливає на її органолептичні властивості, що зумовлене високими показниками вмісту жиру в темному м'ясі. Характерною особливістю сардини тихоокеанської є значний розподіл жиру в тілі риби, що особливо важливо під час її соління. Так, чим більше вміст жиру в рибах, що спрямовуються на соління, тим менший коефіцієнт дифузії NaCl за інших рівних умов. Це можна пояснити тим, що жир не бере участі в процесах масопереносу і зменшує активний простір для обмінних процесів. Для сардини тихоокеанської при загальному масовому вмісті жиру в рибі більше 20%, в підшкірному шарі може знаходитися більше 60% від його числа, в той же час при жирності менше 10% – 15...18% [170].

З сардини тихоокеанської виробляють сушену, солоно-сушену, варено-сушену і солону продукцію, а також консерви. Її жир, що містить значну кількість пента- і гексаєнових кислот (11...35%), використовують для вироблення медичних препаратів, що нормалізують діяльність серцево-судинної системи [161].

1.2 Аналіз способів соління риби

Соління – це технологічний процес консервування риби NaCl. Сутність процесу соління як способу консервування полягає в насиченні води, що міститься в рибі, NaCl, при цьому пригнічуються життєдіяльність мікроорганізмів і дія ферментів, запобігається або сповільнюється псування риби [30, 125].

Більше половини маси м'яса риби становить вода (55...83%), що знаходиться у вільному і зв'язаному стані. Розчинником солей екстрактивних речовин, що входять до складу м'яса риби, є вільна вода, і під час соління саме вільна вода в рибі частково або повністю насичується NaCl.

Засіл риби являє собою дифузійний процес [68, 80]. Оболонки клітин м'язової тканини риби добре пропускають вологу разом з розчиненими в ній речовинами (NaCl). При контакті двох водних розчинів різної концентрації виникає процес переміщення розчиненої речовини і розчинника в протилежних напрямках до остаточного вирівнювання концентрації обох розчинів. Таким чином, під час соління відбувається пересування вологи з тканини риби в навколишній тузлук і розподілення NaCl в тканині риби.

Ефект консервування риби солінням значною мірою залежить від тривалості, протягом якої концентрація NaCl в рибі досягає певної межі, при якому призупиняється розвиток мікроорганізмів [34, 91].

На швидкість соління впливають якість і помел NaCl, концентрація тузлуку, температура соління, стан і хімічний склад тканин риби, розмір риби і вид її оброблення, спосіб соління тощо [16, 36, 160, 165].

Розмір кристалів NaCl (помел) впливає на швидкість розчинення і, отже, на підтримку його високої концентрації в тузлуку [71, 165]. Зазвичай для соління вживають NaCl такого помелу, щоб швидкість його розчинення була вищою швидкості соління риби. Засіл сповільнюється, якщо NaCl складається з одних великих кристалів або, навпаки, з одних дрібних. NaCl занадто дрібного помелу може уповільнювати засіл риби внаслідок сильного зневоднення і ущільнення її поверхні, що може призвести до псування риби.

У процесі соління з риби виділяється волога, і відповідно NaCl проникає в рибу. Маса витягнутої з риби води під час соління (не рахуючи підсолювання в слабких тузлуках) значно перевищує масу NaCl, що проник в рибу. Основний масообмін в процесі соління протікає за рахунок води і NaCl. Жири і білки в цих процесах в період соління практично не беруть участь. Тому при однакових умовах соління втрати маси риби залежать від вмісту в ній води. У цьому зв'язку втрати маси худой риби більше, ніж жирною. Ступінь зменшення маси риби залежить в основному від міцності соління: чим більше дозування NaCl при сухому солінні, тим більше втрата води і, отже, чим менше вихід солоної риби.

Аналіз літературних джерел [2, 16, 36, 160, 165] дозволив сформулювати наступну класифікацію соління риби (рис. 1.4).

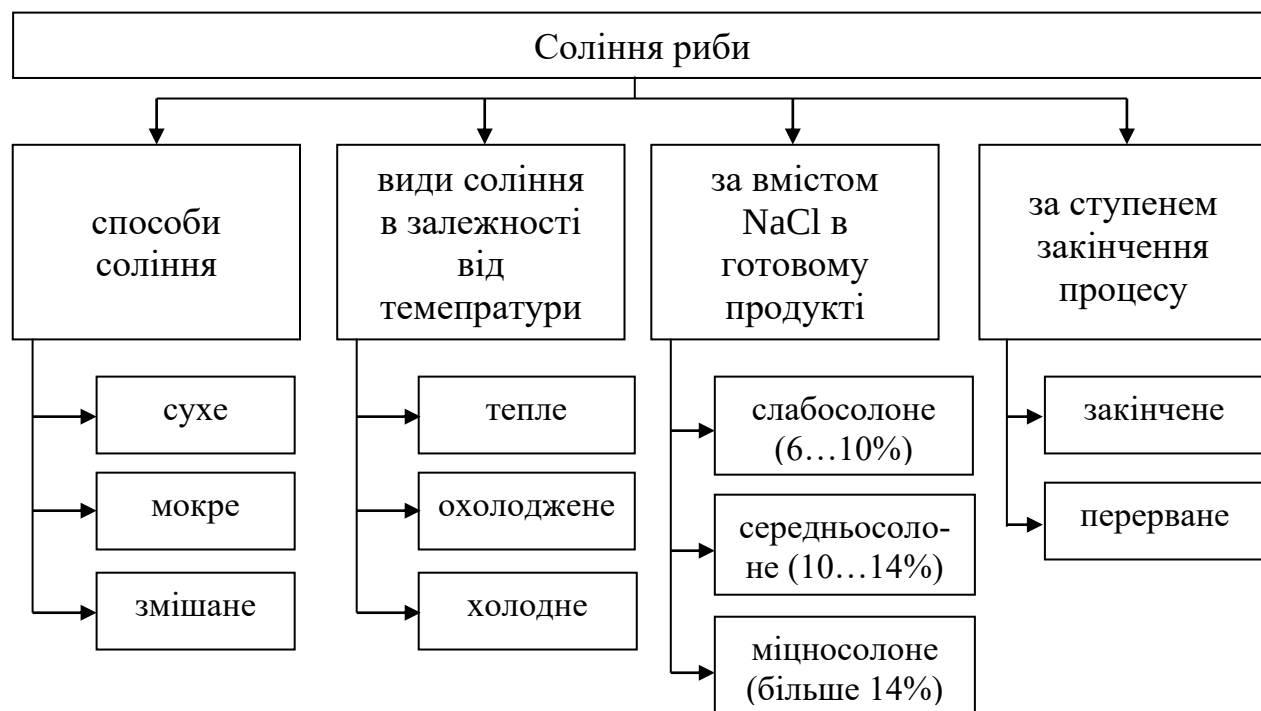


Рисунок 1.4 – Класифікація соління риби

Для успішного консервування риби солінням необхідно забезпечити контакт всієї її поверхні з розчином NaCl і підтримувати концентрацію цього розчину на досить високому рівні. Залежно від виду контакту риби з NaCl розрізняють три способи соління: сухий, тузлучний (мокрый) і змішаний [1, 140, 143].

Сухе і змішане соління застосовують для соління оселедцевих, лососевих, тріскових і частикових риб; мокре соління – для попередньої обробки риби, що

спрямовується на копчення, маринування або вироблення консервів, а також для приготування малосоленої продукції з оселедцевих риб.

Сухе соління – найпростіший спосіб, їм солять дрібну нерозділену рибу, а також велику розділену, змішуючи її з NaCl.

Змішувати рибу з сіллю можна різними способами в залежності від розміру риби. Ці відмінності викликані тим, що кількість NaCl, яка прилипає до риби, пропорційне її питомій поверхні, тобто до риби дрібного розміру прилипає більше солі, ніж до великої. Дрібна риба (кілька, хамса, тюлька) з питомою поверхнею близько $6 \text{ см}^2/\text{г}$ здатна утримати на собі до 18% NaCl від маси риби, а велика риба з питомою поверхнею менше $1 \text{ см}^2/\text{г}$ – всього 1...3% NaCl. Отже, під час перемішування дрібної риби з необхідною кількістю NaCl для соління виходить досить стійка суміш, так як основна маса NaCl прилипає при цьому до риби. При перенесенні такої суміші в чан, ванну або бочку сіль залишається рівномірно розподіленою між рибами. Навпаки, під час соління великої риби перемішування з NaCl поза засольної ємності втрачає сенс, тому його основну масу витрачають на пересипання риби у ванні і меншу частину – на обвалювання або натирання риби і заповнення зябрових щілин, розрізів і черевної порожнини.

У практиці застосовують такі способи перемішування дрібної риби з NaCl:

- на спеціальних столах-лотках вручну;
- в каскадних змішувачах, де риба і NaCl, скочуючись на похило встановлених лотках та змінюючи кілька разів напрямок, добре перемішуються;
- в спеціальних барабанних обертових змішувачах.

Велику рибу під час соління укладають у засольну ємність рядами. Спочатку рибу обвалюють у NaCl і набивають ним всі розрізи і зяброві щілини. На дно засольної ємності насипають шар NaCl і на нього укладають рибу шкірою вниз. Кожен ряд риби посипають NaCl, збільшуючи його дозування в міру заповнення ємності.

Соління сухим NaCl є найбільш надійним і поширеним способом. При такому солінні риба втрачає до 40% початкової кількості води до загальної маси.

При тузлучному солінні рибу солять в тузлуках певної концентрації (зазвичай насичених). Свіжу цілу або розібрану рибу розміщують в засольній ємності (чан, ванна) з насиченим розчином NaCl і витримують у ньому протягом певного часу. При такому способі соління риба відразу потрапляє в розчин NaCl.

Тузлучне соління відбувається в незмінних тузлуках, коли потрібний невеликий засіл, і змінюваних тузлуках – для досягнення більш високої концентрації NaCl.

Недоліком тузлучного соління є швидке зменшення початкової концентрації тузлуку в процесі соління риби внаслідок розведення його водою, витягнутої з риби. У нерухомих тузлуках процес дифузії, а отже, і вирівнювання концентрації в чані (ванні) відбуваються вкрай повільно. Тому додавання NaCl в одне або кілька місць чана потрібного ефекту не дає.

При змішаному солінні рибу солять одночасно сухим NaCl і тузлуком. Рибу середнього розміру солять наступним чином. На дно чана або іншої засольної ємності попередньо наливають міцний тузлук і укладають в нього рибу. Коли тузлук повністю заповнюється рибою, пересипають ряди риби сухим NaCl. Кожен ряд риби розрівнюють і засипають NaCl. Велику рибу за змішаного соління укладають, пересипаючи сухим NaCl, а тузлук заливають в чан або ванну по закінченні укладання через колодязь, що залишається в кутку ємності. При змішаному солінні риба рівномірно з самого початку оточена тузлуком, і процес соління йде швидше, ніж при сухому способі. Це особливо важливо для великої і жирної риби, а також під час бочкового соління оселедця на судах.

При бочковому солінні оселедця на судах додавання тузлуку дозволяє витіснити з бочки все повітря, що залишається в рибосоляній суміші [3, 5]. У морських умовах немає можливості чекати опадання риби, бочки закупорюють відразу після заповнення їх сирою рибою, змішаної з NaCl, доповнюють їх в кращому разі через 5...6 днів, а нерідко лише після доставки на берег. У результаті в бочці залишається багато вільного простору і верхні шари риби, спливаючи, виявляються не покритими тузлуком і окислюються. Отже, змішаний посол в цих умовах одночасно прискорює соління і знижує кількість дефектної риби.

Залежно від температурних умови соління може бути теплим, охолодженим або холодним [13, 143, 178].

Тепле соління риби проводиться без охолодження самої риби і в неохолоджуваних приміщеннях. Тепле соління в основному проводять у північних або південних районах для соління дрібної риби (хамси, тюльки) і більш великої риби в холодну пору року (навесні і пізньої осені).

Охолоджене соління проводять при зниженні температури риби від 5 до 0° С дрібно подрібненим льодом або солять в спеціальних охолоджуваних приміщеннях з температурою 0...7° С. Кількість льоду, який додається до риби при солінні, може змінюватися в залежності від умов, але не повинна перевищувати 35...40%. Цим способом солять зазвичай велику або жирну рибу, яка просолюється повільно.

Холодне соління застосовують для великої і жирної риби, яка просолюється дуже повільно. Основним консервувальним фактором є спочатку холод, а потім, у міру відтавання риби, NaCl. Холодне соління відбувається в охолоджуваних приміщеннях з попереднім підморожуванням риби льодосоляною сумішшю до температури -2...-4° С. На підморожування риби витрачають 60...100% льоду і 8...15% NaCl від маси риби-сирцю. Таким способом, зважаючи на його трудомісткість, обробляють тільки делікатесні продукти (балики, сьомгу, крупний оселедець тощо).

Розрізняють закінчене і перерване соління. Соління, в процесі якого відбувається поступове вирівнювання концентрації розчину NaCl в рибі і тузлуку, і в результаті цього настає стан рівноваги, називається закінченим. Для такого соління кінцева солоність продукту залежить від первісного дозування солі. Соління, яке переривається до настання рівноваги між концентраціями NaCl в рибі і тузлуку, називається перерваним. Цей вид соління дає можливість отримати слабосолену продукцію з великих і жирних риб.

На практиці в рибопереробних підприємствах широкого вжитку здобув тузлучний спосіб соління, який зважаючи на недоліки, потребує інтенсифікації.

1.3 Інтенсифікація способів соління

Інтенсифікація процесів під час виробництва будь-яких виробів необхідна для скорочення витрат виробничих площ, збільшення продуктивності підприємства, зменшення енерговитрат тощо. Для підприємств рибопереробної промисловості та підприємств ресторанного господарства інтенсифікація на всіх етапах виробництва необхідна ще і для запобігання псуванню продукції.

Існують кілька способів інтенсифікації соління: застосування мокрого соління, мікробіологічна, ферментативна обробка, використання активованих вод, ін'єктування (в т.ч. безіголчасте), наступна обробка зі зміною температури і тиску, накладення ультразвукових хвиль, механічної обробки тощо. При будь-якому методі масообмін між засільними речовинами і розчинними складовими частинами продукту відбувається в системі тузлук-риба. Так, за сухого методу соління спочатку процесу соління, внаслідок гігроскопічності NaCl і за рахунок вологи сировини, утворюється тузлук [18, 37-38, 46, 51, 112, 124, 126].

В системі тузлук-риба при класичних методах соління засільних речовини переміщуються дифузійним шляхом і описуються другим законом дифузії Фіка [31, 124, 177]:

$$\frac{dc}{d\tau} = D \frac{d^2c}{dx^2}, \quad (1.1)$$

де c – концентрація дифундувальних речовин, %; τ – тривалість процесу дифузії (соління), с; D – коефіцієнт дифузії речовини у воді, dx^2 – градієнт концентрації в напрямку дифузії, м/с⁻¹.

Рушійною силою процесу соління є різниця концентрацій NaCl в системі тузлук-риба. Швидкість накопичення NaCl в м'ясі риби різко знижується в процесі соління внаслідок зменшення різниці концентрацій в системі. Всі фактори, вплив яких призводить до підвищення концентрації NaCl на поверхні продукту, викликають прискорення процесу соління.

В умовах перемішування основний опір дифузійному потоку в розсолі надає дифузійний граничний шар, що лежить на межі розділу системи тузлук-риба. Прискорення руху тузлуку і перехід від ламінарного потоку до турбулентного тягне за собою зменшення товщини цього шару і збільшення швидкості процесу соління. Однією з причин прискорення процесу соління в полі механічних коливань [10, 67, 157] звукових і ультразвукових хвиль часто є зменшення товщини дифузійного граничного шару, інший – підвищення температури.

Зміна проникності тканини в процесі автолізу і тривалого соління пов'язана з ферментативною зміною структури (розпушенням) тканини і збільшенням проникності тканинних мембран [158, 166, 176]. Проникність розмороженої тканини вище, ніж охолодженої, внаслідок травмування її великими кристалами льоду, що утворився.

Температура системи тузлук-розсіл є чинником, який найбільш істотно впливає на величину коефіцієнта проникнення [16, 50, 53, 175]. Цей шлях скорочення тривалості соління представляє особливий інтерес у зв'язку з тим, що підвищення температури прискорює й інші зміни, поліпшуючи продукт. Додаткове прискорення соління можна отримати при використанні явища термодифузії. Так, при солінні охолодженого продукту в теплому розсолі внаслідок збігу напрямків теплового потоку і дифузійного потоку прискорюється процес соління.

Зменшення товщини сировини веде до різкого зменшення тривалості соління. У цьому зв'язку під час соління використовують оброблену рибу, а також ін'єкцію розсолу всередину рибної сировини з утворенням у ньому початкових зон його накопичення [6, 15, 45]. Використання факторів, що сприяють утворенню початкових зон накопичення розсолу більшого обсягу (попереднє перед соління розм'якшення сировини, збільшення тиску розсолу тощо), забезпечує зближення цих зон і скорочення шляху проникнення.

Застосування мокрого соління є найбільш поширеним способом його інтенсифікації, яка в даному випадку відбувається за рахунок проникнення засолювальної суміші в капіляри і пори на поверхні сировини. Крім того, при сухому солінні спочатку на поверхні повинен утворитися розсіл, а потім

відбувається його дифузія, що потребує часу.

Існують кілька методів ін'єктування: голчастий – проникненням голок в тканину (за допомогою однієї голки вручну або багатоголкової установки), струменевий, через кровоносну систему тощо. З наукових публікацій відомо [45, 169, 172], що для прискорення соління риби робилися спроби вводити розчин NaCl за допомогою шприца, але цим шляхом вдавалося ввести в рибу лише незначну кількість тузлуку, консервувальна дія якого відома.

За даними А.І. Юдицької в найостаннішу чергу змінюється вміст NaCl в м'язовій тканині у частини риби, розташованій близько хребта, що робить її найбільш вразливою з точки зору збереження якості риби в період виробництва слабосоленої продукції [63, 147, 164]. Очевидно, з цієї причини під час виробництва слабосоленої рибної продукції за існуючою чановою технологією соління нерідко трапляється поява підфарбовування консистенції м'яса в товщі спинки і хвостового стебла.

Найбільш поширеними методами механічного оброблення є тумблірування, масування, вібрація (часто із застосуванням вакууму).

Тумблірування продукту відбувається в тумблерах-ємностях (здебільшого циліндричних) з горизонтальною віссю обертання, мають виступи (лопаті) на внутрішній їх поверхні [45, 48].

При обертанні ємності тушки або шматки риби труться одна об одну, внутрішню поверхню й виступи, беручи участь у складному планетарному русі. Досягнувши верхньої точки, вони падають з висоти, що дорівнює діаметру ємності. У результаті зіткнень сировина піддається механічним деформаціям, що призводить до підвищення тиску (напруги) у місцях контакту. Спостережуваний ефект стиснення-розширення м'язової тканини, що супроводжується виникненням змінних внутрішніх напружень, забезпечує інтенсивний фільтраційне перенесення – перерозподіл розсолу. Тривалість тумблірування може бути різною в залежності від виду, стану м'яса, конструктивних особливостей тумблери.

Масування є різновидом процесу перемішування, внаслідок чого при відсутності спеціального обладнання (масажерів) для масування іноді застосовують

лопатеві мішалки [23, 45]. Масажер являє собою ємність, у яку після її заповнення м'ясом риби опускається вертикальний вал з лопатями. Обробка в масажерах протікає менш інтенсивно, ніж в тумблерах, оскільки відсутні ударні впливи. Тому тривалість масування значно більше, ніж тумблірування.

Обробку в масажерах (тумблерах) виконують безперервно або циклічно. У період механічних впливів відбувається фільтраційно-дифузійне перенесення засолювальних речовин, в період спокою - дифузійний.

Ефект масопереносу під час масування (тумблірування) додатково посилюється у зв'язку з виникненням при механічних впливах мікророзривів в тканини і підвищенням її проникності.

При масажуванні швидкість перенесення багаторазово зростає і стає вище швидкості розвитку мікробіологічних процесів, що відкриває широкі можливості для швидкого соління при підвищених температурах без побоювання, що в цих умовах може виникнути бактеріальне псування солоних продуктів.

Застосування вакууму збільшує ефект, який досягається при механічній обробці сировини [169, 171]. Він зростає зі зменшенням залишкового тиску (приблизно до 50 кПа). Подальше зниження залишкового тиску не робить істотного впливу. Підвищення інтенсивності розподілу засолювальних речовин (до 7%) пов'язане з підсумовуванням полів тисків, які виникають при механічному і вакуумному впливах.

Незважаючи на всі переваги інтенсифікація процесу соління тумбліруванням, масуванням, використання вібрації не знайшло широкого використання на рибопереробних підприємствах, внаслідок утворення великої кількості соленої риби з ушкодженням поверхневим шаром, що непередбачене нормативною документацією.

Істотне прискорення процесу соління може відбуватися при використанні інтенсивних методів механічних впливів, наприклад, ультразвуку [21, 33, 103]. Градієнт тисків (напруг), що виникає при перемінному механічному впливі, викликає в м'ясі риби інтенсивне переміщення у відповідності до фільтраційного закону засолювальних речовин. При невеликому визначеному розмірі м'яса риби (в

межах 20...30 мм) відбувається накопичення в ньому тузлуку і рівномірний розподіл засолювальних речовин.

Вібраційний вплив використовують самостійно або в поєднанні з іншими видами фізичної обробки [32, 141]. Частинки м'яса риби, безпосередньо стикаються з джерелом коливань, періодично отримують ударний імпульс, який передається більш віддаленим сусіднім шарам. В системі виникають механічні коливання частинок, викликають їх фільтрацію під впливом градієнта знакозмінних напружень. Однак даний процес залишається недостатньо вивченим.

Дослідженнями вітчизняних та закордонних вчених, присвячених питанню використання ультразвуку, заснованого на властивостях і специфічності дії ультразвукових коливань на біологічні об'єкти, доведено, що в основі ультразвукової обробки лежить енергетичний вплив ультразвукових коливань на їх клітинну структуру.

Дослідження, проведені Ельпінером Й.Є. [146], показали, що вплив ультразвукових коливань на різні середовища обумовлено ефектами кавітації, ультразвукового вітру і ультразвукового тиску, причому максимальний вплив обумовлено ультразвуковою кавітацією. Практично всі фізико-хімічні та технологічні процеси протікають на межі поділу фаз (міжфазної поверхні), де молекули різних речовин стикаються між собою.

Як свідчать літературні дані [25, 129, 146], поблизу поверхні твердого тіла формується дифузійний граничний шар рідини, в якому зосереджено основний опір перенесу молекул речовин, що реагують, через кордон фаз. Причому основний опір становить дифузійний шар, який безпосередньо прилягає до твердого тіла. У цій зоні перенесення відбувається за рахунок молекулярної дифузії. Швидкість технологічних процесів можна збільшити за рахунок зменшення товщини або повного усунення дифузійного граничного шару.

У разі проходження ультразвукової хвилі через рідину виникає ультразвукова кавітація [11, 27, 155] і зумовлені нею потужні мікропотоки рідини, а також ультразвукові вітер і тиск, які впливають на граничний шар і «змивають» його. При цьому опір перенесу молекул реагуючих речовин значно зменшується і швидкість

процесів масообміну і масопереносу за рахунок цього зростає.

Крім товщини дифузійного граничного шару швидкість процесів масообміну і масопереносу залежить від величини поверхні контакту реагуючих речовин. Тому збільшення поверхні контакту реагуючих речовин також збільшує швидкість протікання процесів масообміну і масопереносу [12, 17].

При проходженні ультразвукових хвиль в середовищі виникає ультразвуковий вітер, який викликає інтенсивне перемішування і потужні мікропотоки від схлопування кавітаційних бульбашок, що призводять до взаємного тертя частинок рідкої фази. Аналогічні фізичні процеси протікають і в системах, які складаються з двох і більше рідких фаз [17, 134-135].

Таким чином ультразвукові коливання, які поширюються в рідких середовищах, призводять до збільшення питомої поверхні взаємодії та зменшення величини дифузійного граничного шару, забезпечуючи тим самим багаторазове прискорення процесів масообміну і масопереносу. Крім цих двох основних факторів, від ультразвукової хвилі виникають різні вторинні ефекти (електричні розряди в кавітаційних бульбашках, величезні температури в дуже маленьких обсягах оброблюваних речовин, ударні хвилі й ін.).

Під акустичної кавітацією мають на увазі утворення і активацію газових або парових порожнин (бульбашок) в середовищі, яка піддається ультразвуковому впливу. Сучасні технології найчастіше ґрунтуються на реалізації гетерогенних процесів, які протікають між двома або кількома неоднорідними середовищами в системах «рідина-рідина» і «рідина-твердих тіло». Кавітація і потужні мікропотоки, які її супроводжують, звуковий тиск і звуковий вітер впливають на граничний шар, зменшуючи опір перенесенню реагуючих речовин, і інтенсифікують технологічний процес.

Фундаментальні дослідження масообміну були проведені багатьма авторами. Позитивний вплив ультразвукових коливань на процеси масообміну в системі «тверде тіло-рідина» зареєстровано багатьма дослідниками. Під час дії ультразвуку швидкість процесу зростає в 3 ... 20 разів. Дія ультразвуку прискорює процес на 30 ... 40% порівняно з механічним перемішуванням [102, 130-132, 157].

З вище викладеного можна зробити висновок, що ультразвукових коливань на різні середовища обумовлена ефектами кавітації, ультразвукового вітру і ультразвукового тиску. У процесах, які протікають на межі розподілу фаз, ультразвукові коливання, які поширюються в рідких середовищах, призводять до збільшення питомої поверхні взаємодії та зменшення величини дифузійного, граничного шару, забезпечуючи тим самим багаторазове прискорення процесів масообміну і масопереносу, що обумовлює перспективність обраного напрямку.

Для встановлення рівня технічної реалізації процесу соління риби необхідно провести аналіз відповідних апаратурних рішень.

1.4 Апаратурне оформлення процесу соління рибної сировини

Комплексне та раціональне використання гідробіонтів для отримання повноцінних продуктів харчування можливе з розвитком і вдосконаленням техніки та технології їх переробки.

Постійним попитом населення користується солена продукція з риби. Під час соління багатьох видів риб відбувається складний комплекс біохімічних реакцій, що призводять до розпаду білків і утворення нових речовин, що додають рибі приємний смак і запах.

Аналіз існуючих технічних рішень дозволяє виокремити системи, які використовувалися або можуть використовуватися на рибопереробних підприємствах України.

Для збільшення випуску солоної продукції і для зниження трудомісткості процесу соління наприкінці ХХ сторіччя почали використовувати високопродуктивні комплексно-механізовані лінії Н10-ИЛП-2 і Н10-ИЛП-4. Завдяки цьому тривалість обробки риби на лініях скорочено до 10...15 год, рівень автоматизації виробництва становив 70 %, продуктивність праці зросла в 3 рази [116, 139].

Особливістю ліній є застосування попереднього короткочасного соління риби в насиченому циркулюючому тузлуку з подальшим додаванням сухого NaCl і

прянощів перед завантаженням її в бочки в безперервному технологічному потоці. Лінії відрізняється один від одної тільки пристроями (ваннами для соління) попереднього соління риби в циркулюючому тузлуку, при цьому в пристрої на лінії Н10-ИЛП-2 риба переміщується вертикально, а в лінії Н10-ИЛП-4 – горизонтально. Продуктивність лінії Н10-ИЛП-2 – 12...15 т/год, Н10-ИЛП-4 – 30 т/год.

Пристрій для попереднього соління риби на лінії Н10-ИЛП-2 [46, 118] являє собою три залізобетонні ємності прямокутного перерізу місткістю по 25 т риби кожна, в середині яких змонтовані поворотні стулки типу жалюзі, що в закритому стані розділяють ємність для соління на чотири поверхово розташовані секції. Нижня секція має патрубок, до якого підключений живильний трубопровід рибонасосу для подачі суміші риби і тузлуку у співвідношенні 1:3.

Ванна для попереднього соління риби на лінії Н10-ИЛП-4 [46, 82] має ширину 6 м, довжину 20 м кожна і розділена перегородкою з порогом переливу в одноярусному варіанті.

У двох'ярусному варіанті одна частина ванни розташовується над іншою. На її стінках змонтовані лоток для подачі риби до дальнього кінця ванн і механізми переміщення риби. Місткість ванни 150 т по рибі і 260 м³ за тузлуком.

На рибопереробних підприємствах може використовуватися механізована ванна смакового соління, яка призначена для безперервного процесу соління тушок салаки, кільки, сардини, шматочків оселедця, тріски, ставриди, скумбрії.

Переміщення риби шаром до 150 мм уздовж ванни здійснюється шкребками, зануреними в сольовий розчин. Наприкінці ванни верхня гілка пластинчастого конвеєра захоплює вивантажує рибу, яку подає на неї скребковий конвеєр. Швидкість скребкового конвеєра в 4 рази менше пластинчастого, завдяки чому риба вивантажується з ванни рівномірно, невеликим шаром. Тривалість смакового соління становить 5...22,5 год, залежить від виду оброблюваної сировини і регулюється обертанням маховичка варіатора при працюючому електродвигуні. Продуктивність ванни 15000...17000 кг/год. У ванну одночасно наливається 1 м³ сольового розчину.

Для остаточного видалення риби з ванни по закінченні роботи конвеєри

повинні працювати ще додатково один цикл, окрім встановленого для соління.

Універсальна машина смакового соління риби та закріплення напівфабрикатів Н16-ИПЕ [18, 156] складається з горизонтального скребкового конвеєра, в кінці якого змонтований похилий виносний скребковий конвеєр. Обидва конвеєра розташовані в ізольованій ванні, яка зверху закривається відкидними кришками. До складу машини входять відстійник, відцентровий насос і теплообмінник. У машині можуть оброблятися шматки і тушки риби довжиною до 600 мм і товщиною до 80 мм.

Обробка проводиться при повному зануренні риби в сольовий розчин. Потрапляючи в машину, риба захоплюється шкребками нижньої гілки робочого конвеєра, які переміщують її вздовж ванни і подають на виносний конвеєр, на якому відбувається злив сольового розчину. Тривалість знаходження риби в сольовому розчині різна і залежить від швидкості руху робочого полотна, яка регулюється зміною ексцентриситету кривошипно-шатунного механізму. Рівень сольового розчину у ванні і його температура підтримуються автоматично. Збоку ванни кріпиться відстійник, який при роботі машини на режимі смакового соління працює як фільтр і солеконцентраторах, а при роботі на режимі закріплення – як фільтр. У середині відстійника розташовані вертикально три перегородки і три решітки для відстою та фільтрації сольового розчину. Відстійник забезпечений переливним патрубком і регулятором рівня. Продуктивність машини в режимі смакового соління 5000...10000 кг/год, в режимі закріплення напівфабрикатів – 5000 кг/год.

Рибозасолювальні агрегати типу РПА [60, 114] за принципом роботи і загальною конструкцією подібні, проте відрізняються за продуктивністю і конструкцією окремих елементів. Вони складаються з похилого конвеєра, соледозувального шнека з бункером, барабана змішувача і розвантажувального лотка з ковшовим шибером.

Основний елемент агрегату – комбінований барабан з горизонтальною віссю обертання, виконаний з двох обичайок різного діаметру. З торцевих сторін є отвори для завантаження і вивантаження риби. З боку обичайки меншого діаметру в барабан завантажуються риба з допомогою похилого стрічкового транспортера зі

шкребками. Між верхньою частиною конвеєра і барабаном є лоток, по якому риба переходить в барабан. З бічної сторони агрегату розташовується сольовий бункер, з якого сіль вертикальним шнеком зі змінним кроком подається в барабан. Величина подачі NaCl регулюється спеціальним шибером.

Барабан приводиться в обертання за допомогою ланцюгової передачі, що огинає зубчастий кінець барабана. Усередині барабана є шнекова навівка, за допомогою якої риба переміщується з сіллю і суміш перемішається до виходу. Друга частина барабана більшого діаметру забезпечена лопатями, які захоплюють порції риби, піднімають їх і перевантажують в лоток, який входить у внутрішню частину барабана. Під нижню частину лотка встановлюється порожня бочка, яка поступово заповнюється рибою. Лоток має ковшовий шибер, що перекриває вихід при заміні наповненою бочки порожньої.

Машина типу РПА-3 має продуктивність 3500...4000 кг/год, РПА-2Б - 4500 кг/год, РПА-5 - 1500 кг/год.

Машина для соління МПК [60, 66] здійснює дозування NaCl і риби і їх перемішування. Основними вузлами машини є два бункери для риби і для солі, дозатори для риби і для солі, барабан-змішувач і привід.

У нижній частині трапецієподібного бункера для NaCl розташований лопатевий розпушувач, що обертається і подає сіль в горизонтальний шнек, який переміщує її в барабан-змішувач. У нижній частині бункера для риби маєсся живильник з гумовими лопатями, що передає рибу по патрубку в барабан-змішувач. Живильник для риби і розпушувач для NaCl обертаються на одному валу.

Барабан-змішувач конічної форми обертається на одному валу зі шнеком. Залежно від необхідного ступеня кінцевої солоності риби за допомогою змінних зірочок можна змінювати частоту обертання солеподавального шнека і, отже, кількість солі, яка подається на одиницю маси риби. Риба переміщується з сіллю в обертовому барабані з ребрами і вивантажується в ящик.

Автоматизована лінія АЛПР-1-10 [47, 110, 120] призначена для соління риби в суднових умовах. Готова продукція випускається в бочках місткістю 50, 100 і 120 л. Продуктивність лінії 10 т/год з межами регулювання подачі NaCl від 8 до 26% до

маси риби.

На лінії проводиться дозування риби, NaCl і спецій, завантаження складових і сировини в змішувач, перемішування, укладання в бочки, досипання NaCl і долив тузлуку.

До складу лінії входять: об'ємний дозатор риби, об'ємний дозатор солі, механізм змішування і подачі спецій, дозатор спецій, вимірювальний блок, що складається з двох силовимірювальних транспортерів, змішувач барабанного типу, розподільник, дозуючі транспортери, два віброукладальника, автоматичний соледозувальний бачок, об'ємний дозатор NaCl і система автоматичного регулювання роботи лінії.

Засолювальна машина конструкції ЦПКТБ «Азчорриба» застосовується для смакового соління риби в тузлуку [8, 70, 121]. Її встановлюють в лініях кулінарного та консервного виробництв, вона також може працювати окремо.

Машина складається з ванни, барабана, завантажувального і розвантажувального лотків і приводу. Прямокутної форми ванна з листової нержавіючої сталі є ємністю для тузлуку. Ванна через колектор заповнюється тузлуком. Встановлена в ній переливна труба перешкоджає переповнення ванни тузлуком.

Для пересування риби по довжині ванни в ній встановлений перфорований сталевий циліндричний барабан. На торцях барабана передбачені опорні кільця для фіксації його у ванні. На одному кінці барабана знаходиться цівковий вінець, за допомогою якого здійснюється його обертання. Усередині барабана приварена спіраль з кроком 270 мм і висотою 298 мм, що служить для транспортування риби уздовж ванни. З боку вивантаження в барабані радіально розташовано 6 перфорованих лопаток, що забезпечують подачу соленої риби на розвантажувальний лоток.

Привід обертового барабана складається з електродвигуна, варіатора, редуктора і ланцюгової передачі.

Соління риби здійснюється в наступній послідовності. Під обертовий барабан через завантажувальний лоток подається риба і, перебуваючи в тузлуку,

пересувається уздовж ванни. Наприкінці барабана засолена риба лопатками виноситься з машини через розвантажувальний лоток. Продуктивність машини - 1000 кг/год, маса - 1216 кг.

Універсальна засільно-мийна машина конструкції ЦПКТБ «Заприба» [70] відрізняється від засільної машини конструкції ЦПКТБ «Азчорриба» пристроєм приводу і його розташуванням (він знаходиться на рамі, змонтованої над барабаном), а також деякими технічними даними. Крім того, машину можна використовувати як мийну. Для цього тузлук замінюють водою, а також за допомогою варіатора збільшують частоту обертання барабана. Продуктивність машини складає до 3300 кг / год, маса – 950 кг.

Конвеєрна засольна машина безперервної дії [19, 22, 138] застосовується для смакового соління в тузлуку риби з різним ступенем оброблення. Її встановлюють в лініях, але вона також може працювати самостійно.

Машина складається з ванни, пластинчастого і скребкового конвеєра і приводу. Ванна являє собою зварену конструкцію з кутового прокату, яка обшита листами з нержавіючої сталі. У ванні один під іншим розташовані нижній – пластинчастий і верхній – скребковий конвеєри. Пластинчастий конвеєр, призначений для завантаження у ванну і вивантаження з неї риби, має дві тягові ланцюги, з'єднані штангами, на яких кріпляться перфоровані пластини з нержавіючої сталі. Верхня гілка пластинчастого конвеєра рухається у ванні, а нижня проходить під її корпусом.

Скребковий конвеєр, що забезпечує просування риби уздовж засольної ванни, складається з двох ланцюгів, з'єднаних між собою скребками. Скребковий конвеєр коротше нижнього і швидкість його руху в 3,6 рази менше швидкості пластинчастого.

Привод, що забезпечує рух конвеєрів, встановлений на рамі і складається з електродвигуна, варіатора, редуктора і системи передач.

Пластинчастий конвеєр отримує рух від електродвигуна через клинопасову передачу, варіатор, муфту, редуктор і дві ланцюгові передачі. Скребковий конвеєр отримує рух від приводного вала пластинчастого конвеєра через ланцюгову і

зубчасту передачі.

Соління риби здійснюється в наступній послідовності. На верхню гілку пластинчастого конвеєра завантажується риба, яка в міру руху останнього потрапляє в тузлук, опиняючись між нижньою гілкою скребкового конвеєра і гілкою пластинчастого конвеєра. Подальше переміщення риби уздовж ванни здійснюють скребки скребкового конвеєра. Наприкінці ванни верхня гілка пластинчастого конвеєра, виходячи з ванни, захоплює і вивантажує рибу. Продуктивність конвеєра складає 700 кг/год, маса – 1000 кг.

Машина ППРВ для смакового соління риби [19, 153, 174] відрізняється від описаної вище пристроєм транспортуючого органу, яким є ковшовий конвеєр, а також деякими технічними даними. Риба надходить в ковші з завантажувального бункера, розташованого над ковшами. Продуктивність машини складає 1650...3000 кг/год.

Враховуючи те, що вилов риби за даними Держкомстату України з 1995 р. по 2012 р. скоротився у 1,85 рази (з 363444 т до 195490 т), а також те, що вартість рибної океанічної сировини збільшилась, найголовнішим недоліком всіх видів описаного вище устаткування є високе значення їх продуктивності.

Необхідно відзначити, що на сьогоднішній день підприємства з невеликою потужністю виробництва солоної риби використовують соління в ємностях. Залежно від виду засолювальної ємності розрізняють такі основні види соління: чановий, бочковий і контейнерний. Іноді застосовують також столовий, горищний і ящиківий засіл. Проте всі вони характеризуються неоднорідною якістю соління риби за вмістом NaCl, збільшеною тривалістю соління, що впливає на збільшення виробничих площ, а також збільшення енергоємності виробництва, низькою механізацією праці.

Таким чином, актуальним є розробка обладнання, яке б могло використовуватися на малих та невеликих підприємствах з виробництва солоної риби.

1.5 Мета та завдання дослідження

Одним із існуючих на сьогоднішній день підходів, яким найбільш ефективно вирішуються питання інтенсифікації технологічних процесів в харчових виробництвах, є використання нових видів енергії та її високоефективного підведення до взаємодіючих речовин. Таким видом енергії є ультразвукові коливання високої інтенсивності, які дозволяють інтенсифікувати процеси хімічних, мікробіологічних і харчових технологій.

Метою роботи є вдосконалення процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвукових коливань та його апаратурне оформлення. Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести теоретичне обґрунтування застосування ультразвукових коливань для інтенсифікації процесу соління: визначити величину ультразвукової енергії, що забезпечує інтенсифікацію процесу соління риби, і кількість енергії, яка при цьому розсіялась у ній;
- визначити параметри, що впливають на ефективність процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку;
- провести математичне моделювання процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку;
- дослідити кінетику дифузії NaCl у рибі за тузлучного соління;
- дослідити якісні показники солоної риби океанічного промислу;
- розробити конструкцію ультразвукового апарата для забезпечення процесу соління риби океанічного промислу та провести дослідження його техніко-експлуатаційних характеристик;
- здійснити комплекс заходів із практичного впровадження розробки у виробництво;
- оцінити економічний та соціальний ефект від упровадження розробки у виробництво.

1.6 Загальний план проведення теоретичних та експериментальних досліджень

Всі дослідження проводились на кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва Харківського державного університету харчування та торгівлі.

Планом (рис. 1.5) було передбачено проведення аналізу інтенсифікації процесу соління океанічної риби за допомогою ультразвуку.

Аналіз проводився за наступними напрямками:

- характеристика рибної сировини як об'єкту соління;
- аналіз способів соління рибної сировини та шляхи інтенсифікації;
- аналіз сучасного апаратного оформлення процесу соління рибної сировини.

Грунтуючись на даних проведеного аналізу, можна сформулювати мету, завдання, предмет та об'єкт досліджень.

Проведення досліджень відбувається з розробкою методик, експериментальних установок та алгоритму проведення досліджень. Дослідження процесу соління рибної сировини за допомогою ультразвуку відбувається за наступними напрямками:

- математичне моделювання впливу ультразвукових коливань на інтенсифікацію процесу соління риби;
- дослідження процесу соління океанічної риби за допомогою ультразвукових коливань;
- дослідження якісних показників соленої за допомогою ультразвукових коливань океанічної риби.

Розробка апарата для проведення процесу соління риби за допомогою ультразвуку відбувається на основі обґрунтованих раціональних параметрів процесу.



Рисунок 1.5 – Загальний план проведення теоретичних та експериментальних досліджень

Практична реалізація результатів роботи відбувається в напрямку впровадження технічної документації на експериментальний зразок апарата для соління рибної сировини за допомогою ультразвуку, а також проведення економічних розрахунків з доцільності впровадження розробленої установки.

РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкт та предмет досліджень

Об'єктом дослідження є процес соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку. Предмет дослідження – риба океанічного промислу, яка використовується для виробництва рибопродуктів (оселедець атлантичний *Clupea harengus*, скумбрія атлантична *Scomber scombrus*, сардина тихоокеанська *Sardinops melanostictus melanostictus*, або івасі); способи підведення енергії ультразвукових коливань; органолептичні та мікробіологічні показники солоної океанічної риби [107-109]. Процес відтаювання відбувався за стандартними технологіями [124].

Для експериментів з ультразвукової обробки використовували резонансні частоти магнітострикційного випромінювача, які змінювали у діапазоні від 22 кГц до 34 кГц, шляхом моделювання і зміни резонансних параметрів коливальної системи ультразвуковий генератор – ультразвуковий перетворювач.

2.2 Експериментальна установка для проведення досліджень

Для дослідження процесу соління океанічної риби за допомогою ультразвуку було створено експериментальну установку на базі ультразвукового диспергатору УЗДН-2Т, виробництва «НПП Укрросприбор», м. Суми, Україна, адаптованого до умов даного експерименту (рис. 2.1) [128, 154].

Принцип дії створеної установки полягає в наступному. Під час вмикання ультразвукового генератора, на обмотку трансформатора перетворювача подається живлення. Відповідно, у магнітострикційному перетворювачі відбувається перетворення електричної енергії в енергію механічних коливань трансформатора, які підсилює концентратор. 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. Випромінювач передає пружні ультразвукові коливання в тузлук широким фронтом хвилі. Під час виникнення кавітації у тузлуку створюються зони тиску і розрядження, створюються ультразвукові мікропотоки, що інтенсифікують процеси масообміну та масопереносу. Ультразвукова обробка рибної сировини проводиться в циліндричній металевій камері, що заповнена тузлуком з відповідними характеристиками.

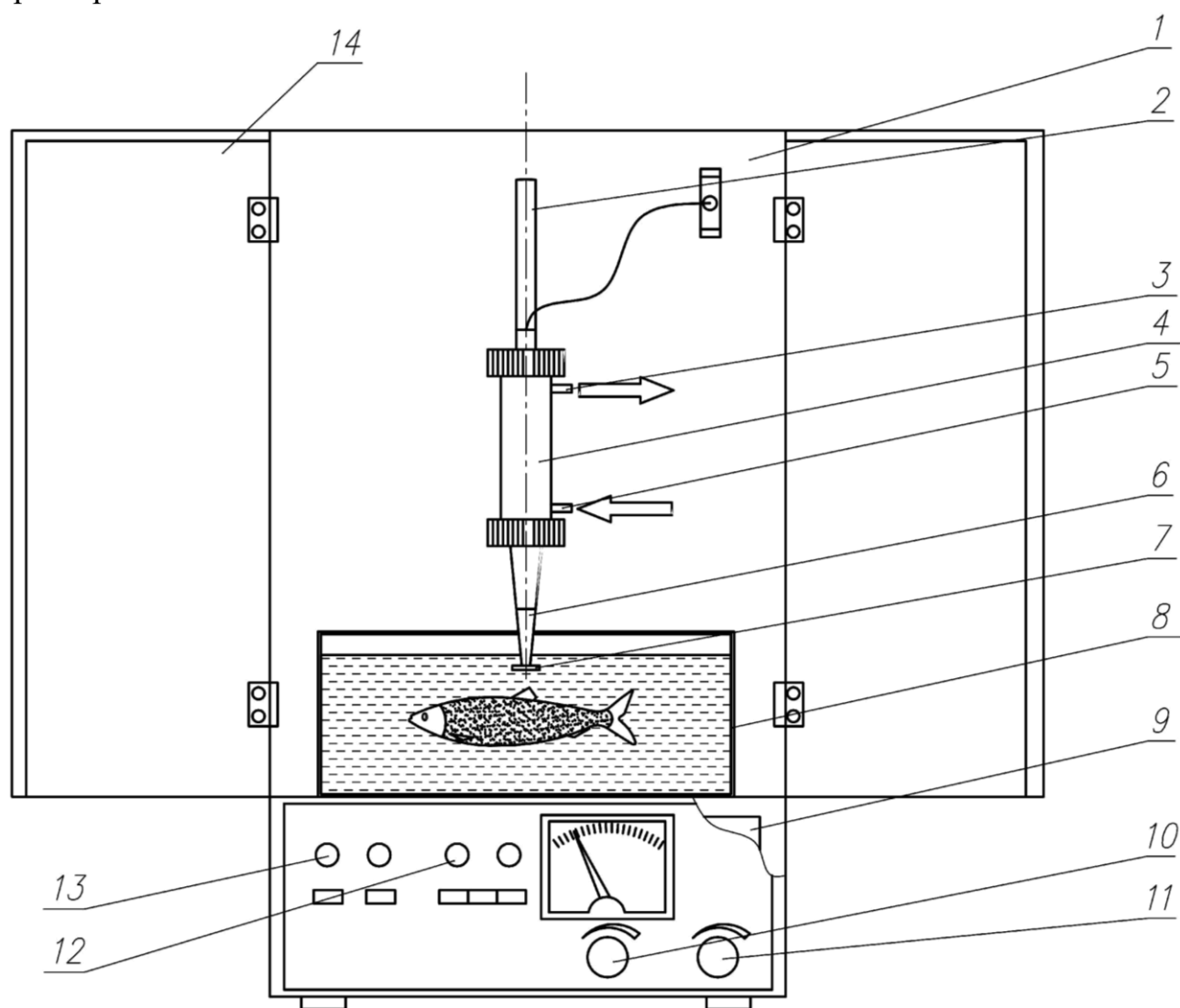


Рисунок 2.1 – Схема експериментальної установки: 1 – корпус; 2 – штатив;
3, 5 – відповідно вхідний та вихідний патрубки для води;
4 – трансформатор із водяним охолодженням; 6 – концентратор;
7 – випромінювач; 8 – камера робоча; 9 – генератор; 10 – регулятор потужності
ультразвукових коливань; 11 – регулятор частоти ультразвукових коливань;
12 – вимикач імпульсний; 13 – вимикач частоти; 14 – дверцята звукоізолюючі

2.3 Методи дослідження

2.3.1 Методика визначення ультразвукового тиску ультразвукового перетворювача

Одним із основних способів визначення вихідних параметрів ультразвукової коливальної системи є вимірювання амплітуди механічних коливань робочого торця ультразвукового випромінювача. Найбільш простим є метод, заснований на вимірі амплітуди коливань за допомогою мікроскопа з окулярною шкалою або сіткою. При цьому на робочий торець концентратора потрібно нанести контрольну риску та увімкнути установку. В окулярі мікроскопа можна спостерігати «розмиття» контрольної риски. Величина цього розмиття відповідає «розмаху» коливань, тобто подвоєному значенню амплітуди. Дослідити вихідні параметри УЗКС прямими методами дуже складно, оскільки вони залежать від зовнішніх чинників.

2.3.2 Методика визначення загальної корисної акустичної потужності ультразвукового перетворювача

На теперешній час існують методики розрахунку вихідних параметрів ультразвукових коливальних систем, які дозволяють одержати лише приблизні параметри окремих конструктивних елементів [52, 136].

Крім того, використання емпіричних формул із залученням експериментальних результатів є досить складним і вимагає громіздких обчислень та витрат часу. Вимірювання акустичної потужності ультразвукових технологічних установок є невід'ємним і важливим етапом на стадії початкового налаштування ультразвукової апаратури і в процесі УЗ обробки різних технологічних середовищ. Для налаштування ультразвукових коливальних систем під конкретний технологічний процес величина акустичної потужності повинна бути строго витримана в певних межах, оскільки величина акустичної потужності, яка вводиться в середовище, є основним параметром УЗ установок і визначає якість і ступінь протікання технологічного процесу в ультразвуковому полі [64].

Відомо, що значну частку існуючих УЗ технологій складають технологічні процеси, що протікають у рідких і рідкодисперсних середовищах. Найчастіше для вимірювання корисної акустичної потужності ультразвукових установок, призначених для роботи в рідких і рідко дисперсних середовищах, використовують калориметричний метод [4]. Методика проведення вимірювань заснована на практичній реалізації калориметричного методу, стандартизованого Міжнародною електротехнічною комісією [119], яка полягає в непрямому оцінюванні по ступеню нагрівання $t_2 - t_1$ рідини в об'ємі V з ізотермічною оболонкою, з відомою теплоємністю C і густиною ρ , оскільки ці параметри у рідині під час нагрівання змінюються, за формулою

$$P_{ак} = C \cdot \rho \cdot V \cdot \frac{(t_2 - t_1)}{\tau}, \quad (2.1)$$

де $P_{ак}$ – акустична потужність, Вт;

τ – тривалість озвучення рідини, яка знаходиться у вимірювальному об'ємі, с;

C – теплоємність рідини, Дж/кг·К;

ρ – густина рідини, кг/м³;

V – об'єм рідини, м³;

t_1 та t_2 – початкова та кінцева температури рідини відповідно, К.

У лабораторних умовах, вимірювання здійснюють за допомогою термометра з високою чутливістю і секундоміра у вимірювальному об'ємі з адіабатною або ізотермічною оболонкою. Спочатку реєструється початкова температура рідини t_1 , потім ультразвуковий випромінювач занурюється у вимірювальний об'єм і проводиться озвучування середовища тривалістю τ у вимірювальному об'ємі. У результаті того, що вся акустична енергія переходить у теплову, за умов відсутності теплообміну з навколишнім середовищем, вимірювання кінцевої температури t_2 дозволяє обчислити величину акустичної потужності за формулою (2.1).

Використання калориметричного методу для визначення корисної акустичної потужності під час налаштування ультразвукових установок має ряд недоліків, а саме:

- невисока швидкість визначення потужності (більше 30 секунд);
- використання інерційних датчиків температури - термопар;
- відсутність будь-якої автоматизації, що збільшує похибку і зменшує точність налаштування УЗ апаратів.

З метою усунення вище зазначених недоліків було розроблено оригінальну установку (рис. 2.2).

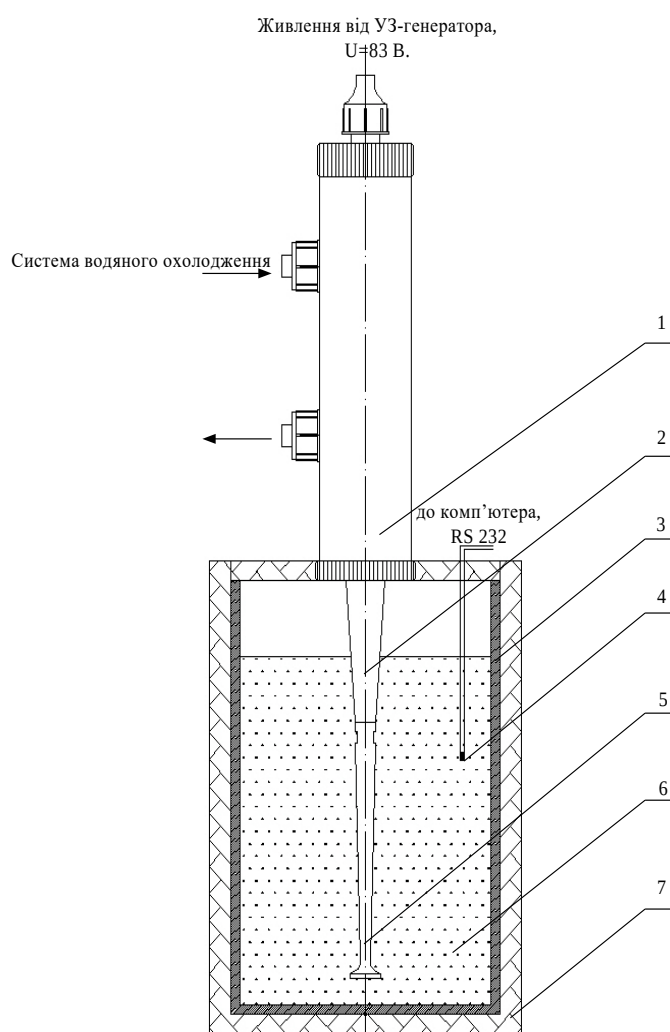


Рисунок 2.2 – Установка для вимірювання корисної акустичної потужності:

- 1 – ультразвуковий перетворювач; 2 – концентратор; 3 – робоча камера; 4 – температурний датчик; 5 – випромінювач; 6 – тузлук; 7 – ізотермічна оболонка.

Установка дозволяє в автоматичному режимі реєструвати і відображати на дисплеї поглинену у вимірювальному об'ємі величину акустичної потужності та за допомогою АЦП (аналогово-цифрового перетворювача) і комп'ютера записувати отримані дані в файл.

Для вимірювання температури був використаний напівпровідниковий датчик DS18B20. Його перевагою є те, що він одному кристалі містить як сам датчик, так і аналого-цифровий перетворювач, що проводить обробку сигналу. Конструктивно датчик оформлений в корпусі малогабаритного транзистора (ТО92), в описі датчика зазначено, що його похибка не перевищує $0,5^{\circ}\text{C}$ в діапазоні від -55 до $+125^{\circ}\text{C}$. Датчик за допомогою монтажного проводу з'єднується з usb портом комп'ютера.

2.3.3 Методика визначення розсіювання акустичної енергії ультразвукового перетворювача

У тканинах із надто вираженою неоднорідністю спостерігається підвищене розсіювання енергії звукової хвилі. Залежність між коефіцієнтом поглинання ультразвуку в тканині і його частотою наближається до лінійної; це пояснюється механізмом в'язкого згасання, який зумовлений в'язкими зв'язками між частками або елементами морфологічної структури тканини. Ці передумови і лягли в основу постановки експерименту з соління риби за допомогою ультразвуку [42, 145].

Був проведений попередній експеримент, під час якого зразки риби разом з тузлуком оброблялися ультразвуком серійним випромінювачем з частотою 22 кГц протягом 30 хвилин. Вимірювання температури нагрівання зразків риби проводилася за допомогою термопар. Для цього, було розроблено гребінку з 5 хромель-копелевих термопар для реєстрації нагрівання у разі озвучення зразка ультразвуком.

Розрахунок енергії, яку випромінює випромінювач, визначали наступним чином

$$E_{\text{вип}} = (1/2) \rho (2\pi f)^2 A^2 V_{\text{рк}}, \quad (2.2)$$

де: $E_{\text{вип}}$ – енергія випромінювача, Дж/м³;

ρ – густина середовища, кг/м³;

f – частота випромінювача, кГц;

A – амплітуда коливань торця випромінювача випромінювача, м;

$V_{\text{рк}}$ – об'єм робочої камери, м³.

Кількість енергії, яку випромінює перетворювач за одиницю часу, величина постійна, та дорівнює 149,4 кДж. Середньооб'ємну температуру з 5 термопар визначали наступним чином

$$t_v(\tau) = \frac{1}{V_{\text{зр}}} \left(\sum_{i=1}^n V_i \cdot t_i(\tau) \right), \quad (2.3)$$

де: V_i – об'єм, в якому розташовувалася i -та термопара, м³;

t_i – апроксимація сигналу, отриманого з i -тої термопари;

$V_{\text{зр}}$ – загальний об'єм зразка, м³;

t_v – середньооб'ємна температура, °C.

Кількість енергії, яка розсіялася в зразках м'яса риби визначалася наступним чином

$$E = c_{\text{риб}} \cdot \rho_{\text{риб}} \cdot V_{\text{зр}} \cdot (t_{v_2} - t_{v_1}) \quad (2.4)$$

де E – кількість розсіяння ультразвукової енергії, яка необхідна об'єкту для того, щоб його температура збільшилася на $(t_{v_2} - t_{v_1})$, Дж/м³;

$c_{\text{риб}}$ – теплоємність риби, Дж /кг·К;

$\rho_{\text{риб}}$ – густина риби, кг/м³;

$V_{\text{зр}}$ – об'єм зразка, м³;

t_{V_1}, t_{V_2} – початкова та кінцева середньооб'ємні температури, К.

Акустичні процеси тісно пов'язані з тим середовищем, у якому поширюються ультразвукові хвилі. Хід цих процесів залежить від типу середовища, та його акустичних властивостей, наприклад, швидкості звуку в ньому, яка залежить від густини та пружних властивостей середовища, питомого хвильового опору і коефіцієнта загасання звуку.

Коливальні рухи передаються від концентратора в середовище, в якому вони розповсюджуються у вигляді областей стискання та розрядження, які прямують один за одним. У густому середовищі коливання розповсюджуються повільніше, ніж у менш густому. Звукові хвилі поширюються у вигляді спрямованих променів прямолінійно лише в тому випадку, якщо довжина хвилі незначна у порівнянні з радіусом випромінювача. Енергія підведеної енергії ультразвукової хвилі частково поглинається, частково пропускається, частково відбивається.

Величину поглинутої енергії УЗ хвилі можна оцінити за швидкістю нагрівання дослідного зразка в рідині, що озвучується. Для визначення величини поглинутої енергії потрібно знайти середньооб'ємну температуру зразка. Середньооб'ємна температура визначається наступним чином

$$V_{\text{ср.об.}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (2.5)$$

де $V_{\text{ср.об.}}$ – середньооб'ємна температура, м³;

V_i – об'єм, у якому перебуває i -та термопара, м³;

T_i – температура, яку показує i -та термопара, °С;

n – кількість термопар у зразку.

Сигнал від термопар знімався точковим самописцем ЕПП-9. У результаті проведеного експерименту були отримані та оцифровані термограми.

Далі отримані експериментальні данні були апроксимовані функцією виду поліном ступеня n за допомогою пакету програм MathCad (додаток В).

Дана функція має вигляд

$$f(x) = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + \dots + a_n \cdot x^n, \quad (2.6)$$

де $f(x)$ – апроксимуюча функція;

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – коефіцієнти апроксимуючої функції.

Оскільки зміна температури різних шарів у процесі обробки неоднакова, то для визначення температурного впливу на зразок необхідно визначити середньооб'ємну температуру. Далі за допомогою програми, що написана в MathCad (додаток В), було розраховано середньооб'ємну температуру.

2.3.4 Методика визначення фізико-хімічних показників соленої риби

Для визначення значення концентрації NaCl в м'ясі риб було використано дві методики: арбітражна та оригінальна електрохімічна.

Визначення вмісту NaCl визначали аргентометричним (арбітражним) методом за ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» наступним чином. 2 г фаршу риби поміщали в мірну колбу на 200 мл і заливали нагрітою до 40...45° С дистильованою водою на обсяг колби.

Суміш фаршу з водою настоювали протягом 15...20хв, сильно збовтуючи колбу протягом 0,5 хв. через кожні 5 хв. Допускається екстрагування фаршу і ненагрітою водою (кімнатної температури), при цьому тривалість настоювання повинна бути збільшена до 25...30 хв. Охолодивши колбу до кімнатної температури

(шляхом занурення колби в холодну воду або під краном з водопровідною водою), вміст фільтрували через вату, подвійний шар марлі або сухий складчастий фільтр, причому перші 20...30 мл фільтрату відкидали. Щоб уникнути випаровування рідини під час фільтрування лійку з фільтром покривали годинниковим склом.

Відбирали піпеткою 25 мл фільтрату (під час дослідження середньо- і міцносолоної риби – до 10 мл) і титрували його 0,1 н. розчином азотнокислого срібла в присутності 2...3 крапель насиченого розчину хромовокислого калію до незникаючої червонувато-бурого забарвлення.

Вміст NaCl у відсотках до навішування обчислюють за формулою

$$X = \frac{100VK \cdot 0,0029V_1}{V_2}, \quad (2.7)$$

де V – кількість 0,05 н. розчину азотнокислого срібла, витраченого на титрування випробуваного розчину, мл;

K – поправний коефіцієнт до титру розчину азотнокислого срібла;

0,0029 – титр точно 0,05 н. розчину азотнокислого срібла, виражений за NaCl (титр 0,1 н. розчину азотнокислого срібла дорівнює 0,0058);

V_1 – об'єм витяжки, виготовленої з навіски, мл;

m – маса навіски продукта, г;

V_2 – об'єм витяжки, взятої для титрування, мл.

За кінцевий результат приймали середнє арифметичне двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,1%.

Ураховуючи те, що найголовнішим недоліком існуючих методів соління є значна тривалість процесу, на практиці доволі складно визначити значення швидкості перебігу масообмінних процесів під час з соління океанічної риби.

Для усунення цих недоліків було запропоновано оригінальний електрохімічний спосіб визначення швидкості плину масообмінних процесів під час соління рибної сировини. Він базується на зміні іонної електропровідності за

рахунок іонів NaCl [43].

Відбір проб проводили з використанням металевої капсули, якою вирізали зразок із поверхні риби до хребта у найбільш широкій її частині. Потім зразок розміщували в діелектричній камері з графітовими електродами на відстані 2...10 мм від поверхні шкіряного покриву тушки оселедця. Для визначення значень електричного опору тушки риби було використано міст одинарний для імпульсного вимірювання на постійному струмі опору Р333.

Між ступенем дозрівання, що встановлюється органолептично за ДСТУ 4453:2005 «Сардини солоні. Технічні умови», ДСТУ 815:2008 «Оселедці солоні. Технічні умови», ДСТУ 6025:2008 «Риба солоня. Технічні умови», і буферною ємністю водяної витяжки з м'яса солоної риби є певний зв'язок.

Під буферною ємністю розуміють здатність розчину чинити опір зміні рН, яке повинно було б відбуватися внаслідок додавання кислоти або лугу. Вимірюється буферна ємність (по Левієвій Л.С.) в градусах [49].

Дослідження *ступеня дозрівання солоних риб за буферною ємністю* проводили наступним чином. 10 г фаршу риби поміщали в фарфорову чашку, куди додавали 10 мл гарячої дистильованої води, і навіску ретельно розтирали скляною паличкою з гумовим наконечником. Потім суміш переносили в мірну колбу на 100 мл з киплячою водою, доводили її вміст до 2/3 об'єму, збовтували та витримували 5 хв на киплячій водяній бані. Після цього колбу охолоджували до кімнатної температури, доводили об'єм її до позначки, вміст перемішували і фільтрували через сухий складчастий фільтр.

У дві пронумеровані колби (№ 1 і 2) на 50 мл відбирали по 10 мл фільтрату.

У колбі № 1 фільтрат титрували з трьома краплями 1% -вого розчину фенолфталеїну 0,1 н. розчином NaOH до слабо-рожевого забарвлення.

У колбу № 2 додавали 10 крапель 1% -вого розчину тимолфталеїну і титрували 0,1 н. розчином NaOH до ясно-блакитного забарвлення.

Буферність К в градусах обчислювали за формулою

$$K = (X_1 - X_2) 100, \quad (2.8)$$

де X_1 – кількість 0,1 н. розчину NaOH, витраченого на титрування з тимолфталейном, мл;

X_2 – кількість 0,1 н. розчину NaOH, витраченого на титрування з фенолфталейном, мл.

Градусом буферної ємності називається кількість мілілітрів 0.1 н. розчину лугу, який пішов на титрування водної витяжки, для того щоб змінити реакцію середовища на задану величину; результати множили на 100.

Масу зразків солоної риби визначали згідно ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей» вагами для статичного зважування згідно ГОСТ 29329-92 «Весы для статического взвешивания. Общие технические требования».

Довжину риб вимірювали згідно з ГОСТ 1368-2003 «Рыба. Длина и масса».

2.3.5 Методика визначення органолептичних показників солоної риби

Якість солоної риби визначити за органолептичними показниками у відповідності до ДСТУ 4453:2005 «Сардини солоні. Технічні умови», ДСТУ 815:2008 «Оселедці солоні. Технічні умови», ДСТУ 6025:2008 «Риба солоня. Технічні умови» тощо.

Під час органолептичної оцінки солоної риби звертають увагу на зовнішній вигляд, консистенцію, запах, смак тощо. Під час огляду зовнішнього вигляду риби відзначають наявність механічних пошкоджень голови, зривів шкіри, поламаних зябрових кришок, шлюбного вбрання у лососевих, а також побитий луски, цілісність черевця, потемніння або пожовтіння лускатого покриву, поверхнєве пожовтіння («іржу») і глибину його проникнення. Перевіряють, чи немає на поверхні риби, в зябрах і в черевній порожнині личинок сирної мухи-стрибунців або яких-небудь вад.

Консистенцію м'яса солоної риби визначають, як і у охолодженої. При цьому звертають увагу на наявність вад (зварювання, сольові опіки та ін.).

Запах визначають так само, як і у охолодженої риби. Встановлюють наявність вад запаху: затхлості, вогкості, затування (гнильного запаху). При визначенні смаку звертають увагу на різні порочки присмаки (присмак окислювання жиру та ін.), а також на ступінь дозрівання риби.

Таким чином, за зовнішнім виглядом солені рибні товари повинні бути чистими, без механічних пошкоджень, з природним забарвленням для даного виду риби, без потьмянілості та пожовтіння. Консистенція має бути від ніжної і соковитої у слабосолених риб до щільної – у міцносолених, смак і запах – властиві рибі даного виду [29].

2.3.6 Методика визначення мікробіологічних показників соленої риби

За мікробіологічними показниками солена риба не повинна перевищувати допустимі рівні за показниками кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерії групи кишкових паличок (коліморфні бактерії), патогонних мікроорганізмів, в т.ч. роду *Salmonella*.

Метод визначення кількості мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) посівом в агаризовані поживні середовища згідно ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов» заснований на висіві продукту або розведення навіски продукту в поживне середовище, інкубуванні посівів, підрахунку всіх вирослих видимих колоній.

Методи виявлення і визначення найбільш вірогідного числа коліформних бактерій за ГОСТ 30518-97 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)» засновані на висіві певної кількості продукту і (або) розведень навіски продукту в рідку селективну середу з лактозою, інкубуванні посівів, обліку позитивних пробірок (колб), пересіяні, за необхідності, культуральної рідини на поверхню агаризованого селективно-діагностичного середовища для підтвердження за біохімічним і

культуральним ознакам зростання належності виділених колоній до коліформних бактерій.

Метод виявлення бактерій роду *Salmonella* за ГОСТ 30519-97 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*» заснований на посіві певної кількості продукту в рідку неселективну середу, інкубуванні посівів, подальшому виявленні в цих посівах бактерій, здатних розвиватися в рідких селективних середовищах, що утворюють типові колонії на щільних диференційно-діагностичних середовищах, що мають типові для бактерій роду *Salmonella* біохімічні та серологічні характеристики.

2.4 Методи обробки експериментальних даних

Під час обробки 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 2014, для автоматизації введення результатів експериментів та графічної інформації – сканувальний пристрій Epson SX130 та система оптичного розпізнавання тексту ABBYY FineReader 10.0. Обробку результатів досліджень проводили методами математичної статистики та кореляційного аналізу з використанням програми «STATISTICA 6.1».

Обчислення похибок прямих вимірювань. При повторних вимірюваннях виникає розсіювання результатів, викликане комплексом причин. В цьому випадку наймовірніше значення шуканої величини визначається середнім арифметичним:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i, \quad (2.9)$$

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

Абсолютну похибку прямих вимірювань визначають за формулою:

$$\Delta x = \frac{t_s}{\sqrt{N}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} = \frac{t_s}{\sqrt{N}} \cdot \sigma, \quad (2.10)$$

де t_s – коефіцієнт Стюдента,

σ – стандартне відхилення.

Для вилучення грубих похибок в даних використовується правило «3-ох сигм», за яким модуль максимального відхилення вимірювання значення від середнього на величину $3 \cdot \sigma$ – малоймовірний. 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.

Обчислення непрямих досліджень. У непрямих дослідженнях шукана величина y пов'язана функціональною залежністю із сукупністю аргументів

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.11)$$

де $x_1, x_2, \dots, x_n$ – незалежні аргументи, які визначаються шляхом прямих вимірювань,

При цьому кожний з них може бути одержаний однократним чи багатократним прямим вимірюванням з різними похибками Δx_i .

В цьому разі абсолютна похибка визначення шуканою величини Δy обчислюється за формулою

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \Delta x_i^2}, \quad (2.12)$$

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

Відносна похибка визначення величини y , що знаходиться, обчислюється за формулою

$$\varepsilon = \frac{\Delta y}{\bar{y}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial(\ln f)}{\partial x_i} \right)^2 \Delta x_i^2}, \quad (2.13)$$

де $\frac{\partial(\ln f)}{\partial x_i}$ обчислюється для середніх значень аргументів Δx_i .

РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СОЛІННЯ РИБНОЇ СИРОВИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ

3.1 Вплив ультразвукової обробки на процес соління риби

З термодинамічної точки зору процес соління риби є типовим масообмінним процесом в гетерогенній системі. Внаслідок наявності капілярно-пористої структури риби крім дифузійного перенесення молекул NaCl в тканини риби здійснюється дифузійно-осмотичне перенесення води з тканин в сольовий розчин або назад в залежності від співвідношення концентрацій в тузлуку та рибі. Як і всі процеси масообміну, інтенсивність соління залежить від співвідношення швидкості зовнішнього масообміну і внутрішнього масопереносу [149, 168].

Особливості процесу соління на сьогоднішній день добре відомі і описані в літературі [34, 39, 44, 58, 127]. Під час соління в тузлуку низької концентрації м'язова тканина риби спочатку вбирає сіль, вологу і набухає. Потім після досягнення критичної концентрації NaCl (для більшості видів риб 8%) тканини риби починають втрачати вологу, а його концентрація в тканинах зростає. Під час соління риби в тузлуку з високою концентрацією солі, відбувається висолювання білків, і м'язова тканина відразу починає втрачати вологу. Головною рушійною силою соління є різниця концентрацій NaCl в тузлуку і води в рибі. Цей процес триває до встановлення рівноваги.

У відомій нам літературі відсутні оцінки можливості впливу ультразвуку на процеси зовнішнього масообміну і внутрішнього масопереносу. Тому в наступних двох розділах будуть розглянуті особливості впливу ультразвукової обробки на цей процес. Проведено теоретичне обґрунтування застосування ультразвукових коливань для інтенсифікації процесу соління, з метою визначення величини ультразвукової енергії, що забезпечує інтенсифікацію процесу соління риби і кількості енергії, яка при цьому розсіялась в ній; визначені параметри, що впливають на ефективність процесу соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвукових коливань [152].

3.1.1 Теоретичне обґрунтування інтенсифікації зовнішнього масообміну за наявності акустичних коливань

У процесі соління вода, що виділилася з риби, розбавляє тузлук в граничному шарі на поверхні риби, що призводить до зниження концентрації тузлуку і, отже, до зменшення рушійної сили градієнту концентрації солі. У результаті процес соління сповільнюється. Спроби інтенсифікувати процес зовнішнього масообміну шляхом збільшення швидкості циркуляції тузлуку не дали очікуваних результатів. Згідно з даними Воскресенського Н.А. [25] при збільшенні швидкості циркуляції тузлуку в декілька разів швидкість соління зростає всього лише на 10%. Це пояснюється наявністю вузького підшару на поверхні риби, де масообмін здійснюється виключно молекулярної дифузії, що має низьку інтенсивність (рис. 3.1а).

Вирішити проблему інтенсифікації зовнішнього масообміну в цьому випадку можливо з використанням ультразвукових коливань, які здатні зрушувати граничний шар. У класичній літературі з ультразвуку теоретично описаний і експериментально підтверджений ефект гідродинамічного збурення вузького граничного шару за рахунок так званих акустичних (шліхтінських) течій [64]. Течії Шліхтінга являють собою постійно циркулюючі вихори, що паралельні твердій поверхні з розмірами $\lambda/4$ (чверть довжини акустичної хвилі) та висотою Δ_{yz} (рис 3.1 б). Ці вихори на відстані у півхвилі змінюють напрямок свого обертання. У цьому випадку граничний шар зі зниженою солоністю буде постійно оновлюватися, що призведе до збільшення інтенсивності зовнішнього масообміну. Оцінімо величину цього ефекту.

Характерні розміри акустичних течій визначаються наступними виразами

$$\lambda = c_0 / f , \quad (3.1)$$

$$\Delta_{yz} \approx 1,9\delta_{yz} , \quad (3.2)$$

$$\delta_{yz} = \sqrt{\frac{\nu}{\pi f}} . \quad (3.3)$$

де c_0 - швидкість звуку в середовищі (тузлуку), м/с;

f -- частота звукових коливань, Гц;

Δ_{yz} - товщина граничного вихору, м;

δ_{yz} - товщина акустичного граничного шару, м;

ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості середовища, м²/с.

Розрахуємо характерні розміри акустичного вихору. Вважаючи $c_0=1500$ м/с; $f = 22$ кГц; $\nu = 10^{-6}$ м²/с, одержуємо такі значення $\lambda/4=1,7$ см; $\Delta_{yz}=7,2 \cdot 10^{-6}$ м. Таким чином, довжина вихору порівнянна з розмірами риби, а його товщина з товщиною в'язкого гідродинамічного шару (товщина гідродинамічного шару при вимушеній конвекції зі швидкістю $U=1$ м/с дорівнює $\Delta_{конв} = \nu / U = 10^{-6}$ м). В умовах природної конвекції, як буде показано нижче, товщина в'язкого гідродинамічного шару буде ще більшою. Ці оцінки підтверджують перспективність використання ультразвукової обробки для інтенсифікації процесу зовнішнього масообміну під час соління риби.

Щоб оцінити величину інтенсифікації зовнішнього масообміну при використанні ультразвукової обробки необхідно порівняти значення коефіцієнтів масовіддачі під час соління риби у разі природної конвекції і конвекції в ультразвуковому полі. На сьогоднішній день таких даних в літературних джерелах немає.

У найсуворішій постановці така задача зводиться до системи рівнянь Нав'є-Стокса і конвективної дифузії. Таке завдання, як відомо, являється нелінійним і може бути вирішене тільки чисельно. Наближене рішення цієї задачі можливо за наступних припущень:

1) розглядається плоска стаціонарна течія в граничному шарі (швидкість змінюється тільки по осі у рис. 3.1);

2) відомий розподіл швидкості $u_x(y)$ по осі y ;

3) фізичні характеристики середовища – коефіцієнт дифузії, коефіцієнт в'язкості не змінюються.

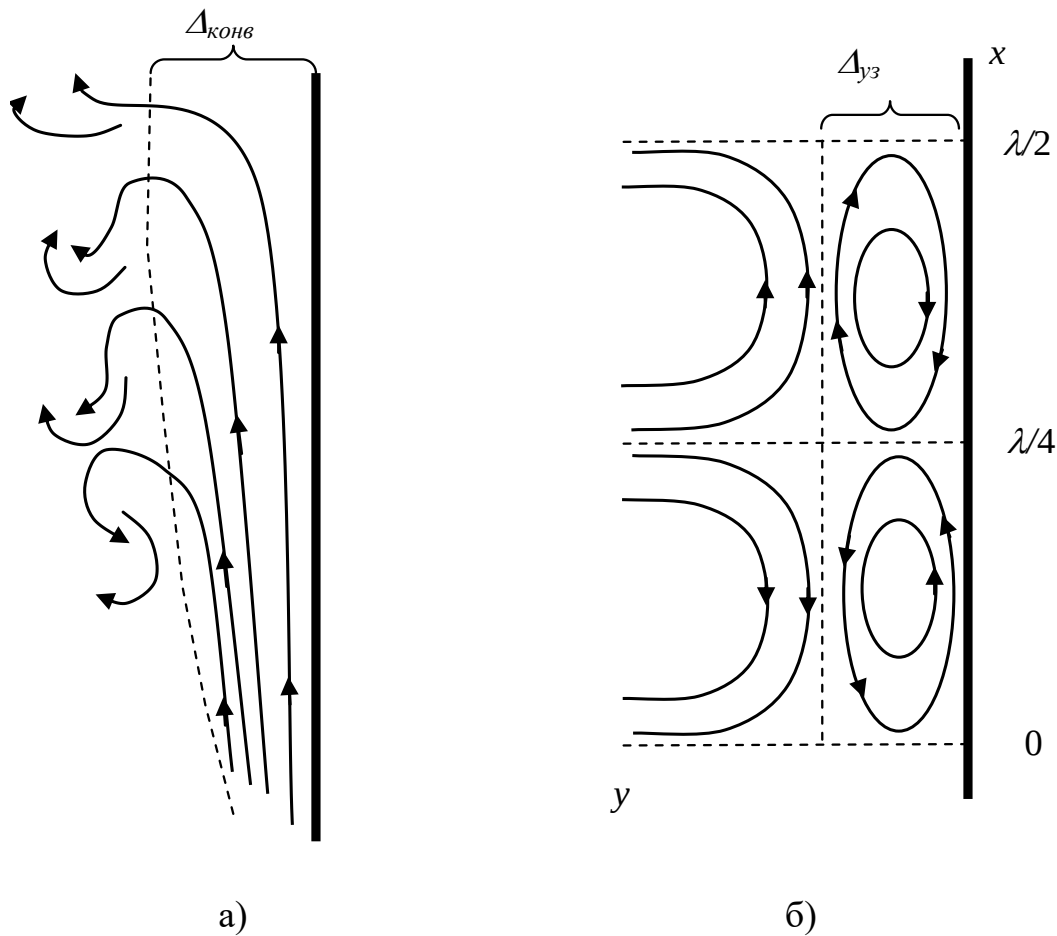


Рисунок 3.1 – Схема конвективних потоків у масообмінній поверхні:

а) – природна конвекція, б) – конвекція в ультразвуковому полі

У цьому випадку рівняння конвективної дифузії має вигляд

$$v_x(y) \frac{dC}{dy} - D \frac{d^2 C}{dy^2} = 0, \quad (3.4)$$

де C – концентрація тузлуку, %;

$v_x(y)$ – швидкість течії вздовж вісі x , м/с;

D – коефіцієнт дифузії, м²/с.

Коефіцієнт масовіддачі залежить від градієнта концентрації на поверхні масообміну і різниці концентрацій в об'ємі рідини і на поверхні тіла [56]

$$\beta = \frac{1}{C_{\infty} - C_n} D \left. \frac{dC}{dy} \right|_{y=0}. \quad (3.5)$$

де β - коефіцієнт масовіддачі, м/с;

C_{∞} - концентрація тузлуку в об'ємі розчину, %;

C_n - концентрація тузлуку на поверхні риби, %;

$\left. \frac{dC}{dy} \right|_{y=0}$ - градієнт концентрації на масообмінній поверхні, кг/м⁴.

Щоб знайти величину градієнта концентрації на масообмінній поверхні вчинимо так. Інтегруємо (3.4) в межах граничного шару

$$\int_0^{\Delta} v_x(y) \frac{dC}{dy} dy - \int_0^{\Delta} D \frac{d^2C}{dy^2} dy = 0, \quad (3.6)$$

де Δ - товщина граничного шару.

Врахуємо, що за межами граничного шару завтовшки Δ градієнти концентрацій і швидкостей потоку дорівнюють нулю, тоді замість (3.6) маємо

$$\int_0^{\Delta} v_x(y) \frac{dC}{dy} dy = D \left. \frac{dC}{dy} \right|_{y=0}, \quad (3.7)$$

Інтеграл у правій частині наближено обчислимо, замінивши величину градієнта dC/dy його середнім значенням в граничному шарі

$$\left. \frac{dC}{dy} \right|_0^{\Delta} \approx \frac{C_{\infty} - C_n}{\Delta}. \quad (3.8)$$

З урахуванням цього і визначення коефіцієнта масовіддачі β з рівнянь (3.5) і (3.7) отримуємо наступний вираз

$$\beta = \frac{1}{\Delta} \int_0^{\Delta} v_x(y) dy, \quad (3.9)$$

Остання формула є вихідною для розрахунку коефіцієнта масовіддачі як у випадку природної конвекції, так і у випадку конвекції в ультразвуковому полі. Наступним етапом є визначення конкретних значень $v_x(y)$ і Δ в цих випадках.

Розглянемо спочатку випадок соління за природної конвекції тузлуку. Як відомо, в цьому випадку рушійною силою процесу є Архимедова сила, що виникає внаслідок різниці густини тузлуку розчину в об'ємі розчину і на поверхні риби

$$F_A = \Delta \rho g \Delta V, \quad (3.10)$$

де F_A – сила Архимеда, Н;

$\Delta \rho$ - різниця густин тузлуку в об'ємі розчину і на поверхні риби, кг/м³;

g - прискорення вільного падіння, 9,8 м/с²;

ΔV – елемент об'єму тузлуку в граничному шарі, м³.

На елементарний об'єм тузлуку також діє сила в'язкого тертя, яку можна обчислити таким чином

$$F_{\text{вд}} = \rho \nu \frac{dv_x}{dy} \Delta S, \quad (3.11)$$

де ρ - густина тузлуку, кг/м³;

ΔS – площа елемента об'єму тузлуку ΔV , що контактує з поверхнею масообміну, м².

З урахуванням (3.10-3.11) запишемо рівняння руху елемента об'єму тузлуку ΔV

$$\Delta \rho g \Delta S y = \rho \nu \frac{dv_x}{dy} \Delta S, \quad (3.12)$$

Враховуючи, що $\Delta V = \Delta S \cdot y$, отримуємо

$$\frac{dv_x}{dy} = \frac{\Delta\rho}{\rho\nu} g \cdot y, \quad (3.13)$$

Вирішення цього диференціального рівняння при граничному умови $v_x=0$ за $y=0$ має вигляд

$$v_x = v_{\max} \left(\frac{y}{\Delta_{\text{конв}}} \right)^2. \quad (3.14)$$

де $v_{\max} = \frac{1}{2} \frac{g \Delta_{\text{конв}}^2}{\nu} \frac{\Delta\rho}{\rho}$ - максимальне значення швидкості природної конвекції,

яке досягається на поверхні граничного шару завтовшки $\Delta_{\text{конв}}$.

Цю максимальну швидкість визначають з умови рівності гідродинамічного тиску і напруги тертя на зовнішньому кордоні граничного шару

$$\frac{\rho v_{\max}^2}{2} = \rho \nu \frac{v_{\max}}{\Delta_{\text{конв}}}. \quad (3.15)$$

Звідки отримуємо

$$v_{\max} = 2 \frac{\nu}{\Delta_{\text{конв}}}. \quad (3.16)$$

Порівнюючи вираз (3.16) з виразом для $v_{\max}$ в (3.14) визначаємо величину товщини граничного шару в умовах природної конвекції

$$\Delta_{\text{конв}} = \frac{2}{2^{1/3}} \nu \left(g \nu \frac{\Delta\rho}{\rho} \right)^{-1/3} \quad (3.17)$$

і максимальне значення швидкості за природної конвекції

$$v_{\max} = 2^{1/3} \left(g \nu \frac{\Delta\rho}{\rho} \right)^{1/3}. \quad (3.18)$$

Оцінимо товщину граничного шару під час соління в умовах природної конвекції. Вважаючи $\rho=1000$ кг/м³; $\Delta\rho=200$ кг/м³; $\nu=10^{-6}$ м²/с, отримуємо значення $\Delta_{\text{конв}}=1,3\cdot 10^{-4}$ м. Як бачимо, це значення майже в сто разів більше, ніж при конвекції в ультразвуковому полі $\Delta_{\text{уз}}=7,2\cdot 10^{-6}$ м згідно формули (3.2). Таким чином уточнений розрахунок підтверджує можливість збурення граничного шару ультразвуковими коливаннями по всій його товщині за рахунок постійної циркуляції акустичних вихорів.

Знайдемо коефіцієнт дифузії в разі природної конвекції. Підставляючи (3.14) у вираз для коефіцієнта масовіддачі (3.9), після інтегрування одержуємо значення коефіцієнта масовіддачі при солінні в умовах природної конвекції

$$\beta_{\text{конв}} = \frac{1}{\Delta_{\text{конв}}} \int_0^{\Delta_{\text{конв}}} v_{\text{max}} \left(\frac{y}{\Delta_{\text{конв}}} \right)^2 dy = \frac{1}{3} v_{\text{max}}. \quad (3.19)$$

З урахуванням виразу для v_{max} , отримуємо

$$\beta_{\text{конв}} = 0,42 \left(g \nu \frac{\Delta\rho}{\rho} \right)^{1/3}. \quad (3.20)$$

Отримаємо аналогічне вираз для коефіцієнта масовіддачі в умовах використання ультразвукової обробки. Скористаємося рішенням, отриманим Шліхтінгом [64] для поздовжньої швидкості акустичної течії в граничному шарі

$$v_x(x, y) = -\frac{v_0^2}{4c_0} \left[\frac{y}{\delta_{\text{уз}}} - \left(\frac{y}{\delta_{\text{уз}}} \right)^2 \right] \sin(2kx), \quad (3.21)$$

де $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – хвильове число для ультразвукової хвилі, м⁻¹;

v_0 – амплітуда коливальної швидкості ультразвукової хвилі, м/с;

Згідно цього рівняння поздовжня швидкість акустичного течії періодично змінюється вздовж масообмінної поверхні, тому знайдемо його середнє значення на відстані $\lambda/4$ (див. рис. 3.16)

$$v_x(y) = -\frac{v_0^2}{4c_0} \left[\frac{y}{\delta_{yz}} - \left(\frac{y}{\delta_{yz}} \right)^2 \right] \frac{4}{\lambda} \int_0^{\lambda/4} \sin(2kx) dx. \quad (3.22)$$

Після інтегрування одержуємо розподіл середньої швидкості акустичної течії за товщиною граничного шару

$$v_x(y) = -\frac{v_0^2}{2\pi c_0} \left[\frac{y}{\delta_{yz}} - \left(\frac{y}{\delta_{yz}} \right)^2 \right]. \quad (3.23)$$

Згідно з останньою формулою акустична течія змінює свій напрямок при $y = \delta_{yz}$ (рис. 3.2)

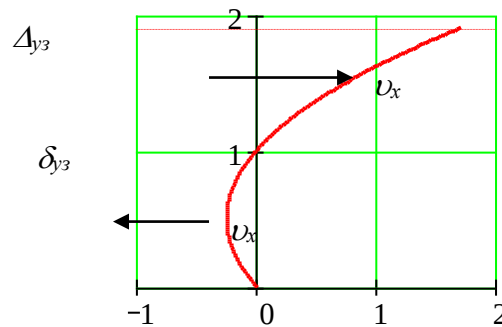


Рисунок 3.2 – Профіль акустичного течії по товщині граничного шару

Цю обставину потрібно врахувати для коректного обчислення коефіцієнта масовіддачі в даному випадку, а саме інтеграл у виразі (3.9) слід розбити на два інтервали без урахування зміни знака швидкості акустичної течії

$$\beta_{\text{конв}} = \frac{1}{\Delta_{yz}} \left[\int_0^{\delta_{yz}} |v_x(y)| dy + \int_{\delta_{yz}}^{\Delta_{yz}} |v_x(y)| dy \right]. \quad (3.24)$$

Підставляючи в (3.24) вираз для швидкості акустичної течії (3.23), після інтегрування одержуємо

$$\beta_{yz} = \frac{\nu_0^2}{12\pi c_0} \left[\frac{2\delta_{yz}}{\Delta_{yz}} + \Delta_{yz} \frac{2\Delta_{yz} - 3\delta_{yz}}{\delta_{yz}^2} \right]. \quad (3.25)$$

З урахуванням виразу (3.2) для товщини граничного вихору Δ_{yz} , отримуємо значення коефіцієнта масовіддачі в умовах використання ультразвукової обробки.

$$\beta_{yz} = 0,068 \frac{\nu_0^2}{c_0}. \quad (3.26)$$

Проаналізуємо це рівняння. На відміну від коефіцієнта масовіддачі в умовах природної конвекції β_{yz} не залежить від в'язкості розчину, оскільки, як уже зазначалося, всередині граничного шару виникають конвекційні акустичні течії. Оскільки величина швидкості звуку c_0 визначається густиною і температурою тузлуку, то в умовах соління вона є постійною і значення коефіцієнта масовіддачі залежить фактично лише від амплітуди коливальної швидкості ультразвукової хвилі. Амплітуда коливальної швидкості пов'язана з такими технічними характеристиками ультразвукових коливань, як частота і густина потоку акустичної енергії [64]

$$\nu_0 = 2\pi \cdot A \cdot f, \quad (3.27)$$

$$\nu_0 = \sqrt{\frac{2E}{\rho c_0}}, \quad (3.28)$$

где A – амплітуда ультразвукових коливань, м;

E - густина потоку акустичної енергії, Вт/м².

Враховуючи останні вирази, коефіцієнт масовіддачі в умовах використання ультразвукової обробки запишемо у вигляді, зручному для технічних розрахунків

$$\beta_{yz} = 2,7 \frac{f^2 A^2}{c_0}, \quad (3.29)$$

$$\beta_{yz} = 0,14 \frac{E}{\rho c_0^2}. \quad (3.30)$$

Знаючи значення коефіцієнтів масовіддачі, знайдемо величину підвищення інтенсивності зовнішнього масообміну при солінні, як відношення коефіцієнтів масовіддачі під час використання ультразвуку і в умовах природної конвекції

$$\frac{\beta_{yz}}{\beta_{конв}} = 0,33 \left(g \nu \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^{-1/3} \left(\frac{E}{\rho c_0^2} \right), \quad (3.31)$$

або

$$\frac{\beta_{yz}}{\beta_{конв}} = 6,42 \left(g \nu \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^{-1/3} \left(\frac{f^2 A^2}{c_0} \right), \quad (3.32)$$

Аналізуючи вирази (3.31) і (3.32), приходимо до висновку, що збільшення інтенсивності масовіддачі прямо пропорційно густині потоку акустичної енергії або квадрату його частоти. Очевидно, що існують нижня межа ефективності озвучування (у порівнянні з природною конвекцією), коли $\beta_{yz} = \beta_{конв}$, тобто при менших значеннях інтенсивності (частоти) ультразвуку збільшення коефіцієнта масовіддачі не відбувається. Ці граничні значення на підставі (3.31) і (3.32) визначаються з умови $\beta_{yz}/\beta_{конв} = 1$

$$f_{\min} = 0,39 \left(g \nu \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^{1/6} \frac{\sqrt{c_0}}{A}, \quad (3.33)$$

$$E_{\min} = 3,08 \left(g \nu \frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^{1/3} \rho c_0^2, \quad (3.34)$$

На рис. 3.3 наведено залежності критерію ефективності масовіддачі в ультразвуковому полі $\beta_{yz}/\beta_{конв}$ від характеристик випромінювача. При розрахунку

використані наступні значення фізичних величин: $c_0=1500$ м/с; $A=70 \cdot 10^{-6}$ м; $\nu=10^{-6}$ м²/с; $\rho=1000$ кг/м³; $\Delta\rho=200$ кг/м³; $g=9.8$ м/с².

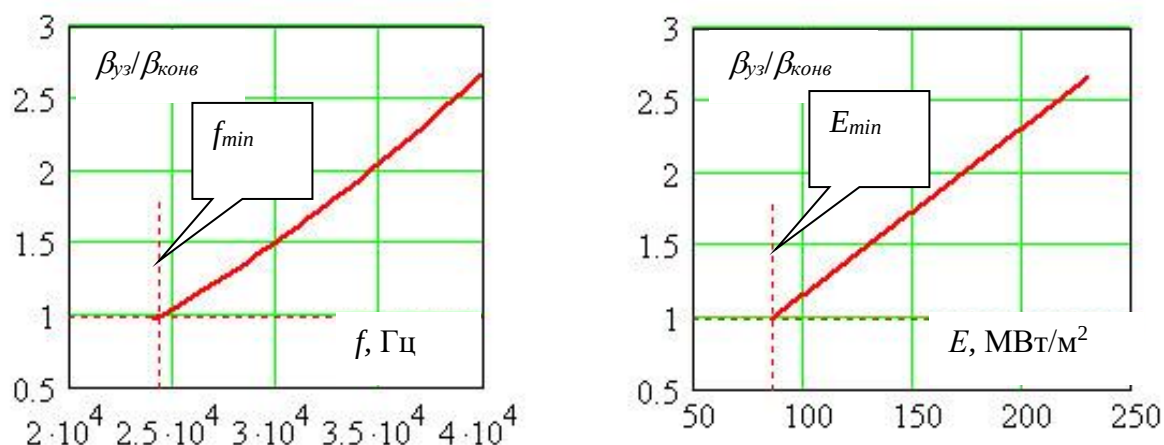


Рисунок 3.3 – Критерій ефективності масовіддачі в ультразвуковому полі β_{uz}/β_{conv} залежно від характеристик випромінювача

Згідно з наведеними розрахунками межа ефективного застосування ультразвуку з метою інтенсифікації зовнішнього масообміну при солінні відповідає мінімальним значенням густини потоку акустичної енергії $E_{min}=87$ МВт/м² або частоти коливань $f_{min}=24$ кГц (при постійному значенні $A=70 \cdot 10^{-6}$ м) [89]. При збільшенні частоти акустичних коливань від 24 до 40 кГц коефіцієнт масовіддачі збільшується в 3 рази, що потребує подальшого експериментального обґрунтування з метою визначення раціональних параметрів процесу соління океанічної риби за допомогою ультразвуку.

3.1.2 Математичне моделювання впливу ультразвукової обробки на процес внутрішнього масопереносу

Як і більшість харчових продуктів риба належить до колоїдних капілярно пористих тіл, оскільки основою морфологічної структури рибної сировини є м'язова клітина. Тому інтенсивність внутрішнього масопереносу залежить від характеру пористої структури. Розподіл капілярів по радіусах визначає характер стан вологи в

рибі. За даними [9] з усієї вологи в сирій рибі 19% становить пов'язана волога і 81% вільна. З погляду пористої структури це означає, що 19% складають мікрокапіляри радіусом $10^{-9} \dots 10^{-7}$ м і 81% макрокапілярів радіусом $10^{-6} \dots 10^{-5}$ м.

Збільшення інтенсивності внутрішнього масопереносу при солінні риби визначається можливістю виникнення мікроконвективних течій в капілярах, які збільшують градієнт концентрації, а відповідно інтенсивність соління. Проведемо таку оцінку виходячи з таких уявлень [40, 90].

Необхідною умовою виникнення конвекційної мікротечії в капілярі є рівність сил в'язкого тертя і сили гідродинамічного тиску в капілярі. Оцінімо мінімальний радіус капіляра, в якому можливо виникнення такого течії. Сила тертя в циліндричному капілярі визначається напругою в'язкого тертя наступним чином

$$F_{\text{тр}} = \rho v \frac{dv}{dr} S \approx \rho v \frac{v_0}{r} 2\pi r A, \quad (3.40)$$

де $S = 2\pi r A$ - площа, на якій діє сила тертя, м^2 ;

де A – відстань зміщення елемента рідини, рівна амплітуді ультразвукових коливань, м.

Сила гідродинамічного тиску в капілярі, створюваного ультразвуковими коливаннями дорівнює

$$F_{\text{гидр}} = \frac{\rho v_0^2}{2} \pi r^2, \quad (3.41)$$

Прирівнюючи (3.40) і (3.41), з урахуванням (3.27) отримуємо

$$r_{\min} = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\frac{\nu}{f}}, \quad (3.42)$$

Розрахунок за цією формулою для $f=24000$ Гц, $\nu=10^{-6}$ $\text{м}^2/\text{с}$ дає величину $r_{\min}=5,2 \cdot 10^{-6}$ м. Таким чином в капілярах радіусом більше $r_{\min}=5,2 \cdot 10^{-6}$ м можливе виникнення мікропотоків.

Знайдемо середню швидкість акустичного плин у граничному шарі капіляра. Для цього скористаємося рівнянням енергетичного балансу: потужність потоку акустичної енергії E дорівнює потужності конвективного потоку маси: $E=E_{\text{конв}}$. Густина потоку акустичної енергії дорівнює

$$E = \frac{1}{2} \rho v_0^2 c_0. \quad (3.43)$$

Величину потужності конвективного потоку визначаємо наступним чином

$$E_{\text{конв}} = \frac{F_{\text{конв}} v_x}{S}, \quad (3.44)$$

де $F_{\text{конв}}$ - сила акустичного тиску, Н;

v_x - швидкість конвективного потоку, м/с;

S - площа перерізу капіляра, м².

Силу акустичного тиску можна розрахувати наступним чином

$$F_{\text{конв}} = \rho \Delta V a_x, \quad (3.45)$$

де a_x – прискорення елемента об'єму рідини, м/с²;

$\Delta V = S \Delta x$ - елементарний об'єм рідини по довжині капіляра Δx .

Прискорення елемента об'єму рідини пов'язано зі швидкістю звуку і елементарним переміщенням Δx наступним чином

$$a_x = \frac{c_0^2}{2 \Delta x}, \quad (3.46)$$

З урахуванням (3.45, 3.46) отримати величину потужності конвективного потоку

$$E_{\text{конв}} = \frac{1}{2} \rho c_0^2 v_x^2, \quad (3.47)$$

Прирівнюючи праві частини (3.43) і (3.47) знаходимо значення середньої швидкості акустичної течії в граничному шарі капіляра

$$v_x = \frac{v_0^2}{c_0}, \quad (3.48)$$

Далі оцінимо величину збільшення градієнта концентрації сольового розчину в капілярі за рахунок виникнення конвекційного мікропотoku. У цьому випадку рівняння конвективної дифузії має вигляд

$$v_x \frac{dC}{dr} - D \left(\frac{d^2 C}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dC}{dr} \right) = 0. \quad (3.49)$$

Замінюючи в (3.49) похідні їх оцінками, отримуємо

$$v_x \frac{\Delta C}{r} - D \left(\frac{\Delta C}{r^2} + \frac{1}{r} \frac{\Delta C}{r} \right) = 0, \quad (3.50)$$

де ΔC – різниця концентрацій по радіусу капіляра, кг/м³.

Звідки знайдемо величину конвективного потоку маси в капілярі

$$j_{\text{конв}} = D \frac{\Delta C}{r} = \frac{v_x}{2} \Delta C = \frac{v_0^2}{2c_0} \Delta C. \quad (3.51)$$

Оцінимо величину інтенсифікації внутрішнього масопереносу за рахунок ультразвукової обробки. Відзначимо, що як, показано вище, така інтенсифікація можлива тільки в макрокапілярів з радіусом $r > 10^{-6}$ м. Тому результуючий внутрішній потік маси будемо розглядати як суму потоків в мікро- і макрокапілярах.

У разі відсутності ультразвукових коливань потік є повністю дифузійним, тому його можна визначити з наступного виразу

$$j_{\text{диф}} = D \frac{\Delta C}{r_{\text{мікро}}} \xi_{\text{зв`яз}} + D \frac{\Delta C}{r_{\text{макро}}} \xi_{\text{віль}}. \quad (3.52)$$

де $\xi_{\text{зв`яз}}$, $\xi_{\text{віль}}$ - частка мікро- і макрокапілярів в рибі;

$r_{\text{мікро}}$, $r_{\text{макро}}$ - характерний розмір макро- і мікрокапілярів відповідно.

У разі наявності ультразвукових коливань в макрокапілярах виникає конвективний потік, тому

$$j_{\text{уз}} = D \frac{\Delta C}{r_{\text{мікро}}} \xi_{\text{зв`яз}} + \frac{v_0^2}{2c_0} \Delta C \xi_{\text{віль}}. \quad (3.53)$$

Збільшення інтенсивності внутрішнього масопереносу при використанні ультразвуку складе:

$$\frac{j_{\text{уз}}}{j_{\text{диф}}} = \frac{D \frac{1}{r_{\text{мікро}}} \xi_{\text{зв`яз}} + \frac{v_0^2}{2c_0} \xi_{\text{віль}}}{D \frac{1}{r_{\text{мікро}}} \xi_{\text{зв`яз}} + D \frac{1}{r_{\text{макро}}} \xi_{\text{віль}}}. \quad (3.54)$$

Для розрахунку за формулою прийемо наступні значення $D=10^{-9}$ м²/с [39]; $c_0=1500$ м/с; $f=24000$ Гц; $A=70 \cdot 10^{-6}$ м. Частку мікро і макро капілярів приймаємо рівною відносному вмісту пов'язаної вільної води в сирій рибі [8, 9] $\xi_{\text{мікро}}=0,19$; $\xi_{\text{макро}}=0,81$, а характерні розміри капілярів $r_{\text{мікро}}=10^{-9}$ м; $r_{\text{макро}}=10^{-5}$ м. В результаті отримуємо величину збільшення інтенсивності внутрішнього масопереносу при використанні ультразвуку

$$\frac{j_{\text{уз}}}{j_{\text{диф}}} = 1.14. \quad (3.55)$$

Оскільки величина ν_0 залежить від частоти ультразвуку (3.27), то при збільшенні частоти ультразвукових коливань в 2 рази збільшення інтенсивності складе $j_{yz}/j_{диф}=1,54$ (при постійному значенні $A=70 \cdot 10^{-6}$ м) [92, 150].

З урахуванням вищевикладеного для розрахунку внутрішнього масопереносу при солінні в ультразвуковому полі введемо ефективний коефіцієнт дифузії, що включає в себе конвективну складову в макрокапілярах, за таким співвідношенням

$$j = D_{yz} \nabla C, \quad (3.56)$$

де

$$D_{yz} = \frac{D \frac{1}{r_{мікро}} \xi_{зв`яз} + \frac{\nu_0^2}{2c_0} \xi_{віл}}{\frac{1}{r_{мікро}} \xi_{зв`яз} + \frac{1}{r_{макро}} \xi_{віл}}. \quad (3.57)$$

Величину ефективного коефіцієнта дифузії D_{yz} при солінні необхідно визначати в експерименті [96, 167].

3.1.3 Розрахунок тривалості соління риби в ультразвуковому полі

Основним технологічним параметром соління є тривалість процесу. В існуючій літературі рекомендуються кілька рівнянь для визначення тривалості соління [57-58, 62].

$$\tau = \frac{H^2}{\pi^2 K_c} \ln \left(\frac{C_\infty}{C_\infty - C} \right), \quad (3.58)$$

$$\tau = \frac{l^2}{K_c} \ln \left(\frac{C_\infty}{C_\infty - C} \right), \quad (3.59)$$

де C_∞ C – концентрація NaCl в тузлуку і тканинному соку риби відповідно, %;

H – повна товщина риби, см;

l – довжина риби, см;

K_c – коефіцієнт просолювання. $\text{см}^2/\text{діб}$;

τ – тривалість соління, діб

Недоліком цих формул є наявність коефіцієнта просолювання K_c , який кожного разу необхідно визначати експериментально, причому не тільки для певного виду риб, але й певного розміру риб.

Тому в роботі [38] авторами запропоновано використовувати наступну формулу, де введено в явному вигляді коефіцієнт дифузії і поправочні коефіцієнти на характерні розміри риби та її хімічний склад

$$\tau = \frac{wB^2}{8D} \ln \left(\frac{aC_\infty}{aC_\infty - C} \right), \quad (3.60)$$

де w - початковий вміст води в частках одиниці;

B - приведена товщина риби $B=xH$. Тут H - товщина риби, м; x - коефіцієнт, що враховує похибки обчислень і розмірний ряд риби, яка спрямовується на соління. Для риби середніх розмірів [35, 124] – значення x рівні 0,757. Якщо солиться філе і дрібна риба, то x дорівнює приблизно 0,573;

D - коефіцієнт дифузії солі, $\text{м}^2/\text{с}$;

a - коефіцієнт, що враховує зменшення концентрації тузлуку в граничному шарі біля поверхні риби;

C_∞ - концентрація тузлуку, %;

C - концентрація NaCl в тканинному соку риби, %, яка задається наступним чином:

$$W_k = 100 - Ж - (B+3) - \Delta W - S, \quad (3.61)$$

$$C = S 100 / (W_k + S), \quad (3.62)$$

де W_k - вміст води в рибі після просолювання, %;

$Ж, B, 3$ - вміст жиру, білка і NaCl в рибі до соління, %;

S - солоність риби, %;

ΔW - втрати води в рибі під час соління, %.

Незважаючи на детальність останнього рівняння, його використання на практиці вимагає великого обсягу даних про рибу, які не завжди відомі. Крім того, формула містить ряд поправочних коефіцієнтів (a , x), що визначаються за таблицями [38].

Крім того, наведені формули не містять коефіцієнта масовіддачі і не можуть бути використані для випадку соління в ультразвуковому полі. Тому метою даного розділу є висновок рівняння для тривалості соління, що враховує, насамперед, зовнішній масообмін та індивідуальні геометричні розміри риби, що солять.

Отримаємо рівняння для розрахунку тривалості соління, виходячи з інтегрального рівняння кінетики процесів переносу [100].

Внутрішній потік маси при солінні дорівнює:

$$\int_V \frac{dC}{d\tau} dV = - \int_S D_{yz} \nabla C dS, \quad (3.63)$$

Граничні умови на поверхні риби третього роду

$$\int_S D_{yz} \nabla C dF_p = \beta_{yz} (C_\infty - C_n). \quad (3.64)$$

де V - об'єм риби, м³;

F_p – площа поверхні риби, м²;

C_n - концентрація NaCl на поверхні риби, кг/м³;

C_∞ - концентрація NaCl в тузлуку, кг/м³;

τ - поточний час, с.

Переходячи до середніх значень під інтегралами, отримуємо рівняння кінетики в одновимірному наближенні [100]

$$R_V \frac{d\bar{C}}{d\tau} = -D_{\phi\zeta} \frac{\Gamma}{R_x} (C_n - C_{\phi}), \quad (3.65)$$

$$\Gamma \frac{D_{yz}}{R_x} (C_n - C_y) = \beta_{yz} (C_\infty - C_n). \quad (3.66)$$

де $R_V = V/F_p$ - відношення об'єму риби до площі її поверхні, м;

$\bar{C}$ - середня за обсягом в рибі концентрація солі, яку визначають як середнє значення концентрацій центру і поверхні, кг/м³;

Γ – комплексний показник, що враховує геометричні показники риби ($\Gamma = R_x + R_y + R_z$), м;

$$\bar{C} = \frac{1}{2} (C_n + C_o), \quad (3.67)$$

де C_y - концентрація NaCl в центрі риби, кг/м³.

Величини R_x , R_y , R_z це відстань від центру мас риби до найбільш віддалених точок на її поверхні (при цьому R_x , мінімальний розмір (товщина риби), осі x , y , z – взаємно перпендикулярні). Схема визначення величин R_x , R_y , R_z показана на рис. 3.4. Така схема дозволяє коректно враховувати конкретну форму цілої риби (або її шматків).

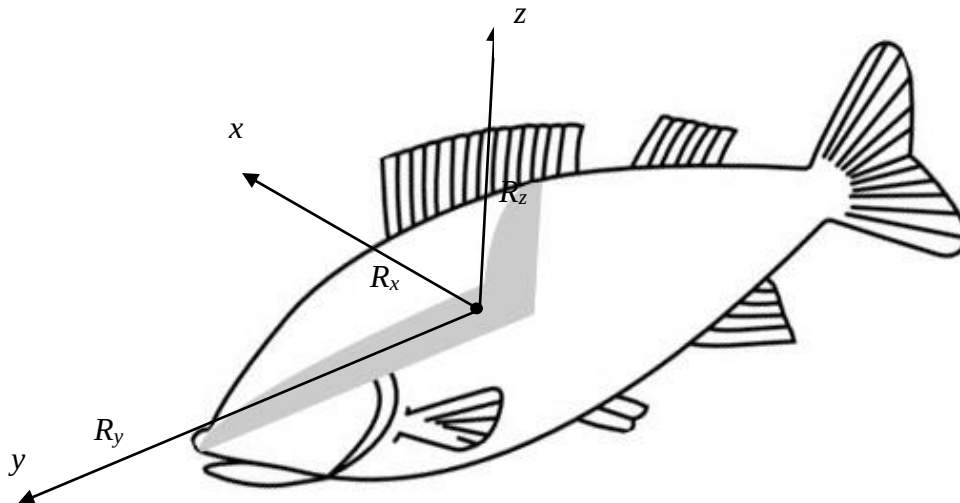


Рисунок 3.4 – Схема визначення характерних розмірів риби

Із системи рівнянь (3.66) - (3.67) висловлюємо невідомі величини концентрації на поверхні C_n , через задаються концентрації $\bar{C}$ і C_∞

$$C_n = 2\bar{C} \frac{1}{2 + \text{Bi}_D/\Gamma} + C_\infty \frac{\text{Bi}_D/\Gamma}{2 + \text{Bi}_D/\Gamma}, \quad (3.68)$$

де $\text{Bi}_D = \frac{\beta_{yz} R_x}{D_{yz}}$ - дифузійне число Біо.

Із системи рівнянь (3.65) - (3.66) отримуємо диференціальне рівняння кінетики соління

$$R_V \frac{d\bar{C}}{d\tau} = -\beta_{yz} (C_\infty - C_n), \quad (3.69)$$

Замінюючи в (3.69) величину C_n відповідно до (3.68) отримуємо наступне диференціальне рівняння кінетики соління

$$R_V \frac{d\bar{C}}{d\tau} = -\frac{C_\infty - \bar{C}}{1 + \text{Bi}_D/2\Gamma} \frac{\beta_{yz}}{R_V}, \quad (3.70)$$

рішення якого, при початковій умові $\bar{C}(0) = 0$, дає тривалість соління до заданої концентрації

$$\tau = \left(1 + \frac{\text{Bi}_D}{2\Gamma}\right) \frac{R_V}{\beta_{yz}} \ln\left(\frac{C_\infty}{C_\infty - \bar{C}}\right), \quad (3.71)$$

де τ - тривалість соління, с;

$\bar{C}$ - задана кінцева концентрація NaCl в рибі, кг/м³.

Перехід від концентрацією NaCl C , кг/м³ до концентрації у відсотках $C\%$, виконується за формулою

$$C\% = 100 \cdot C/\rho, \quad (3.72)$$

де ρ - густина тузлуку або риби відповідно.

Отримане рівняння кінетики соління (3.71) можна використовувати для визначення масообмінних характеристик β_{uz} , D_{uz} .

3.2 Обґрунтування та вибір параметрів ультразвукових хвиль

З метою обґрунтування вибору частоти випромінювання, використовувався серійний магнітострикційний перетворювач з резонансною частотою випромінювання 22 кГц, і експериментальна установка описана в підрозділі 2.2, для визначення їхнього впливу на процес соління риби за допомогою ультразвуку.

З метою виявлення впливу ультразвукової обробки на процес соління риби та перевірки результатів теоретичних розрахунків наведених у розділі 3.1.1, їх експериментального обґрунтування для визначення раціональних параметрів процесу соління, резонансні частоти випромінювача змінювали у діапазоні від 22 кГц до 40 кГц, шляхом моделювання і зміни резонансних параметрів коливальної системи ультразвуковий генератор – ультразвуковий перетворювач (додаток В)

Для вирішення цього завдання були проведені теоретичні та експериментальні дослідження за стандартними методиками МЕК. Оскільки за визначенням магнітострикція – це здатність матеріалу подовжуватись під дією електромагнітного поля, і теоретично може бути нескінченною, було вирішено максимальну амплітуду коливань випромінювача залишити рівною $70 \cdot 10^{-6}$ м. Результати розрахунків та досліджень основних енергетичних параметрів магнітострикційного перетворювача наведені в табл. 3.1 та рис. 3.5. Розрахунки проводились за методиками, наведеними в роботах [86, 137].

Експерименти проводилися за методиками вказаними у підрозділах 2.3.2, 2.3.3, тривалість експерименту складала 20 хв., зміна резонансних параметрів коливальної системи ультразвуковий генератор – ультразвуковий перетворювач відбувалося шагом 2 кГц. Випромінюванню підлягав тузлук густиною $1,20 \text{ г/см}^3$, акустичний імпеданс якого наближений до імпедансу риби. Розрахунки проводилися для випромінювачів з діаметром $15 \cdot 10^{-3}$ м, та площею $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Значення корисної акустичної потужності джерела звуку та амплітуди зсуву часток визначалися експериментально за методикою

МЕК [119]. Коефіцієнти пропускання k_D , відбиття k_Γ , акустичний опір середовища R_A не залежать від частоти випромінювання, а лише від швидкості звуку та густини середовища, [83, 144], $k_D = 0,93$, $k_\Gamma = 0,06$, $R_A = 1,61 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

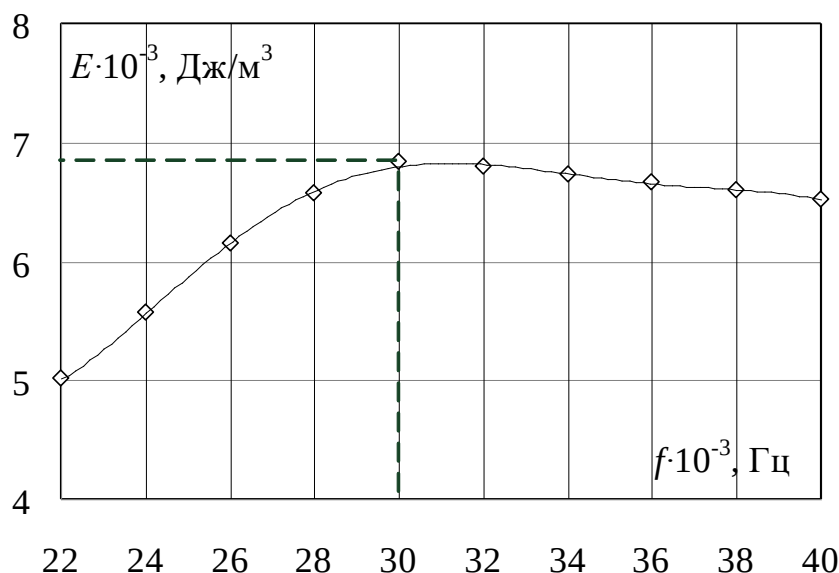


Рисунок 3.5 – Зміна розсіювання ультразвукової енергії E магнітострикційного перетворювача від частоти випромінювання f

Як можна побачити на рис. 3.5 із збільшенням частоти випромінювання кількість розсіювання ультразвукової енергії магнітострикційного перетворювача поступово збільшується, та досягає максимуму на величині 30 кГц. Подальше збільшення частоти випромінювання до суттєвої зміни розсіювання ультразвукової енергії магнітострикційного перетворювача не призводить, а після досягнення 38 кГц зменшується. Скоріше за все це пояснюється тим, що під час зміни резонансних параметрів магнітострикційного перетворювача відбулася зміна добротності магнітострикційного трансформатора випромінювача і як наслідок збільшилися втрати енергії в обмотці випромінювача.

Таблиця 3.1

Результати розрахунків та досліджень основних енергетичних параметрів ультразвукового перетворювача

Показники	Величина	Резонансна частота, кГц						
		22	24	26	28	30	32	34
Довжина хвилі, м	λ	0,070	0,065	0,060	0,055	0,052	0,048	0,046
Амплітуда коливної швидкості, м/с	U	9,67	10,55	11,44	12,31	13,19	14,07	14,95
Середня кінетична енергія в одиниці об'єму, 10^4 Дж/м ³	E_k	2,43	2,89	3,40	3,94	4,52	5,15	5,8
Густина енергії звукової хвилі в одиниці об'єму, 10^4 Дж/м ³	$\bar{E}$	4,87	5,79	6,80	7,88	9,05	10,03	11,63
Сила звуку, 10^8 Вт/(м·с)	F	3,31	2,78	1,84	2,04	1,78	1,56	1,38
Акустична потужність джерела звуку, 10^4 (Вт·м)/м ²	$E_{\text{вн}} \Sigma$	5,85	4,91	4,19	3,61	3,14	2,76	2,45
Тиск звукової хвилі, 10^7 Н/м ²	D	1,56	1,71	1,84	1,98	2,12	2,26	2,41
Акустична твердість середовища, 10^{11} Н/м	$Q_{\text{А.т.}}$	2,23	2,43	2,63	2,83	3,03	3,24	3,44
Тиск звуку на перешкоду, Н/м ²	$\bar{S}$	1,02	1,21	1,42	1,65	1,91	2,16	2,44
Коефіцієнт поглинання сумарний, 10^3	$\alpha_1 + \alpha_2$	4,36	5,18	6,08	7,05	8,10	9,21	10,21
Коефіцієнт поглинання зумовлений в'язкістю рідини, (рівняння Стокса), 10^3	α_1	4,36	5,18	6,08	7,05	8,10	9,21	10,21
Коефіцієнт поглинання зумовлений теплопровідністю рідини, (рівняння Кірхгофа), 10^{-4}	α_2	6,60	7,20	7,80	8,40	9,01	9,6	10,41
Корисна акустична потужність джерела звуку, Вт	$P_{\text{ак}}$	78	80	83	86	88	87	86

Його добротність – це відношення індуктивного опору витків обмотки до активного опору матеріалу обмотки. Відповідно зменшилася кількість витків обмотки, зменшилася довжина обмотки, погіршилася добротність. Використаний спосіб тонкого підстроювання ультразвукової коливальної системи не досконалий, оскільки не враховує зміну добротності випромінювача та втрати енергії в ньому, при тривалій роботі скоріше всього призведе до його поломки, але для дослідження впливу ультразвукових коливань на процес соління риби достатній. Інженерний розрахунок магнітострикційного перетворювача на встановлену оптимальну частоту наведено у підрозділі 4.2

Наступним завданням було визначення кількості УЗ енергії, яка розсіялася під час обробки та визначення розподілу УЗ енергії усередині робочої камери УЗ апарата. Для визначення розподілення енергії у рибі під час соління за допомогою ультразвуку, рис. 3.6, шляхом терморозподілу температури за об'ємом зразка риби.

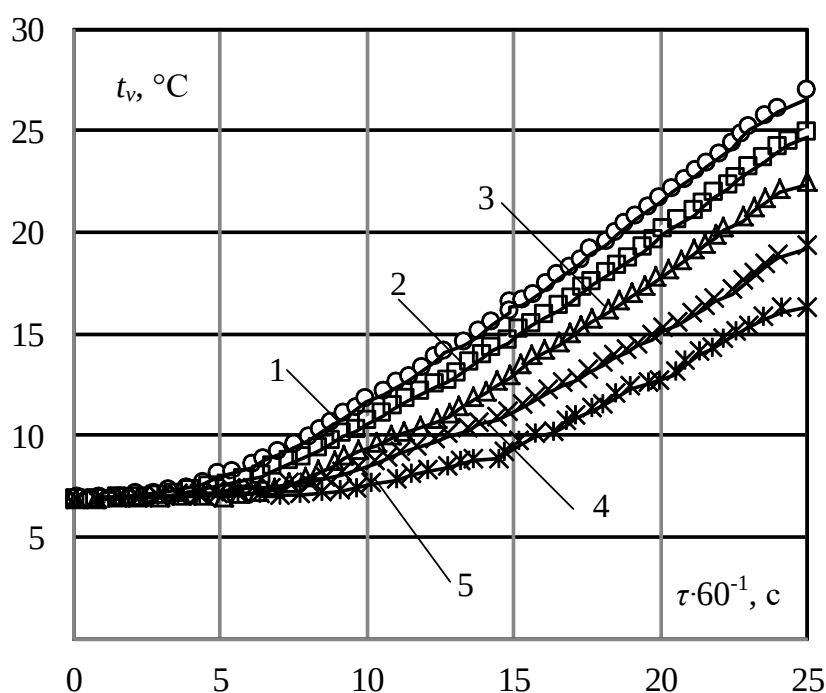


Рисунок 3.6 – Розподілення температури в оселедці атлантичній під час УЗ обробки в тузлуку на глибині: 1 – 5 мм, 2 – 10 мм, 3 – 15 мм, 4 – 20 мм, 5 – 25 мм

На рис. 3.6, можна побачити, що температура поверхневих шарів більша, та

зменшується із глибиною розташування термопар. Це пояснюється тим що розсіяння УЗ енергії найкраще відбувається в шкірі риби та в поверхневих шарах м'яса. Що в свою чергу призводить до підвищення температури, із збільшенням глибини розташування термопар температура зменшується, що свідчить про затухання енергії хвилі, на відстані $\lambda/2$ енергія хвилі зменшується на половину а на відстані λ повністю затухає. Під час проведення експерименту спостерігалось помутніння тузлуку і утворення на поверхні розділу фаз бульбашок піни. Це можна пояснити тим, що за рахунок поглинання ультразвукової енергії підвищувалася температура тузлуку і зразків риби, починалася відбуватися часткова денатурація з виділенням водорозчинних білків у розчин. Вочевидь, це відбувається через те, що початкова температура денатурації білків риби складає 30°C . Щоб уникнути цього, тривалість ультразвукової обробки обмежили інтервалом 10...15 хв.

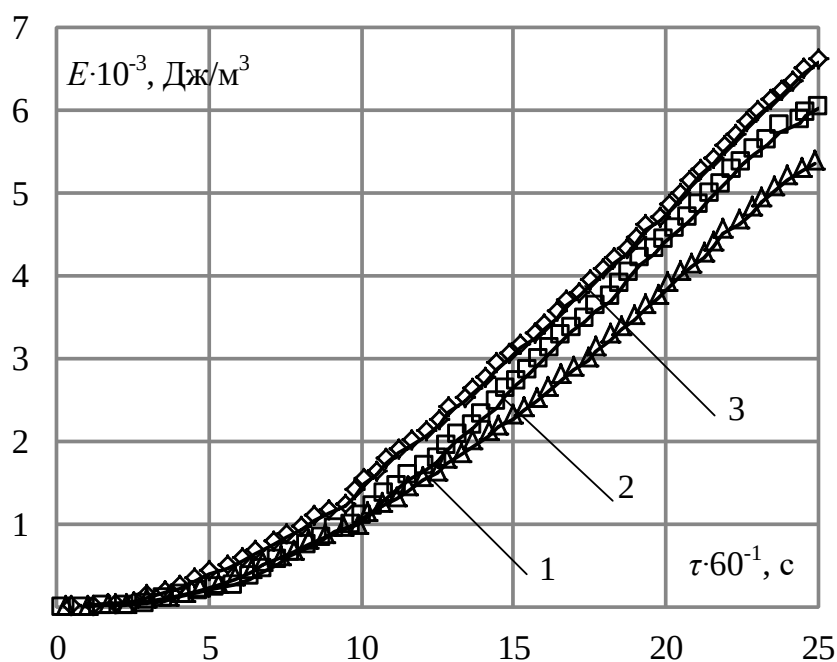


Рисунок 3.7 – Розсіювання ультразвукової енергії в процесі обробки риби випромінювачем з частотою 30 кГц: 1 – для оселедця атлантичного, 2 – для скупбрії атлантичної, 3 – для сардини тихоокеанської

Як можна побачити з отриманих результатів (рис.3.7) енергія, що розсіюється на зразках різних видів риби, із збільшенням тривалості ультразвукової обробки

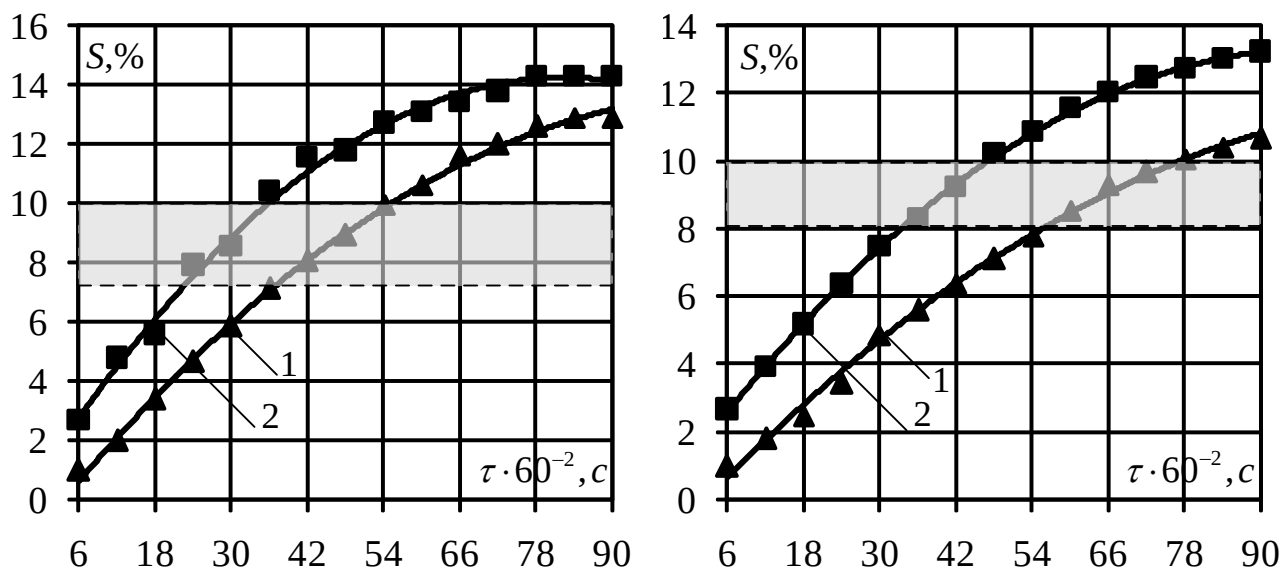
збільшується за умови постійного підведення енергії. Причому розсіяння на зразках оселедця атлантичного більше, ніж на зразках з скумбрії атлантичної, а розсіяння на зразках із скумбрії атлантичної більше ніж на зразках сардини тихоокеанської. Тобто розсіяння енергії ультразвукових коливань відбувається більше в тих зразках рибної сировини, де жирової тканини менше. Пояснюється отриманий результат наступним чином. За свідченням авторів [85, 87] ступінь нагрівання м'язової і жирової тканини зумовлений характером поглинання, інтенсивністю і частотою ультразвуку, внаслідок неоднорідності шкіри та м'язової тканини поглинання в ній більше, ніж у шарі жиру.

В перші 10 хвилин обробки розсіяння ультразвукової енергії відбувається в незалежності від сорту риби, розбіжності виявляються лише після 15 хвилин обробки, що зумовлено морфологічними ознаками риби різного сорту.

З цього можна зробити висновок, що оскільки зразки з сардини тихоокеанської містять більше жирової тканини, ніж зразки з скумбрії атлантичної та оселедця атлантичного, то розсіяння ультразвукової енергії на них менше у порівнянні з іншими зразками. Максимальне розсіяння ультразвукової енергії у порівнянні з іншими досліджуваними зразками відбувається на зразку з та оселедця атлантичного, оскільки він містить найменшу кількість жирової тканини.

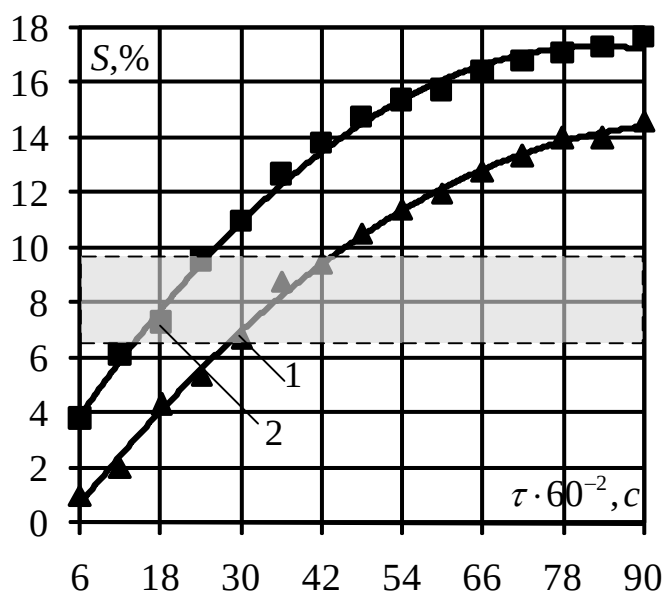
3.3 Дослідження процесу соління океанічної риби за допомогою ультразвуку

З метою визначення впливу ультразвукової обробки на кінетику середньої солоності риб та дослідження динаміки дифузії NaCl у рибі за тузлучного соління, були проведені експерименти з визначення фізико-хімічних показників соленої риби, тобто концентрації NaCl за методиками вказаними у підрозділі 2.3.4. Ультразвуком оброблялися зразки оселедця атлантичного, скумбрії атлантичної, сардини тихоокеанської. Частота ультразвукової обробки 30...34 кГц за результатами розрахунків табл. 3.1 та рис. 3.5, температура тузлуку +7°C, густина тузлуку – 1,20 г/см³. Дані з середньої солоності риби S наведені на рис. 3.8.



а

б



в

Рисунок 3.8 – Кінетика середньої солоності риби: а – оселедець атлантичний; б – скумбрія атлантична; в – сардина тихоокеанська; 1 – без обробки ультразвуком; 2 – обробка за допомогою ультразвуку частотою 30 кГц (густина розчину NaCl становить 1,20 г/см³, температура розчину NaCl 7° C)

За результатами досліджень виявлено, що вплив ультразвукових хвиль інтенсифікує процес соління на 28...42% для всіх видів риби, за якими проводили дослідження. Наприклад, оселедці набувають солоності 12...16%, що за ДСТУ 815:2008 «Оселедці солоні. Технічні умови» відповідає групі міцносолоні, витрачаючи на 31..36% менше часу, ніж за звичайного конвекційного соління. Подібна тенденція, характерна і для інших видів риби. Так, сардини тихоокеанської набувають солоності 12...17% на за ДСТУ 4453:2005 «Сардини солоні. Технічні умови» відповідає групі міцносолоні, витрачаючи на 40...46%, для скумбрії атлантичної набувають солоності 10...13% за ДСТУ 6025:2008 «Риба солоні. Технічні умови», що відповідає групі міцносолоні, витрачаючи на 38...42% менше часу, ніж за звичайного конвекційного соління [41, 148].

За методикою п. 2.3.4 для зменшення тривалості отримання реальних значень середньої солоності риби були проведені дослідження щодо визначення впливу електричного опору R в зразку риби на зміну значення його середньої солоності (рис. 3.9) за допомогою електрохімічного методу [43]

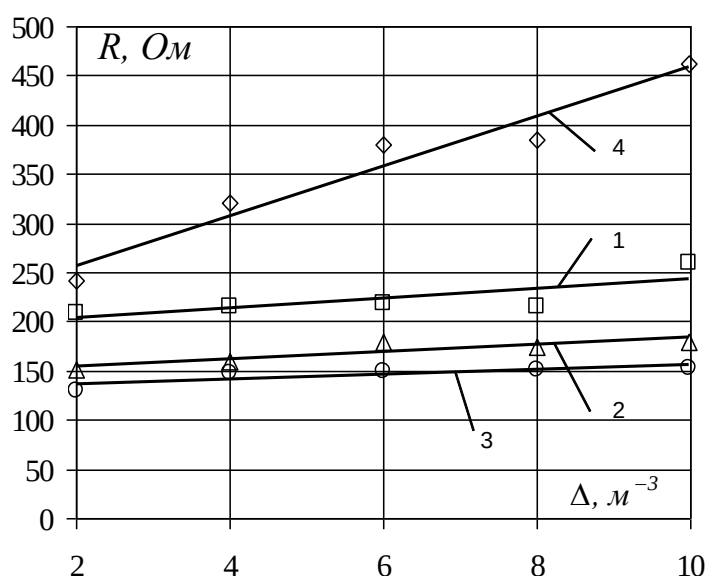


Рисунок 3.9 – Залежність зміни електричного опору R зразка риби оселедцю атлантичного залежно від глибини проникнення Δ іонів NaCl : 1 – соління у 5%-ому розчині NaCl ; 2 – соління у 10%-ому розчині NaCl , 3 – соління у 15% розчині NaCl ; 4 – несолоний зразок

Під час досліджень було виявлено, що значення електричного опору в зразках оселедця зменшується залежно від збільшення концентрації тузлуку для соління риби при однаковій тривалості процесу. Отримані дані з високою вірогідністю корелюють з даними, отриманими за стандартними методиками (рис. 3.10), відхилення можна пояснити жирністю риби та різними морфологічними ознаками.

За результатами літературного огляду було встановлено, що дані щодо визначення впливу ультразвукової обробки на зміну коефіцієнту дифузії під час соління рибної сировини відсутні, а саме для оселедця атлантичного, скумбрії атлантичної та сардини тихоокеанської.

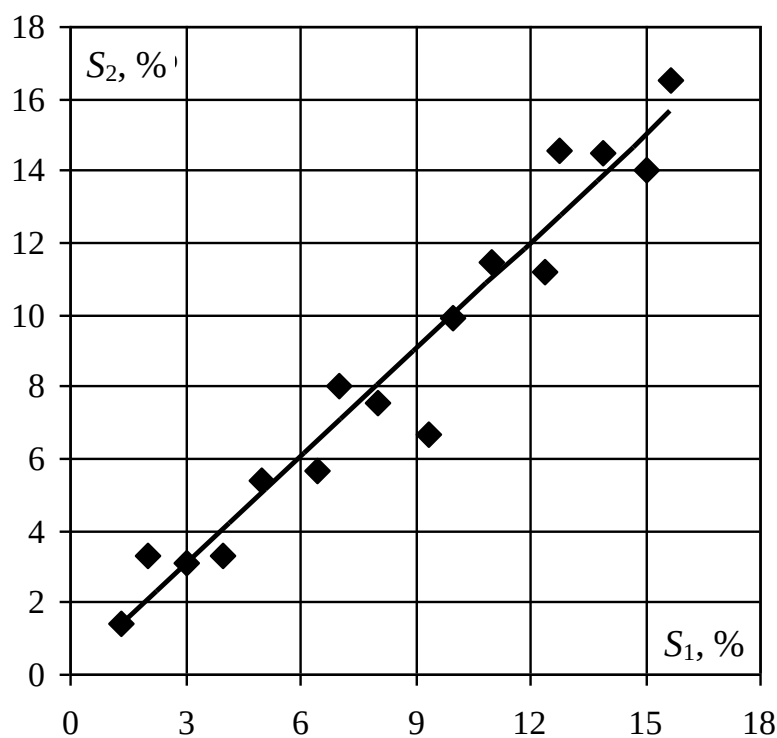


Рисунок 3.10 – Кореляція визначених значень середньої солоності риби аргентометричним S_1 та електрохімічним S_2 методами

Визначення коефіцієнту дифузії проводили за рівнянням (3.72)[113, 117]:

$$D = \frac{\pi \cdot S_{\text{сеп}}}{c^2 \cdot \tau} \cdot \frac{m^w}{F_p^2} \cdot \frac{1}{3600}, \quad (3.72)$$

де D – коефіцієнт дифузії, $\text{м}^2/\text{с}$;

$S_{\text{сер}}$ – середня солоність зразка риби, од.

c – густина тузлуку, $\text{кг}/\text{м}^3$;

τ – тривалість процесу соління, год;

m – маса зразка риби, кг ;

F_p – площа поверхні зразка риби, м^2 .

За результатами експериментальних досліджень, дані яких представлені на графіках (рис. 3.11), можна визначити, що характер кривих однаковий. Спочатку значення коефіцієнта дифузії знижується, а після досягнення концентрації NaCl до меж 10...12% декілька збільшується. Найбільші значення коефіцієнта дифузії характерні для випадку, коли соління відбувалося під впливом ультразвукових хвиль з частотою 30 кГц, що підтверджує дані табл. 3.1 та рис. 3.5.

На початку процесу, коли концентрація NaCl у м'ясі риби мінімальна, коефіцієнти дифузії максимальні. По мірі соління м'язові тканини риби набухають в результаті вбирання води. Набухання тканин риби призводить до зменшення ефективної площі, на якій відбувається дифузія. Таким чином, зменшення коефіцієнтів дифузії пов'язано зі скороченням площі, через яку NaCl дифундує всередину зразка. Після досягнення певної критичної концентрації NaCl в м'язах риби відбувається часткове висолювання білків і м'язова тканина втрачає вологу пропорційно вмісту NaCl . Висолювання білків сприяє скороченню розмірів тканин і деякого збільшення ефективної поверхні, через яку дифундує NaCl . Зростання ефективної поверхні веде за собою незначне збільшення коефіцієнта дифузії, що корелює з даними, наведеними авторами в роботах [36, 78, 81].

Соління риби включає два процеси: засіл риби і дозрівання продукту. Найбільш вивченим є процес засілу. Більш складним процесом, теорія якого досі не розроблена, є дозрівання солоної риби.

Процес дозрівання характеризується певними явищами: зникає колір, запах і смак сирої риби, жир рівномірно перерозподіляється в тканинах, м'ясо риби легко відділяється від кісток і стає дуже ніжним, з особливо приємним ароматом –

букетом. Швидкість і глибина протікання цих змін залежить від ряду чинників: виду риби, її фізіологічного стану і жирності, температури соління та зберігання, концентрації NaCl в рибі тощо.

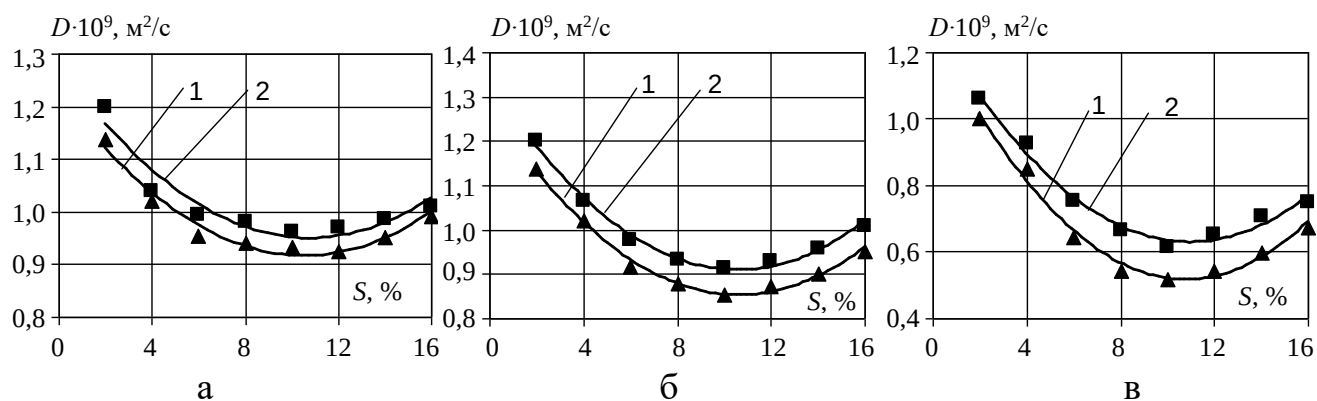


Рисунок 3.11 – Залежність коефіцієнта дифузії D NaCl в різних видах риби від середньої солоності S : а – оселедець атлантичний; б – скумбрія атлантична; в – сардина тихоокеанська; 1 – без обробки ультразвуком; 2 – обробка за допомогою ультразвуку частотою 30 кГц (густина розчину NaCl становить $1,20 \text{ г/см}^3$, температура розчину NaCl 7°C)

Для визначення тривалості біохімічних реакцій в процесі соління експериментально був визначений коефіцієнт буферної ємності, за допомогою якого можна судити про ступінь дозрівання солоної риби, а також визначити раціональні параметри процесу соління при використанні ультразвукової обробки частотою 30 кГц (табл. 3.2).

З метою дослідження процесу дозрівання м'яса риби під час соління риби з використанням попередньої обробки ультразвуком. Ступінь дозрівання визначався після зберігання риби протягом 10 діб за температури $0...4^\circ \text{C}$, що відповідає температурі зберігання згідно нормативно-технічної документації. Результати досліджень наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.2 – Стадії дозрівання солоної риби

Найменування продукту	Буферна ємність, градус		
	Початок дозрівання	Дозрівання активне	Перезрівання
Оселедець атлантичний <i>Clupea harengus</i>	120...160 ($\tau < 24$ год, $S < 7\%$)	160...220 ($\tau = 24 \dots 36$ год, $S = 7 \dots 10\%$)	220 та більше ($\tau > 36$ год, $S > 10\%$)
Скумбрія атлантична <i>Scomber scombrus</i>	110...120 ($\tau < 30$ год, $S < 8\%$)	120...190 ($\tau = 30 \dots 42$ год, $S = 8 \dots 10\%$)	190 та більше ($\tau > 42$ год, $S > 10\%$)
Сардина тихоокеанська <i>Sardinops melanostictus</i>	100...120 ($\tau < 18$ год, $S < 7\%$)	120...190 ($\tau = 18 \dots 24$ год, $S = 7 \dots 9,5\%$)	190 та більше ($\tau > 24$ год, $S > 9,5\%$)

Таблиця 3.3 – Ступінь дозрівання солоної риби

Найменування продукту	Солоність зразків, %	Буферна ємність, градус	
		звичайне соління	соління з використанням ультразвуку
Оселедець атлантичний	7...10	150...180	184...208
Скумбрія атлантична	8...10	130...160	156...187
Сардина тихоокеанська	7...9,5	120...150	147...181

Під час аналізу експериментальних даних встановлено, що попередня обробка ультразвуком у порівнянні із звичайним солінням прискорює процес дозрівання на 15...25%. Це дозволяє зробити висновок, що підвищення буферної ємності відбувається внаслідок інтенсифікації біохімічних реакцій в м'ясі риби під впливом ультразвукової обробки.

Експериментальні дані щодо тривалості процесу соління корелюють (рис. 3.12) з високим ступенем вірогідності з даними теоретичних розрахунків у відповідності до формули (3.71).

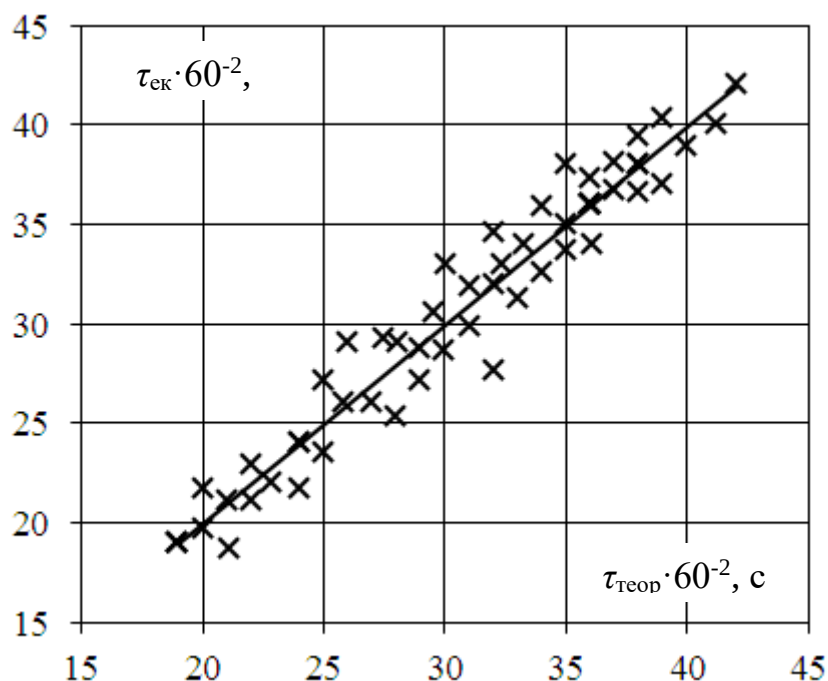


Рисунок 3.12 – Кореляція між теоретичною тривалістю $\tau_{\text{теор}}$ соління риби та експериментальною $\tau_{\text{ек}}$

Таким чином, раціональними параметрами процесу соління риби за допомогою ультразвукової обробки частотою 30 кГц для оселедця атлантичного *Clupea harengus* – тривалість соління $\tau=24\ldots36$ год, солоність готової риби $S=7\ldots10\%$, з коефіцієнтом буферної ємності 160...220, для скумбрії атлантичної *Scomber scombrus* – $\tau=30\ldots42$ год, $S=8\ldots10\%$, з коефіцієнтом буферної ємності 120...190, для сардини тихоокеанської *Sardinops melanostictus* – $\tau=18\ldots24$ год, $S=7\ldots9,5\%$, з коефіцієнтом буферної ємності 120...190.

3.4 Результати дослідження якісних показників соленої за допомогою ультразвукової обробки океанічної риби

Показники якості соленої риби регламентуються державними та галузевими стандартами, а також технічними умовами та інструкціями, що затверджені у відповідному порядку. Окрім масової частки NaCl у м'ясі риби та буферності, що було розглянуто у п. 3.3, можна виділити органолептичні та мікробіологічні показники.

Були отримані органолептичні показники якості соленої риби за допомогою ультразвукової обробки, які наведені в табл. 3.4.

Соління – один із старих способів збереження риби. Консервувальну дію соління обумовлено високою осмотичної активністю розчину NaCl і зниженням водної активності (a_w) середовища. NaCl не тільки гальмує розмноження клітин, але і впливає на їх біохімічну активність. Попередніми дослідженнями вчених встановлено [65, 76], що вміст солі до 4% стимулює протеолітичну активність мікрококів, а при 6%-вому вмісті NaCl активність знижується, а при 12%-му - така активність не виявляється. Аналогічно вплив NaCl і щодо активності відновлення інших видів мікроорганізмів. Оцінювання якості соленої риби за органолептичними показниками проводилося експертним методом за наступною методикою:

1. Обрано номенклатуру показників якості, що характеризують органолептичні властивості соленої риби: смак і запах, консистенція, колір, зовнішні пошкодження.

2. Складено п'ятибальну шкалу рівня якості соленої риби, що містить словесну характеристику кожного показника за всіма якісними рівнями.

3. Кожному показнику якості присвоєно коефіцієнт вагомості.

4. Встановлено критерії категорій якості в залежності від бальних оцінок.

5. Проведено оцінювання показників якості за розробленою шкалою.

6. Проведено статистичну обробку отриманих результатів і розрахунок комплексних показників якості.

Характеристику якісних рівней соленої риби наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристика якісних рівней солоної риби

Показники якості	Характеристика	Бали
Смак і запах	Властивий даному виду солоної риби, виражений яскраво	5
	Властивий даному виду солоної риби, виражений помірно	4
	Виражений слабо, відчувається слабкий смак і запах перезрілої або сирої риби	3
	Невластивий даному виду солоної риби, відчувається помітний смак і запах перезрілої або сирої риби	2
	Невластивий даному виду солоної риби, наявність стороннього присмаку і запаху	1
Консистенція м'яса риби	Щільна, соковита	5
	Щільна, недостатньо соковита	4
	М'якувата	3
	М'яка або сухувата	2
	Суха	1
Продовження табл. Колір	Властивий даному виду солоної риби, поверхня блискуча, пожовтіння окисного характеру відсутнє	5
	Тьмянний, місцями нерівномірний, незначне пожовтіння окисного характеру	3
	Невластивий даному виду солоної риби, тьмянний, помітне пожовтіння окисного характеру	1
Зовнішні пошкодження	Відсутні	5
	Незначні пошкодження у вигляді проколів, порізів шкіряного покриву	4
	Порушення цілісності шкіряного покриву на менш, ніж на 50% поверхні, незначні надломи плавців і зябрових кришок, тріщини черевця, порушення цілісності черевця без випадання нутроців	3
	Порушення цілісності шкіряного покриву на більшій частині поверхні, надломи плавців і зябрових кришок, порушення цілісності черевця з випаданням нутроців	1

Результати визначення коефіцієнтів вагомості показників якості наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Визначення коефіцієнтів вагомості показників якості

Експерт	Смак і запах	Консистенція	Колір	Зовнішні пошкодження	Разом
№1	5	4	3	2	14
№2	4	5	3	2	14
№3	4	5	3	2	14
№4	4	5	3	2	14
№5	3	5	4	2	14
Сума	20	24	16	10	70
Коефіцієнт вагомості	0,29	0,34	0,23	0,14	1

Розрахунковий показник вагомості отримується діленням суми за окремим показником на загальну суму. Сума отриманих коефіцієнтів вагомості дорівнює 1. Далі розраховуються комплексні показники якості зразків, які представляють собою суму оцінок за одиничними показниками якості на відповідні показники вагомості. Потім підсумовуємо величини комплексних показників і проводимо оцінку якості за наступними критеріями.

Критерії оцінки рівня якості соленої риби:

- 4,8 і вище – відмінна якість;
- 4,0 – 4,79 – добра якість;
- 3,0 – 3,99 – задовільна якість;
- 2,99 і нижче – незадовільна якість.

Розрахунок комплексного показника якості оселедця атлантичного нерозібраного середньосолоного за звичайного соління та за умови соління з використанням ультразвуку наведено в таблицях 3.6 та 3.7 відповідно, для скумбрії атлантичної – в табл. 3.8 та 3.9, для сардини тихоокеанської – 3.10 та 3.11 відповідно.

**Таблиця 3.6 – Розрахунок комплексного показника якості оселедця
атлантичного нерозібраного середньосолоного за звичайного соління**

Експерт	Смак і запах	Консис- тенція	Колір	Зовнішні пошкодження	Загальна оцінка
№1	5	4	5	5	19
№2	4	5	5	5	19
№3	4	5	5	5	19
№4	5	4	5	5	19
№5	4	5	5	5	19
Сума балів	22	23	25	25	95
Середнє значення	4,4	4,6	5	5	-
Коефіцієнт вагомості	0,29	0,34	0,23	0,14	1
Комплексний показник	$4,4 \cdot 0,29$ $= 1,28$	$4,6 \cdot 0,34$ $= 1,56$	$5 \cdot 0,23$ $= 1,15$	$5 \cdot 0,14$ $= 0,7$	4,69

**Таблиця 3.7 – Розрахунок комплексного показника якості оселедця
атлантичного нерозібраного середньосолоного за умови соління з попередньою
обробкою ультразвуком**

Експерт	Смак і запах	Консис- тенція	Колір	Зовнішні пошкодження	Загальна оцінка
№1	5	4	5	5	19
№2	4	4	5	5	18
№3	4	5	4	5	18
№4	4	4	5	5	18
№5	4	4	5	5	18
Сума балів	21	21	24	25	90
Середнє значення	4,2	4,2	4,8	5	-
Коефіцієнт вагомості	0,29	0,34	0,23	0,14	1
Комплексний показник	$4,2 \cdot 0,29$ $= 1,22$	$4,2 \cdot 0,34$ $= 1,43$	$4,8 \cdot 0,23$ $= 1,1$	$5 \cdot 0,14$ $= 0,7$	4,45

Таблиця 3.8 – Розрахунок комплексного показника якості скумбрії атлантичної нерозібраної середньосоленої за звичайного соління

Експерт	Смак і запах	Консистенція	Колір	Зовнішні пошкодження	Загальна оцінка
№1	5	4	5	5	19
№2	5	4	5	5	19
№3	5	4	5	5	19
№4	5	4	4	5	18
№5	5	5	5	5	20
Сума балів	25	21	24	25	95
Середнє значення	5	4,2	4,8	5	-
Коефіцієнт вагомості	0,29	0,34	0,23	0,14	1
Комплексний показник	$5 \cdot 0,29 = 1,45$	$4,2 \cdot 0,34 = 1,42$	$4,8 \cdot 0,23 = 1,10$	$5 \cdot 0,14 = 0,7$	4,67

Таблиця 3.9 – Розрахунок комплексного показника якості скумбрії атлантичної нерозібраної середньосоленої за умови соління з попередньою обробкою ультразвуком

Експерт	Смак і запах	Консистенція	Колір	Зовнішні пошкодження	Загальна оцінка
№1	5	3	4	5	17
№2	4	4	5	5	18
№3	5	4	5	5	19
№4	5	4	5	4	18
№5	4	5	5	5	19
Сума балів	23	20	24	24	91
Середнє значення	4,6	4,0	4,8	4,8	-
Коефіцієнт вагомості	0,29	0,34	0,23	0,14	1
Комплексний показник	$4,6 \cdot 0,29 = 1,34$	$4,0 \cdot 0,34 = 1,36$	$4,8 \cdot 0,23 = 1,1$	$4,8 \cdot 0,14 = 0,68$	4,48

**Таблиця 3.10 – Розрахунок комплексного показника якості сардини
тихоокеанської нерозібраної середньосолоної за звичайного соління**

Експерт	Смак і запах	Консис- тенція	Колір	Зовнішні пошкодж ення	Загальна оцінка
№1	4	4	5	5	18
№2	5	4	5	5	19
№3	5	4	4	5	18
№4	5	4	4	5	18
№5	5	4	5	5	19
Сума балів	24	20	23	25	92
Середнє значення	4,8	4	4,6	5	-
Коефіцієнт вагомості	0,29	0,34	0,23	0,14	1
Комплексний показник	$4,8 \cdot 0,29 = 1,39$	$4,0 \cdot 0,34 = 1,36$	$4,6 \cdot 0,23 = 1,06$	$5 \cdot 0,14 = 0,7$	4,51

**Таблиця 3.11 – Розрахунок комплексного показника якості сардини
тихоокеанської середньосолоної за умови соління з попередньою
обробкою ультразвуком**

Експерт	Смак і запах	Консис- тенція	Колір	Зовнішні пошкодж ення	Загальна оцінка
№1	4	3	4	5	16
№2	4	4	5	5	18
№3	4	4	5	5	18
№4	5	4	4	4	17
№5	5	3	5	5	18
Сума балів	22	18	23	24	87
Середнє значення	4,4	3,6	4,6	4,9	-
Коефіцієнт вагомості	0,29	0,34	0,23	0,14	1
Комплексний показник	$4,4 \cdot 0,29 = 1,28$	$3,6 \cdot 0,34 = 1,22$	$4,6 \cdot 0,23 = 1,06$	$4,9 \cdot 0,14 = 0,68$	4,24

Загальні результати комплексного показника соління різних видів риби наведено на рис. 3.13.

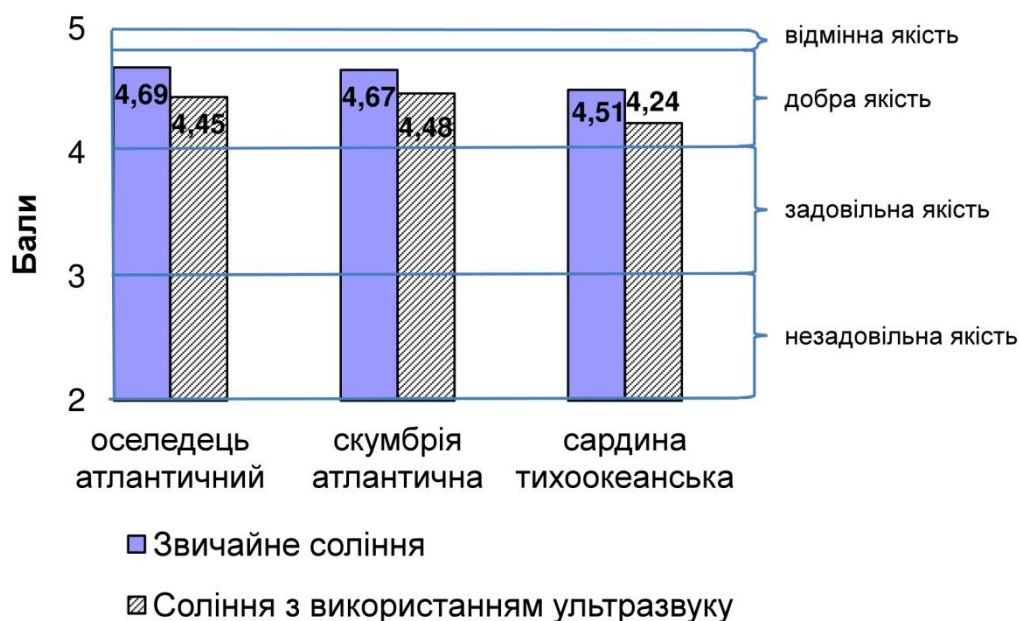


Рисунок 3.13 – Визначення комплексного показника якості риби океанічного промислу за звичайного соління та за умови соління з використанням ультразвуку

Таблиця 3.12 – Мікробіологічні показники соленої риби

Назва показника	Допустимий рівень	Вид риби океанічного промислу		
		оселедець атлантичний	скупбрія атлантична	сардина тихоокеанська
КМАФАнМ, КУО у 1 г	$1,0 \cdot 10^5$	$5,4 \cdot 10^3$	$5,8 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^3$
Бактерії групи кишкових паличок у 0,1 г	не дозволено	не виявлено		
Патогенні мікроорганізми, в т.ч. роду <i>Salmonella</i> , у 25 г	не дозволено	не виявлено		

За результатами експериментальних досліджень було виявлено, що показники якості соленої риби з використанням ультразвукової обробки відповідають відповідним ДСТУ за мікробіологічними показниками (табл. 3.12). Комплексний

показник якості для всіх зразків відповідає добрій якості риби. Дещо менші значення для риби, соленої з використанням ультразвуку, зумовлені незначним погіршенням консистенції м'яса риби внаслідок руйнівної дії на структуру м'язової тканини ультразвукових коливань. В цілому якість всіх зразків відповідає вимогам нормативно-технічної документації, безпечність соленої риби за допомогою ультразвукової обробки підтверджено.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОМИСЛОВОГО ЗРАЗКА АПАРАТА ДЛЯ СОЛІННЯ РИБИ

4.1. Вимоги та обґрунтування конструкції апарата

Ультразвуковий перетворювач це пристрій, що забезпечує перетворення електричної енергії генератора, в пружні коливання ультразвукової коливальної системи і випромінювання ультразвукових коливань в робочу камеру апарата. Він є основним вузлом апарата, оскільки забезпечує формування УЗ коливань, їх посилення за допомогою резонансних концентраторів, введення посилених ультразвукових коливань у технологічні середовища за допомогою різних за формою робочих органів – випромінювачів.

Тобто конструкція промислового зразка апарата для соління риби повинна складатися з джерела енергії (ультразвукового генератора), що забезпечує перетворення електричної енергії з частотою 48 Гц в ультразвукову з частотою 18...48 кГц і призначений для живлення ультразвукового перетворювача, ультразвукового магнітострикційного трансформатора, що забезпечує перетворення електричної енергії в механічну, концентратора ультразвукового випромінювання, який забезпечує підсилення та концентрацію енергії пружних коливань, випромінювача, який забезпечує введення пружних ультразвукових коливань у внутрішній об'єм робочої камери апарата.

Практично всі існуючі в даний час УЗ технологічні апарати є вузькоспеціалізованими і вимагають індивідуального налаштування режимів роботи під час зміни акустичного імпедансу технологічного середовища, зміни величини інтенсивності для реалізації різних технологічних процесів, тому вимірювання кількості ультразвукової енергії суттєве для якісної оцінки отриманих результатів, під час використання ультразвуку для інтенсифікації різних технологічних процесів. Основним завданням, що постає під час інтенсифікації технологічних процесів, є забезпечення такої середньооб'ємної величини ультразвукової енергії, що забезпечить максимальну ефективність процесу за умов мінімальних затратах

енергії. Саме тому проектування і розрахунок ультразвукових апаратів проводяться з урахуванням конкретних умов протікання технологічних процесів, акустичного імпедансу середовища, інтенсивності випромінювання та об'єму робочої камери [98, 106].

4.2. Розрахунок магнітострикційного перетворювача

Для перетворення електричної енергії в механічну енергію акустичних коливань використовуються магнітострикційні перетворювачі. Вони дозволяють ефективно перетворювати та випромінювати енергію великої інтенсивності, необхідну для інтенсифікації процесу соління.

Для визначення вихідних параметрів магнітострикційного ультразвукового перетворювача в залежності від вхідних, виконують повний інженерний розрахунок перетворювача [11, 54].

Геометричний розрахунок перетворювача відбувається наступним чином. Трансформатори магнітострикційних перетворювачів мають форму показану на рис. 4.1, табл. 4.1.

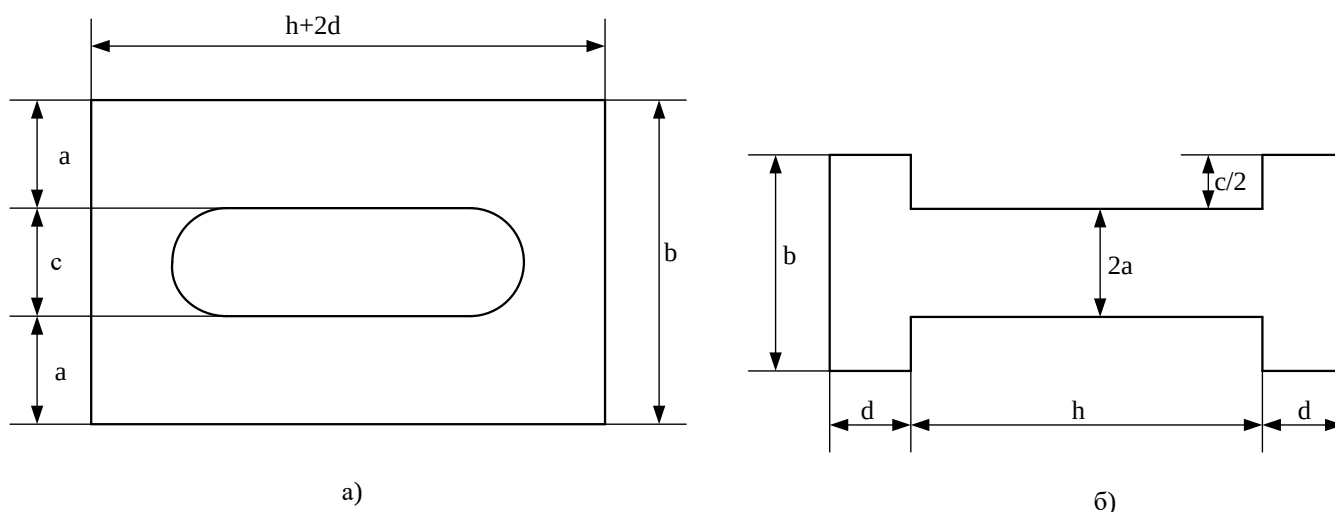


Рисунок 4.1 – Магнітострикційний перетворювач: а – двострижневий пакет;
б – окрема секція

Попередньо з умови розміщення обмоток на стрижнях перетворювача ширина вікна приймається рівною 8 мм.

Тоді ширина стрижнів a буде дорівнювати

$$a = \frac{b - c}{2}, \quad (4.1)$$

$$a = \frac{26 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}}{2} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Товщина ярма $d = 1,1 a = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. Приймаємо $d = 9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Знаходимо величину q

$$q = \frac{2a}{2a + c}, \quad (4.2)$$

$$q = \frac{2 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} + 10 \cdot 10^{-3}} = 0,615 \text{ м.}$$

Довжина хвилі λ у матеріалі стрижня дорівнює

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (4.3)$$

$$\lambda = \frac{5,1 \cdot 10^5}{30 \cdot 10^3} = 0,17 \text{ м.}$$

де $c = 5,1 \cdot 10^5 \text{ см/с}$ - швидкість звуку в нікелевому стрижні.

Знаходимо величину α :

$$\alpha = \frac{4d}{\lambda}, \quad (4.4)$$

$$\alpha = \frac{4 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{0,17} = 0,207.$$

Визначаємо величину β за номограмі [24] $\beta = 0,8$, звідки висота стрижня h дорівнює

$$h = \frac{\beta\lambda}{2}, \quad (4.5)$$

$$h = \frac{0,8 \cdot 0,17}{2} = 0,083 \text{ м.}$$

Приймаємо $h = 83$ мм. Загальна довжина пакета h_1 буде дорівнює

$$h_1 = h + 2 \cdot d, \quad (4.6)$$

$$h_1 = 0,083 + 2 \cdot 9 \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ м.}$$

Таблиця 4.1 – Геометричні розміри перетворювача

а,мм	б,мм	с,мм	д,мм	h,мм
8	26	10	9	100

Знайдемо кількість витків N обмотки перетворювача з рівняння

$$N = \frac{U \cdot 10^8}{4,44 \cdot \beta_m \cdot S \cdot f}, \quad (4.7)$$

$$N = \frac{83 \cdot 10^8}{4,44 \cdot 1000 \cdot 2,2^2 \cdot 30 \cdot 10^3} = 49,517,$$

де U – напруга на перетворювачі, В;

β_m – індукція в сердечнику, Гс;

S – площа поперечного перерізу стрижня перетворювача, см²;

f – частота, Гц.

Величини U і f визначаються параметрами генератора. Значення індукції в осердях магнітострикційних перетворювачів звичайно вибирається близько 1000 Гс, тому що при цих значеннях використовується близько 0,25 кривій магнітострикції в її найбільш крутій висхідній частині [28].

Величина струму збудження при цьому дорівнює

$$I_{зб} = \frac{P_{ел}}{U}, \quad (4.8)$$

$$I_{зб} = \frac{700}{83} = 8,43 \text{ A}.$$

При частоті 30 кГц і амплітуді індукції близько 1000 Гс величина напруженості H_0 для обраного матеріалу становить 2600 А/м [59].

Визначимо ампер-витки обмотки підмагнічування

$$a \cdot W = 0,8 H_0 l_{cp}, \quad (4.9)$$

де l_{cp} - середня довжина магнітопроводу.

$$l_{cp} = 4 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 100 = 3,2 \text{ м}.$$

$$a \cdot W = 0,8 \cdot 3,2 \cdot 2500 = 665 \text{ Ав}.$$

Тоді величину струму підмагнічування можна визначити з наступного рівняння:

$$I_{нід} = \frac{a \cdot W}{N}, \quad (4.10)$$

$$I_{нід} = \frac{665}{50} = 13,44 \text{ A}.$$

Загальний струм, що протікає через обмотку, буде дорівнювати

$$I_{заг} = \sqrt{I_{нід}^2 + I_{зб}^2}, \quad (4.11)$$

$$I_{заг} = \sqrt{8,43^2 + 13,44^2} = 15,869 \text{ A}.$$

Визначимо перетин дроту обмотки перетворювача

$$g = \frac{I_{заг}}{j}, \quad (4.12)$$

де j - густина струму обмотки перетворювача $9 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$.

$$g = \frac{15,87}{9 \cdot 10^6} = 1,76 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Діаметр дроту визначається з рівняння

$$D_{dp} = 2\sqrt{\frac{g}{\pi}}, \quad (4.13)$$

$$D_{dp} = 2\sqrt{\frac{1,76 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 1,49 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Для обмотки перетворювача використовується дріт, що забезпечує тривалу електричну міцність у водному середовищі, наприклад, типу БЛВЛ. Діаметр такого дроту в ізоляції складе $D_{із}=3,0 \text{ мм}$.

Перевірка можливості розміщення обмотки на стрижнях перетворювача. Висота вікна $h=0,08 \text{ м}$, коефіцієнт укладання $k=0,9$

$$N_0 = \frac{h}{D_{із} \cdot k}, \quad (4.14)$$

$$N_0 = \frac{0,08}{1,5 \cdot 0,9} = 59,32$$

Отже, у вікні перетворювача обмотка може бути розміщена без ускладнень.

4.3. Розрахунок і проектування трансформаторів пружних коливань і хвилеводів

Розрахункова формула для визначення геометричних розмірів елементів коливальної системи ультразвукових машин виводиться при вирішенні диференціального рівняння поширення поздовжніх хвиль у стрижнях змінного перетину. Найбільше значення амплітуди зсуву відповідає резонансному режиму роботи коливальної системи, коли частота вільних коливань дорівнює частоті змущених коливань. Тому рішення полягає в знаходженні часткового рівняння, що пов'язує геометричні розміри стрижня й фізичні характеристики матеріалу, з якого він виготовлений, із частотою вільних коливань.

1. Визначається діаметр входу d_1 , що для трансформаторів пружних коливань дорівнює діагоналі пакета магнітострикційного перетворювача, а для хвилеводів – діаметру виходу трансформатора

$$d_1 = \sqrt{2S^2}, \quad (4.15)$$

$$d_1 = \sqrt{2 \cdot 22 \cdot 10^{-3}} = 35 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

2. Попередньо призначаємо коефіцієнт підсилення в межах $5 \leq K_{\text{нід}} \leq 10$.
 $K_{\text{нід}} = 7$.

Тоді діаметр виходу буде дорівнює

$$d_2 = \frac{d_1}{K_{\text{нід}}}, \quad (4.16)$$

$$d_2 = \frac{35 \cdot 10^{-3}}{7} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

3. Знаходимо резонансну довжину трансформатора

$$l_p = \frac{c}{2f}, \quad (4.17)$$

$$l_p = \frac{5,1 \cdot 10^5}{2 \cdot 30 \cdot 10^3} = 0,085 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

4. Знаходимо довжину плавного переходу від більшого перетину до меншого

$$l_n = 0,1 \cdot l_p, \quad (4.18)$$

$$l_n = 0,1 \cdot 0,085 \cdot 10^{-3} = 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

5. У випадку, якщо стрижень служить трансформатором пружних коливань, у вузлі зсуву передбачається діафрагма для кріплення коливальної системи до корпусу сорочки магнітострикційного пакета.

Діафрагма розташовується на відстані

$$l_1 = \frac{l_p}{2}, \quad (4.19)$$

$$l_1 = \frac{0,085 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,0425 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Товщину діафрагми l_o приймаємо рівною 5 мм; діаметр діафрагми

$$d_o = 1,3 \cdot d_1, \quad (4.20)$$

$$d_o = 1,3 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 45,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Схема трансформатора наведена на рис. 4.2. Для досягнення заданого значення акустичної потужності в заданому об'ємі діаметр вихідного торця хвилеводу $d_b = 15$ мм, діаметр вхідного кінця $d_3 = 10$ мм, коефіцієнт підсилення $k_{n\partial} = 2$

Отже, найменший експоненційний діаметр

$$d_4 = \frac{d_3}{k_{n\partial}} = 0,005 \text{ м.} \quad (4.21)$$

Знаходимо резонансну довжину хвилевода

$$l_p = \frac{c}{2f} \sqrt{1 + \left(\frac{\ln k_y}{\pi} \right)^2}, \quad (4.22)$$

$$l_p = \frac{5,1 \cdot 10^5}{2 \cdot 30 \cdot 10^3} \sqrt{1 + \left(\frac{\ln 2}{3.14} \right)^2} = 0,087 \text{ м.}$$

Знаходимо показник звуження експоненти

$$b = \frac{2}{l} \ln k_{\text{ндо}}, \quad (4.23)$$

$$b = \frac{2}{0,087} \ln 2 = 12,836.$$

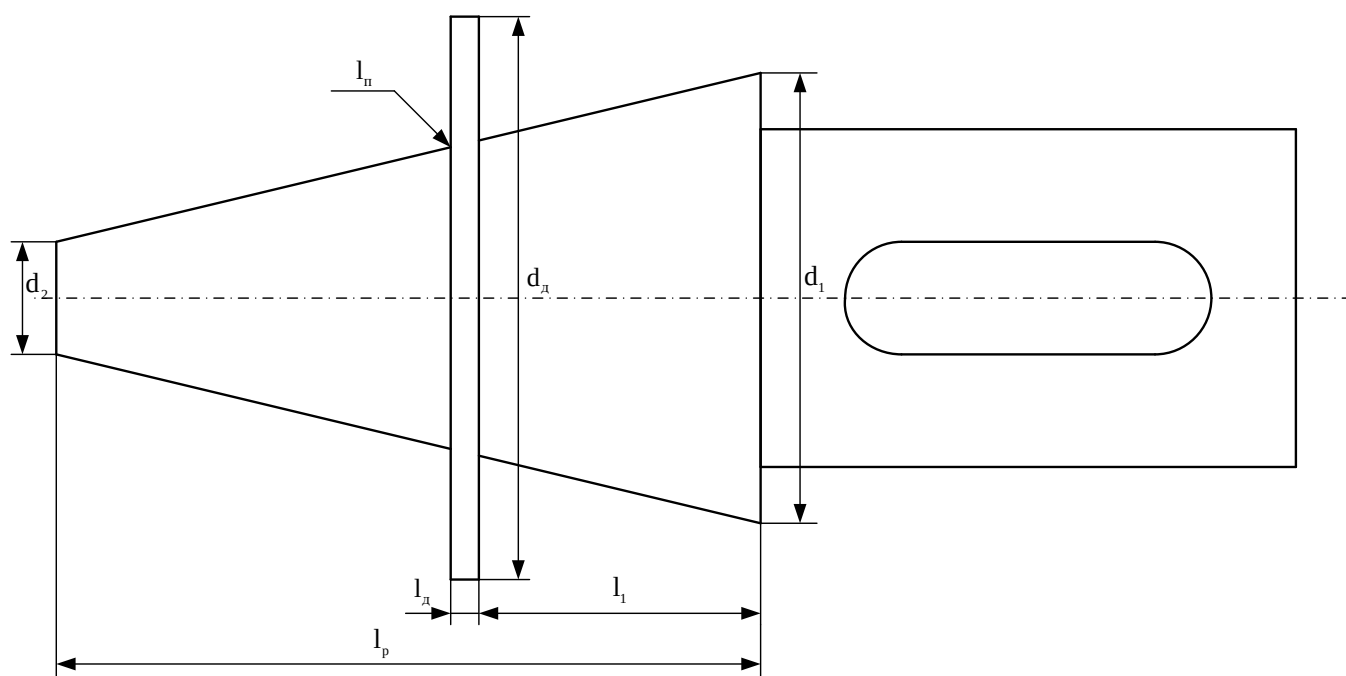


Рисунок 4.2 – Схема трансформатора пружних коливань

Рівняння що описує профіль стрижня, рис.4.3:

$$d_x = d_0 \cdot \exp\left(\frac{-b}{2} \cdot x\right). \quad (4.24)$$

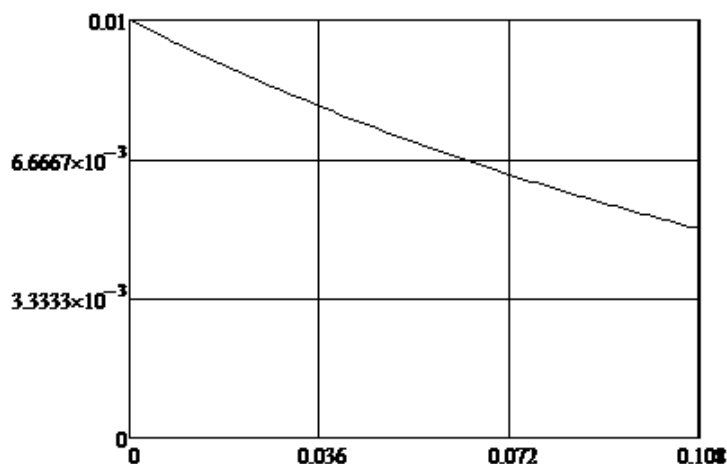


Рисунок 4.3 – Експоненційна крива що описує профіль стрижня

Для побудови профілю хвилеводу, відповідно до формули, зміни діаметра d_x від відстані x , рівної $1 \cdot 10^{-2}$ м розрахуємо табл. 4.2, та побудуємо рис. 4.4.

Таблиця 4.2 – Розрахунковий профіль хвилеводу

$x, 10^{-2}$ м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_x, 10^{-3}$ м	9,89	8,15	8,76	7,56	7, 09	6,43	6, 17	6,01	5,36	5,12

Знаходимо радіус плавного переходу від більшого перетину до меншого

$$r_n = 0,1 \cdot l_p, \quad (4.25)$$

$$r_n = 0,1 \cdot 0,087 = 0,0087 \text{ м.}$$

Товщину випромінювача l_o приймаємо рівною $2 \cdot 10^{-3}$ м.

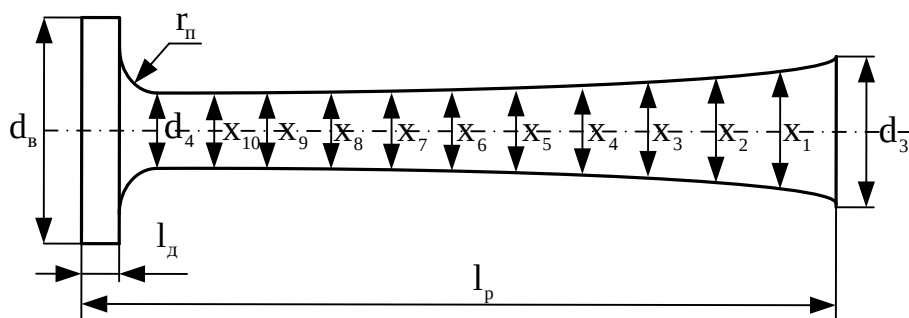


Рисунок 4.4 – Схема зміни діаметрів профілю хвилеводу випромінювача з експоненціальним переходом

Коливання частотою, нижче критичної, не можуть поширюватися в стрижні. Це пояснюється тим, що активна складова вхідного опору експонентного стрижня для біжучої хвилі, що біжить, пов'язана із критичною й робочою частотою наступним співвідношенням

$$R_a = S_0 \rho c \sqrt{1 - \frac{\omega_k^2}{\omega^2}} = S_0 \rho c \sqrt{1 - \frac{b^2 c^2}{16 \pi^2 f^2}}. \quad (4.26)$$

Із цього рівняння видно, що якщо підкореневе рівняння помітно відрізняється від одиниці, то вхідний опір буде істотно залежати від показника звуження b . Тому що експонентний хвилевід, з'єднаний із іншими елементами коливальної системи, що мають інше значення b , та за рахунок різниці вхідного й вихідного опорів двох стрижнів, що стикаються, у місці зіткнення буде відбуватися відбиття енергії. Щоб цього не відбулося, варто істотно перевищити критичну частоту, рекомендується робочу частоту [95, 123] вибрати з умови $f \geq 1,5 f_k$.

4.4. Розрахунок і проектування робочої камери апарата

З метою визначення техніко-експлуатаційних характеристик апарата, для встановлення геометричних розмірів робочої камери апарата був проведений експеримент. Вертикально розташований ультразвуковий перетворювач був занурений в ємність з водою. Зверху потроху насипали дубову тирсу. Під дією

пружних ультразвукових хвиль в воді спостерігалися кавітація, турбулентні потоки, за рахунок яких тирса починала рухатися в ємності з рідиною [11]. Відстань на якій тирса під дією сил тяжіння випадала в осад стала горизонтальним визначним розміром, діаметром робочої камери, $D_{PK}=120$ мм. Висота, на яку під дією ультразвуку підіймалася тирса стала вертикальним визначним розміром, довжиною робочої камери $L_{PK}=160$ мм (рис. 4.5).

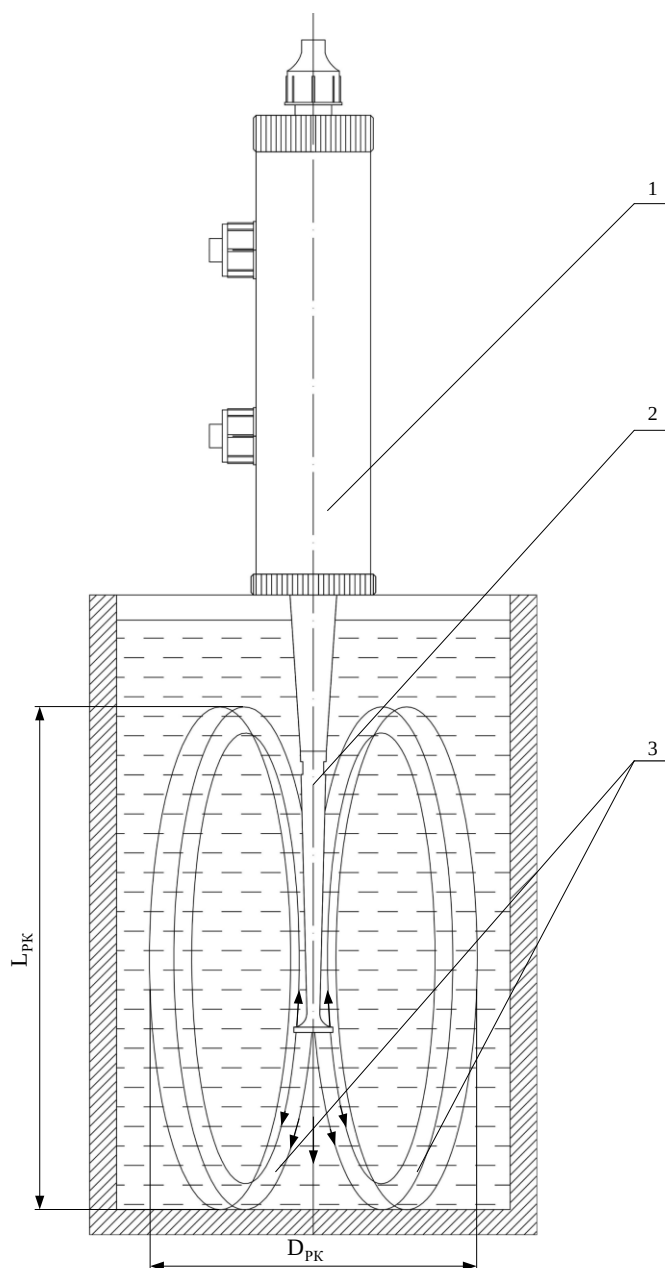


Рисунок 4.5 – Схема визначення геометричних розмірів робочої камери:

- 1 – ультразвуковий перетворювач ; 2 – ультразвуковий випромінювач;
- 3 – кавітаційні потоки

Таким чином були визначені геометричні розміри робочої камери апарата для одного ультразвукового перетворювача. В наступному, для проектування робочих камер апарата, в залежності від продуктивності, збільшується кількість ультразвукових перетворювачів. Їх розташування проектується таким чином, щоб поля дії ультразвукових пружних хвиль взаємно перетиналися (рис. 4.6).

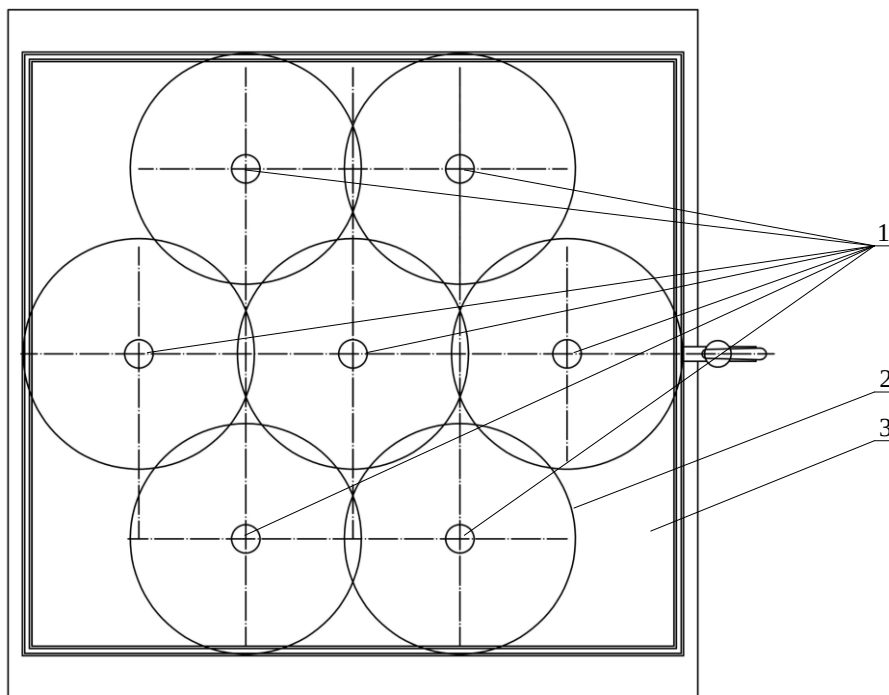


Рисунок 4.6 – Схема розташування випромінювачів в середині робочої камери:

1 – випромінювачі; 2 – поля дії кавітаційних потоків; 3 – робоча камера

Робоча камера апарата, в якій розташовується риба, конструктивно проектується з'ємною, у вигляді сітчастого кошика. Для зручності операцій з завантаження, вивантаження, геометричні розміри корпусу апарата проектуються більшими на 20 мм з усіх боків, коефіцієнт завантаження робочої камери визначався експериментально та дорівнює 0,7. За результатами досліджень та проектно-конструкторських розрахунків була розроблена інструкція з експлуатації та технічний опис апарата для соління риби із визначенням його основних вихідних характеристик згідно табл. 4.3 (додаток Д, Ж).

Загальний вигляд апарата для соління риби, спроектованого з використанням програмного комплексу SolidWorks [75], наведено на рис. 4.7.

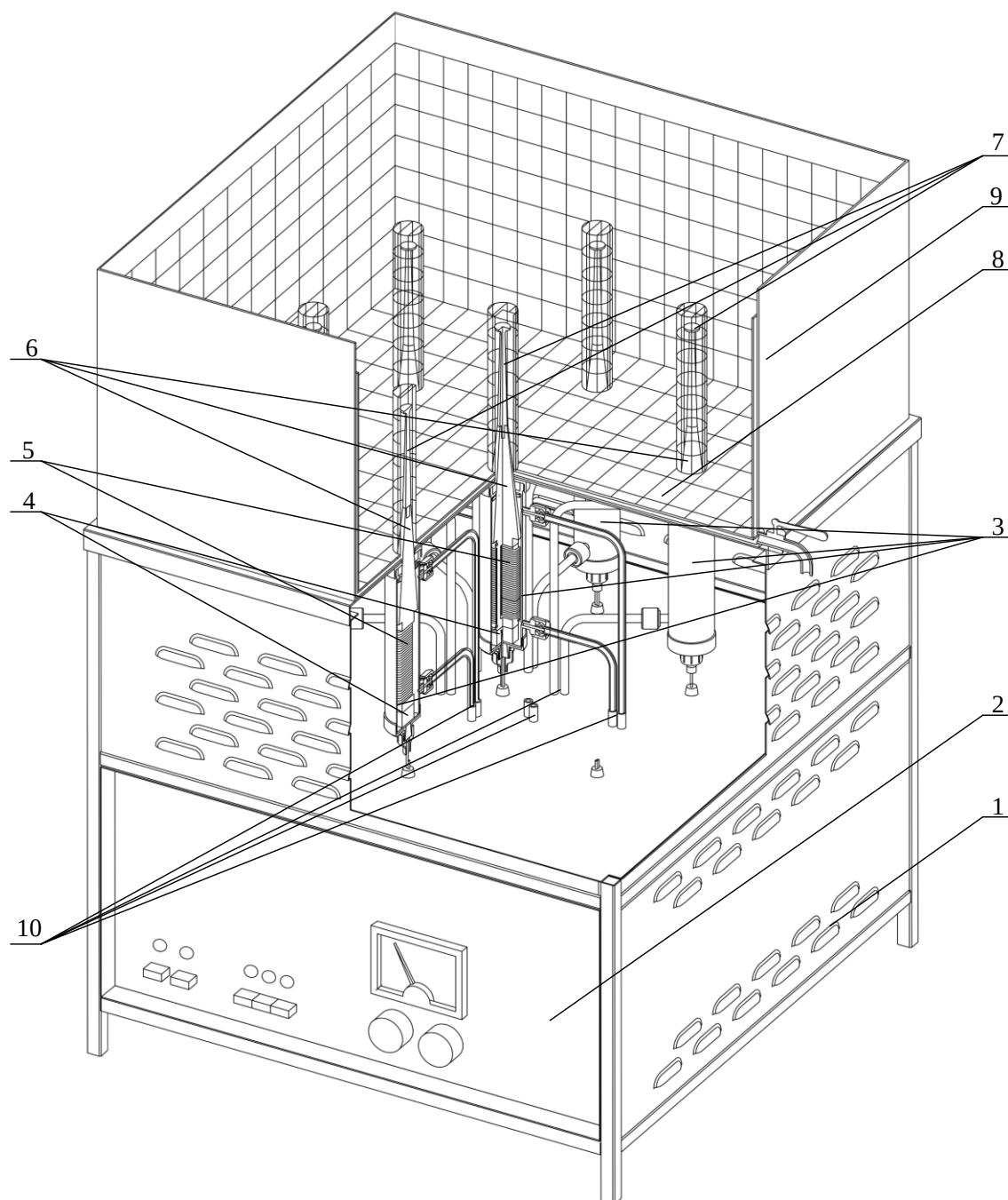


Рисунок 4.7 – Загальний вид апарата для соління риби за допомогою ультразвуку АСР-1у (додаток А):

1 – корпус; 2 – генератор ультразвукових коливань; 3 – випромінювачі магнітострикційні, 4 – відбивач; 5 – перетворювач трансформаторного типу; 6 – конічний концентратор; 7 – випромінювач з експоненційним переходом; 8 – кошик сітчастий; 9 – камера робоча; 10 – система охолодження магнітострикційних перетворювачів

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики апарата для соління риби за допомогою ультразвуку АСР-1у

Номінальна напруга живлення від мережі однофазного змінного струму частотою 50 Гц, U , В	220
Номінальна споживана електрична потужність, P , Вт	3500
Регулювання вихідної потужності	плавне
Номінальна робоча частота генератора та випромінювачів, $f \cdot 10^{-3}$, Гц	30
Межі плавного регулювання частоти генератора, $f \cdot 10^{-3}$, Гц	2
Амплітуда звукового тиску під час поширення в рідині, $A \cdot 10^{-5}$, Па	168
Тривалість одного циклу озвучування, $\tau \cdot 60^{-1}$, с	15...20
Кількість випромінювачів, n , шт.	7
Об'єм робочої камери, V , м ³	0,098
Одноразове завантаження робочої камери, m_1 , кг	60...70
Витрата води для охолодження випромінювачів, q , м ³ /год	не менше 0,02
Маса, m , кг	72
Продуктивність установки, Q , кг/год	90...120
Габаритні розміри, $L \times W \times H$, мм	580×650×700

Порівняльні характеристики розробленого ультразвукового апарату для соління риби з аналогами наведено у табл. 4.4. Для соління риби в промисловості широко використовуються конвеєрні засольні машини безперервної дії для соління в тузлуку риби з різним ступенем оброблення. Як зазначалося в п.1.4, машини різних марок відрізняються конструкцією або пластичного, або скребкового, або ковшового конвеєра, а також деякими технологічними даними. Недоліками наведених в табл. 4.4 моделей машин безперервної дії, при їх високій продуктивності, є: значні габаритні розміри, складність в обслуговуванні під час експлуатації, а також необхідність стаціонарного розташування на індивідуальному фундаменті.

Таблиця 4.4 – Порівняльна характеристика обладнання для соління риби

Показники	Н10- ИЛП-2	Машина ЦПКТБ «Азчорриба»	Машина ЦПКТБ «Заприба»	Конвеєрна засольна машина	ІПРВ	АСР-1у
Продуктивність Q , кг/год	12000	1000	500	500	1650	120
Тривалість соління τ , год	15,00	0,33	0,42	0,38	0,24	0,25
Потужність P , кВт	90	2,2	1	1,5	1	3,5
Габаритні розміри, м:						
довжина	19	4,16	2,8	5,7	3,4	0,58
ширина	13,2	1,67	1,47	0,984	1,58	0,65
висота	6,16	1,41	1,7	1,7	2,3	0,7
Площа обладнання S , m^2	250,80	6,95	4,12	5,61	5,37	0,38
Маса m , кг	9800	1216	950	850	1380	72
Питома потужність P/Q , кВт/кг	0,008	0,002	0,002	0,003	0,001	0,029
Питома продуктивність Q/S , кг/ m^2	47,85	143,94	121,48	89,15	307,15	318,30
Питома матеріало- ємність m/Q , кг/(кг/год)	0,82	1,22	1,90	2,00	0,84	0,60

Для малих підприємств, що займаються переробкою риби, використання таких високопродуктивних машин є недоцільним в наслідок перерахованих вище параметрів. Розроблений апарат для соління риби АСР-1у відрізняється від наведених в табл. 4.4 низьким значенням продуктивності, що обумовлює його застосування в ніші апаратів низької продуктивності.

На теперішній час при виробництві солоної риби на малих підприємствах використовуються чани і ванни різних габаритів для соління сировини, недоліком застосування яких є отримання продукту з нерівномірним ступенем просолювання. Розроблений апарат позбавлений цього недоліку, а також має деякі переваги перед основним технологічним устаткуванням.

За показником питомої продуктивності на одиницю виробничих площ апарат перевищує окремі аналоги у 2,2...6,4 разів, що підвищує ефективність використання основних фондів підприємства, обґрунтовує використання на малих підприємствах, зменшує експлуатаційні виробничі витрати. Питома матеріалоємність апарата зменшена на 27...70%, що впливатиме на вартість самого обладнання, а також на відповідне зменшення експлуатаційних та амортизаційних витрат виробництва. Не зважаючи на те, що АСР-1у має збільшене значення питомої потужності, витрати електроенергії на 1000 кг продукції становитимуть близько 30 кВт·год, що не несе великого навантаження на кінцеву ціну готового продукту.

Аналіз технічних рішень для реалізації процесу соління свідчить, що під час розробки апарату АСР-1у були дотримані вимоги до ресурсозберігальних технологій, а сам апарат доцільно використовувати на підприємствах ресторанного господарства та малих рибопереробних підприємствах невеликої потужності.

РОЗДІЛ 5 ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1. Економічна ефективність результатів дослідження

Метою розрахунків, що виконано, є оцінка економічної ефективності розробки та впровадження у практичну діяльність розробленого апарата для соління риби з використанням ультразвукових коливань. У цьому розділі передбачено послідовно: здійснити інтегральну оцінку технічного рівня апарата за порівняння його характеристик з параметрами апарата-аналога; визначити ціну розробленого апарата; здійснити розрахунки та довести ефективність використання розробленого апарата у практичній діяльності [88].

5.1.1. Оцінка технічного рівня розробленого апарата

Для оцінки рівня якості розробленого апарата використано метод порівняння [61, 97]. Як базовий (аналоговий) апарат обрано конвеєрну засольну машину ВАТ «НПО Рыбтехцентр» (Росія), яка за конструкцією та принципом дії є найбільш близькою. Вихідна інформація щодо базового та розробленого апаратів наведена у таблиці 5.1.

Для порівняння використано кількісні та якісні характеристики. У подальшому за відсутності кількісного виміру характеристики використано бальну оцінку. Оцінка здійснена за 5 бальною шкалою. Під час бальної оцінки дотримано умова щодо більш високого балу за кращої характеристики. Також на етапі підготовки інформації для опрацювання використано дані щодо габаритних розмірів апаратів та визначено площу, що вони займають. Для економічної оцінки більш інформативним є саме цей показник, адже, за інших рівних умов, це впливає на витрати підприємства у випадку оренди або будівництва виробничих площ.

Для порівняння апаратів використано метод інтегральної оцінки, суть якого полягає у визначенні відносних одиничних показників, що відображають технічні

характеристики апаратів, та, ураховуючи коефіцієнти значущості, розрахунок інтегрального показника технічного рівня нового апарату.

Таблиця 5.1 – Вихідна інформація за базовим та розробленим апаратами

Показники	Конвеєрна засольна машина ВАТ «НПО Рыбтехцентр» (Росія)	Апарат для соління риби ультразвуковий АСП-1у
Продуктивність, кг/год	250...500	90...120
Потужність, кВт	1,5	3,5
Вага, кг	850	72
Габаритні розміри, мм:		
довжина	5700	580
ширина	984	650
висота	1700	700
Різниця концентрації NaCl в готовому продукті, не більше, %	5	2
Принцип дії	соління відбувається з використанням двох конвеєрів	ультразвукова обробка відбувається в металевій камері
Особливості	складність під час проведення дезінфекції робочої поверхні, низька стійкість до механічних ушкоджень поверхні ванни	зменшення витрат тузлуку, гігієнічність, попередня ультразвукова обробка дозволяє збільшити асортимент продукції

Для розрахунку відносних одиничних показників Q_i використано формули:

$$Q_i = \frac{P_i}{P_{ia}}, \text{ або } Q_i = \frac{P_{ia}}{P_i}, \quad (5.1)$$

де P_i та P_{ia} – абсолютні значення i -го показника розробленого апарата та апарата-аналога відповідно.

Під час оцінювання ураховано різну спрямованість показників. Порівняння здійснено з найкращою характеристикою. Якщо параметр представлений граничними значеннями у розрахунок прийнято максимальне значення за даним параметром.

Інтегральний показник якості технічних параметрів проектного апарата розраховано за формулою:

$$Q_i = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot M_i / \sum_{i=1}^n M_i, \quad (5.2)$$

де M_i – коефіцієнт вагомості i -го одиничного показника;

n – кількість одиничних показників, які застосовуються для оцінки апарата.

Вихідна інформація та результати оцінки технічного рівня розробленого апарата наведено у таблиці 5.2.

За результатами інтегральної оцінки зроблено висновок, що порівняно з апаратом-аналогом розроблений апарат є кращим, що доводить його конкурентоспроможність за технічними характеристиками.

5.1.2. Розрахунок ціни нового апарату

З метою визначення доцільності упровадження у виробництва розробленого апарата визначено собівартість його виготовлення та ціна реалізації.

Під час обчислення собівартості виробництва нового апарата ураховано дані щодо обсягу та складу матеріальних та трудових ресурсів, які використані для виготовлення апарата. За відсутності детальної інформації собівартість апарата визначено методом укрупненого розрахунку. Згідно діючих положень під час визначення собівартості виготовлення апарата ураховано наступні статті.

**Таблиця 5.2 – Інтегральна оцінка технічного рівня
базового та розробленого апаратів**

Показники	ОПУ	АСР-1у	Відносний одиничний показник, Q_i	Коефіцієнт вагомості, M_i	Відносний одиничний показник з урахуванням коефіцієнта вагомості, $Q_i \cdot M_i$
Продуктив- ність, кг/год	500	120	4,17	0,25	1,04
Потужність, кВт	1,5	3,5	0,43	0,1	0,04
Вага, кг	850	72	11,81	0,1	1,18
Площа, м ²	5,61	0,4	14,03	0,15	2,10
Різниця концентрації NaCl в готовому продукті, не більше, %	5	2	2,5	0,1	0,25
Принцип дії, бали	3	4	1,33	0,15	0,20
Особливості конструкції, бали	1	2	2	0,15	0,30
Разом				1	5,12

Основні матеріали. До даної статті включено матеріали, що використано для виготовлення апарата. Величина витрат визначена за даними щодо складу та кількості використаних матеріалів, а також цін на них (без ПДВ).

За розрахунками для виготовлення апарату необхідний метал листовий у кількості 16 м². Прийнято враховувати закупівельну ціну на рівні 100 грн/м², а транспортні витрати на рівні 10,0% від витрат на матеріали [73, 74], загальні витрати за даною статтею становитимуть 1760 грн.

$$16 \cdot 100 + 16 \cdot 100 \cdot 10/100 = 1760,0 \text{ грн.}$$

Покупні вироби і напівфабрикати. До цієї статті включено витрати, пов'язані з придбанням вузлів, виробів, які становлять конструктивні елементи готового апарата. Загальні витрати включають витрати на придбання вузлів та виробів, а також витрати на їх доставку. Вихідна інформація щодо витрат за цією статтею наведено у таблиці 5.3.

**Таблиця 5.3 – Витрати на придбання конструктивних елементів
розробленого апарата**

Найменування	Кількість, од	Ціна, грн/од	Сума, грн
Ванна металева для ультразвукової обробки	1	8000	8000
Ультразвукові випромінювачі	7	4000	28000
Генератор ультразвукових коливань	1	13000	13000
Кут металевий 50x50	40	100	4000
Ніжки прогумовані	14	50	700
Разом			53700
Транспортні витрати			5370
Всього			59070

Витрати на основну заробітну плату. До цієї статті включено витрати на оплату праці робітників, що безпосередньо виконують роботи зі збирання та налагодження нового апарату. Як основні виділено такі види робіт: формування основи з ніжками, закріплення ванни металевої для ультразвукової обробки, установка та підключення ультразвукових випромінювачів з генератором, перевірка системи водяного охолодження випромінювачів, облицювання. За попередніми оцінками для здійснення цих робіт необхідно 2 слюсарі. Тривалість робіт – 4-5 днів. У подальших розрахунках тривалість робіт прийнято на рівні 5 днів. З огляду на зазначене трудовитрати на виготовлення апарата становитимуть 80,0 людино/годин. Прийняв оплату праці у розмірі 15 грн/год витрати на основну заробітну плату складатимуть 1200 грн.

Додаткова заробітна платня. До складу собівартості апарата включено також додаткова заробітна плата, яка включає виплати з додаткового матеріального стимулювання робітників. З огляду практики господарської діяльності у розрахунках цей показник прийнятий на рівні 30,0% від основної заробітної платні.

Соціальні відрахування. З 2011 р. в Україні уведений єдиний соціальний внесок, розмір якого від того, до якого класу професійного ризику належить підприємство [101]. Урахував зазначене єдиний соціальний внесок прийнято на рівні 37,65%, що відповідає 32 класу, до якого включено підприємства, які займаються виробництвом устаткування для виготовлення харчових продуктів.

Дотепер витрати визначено у прямий спосіб. Водночас, низка витрат не можуть бути визначені безпосередньо, адже носять загальний характер. Зокрема це витрати на амортизацію та утримання обладнання, що використовують під час збирання апарата, витрати на утримання приміщення, у якому відбувається процес збирання апарата, адміністративні витрати, витрати на збут, тощо. Тому у подальшому розрахунок витрат та ціни здійснено за укрупненими показниками. Зокрема під час визначення виробничої собівартості апарата, окрім витрат, розрахунок яких поданий вище, включено також витрати на утримання та експлуатацію устаткування, загальновиробничі та загальногосподарські витрати. Витрати на утримання та експлуатацію устаткування прийнято на рівні 150,0% від витрат на основну оплату праці робітників, загальновиробничі витрати та загальногосподарські – 75,0% та 25,0% від витрат на оплату праці відповідно.

Результат розрахунку виробничої собівартості апарата наведено у таблиці 5.4.

Повна собівартість апарата включає виробничу собівартість, а також інші витрати невиробничого характеру, які, згідно діючих положень, можуть бути подані, як адміністративні витрати та витрати на збут. Їх питома вага у складі загальних витрат на підприємствах, які займаються виробництвом устаткування для виготовлення харчових продуктів, різна та коливається в межах 0,9...2,3% та 0,5...5,7% . У подальших розрахунок питома вага адміністративних витрат прийнято на рівні 3,5%, витрат на збут – 5,0% у загальній величині витрат на виробництво та реалізацію апарата. Результати розрахунків наведено у таблиці 5.5.

Таблиця 5.4 – Витрати на виробництво апарата для соління риби із використанням ультразвукових коливань

Стаття витрат	Сума, грн.
Основні матеріали	1760,00
Покупні вироби і напівфабрикати	59070,00
Основна заробітна плата	1200,00
Додаткова заробітна плата	360,00
Єдиний соціальний внесок	587,34
Утримання та експлуатація устаткування	2340,00
Загальновиробничі витрати	1170,00
Загальногосподарські витрати	390,00
Виробнича собівартість	66877,34

Таблиця 5.5 – Повна собівартість апарата

Показник	Питома вага, %	Сума, грн
Виробнича собівартість	91,5	66877,34
Адміністративні витрати	3,5	2340,71
Витрати на збут	5,0	3343,87
Разом	100,0	72561,91

Для визначенні ціни розробленого апарата ураховано рентабельність виробництва та податок на додану вартість [77]. Ураховуючи посилення ризиків зовнішнього середовища рентабельність виробництва апарата прийнята на рівні 10,0%. За таких умов його ціна становитиме 95,8 тис. грн. (табл. 5.6).

Таблиця 5.6 – Ціна апарата для соління риби з використанням ультразвукових коливань

Показник	Од. виміру	Значення
Собівартість	грн	72561,91
Прибуток	грн	7256,19
Ціна без ПДВ	грн	79818,11
ПДВ	грн	15963,62
Ціна з ПДВ	грн	95781,73

5.1.3. Порівняння техніко-економічних показників базового та розробленого апаратів

Для обґрунтування доцільності виробництва апарата для очищення тушок ставкової риби з використанням ультразвукових коливань використано показники, що відображають ефективність використання цього апарата для споживача. Під час розрахунків використано такі показники: ціна виробу, інтегральний показник технічного рівня, продуктивність, термін служби, річні експлуатаційні витрати (табл. 5.7).

Щодо ціни апарату, то у розрахунках ці показники прийнято без ПДВ. Таким чином ціна базового обладнання прийнята на рівні 487500,0 грн, нового апарата – 79818,11 грн. Інтегральний показник технічного рівня становить за базовим апаратом 1,0, за новим – 5,12.

Максимальна річна продуктивність розрахована з урахуванням восьмигодинної робочої зміни впродовж 240 діб на рік.

$$500 \cdot 8 \cdot 240 = 960000 \text{ кг,}$$

$$120 \cdot 8 \cdot 240 = 230400 \text{ кг.}$$

**Таблиця 5.7 – Техніко-економічні показники для порівняння
базового та нового апаратів**

Показник	Базовий апарат	Новий апарат
Оптова ціна виробу (без ПДВ), грн	687500,00	79818,11
Інтегральний показник технічного рівня	1,0	5,12
Продуктивність, кг/рік	960000	230400
Термін служби, років	7	7
Річні експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	100,0	19,53

Термін служби базового та нового апарата прийнято на рівні 7 років, що відповідає практиці використання обладнання у харчових виробництвах з огляду їх технічних характеристик та рівня новизни.

Під час визначення річних експлуатаційних витрат виходили з показників для базового апарата з урахуванням коефіцієнта технічного рівня для нового апарата. За попередніми оцінками експлуатаційні витрати за використання базового апарата оцінено на рівні 100,0 тис грн на рік. Для нового обладнання цей показник буде меншим, що зумовлено більш високими технічними характеристиками нового апарата, а саме 21,13 тис. грн на рік.

$$100,0/5,12 = 19,53 \text{ тис. грн/рік.}$$

Розрахунок питомих витрат на 1 кг продукції за базового та нового апарата здійснено за формулою:

$$В_{\text{пит}} = \frac{K + T \cdot C}{T \cdot N}, \quad (5.3)$$

де K – ціна апарата, грн;

T – термін служби, роки;

C – річні експлуатаційні витрати, грн/рік;

N – річний обсяг випуску продукції, кг/рік.

За вихідних умов цей показник складатиме для базового апарата 2,63, для нового 0,64 грн/кг продукції.

$$(687500+7 \cdot 100000)/(7 \cdot 960000)=0,409 \text{ грн/кг},$$

$$(79818,11+7 \cdot 19530)/(7 \cdot 230400)=0,136 \text{ грн/кг}.$$

Питомий економічний ефект на 1 кг продукції становитиме

$$0,409 - 0,136 = 0,273 \text{ грн/кг}.$$

Визначимо річний економічний ефект внаслідок використання нового апарата:

$$0,173 \cdot 230400/1000=62,9 \text{ тис.грн}.$$

Результати розрахунків основних техніко-економічних показників, які характеризують економічну ефективність нового обладнання подані у таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Основні техніко-економічні показники базового та нового апарата

Показник	Од. виміру	Базовий апарат	Новий апарат
Інтегральний показник технічного рівня	коефіцієнт	1,0	5,12
Термін служби	роки	7	
Продуктивність	кг/рік	960000	230400
Ціна апарата (без ПДВ)	тис. грн	487,5	79,8
Річні експлуатаційні витрати	тис.грн/рік	100,00	19,53
Питомі експлуатаційні витрати	грн/кг	0,409	0,136
Питомий економічний ефект	грн/кг	—	0,273
Річний економічний ефект	грн/рік	—	62,9

Проведені розрахунки дозволяють зробити висновок щодо доцільності виробництва та впровадження у практичну діяльність апарата для соління риби з використанням ультразвукової обробки. Новий апарат порівняно з базовим має значні переваги, а саме більш високий показник технічного рівня та меншу ціну. Це свідчить про високий рівень конкурентоспроможності розробленого апарата для підприємств, які займаються виробництвом устаткування для виготовлення харчових продуктів. Розрахунки свідчать також, що розроблений апарат буде затребуваний з боку підприємств, які займаються переробкою риби. Використання нового апарата дозволить підприємству-переробнику отримати додатковий прибуток у розмірі 62,9 тис. грн на рік за умови виробничої потужності не менше 230 т/рік.

5.2. 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 соління океанічної риби за допомогою ультразвуку;
- зниження собівартості продукції за рахунок підвищення енергоефективності та економії матеріальних ресурсів;
- збереження показників якості кінцевого продукту на заданому рівні.

На підставі проведених досліджень було:

– розроблено проект рекомендацій щодо використання ультразвукових установок на рибопереробних підприємствах. Рекомендації впроваджені на приватному підприємстві «Маріко» (додатки Б, Д);

– виготовлено експериментальний зразок апарата для соління риби за допомогою ультразвуку та впроваджено в виробництво підприємства ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор», розроблена інструкція з експлуатації та технічний опис апарата для соління риби (додаток Б, Ж);

–результати роботи були представлені на наступних виставках (додаток Б): виставці наукових ХДУХТ в рамках Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, 2015 р.); виставці наукових розробок в масштабах соціального заходу по популяризації науки для дітей і молоді «Наукові пікніки» (м. Харків, 2015 р.); виставці наукових розробок ХДУХТ, що проводилась в рамках Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2015 р.).

–результати роботи були впроваджені у навчальний процес Харківського державного університету харчування та торгівлі (додаток Б).

ВИСНОВКИ

1. За результатами аналітичних досліджень встановлено, що риба океанічного промислу є цінною сировиною для приготування солоної продукції, різноманітних делікатесних пресервів, а також для холодного і гарячого копчення. На рибопереробних підприємствах поширеним є тузлучний спосіб соління, який потребує інтенсифікації. Встановлено, що перспективним напрямом інтенсифікації процесу соління риби є використання ультразвукової обробки.

2. Створено установку для проведення процесу соління риби океанічного промислу. Доведено, що її застосування дозволяє інтенсифікувати процес соління риби з використанням ультразвукової обробки в межах 22...40 кГц.

3. Теоретично обґрунтовано можливість інтенсифікації процесу соління за допомогою ультразвуку. Показано, що існує мінімальна частота ультразвуку (потужність випромінювання), при якій відбувається інтенсифікація зовнішнього масообміну порівняно з природною конвекцією ($f_{min}=24$ кГц, $E_{min}=87$ МВт/м²). Установлено, що коефіцієнт масовіддачі збільшується зі збільшенням частоти коливань від 22 до 40 кГц в три рази порівняно з коефіцієнтом масовіддачі за умов природної конвекції.

4. Розроблено математичну модель впливу ультразвукової обробки на процес внутрішнього масопереносу під час соління риби. Показано, що ультразвукові коливання сприяють інтенсифікації внутрішнього переносу за рахунок виникнення конвективних мікропотоків у капілярах радіусом більше 10^{-6} м. Ефективний коефіцієнт дифузії при збільшенні частоти коливань від 22 кГц до 40 кГц збільшується на 14...50%. Отримано уточнену формулу для розрахунку тривалості соління в умовах ультразвукового впливу, що враховує індивідуальні характерні розміри риби (габаритні розміри і відношення об'єму до площі поверхні), коефіцієнт масовіддачі й коефіцієнт дифузії.

5. Досліджено кінетику дифузії NaCl у рибі за умов тузлучного соління. Установлено, що на початку процесу соління значення коефіцієнта дифузії зменшується, а після досягнення концентрації NaCl 10...12% – збільшується.

Найбільші значення коефіцієнта дифузії характерні для процесу соління, який відбувався під впливом ультразвукових хвиль із частотою 30 кГц.

6. Визначено раціональні параметри процесу соління риби за допомогою ультразвукової обробки тривалістю 10...15 хв і частотою 30 кГц. Показано, що для оселедця атлантичного *Clupea harengus* тривалість соління $\tau=24\ldots36$ год, солоність готової риби $S=7\ldots10\%$ із коефіцієнтом буферної ємності 160...220, для скумбрії атлантичної *Scomber scombrus* – $\tau=30\ldots42$ год, $S=8\ldots10\%$ із коефіцієнтом буферної ємності 120...190, для сардини тихоокеанської *Sardinops melanostictus* – $\tau=18\ldots24$ год, $S=7\ldots9,5\%$ із коефіцієнтом буферної ємності 120...190.

7. За результатами органолептичних досліджень встановлено, що зразки солоної риби відповідають вимогам нормативної документації, за мікробіологічним показником КМАФАнМ (оселедець атлантичний – $5,4 \cdot 10^3$ КУО/г, скумбрія атлантична – $5,8 \cdot 10^3$ КУО/г, сардина тихоокеанська – $4,0 \cdot 10^3$ КУО/г) не перевищують норм ДСТУ.

8. Розроблено конструкцію апарата для соління риби за допомогою ультразвуку, розраховано його основні характеристики та параметри, розроблено технічний опис та інструкцію з експлуатації запропонованого апарата.

9. Проведеними розрахунками доведено доцільність виробництва та впровадження у практичну діяльність апарата для соління риби з використанням ультразвукової обробки. Використання нового апарата дозволить підприємству-переробнику отримати додатковий прибуток у розмірі 62,9 тис. грн на рік за умови виробничої потужності не менше 230 т/рік. За результатами оцінювання економічної ефективності проведено комплекс заходів з упровадження результатів досліджень у виробництво. Розроблено проект рекомендацій щодо використання ультразвукових установок на рибопереробних підприємствах, які впроваджені в ТОВ «Маріко», виготовлено та впроваджено у виробництво підприємства ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор» експериментальний зразок апарата для соління риби за допомогою ультразвуку, розроблена інструкція з експлуатації та технічний опис апарата для соління риби. Результати роботи впроваджено у навчальний процес Харківського державного університету харчування та торгівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А. С. 91726 СССР. Ускоренный способ посола мелкой рыбы / А.И.Захаров. Оpubл. в БИ, 1982. №41.
2. Андреев Н. Г. Применение пониженных дозировок соли при производстве горбуши бочкового посола / Н.Г. Андреев, Т.Н. Слуцкая // Рыбное хозяйство. – 1986. № 2. – С.74-75.
3. Андрусенко П. И. Технология обработки рыбы на судах. – М.: Пищевая промышленность, 1979. - 152 с.
4. Агранат Б. А. Ультразвуковая технология / Б. А. Агранат, В. И. Башкиров, Ю. И. Китайгородский, Н. Н. Хавский // М.: Издательство “Металлургия”, 1974. – С. 226-228.
5. Балыкова Л. И. Исследование температурного режима при посоле чавычи / Л.И. Балыкова, А. С. Бестужев, В.И. Дегтярев и др. // Холодильная техника. – 1985, № 3. – С. 39-41.
6. Баль В. В. Технология рыбных продуктов и технологическое оборудование / В. В. Баль, Е. Л. Вереин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 205 с.
7. Баль-Прилипко Л. В. Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса / Л. В. Баль-Прилипко – К., 2010 – 469 с.
8. Баранов В. В. Обработка и транспортировка рыбы и морепродуктов / В. В. Баранов. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 144 с.
9. Баранов В. В. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник/ под общей ред. А.М. Ершова. – Санкт- Петербург: ГИОРД, 2006. – 941 с.
10. Бедина Л. Ф. Интенсификация процесса посола в технологии производства рыбы холодного копчения / Л. Ф. Бедина // Рыбпром. – 2009. – № 2. – С. 36–38.
11. Безвідходна переробка м'яса з високим вмістом сполучної тканини з використанням ультразвуку : монографія / Г. В. Дейниченко [та ін.]. – Харків: Факт, 2012. – 192 с.

12. Беззубов А. Д. Ультразвук и его применение в пищевой промышленности / А. Д. Беззубов. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 196 с.
13. Биологические ресурсы Тихого океана / ред. М. Е. Виноградов. – М.: Наука, 1986. – 567 с.
14. Блинова Ю. А. Современные тенденции производства соленой продукции / Ю.А. Блинова // Рыбное хозяйство - 2001. - № 5 - С. 38-50.
15. Богданов В.Д. Технология слабосоленой сельди предварительного созревания / В.Д. Богданов, Н.С. Салтанова // Рыбное хозяйство. – 2005. – № 1 – С. 64–65.
16. Богданов В. Д. Исследование динамики просаливания рыбы при низкотемпературном посоле : научное издание / В. Д. Богданов, М. В. Благоданова // Вестн. КамчатГТУ. – 2004. – № 3. – С. 6–7.
17. Борисочкина Л. И. Совершенствование существующих и разработка новых способов посола сельдей и лососевых и упаковка рыбных продуктов / Л.И. Борисочкина // Технический прогресс в рыбной промышленности. Вып.1. – М.: ВНИРО, 1970. – С.11-13.
18. Борисочкина Л. И. Технология продуктов из океанических рыб / Л. И. Борисочкина, Т. А. Дубровская. – М. : Агропромиздат, 1988. – 209 с.
19. Бредихин С. А. Технологическое оборудование рыбоперерабатывающих производств / С. А.Бредихин. – М. : КолосС, 2005. – 464 с.
20. Бредихина О. В. Научные основы производства рыбопродуктов / О. В. Бредихина, М. В. Новикова, С. А. Бредихин. – М.: КолосС, 2009. – 152 с.
21. Буренков И. А. Интенсификация технологических процессов в пищевой промышленности при помощи низкочастотных колебаний / И. А. Буренков. – К.: «Техніка», 1969. – 193 с.
22. Быков В. П. Технология рыбных продуктов / В.П. Быков. – М.: Пищевая пром-ть, 1980. – 320 с.
23. Васюкова А.Т. Переработка рыбы и морепродуктов / А.Т. Васюкова. – М.: Дашков и Ко, 2009. – 104 с.

24. Волков С. С. Расчет и конструирование ультразвуковых сварочных машин / С. С. Волков, Ю. Н. Орлов, Б. Я. Черняк // Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований легкой промышленности. – М.: 1974. – 103 с.
25. Воскресенский Н.А. Кинетика посола охотской сельди / Н.А. Воскресенский // Рыбное хозяйство. – 1953. – № 3. – С. 55-59.
26. Воскресенский Н.А. Кинетика процесса посола рыбы / Н.А. Воскресенский // Тр. ВНИРО, 1952. – Т.20. – С. 56-75.
27. Гастева Г. К. Автоматизация посола рыбы на плавбазах / Г. К. Гастева, К. Б. Никельшпург, А. С. Шкарин. – М.: Пищевая пром-сть, 1975 – 135 с.
28. Гершгал Д. А., Фридман В. М. Ультразвуковая технологическая аппаратура. - М.: Энергия, 1974. – 320 с.
29. Головин А.Н. Контроль производства и качества продуктов из гидробионтов / А.Н. Головин. – М. : Колос, 1997. – 254 с.
30. Голубев В. Н. Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов : справочное издание / В.Н. Голубев, О.И. Кутина. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 403 с.
31. Гребенюк А. А. Двухступенчатый посол лососеобразных рыб / А. А. Гребенюк, Ю. Г. Базарнова // Рыбпром. – М.: Изд-во ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии. – 2010. – С. 84–87.
32. Губанова А. О процессах происходящих, в тузлуках при их многократном использовании и хранении / А. Губанова, В. Носкова // Рыбное хозяйство. – 1977. – № 2. – С.69-72.
33. Гудович А. В. Современное состояние и направление развития рыбообрабатывающего оборудования: Обзорная информ. / А. В. Гудович // ЦКИИТЭИРХ. Рыбное хоз-во. Сер. Технол. оборуд. рыб. пром-сти. 1986. – Вып.4. – 24 с.
34. Димова В. В. Исследования кинетики и динамики посола рыбы / В. В. Димова. А. М. Ершов, В. А. Гроховский // Вестник МГТУ. – Том 9. – №4. – 2006. – С. 703-706.

35. Димова В.В. Изучение влияния различных параметров на равномерность просаливания слоя мелкой рыбы и филе / В. В. Димова, А. М. Ершов, В. А. Гроховский // Вестник МГТУ. – Том 9. – №5. – 2006. – С. 742 – 749.

36. Димова В.В. Закономерности процесса диффузии соли в мясе рыбы при посоле в тузлуке: Препр. / В.В. Димова. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. – 19 с.

37. Димова В. В. Механизированная посольная ванна МПВ-01: Инф. листок: № 15-96. – Мурманск: ЦНТИ, 1996. – С.58.

38. Димова В.В. Теоретические основы процесса посола рыбы и расчёт продолжительности просаливания/ В.В. Димова, А.М. Ершов, В.А. Гроховский, М.А. Ершов // Вестник МГТУ. – Том 9. – №5. – 2006. – С. 730 – 741.

39. Димова В. В. Теоретические основы процесса посола рыбы и расчет продолжительности посола / В. В. Димова. А. М. Ершов, В. А. Гроховский, М. А. Ершов // Вестник МГТУ. – Том 9. – №5. – 2006. – С.858-865.

40. Дослідження інтенсивності зовнішнього масообміну під час соління риби в полі ультразвукових хвиль / Яковлев О., Постнов Г., Чеканов М., Червоний В. // Матеріали 81 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті», 23–24 квітня 2015 р. – К.: НУХТ, 2015 р. – Ч.2. – С. 200.

41. Дослідження процесу просолювання оселедця атлантичного під впливом ультразвуку / Г. Постнов, О. Яковлев, В. Червоний // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. присвяченої 55-річчю заснування ТНТУ та 170- річчю з дня народження І. Пулюя, (Тернопіль, 19–20 травня. 2015.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – С. 211.

42. Дрейд А. Ультразвук для врача. – М., Медицинский градусник. 2000. – С.21

43. Електрохімічний метод визначення швидкості перебігу масообмінних процесів під час засолення океанічної риби / Г. М. Постнов, М.А. Чеканов, В. М. Червоний, О.В. Яковлев // Зб. наук. пр. «Прогресивні техніка та технології харчових

виробництв, ресторанного господарства і торгівлі». – Харків : ХДУХТ, 2014. – Вип. 1 (19). – С. 153-160.

44. Ершов А. М. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник/ под общей ред. А.М. Ершова. – Санкт- Петербург: ГИОРД, 2006. – 941 с.

45. Зайцева Ю. А. Виды посола и его применение в мясоперерабатывающей промышленности / Ю. А. Зайцева, Е. Г. Горина, А. В. Пономаренко // Молодой ученый. – 2014. – №4. – С. 164-167.

46. Захарова Л. А. Продукция из океанических и азово-черноморских рыб / Л. А. Захарова, В. С. Зверева. - М. : Агропромиздат, 1989. - 145 с.

47. Иванова Е.Е. Технология морепродуктов / Е.Е. Иванова, Г.И. Касьянов, С.П. Запорожская. – М.: КолосС, 2010. – 183 с.

48. Исследование массообменных процессов при комбинированном сухом посоле рыбы / А. М. Ершов, А. С. Бестужев, Ю. А. Фатыхов, С. О. Балашов // Вестник МГТУ. – Том 13. – №4/1. – 2010 г. – С.673–677.

49. Исследование продовольственных товаров : учебное пособие / Л.А. Боровикова, А.И. Гримм, А.Л. Дорофеев и др. — М.: Экономика, 1980. – 336 с.

50. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / під ред. д-ра техн. наук, проф. А.І. Соколенка. – К. : 2011. – 536 с.

51. Кваша С. М. Тенденції розвитку ринку риби в Україні / С. М. Кваша // Агроінком. – 2011. – № 7. – С. 67.

52. Квашнин С. Е. Медицинские электроакустические системы: учебн. пособ. – М.: Издательство МГТУ, 2002. – 26 с.

53. Кизеветтер И. В. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна / И. В. Кизеветтер. – Владивосток : Дальиздат, 1971. – 297 с.

54. Китайгородский Ю. И. Инженерный расчет ультразвуковых колебательных систем / Ю. И. Китайгородский, Д. Ф. Яхимович. – М. Машиностроение, 1982. – 56 с.

55. Константинова Л. Л. Исследование активности протеолитических ферментов традиционных и новых для промысла рыб Северного бассейна,

разработка способов регулирования процесса созревания соленой рыбы: автореф. дис. ... канд. тех. наук / Л. Л. Константинова. – Мурманск: ПИНРО, 2001. – 29 с.

56. Лабай В. Й. Тепломасообмін : підручник. – Львів : Тріада Плюс, 2007. – 260 с.

57. Леванидов И. П. Посол рыбы (элементы теории и практики). – Владивосток : Известия ТИНРО, 1967. – 197 с.

58. Леванидов И. П. Технология соленых, копченых и вяленых рыбных продуктов / И. П. Леванидов, Г. П. Ионас, Т. Н. Слуцкая. – М.: Агропромиздат, 1987. – 157с.

59. Макаров Л. О. Методика расчета стержневых экспоненциальных концентраторов. -Применение ультразвука в промышленности. – М.: Машгиз, 1959.

60. 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.

61. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості: [затв. наказом Міністерства промислової політики України від 09.07.2007 р. № 373]. – К. : ДІКЕД, 2007. – 321 с.

62. Миндер Л. П. Некоторые вопросы теории посола рыбы / Л. П. Миндер. Тр. ПИНРО, 1970. – Вып. 30. – С.143-158.

63. Могилеевский И. М. Ускоренный посол рыбы / И. М. Могилеевский, Б. И. Зачепа // Рыбное хозяйство. – 1984. – Вып. 19. – С.72-73.

64. Мощные ультразвуковые поля. Под ред. проф. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1968. – 265 с.

65. Мудрецова-Висс К. А. Основы микробиологии: учебник / К.А. Мудрецова-Висс, В.П. Дедюхина, Е.В. Масленникова. – 5-е изд., исправленное, пересмотренное и дополненное. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 354 с.

66. Никитин Б. П. Повышение качества рыбных продуктов / Б. П. Никитин. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 372 с.

67. Новицкий Б. Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Б. Г. Новицкий. – М.: Химия, 1983. – 192 с.

68. Обоснование интенсификации посола рыбы с помощью ультразвука / Постнов Г.М., Чеканов Н.А., Червоний В.Н., Яковлев О.В. // Современные инновации в науке и технике : Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции, 17 апреля 2014 года. – Курск : Юго-Зап. гос. ун-т., 2014. – С. 334- 336.

69. Осинцев А. М. Особенности диффузии в неоднородных средах : научное издание / А. М. Осинцев, А. В. Попов ; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Кемер. технол. ин-т пищ. пром-сти // Техника и технология пищевых производств. – Кемерово : Кемер. технол. ин-т пищ. пром-сти, 2005. - С. 218-222.

70. Осипова Н. И. Оборудование рыбообрабатывающих предприятий / Н. И. Осипова, В. Г. Будина. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 232 с.

71. Особливості використання ультразвукових технологій під час попередньої обробки рибної сировини / Постнов Г.М., Яковлев О.В., Червоний В.М., Зубрев А.С. // Recueil des exposes des participants de la VIII Conferense internationale scientifique et methodique. «Les problemes contemporains de la technospere et de la formation des cadres d'ingenieurs» du 28 septembre au 05 octobre 2014 a Hammamet. – Donetsk UNTD (Туніс), 2014. – С. 120-124.

72. Офіційний сайт «Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций FAO» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org/>.

73. Офіційний сайт компанії «Міжнародна група морепродуктів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.seafood.com.ua/about?lang=uk>

74. Офіційний сайт ПрАТ «Чернігівриба» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://chernigivryba.com.ua/>

75. Пат. України на кор. модель 102331. Пристрій для соління рибної сировини за допомогою ультразвуку / Постнов Г.М., Чеканов М.А., Червоний В.М., Яковлев О.В. - № u201503932; Заявл. 24.04.2015; Опубл. 26.10.2015, Бюл. № 20. – 5 с.

76. Перетрухина А.Т. Микробиология сырья и продуктов из гидробионтов. – Мурманск: МГТУ, 1999. – 119 с.
77. Податковий кодекс України [Електронний ресурс] : Закон України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>
78. Подсевалов В.Н. Зависимость между концентрацией и плотностью раствора поваренной соли / В.Н. Подсевалов // Рыбное хозяйство. – 1979. – № 5. – С.58.
79. Попов А. В. Посол рыбы шприцеванием / А. В. Попов // Рыбное хозяйство. – 1956, №12. – С.31-34.
80. Поротиков А.Г. Исследования процессов просаливания океанических рыб / А. Г. Поротиков, А. Г. Гельман // Тр. АтлантНИРО. – 1976. – Вып.59. – С. 100-104.
81. Поротиков А. Г. Исследование массопереноса в системе рыба-тузлук-соль при просаливании рыбы и длительном хранении готовой продукции / А. Г. Поротиков // Прогрес. технол. пр-ва пресервов, солен. и копчен. рыбопродукции. - Калининград, 1988. – С. 24-42.
82. Посол, режим процесса, сокращение продолжительности посола. – М.: ЦНИИТЭИРХ, 1987. – 18 с.
83. Постнов Г. М. Автоматизація вимірювання акустичної потужності ультразвукової установки за допомогою калориметричного методу / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов // Матеріали 73-ї наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті».–К. : НУХТ, 2007. – Ч.2. – С.17.
84. Постнов Г.М. Аналіз сучасних технологічних рішень та обладнання для реалізації процесу соління рибної сировини / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, О. В. Яковлев // Recueil des exposes des participants de la VII Conference internationale scientifique et methodique. «Les problemes contemporains de la technospere et de la formation des cadres d'ingenieurs» sur l'île a Sousse du 08 au 17 octobre 2013. – Donetsk UNTD (Tunis), 2013. – С. 209-213.

85. Постнов Г. М. Визначення енергії ультразвукових коливань, що розсіялась під час ультразвукової обробки м'ясної сировини / Г. М. Постнов, А. О. Пак, М. А. Чеканов // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: Зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Вип. 1 (10), Харків, ХДУХТ – 2009. – С. 518-523.

86. Постнов Г. М. Визначення інтенсивності випромінювання акустичної потужності ультразвукової установки / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, Д. А. Нечипоренко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2009. – Вип. 1 (9). – С. 238-243.

87. Постнов Г. М. Дослідження впливу ультразвуку частотою 22 кГц на м'ясо крупної рогатої худоби з великим вмістом з'єднувальної тканини / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування : зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2004. – С. 361-367.

88. Постнов Г. М. Економічна ефективність упровадження ультразвукового апарата для соління риби / Г.М. Постнов, О. А. Круглова, В. М. Червоний, О. В. Яковлев // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування : зб. наук. праць / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2015. – Вип. 2 (22). – С. 114-123.

89. Постнов Г. М. Енергетичний вплив ультразвукової обробки на інтенсифікацію процесу соління океанічної риби / Г. М. Постнов, О. В. Яковлев, В. М. Червоний, М. А. Чеканов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2015 р. – Вип. 166. – С.180-186.

90. Постнов Г. М. Інтенсифікація внутрішнього масопереносу під час соління риби в полі ультразвукових хвиль / Г. М. Постнов, О. В. Яковлев // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Міжнародна науково-практична конференція, 14 травня 2015 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2015. – Ч. 1. – С. 254-256.

91. Постнов Г. М. Інтенсифікація процесу соління риби за допомогою ультразвуку / Г. М. Постнов, О. В. Яковлев // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : Тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., 22 травня 2014 р. : [тези у 2-х ч.]. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Ч. 1. – С.259-261.

92. Постнов Г. М. Обґрунтування нового способу соління рибної сировини з використанням ультразвуку / Г.М. Постнов, М.А. Чеканов, В.М. Червоний, О.В. Яковлев // Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві : Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 12-14 листопада 2014 р. : [тези] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.] ; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2014. – С. 75-76.

93. Постнов Г. М. Особливості застосування обладнання для промислового соління риби / Г. М. Постнов, О. В. Яковлев // Актуальні проблеми харчової промисловості: Матер. Всеукр. наук.-техн. конф., 8-9 жовтня 2013 р. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2013 – С. 99-100.

94. Постнов Г. М. Перспективы использования ультразвука на рыбоперерабатывающих производствах / Г. М. Постнов, Н. А. Чеканов, В. Н. Червоний, О. В. Яковлев // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник материалов конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 8-12 апреля 2013 г. – Кемерово: ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», 2013. – С. 792-794.

95. Постнов Г. М. Підвищення ККД ультразвукового апарата для розм'якшення м'ясної сировини / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса, 2006. – Вип. 28. – Т. 2. – С. 136.

96. Постнов Г. М. Постановка задачи для оценки внешнего массообмена при посоле рыбы с наложением ультразвуковых колебаний / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, О. В. Яковлев // Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства: тезисы Междунар. науч.-практ. конф., 16-17 октября 2014 г. – Алмати: АТУ, 2014. – С. 166-168.

97. Постнов Г. М. Соління рибної сировини як етап процесу її сушіння / Г. М. Постнов, О. В. Яковлєв, В. М. Червоний, М. А. Чеканов // Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини : Всеукр. наук.-практ. конф. до 25-річчя факультету обладнання та технічного сервісу ХДУХТ, 29 жовтня 2015 р. : [тези] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.] ; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х. : ХДУХТ, 2015. – С. 63-64.

98. Постнов Г. М. Требования к проектированию ультразвукового аппарата для посола рыбы / Г. М. Постнов, О. В. Яковлев // Современные технологии сельскохозяйственного производства. Агрономия. Защита растений. Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник научных статей по материалам XVIII Международной научно-практической конференции, 27 марта, 15 мая 2015 г. – Гродно: ГГАУ, 2015. - С. 316-317.

99. Постнов Г. М. Шляхи удосконалення способів соління рибної сировини океанічного походження / Г. М. Постнов, М. А. Чеканов, В. М. Червоний, О. В. Яковлєв // Рибне господарство України. – 2013. – № 2(85). – С. 52-58.

100. Потапов В. А. Кинетика сушки: анализ и управление процессом : монография / В. А. Потапов. – Харьков: ХДУХТ, 2009. – 250 с.

101. Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування [Електронний ресурс]: Закон України від 08.07.2010 р. № 2464-VI. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2464-17>.

102. Промтов М. А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М. А. Промтов // Вестник ТГТУ. – 2008. – Том №14. – №4. – С. 861-869.

103. Промтов М. А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества / М. А. Промтов. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 136 с.

104. Промысловые рыбы России. В двух томах / под ред. О. Ф. Гриценко, А. Н. Котляра и Б. Н. Котенёва. – М.: изд-во ВНИРО, 2006. – Т. 1. – 656 с.

105. Промысловые рыбы России. В двух томах / под ред. О. Ф. Гриценко, А. Н. Котляра и Б. Н. Котенёва. – М.: изд-во ВНИРО, 2006. – Т. 2. – 624 с.

106. Разработка аппарата для посола рыбы в поле ультразвуковых волн / Постнов Г. М., Яковлев О. В., Червоный В. Н., Чеканов Н. А. // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов X Международной научн.-техн. конференции, 23–24 апреля 2015 г., Могилев / Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия»; ред. кол.: А.В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: МГУП, 2015. – С. 224.

107. Риба заморожена. Технічні умови : ДСТУ 4868:2007. – [Чинний від 01-01-2009]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 19 с. – (Національні стандарти України).

108. Риби океанів і прибережних морів. Номенклатура біологічна і товарна : ДСТУ 4416:2005. – [Чинний від 01-07-2006]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 54 с. – (Національні стандарти України).

109. Риба океанічного промислу заморожена. Технічні умови : ДСТУ 4378:2005. – [Чинний від 01-07-2005]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 14 с. – (Національні стандарти України).

110. Романов А. А. Справочник по технологическому оборудованию рыбообработывающих производств : [в 2 кн.]. Кн. 1 : Оборудование для первичной обработки, разделки, замораживания рыбы, производства консервов и соленой рыбопродукции / А. А. Романов, Е. К. Строганова, И. Е. Зинина ; под ред. А. А. Романова. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 295 с.

111. Салтанова Н. С. Изменения белковых веществ сельди тихоокеанской при использовании нового способа биохимического созревания / Н. С. Салтанова, Е. Н. Вербя // Вестник ТГЭУ. – 2012. – №3. – С. 98-105.

112. Сафронова Т.М. Сырье и материалы рыбной промышленности / Т.М. Сафронова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 191 с.

113. Семенов Б.К. Диффузия соли и уксусной кислоты в сельди и их последующее влияние на мышечную ткань рыбы / Б. К. Семенов, А. А. Григорьев // Химия и технология пищевых продуктов. 1984. – № 24. – С. 18-24.

114. Сердобинцев С.П. Автоматика и автоматизация производственных процессов в рыбной промышленности / С. П. Сердобинцев – М.: Колос, 1993. – 334 с.
115. Сирохман І. В. Товарознавство рибних і морепродуктів : підручник / І. В. Сирохман, О. Я. Родак, М. К. Турчиняк. – Львів : Растр-7, 2014. – 487 с.
116. Смирнюк Н. І. Аналіз виробництва риби та рибної продукції в Україні на сучасному етапі становлення ринкових відносин / Н. І. Смирнюк, І. В. Буряк, Л. В. Товстенко // Рибогосподарська наука України. – 2013. – № 3. – С. 79-88.
117. Соколова З. С. Сборник задач по курсу «Технология молока и молочных продуктов» / З.С. Соколова. –М.: Пищевая промышленность, 1975 –198 с.
118. Солодовников К. А. Линия посола рыбы с периодической подачей тузлуку / К. А. Солодовников // Рыбное хозяйство. – 1984. – № 4. – С.67-69.
119. Стандарт Международной электротехнической комиссии МЭК, публикация 782, 1987 г., раздел 12, п. 12.1.
120. Стороженков В. Г. Распределение соли в рыбе в процессе опреснения // Рыбное хозяйство. – 1981. – № 8. – С.69-71.
121. Терентьев А. В. Автоматические механизированные линии для посола и уборки сельди на судах и на береговых предприятиях / А. В. Терентьев. – М.: Пищепромиздат, 1963. – 32 с.
122. Терентьев А. В. Основы комплексной механизации обработки рыбы / А. В. Терентьев. – М.: Пищевая пром-сть, 1969. –434 с.
123. Теумин И. И. Ультразвуковые волноводно-излучающие устройства / И. И. Теумин. -М., Машиз, 1963.
124. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник для вузов / В. В. Баранов, И.Э. Бражная, В.А. Гроховский и др.; под ред. А.М. Ершова. – М.: Колос, 2010. – 1064 с.
125. Товарознавство риби та рибних товарів : навч. посіб. / А. А. Дубініна, В. М. Онищенко, М. О. Янчева, Т. М. Попова, Р. Я. Томашевська. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 336 с.

126. Тюльзнер М. Технология рыбопереработки / М. Тюльзнер, М. Кох. – Пер. с нем. Е. А. Семеновой. – СПб.: ИД Профессия, 2011. – 404 с.
127. Уитон Ф.У. Производство продуктов питания из океанических ресурсов. В 2-х т. / Ф. У. Уитон, Т. Б. Лосон, под ред. и с предисл. В. П. Быкова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 765 с.
128. Ультразвуковое оборудование. Номенклатурный каталог (НК16.1-02). – М.: Информ-электро, 2002. – 44 с.
129. Федоткин И. М. Интенсификация технологических процессов пищевых производств / И. М. Федоткин, Б. Н. Жарик, Б. И. Погорельский. – К.: Техника, 1984. – 176 с.
130. Физика и техника мощного ультразвука. Т.1. Источники мощного ультразвука. / под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1967. – 382 с.
131. Физика и техника мощного ультразвука. Т.2. Мощные ультразвуковые поля / под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1968. – 270 с.
132. Физика и техника мощного ультразвука. Т.3. Физические основы ультразвуковой технологии / под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1967. – 690 с.
133. Хлебников В. И. Тепловая стерилизация мясных консервов / В. И. Хлебников //Обзорная информация ЦНИИТЭИмясомолпром. - 1982. - Вып. 6. - 40 с.
134. 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. ун-та, 2010. – 203с.
135. Хмелев В. Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелев, Г.В. Леонов, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2007. – 400 с.
136. Хмелев В. Н. Размерная обработка хрупких и твердых материалов / В. Н. Хмелев, Р. В. Барсуков, С. Н. Цыганок. – Барнаул: Алт ГТУ, 1999. –120 с.

137. Чеканов М. А. Використання ультразвуку в харчових технологіях / М. А. Чеканов, В. М. Червоний, Д. А. Нечипоренко // Технологія 2005 : VIII Всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та молодих вчених : тези доп. – Северо-донецьк, 2005. – С. 70–71.
138. Шендерюк В. И. Производство слабосоленой рыбы / В. И. Шендерюк. – М.: Пищевая пром-сть, 1976. – 175 с.
139. Шендерюк В. И. Разработка и совершенствование технологии слабосоленой рыбы, пресервов из новых и традиционных видов рыб Атлантического океана / В. И. Шендерюк. – Калининград: АтлантНИРО, 1977. – 241 с.
140. Шендерюк В. И. Кинетика перемещения воды в процессе просаливания и хранения рыбы / В. И. Шендерюк, А. Г. Поротиков // Тр. АтлантНИРО. – 1976. – Вып.64. – С.94-101.
141. Шерстюк В. Н. Физические методы обработки рыбы / В. Н. Шерстюк, П.Д. Беляев. – М. : Пищевая промышленность, 1971. – 248 с.
142. Экология и запасы некоторых промысловых объектов Атлантического океана. – Калининград: АтлантНИРО, 1985. – 176 с.
143. Экспертиза рыбы, рыбопродуктов и нерыбных объектов водного промысла. Качество и безопасность : учеб.-справ. пособие / В. М. Позняковский, О. А. Рязанова, Т. К. Каленик, В. М. Дацун; под общ. ред. В. М. Позняковского. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 311 с.
144. Электрофизические, оптические и акустические характеристики для 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.
145. Эльпинер И. Е.Биофизика ультразвука / И. Е. Эльпинер. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
146. Эльпинер И. Е. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие / И. Е. Эльпинер. – М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. – 420 с.
147. Юдицкая А.М. Микроскопическое исследование рыбы при посоле / А. М. Юдицкая // Тр. ВНИРО. Т. 40. - М – ВНИРО, 1969. – С. 67-73.

148. Яковлєв О.В. Визначення впливу ультразвукових коливань на кінетику середньої солоності океанічної риби під час соління / О.В. Яковлєв // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : Міжнародна науково-практична конференція, 8–11 вересня 2015 р. : [тези] / редкол.: Кюрчев В.М., Черевко О.І. [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2015. – С. 121-122.

149. Яковлєв О. В. Вплив ультразвукових хвиль на зміну коефіцієнта масовіддачі під час соління риби / О. В. Яковлєв, Г. М. Постнов, В. О. Потапов // 36. наук. пр. «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі». – Харків : ХДУХТ, 2015. – Вип. 1 (21). – С. 147-154.

150. Яковлєв О.В. Інтенсифікація зовнішнього масообміну під час соління риби за рахунок накладання ультразвукових хвиль / О.В. Яковлєв // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів, 2 квітня 2015 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2015. – Ч. 1. – С.351.

151. Яковлєв О. В. Шляхи інтенсифікації процесу засолу риби / О.В. Яковлєв // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів, 26 березня 2014 р. : [тези у 2-х ч.] / редкол. : О. І. Черевко [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2014. – Ч. 1. – С. 355.

152. Яковлев О. В. Эффективность влияния ультразвуковых колебаний на процесс внутреннего массопереноса при посоле рыбы / О. В. Яковлев, Г. М. Постнов, В. Н. Червонный /: Наука сегодня: теоретические и практические аспекты : сб. мат. III Междунар. научно-практ. конф. [Электр. ресурс]. – М.: Издательство «Перо», 2015. – С. 610-614.

153. Abbas Bakhiet H.H. Effect of different salt concentrations on chemical composition of the fish *Hydrocynus spp* / Abbas Bakhiet H.H. and Khogalie F.A.E. // Online J. Anim. Feed Res. – 2012. – Vol. 2(6). – P. 461–464.

154. Berk, Z. Food Process Engineering and Technology / Z. Berk. – Academic Press, San Diego, 2009. – 622 p.

155. Brás A. Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted–dried fish species / A. Brás, R. Costa // Journal of Food Engineering. – 2010. – Vol. 100. – P. 490–495.
156. Bratt L. Fish Canning Handbook Oxford: Wiley-Blackwell Publishing Ltd. , 2010. - 320 c.
157. Comeau M. New Topics in Food Engineering / M. Comeau. – New York: Nova Science Publishers, Inc., 2011. – 324 p.
158. Egbal O. Ahmed. Quality Changes of Salted Kass (*Hydrocynus forskalii*) During Storage at Ambient Temperature / Egbal O. Ahmed , Mohammed E. Ali and Ali A. Hamed // Pakistan Journal of Nutrition. – 2010. - № 9. – PP. 877-881.
159. Erdogdu F. (ed.) Optimization in Food Engineering / F. Erdogdu (ed.). – CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2009. – 787 p.
160. Filsinger, Beatriz E. Effect of pressure on the salting and ripening process of anchovies (*Engraulis anchoita*) / Beatriz E. Filsinger // J. Food. Sci. - 1987. - Vol. 52, N 4. – P.919-921.
161. Food Enrichment with Omega-3 Fatty Acids / C. Jacobsen, N.S. Nielsen, A. Frisenfeldt Horn and A-D. Moltke Sørensen. - Woodhead Publishing Limite, 2013. – P. 27–107.
162. Herring (*Clupea harengus*) intake influences lipoproteins but not inflammatory and oxidation markers in overweight men / Helen M. Lindqvist¹, Anna Maria Langkilde, Ingrid Undeland and Ann-Sofie Sandberg // British Journal of Nutrition / Volume 101 / Issue 03 / February 2009, pp 383-390.
163. Herring (*Clupea harengus*) supplemented diet influences risk factors for CVD in overweight subjects / H Lindqvist, A M Langkilde, I Undeland, T Rådendal and A S Sandberg // European Journal of Clinical Nutrition (2007) 61, 1106–1113.
164. 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.

165. Narayanaswamy, D. Penetration of sodium chloride during prolonged salting of fish : научное издание / D. Narayanaswamy, C. V.N. Rao, T. K. Govindan // Fish. Technol. - 1980. - Vol. 17, N 1. – P.63-64.
166. 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.
167. Postnov G., Chekanov M., Chervonyi V., Yakovliev O. Evaluation quality indicator process of salting fish using ultrasound // Actual problems and modern technologies of food products collection of works: International scientific-practical conference, 12-13 June 2014. – Kutaisi, Georgia: Akaki Tanksereteli state university. – P. 382-386.
168. Postnov G., Deynichenko G., Chekanov M., Chervony V., Yakovlev O. Physicochemical basis for intensification salted fish using ultrasound // Recent Journal (Romania). –Vol. 14(2013). – No. 4 (40). – P. 307-310 (Ulrich's Periodicals Directory, Index Copernicus).
169. Singh R., Introduction to Food Engineering / R. Singh, D. Heldman. – Academic Press, 2008. – 864 p.
170. Shirai N. Effect of season on the fatty acid composition and free amino acid content of the sardine *Sardinops melanostictus*. / N. Shirai, M. Terayama, H. Takeda. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology 131.3. – 2002. P, 387-393.
171. Smith P. Introduction to Food Process Engineering / P. Smith. – Springer, 2011. – 528 p.
172. Sorensen R. Influence of early processing (pre-rigor) on fish quality / R. Sorensen, R. Brataas, T.E. Nyvold, K. Lauritzen// Developments in Food Science. 1997. – Vol. 38. – P. 253–264.
173. Szymczak M. Comparison of physicochemical and sensory changes in fresh and frozen herring (*Clupea harrengus* L.) during marinating/ M. Szymczak// Journal of Science Food Agriculture. – 2011. – Vol. 91. – P. 68–74.

174. Szymczak M. Influence of salt concentration on properties of marinated meat from fresh and frozen herring (*Clupea harengus* L.) / M. Szymczak, E. Kołakowski, K. Felisiak // International Journal of Food Science and Technology. – 2012. – Vol. 47. – P. 282–289.
175. Toledo R.T. Fundamentals of Food Process Engineering. Third Edition / R.T. Toledo. – Springer Science+Business Media, LLC, 2007. – 627 p.
176. Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing / Hao Feng, Gustavo V. Barbosa-Canovas, Jochen Weiss. – Springer, New York, 2010. – 678 p.
177. Vieira M. Experiments in Unit Operations and Processing of Foods / M. Vieira, P. Ho. – Springer, 2008. – 192 p.
178. Wilhelm L.R. Food & Process Engineering Technology textbook / L.R. Wilhelm, D.A. Suter, G.H. Brusewitz. – Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 2005. – 298 p.

ДОДАТОК А
ПАТЕНТ

ДОДАТОК А.1
ПАТЕНТ УКРАЇНИ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ №102331



(11) **102331**(19) **UA**

(51) МПК (2015.01)
A22C 25/00
A23L 1/025 (2006.01)
A23L 1/237 (2006.01)

(21) Номер заявки: **u 2015 03932**
 (22) Дата подання заявки: **24.04.2015**
 (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **26.10.2015**
 (46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **26.10.2015, Бюл. № 20**

(72) Винахідники:
Постнов Геннадій Михайлович, UA,
Чеканов Микола Анатолійович, UA,
Червоний Віталій Миколайович, UA,
Яковлєв Олег Володимирович, UA

(73) Власник:
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ,
 вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051, UA

(54) Назва корисної моделі:

ПРИСТРІЙ ДЛЯ СОЛІННЯ РИБНОЇ СИРОВИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ

(57) Формула корисної моделі:

Пристрій для соління рибної сировини за допомогою ультразвуку, що складається із генератора ультразвукових коливань, магнітострикційних перетворювачів, робочої камери, системи охолодження перетворювачів, який відрізняється тим, що кожний перетворювач має концентратор та випромінювач, які розміщені всередині робочої камери, що має сітчастий кошик.



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102331** (13) **U**

(51) МПК (2015.01)

A22C 25/00**A23L 1/025** (2006.01)**A23L 1/237** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 03932 (22) Дата подання заявки: 24.04.2015 (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.10.2015 (46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.10.2015, Бюл.№ 20	(72) Винахідник(и): Постнов Геннадій Михайлович (UA), Чеканов Микола Анатолійович (UA), Червоний Віталій Миколайович (UA), Яковлев Олег Володимирович (UA) (73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ, вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051 (UA)
--	--

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ СОЛІННЯ РИБНОЇ СИРОВИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ**(57) Реферат:**

Пристрій для соління рибної сировини за допомогою ультразвуку складається із генератора ультразвукових коливань, магнітострикційних перетворювачів, робочої камери, системи охолодження перетворювачів. Кожний перетворювач має концентратор та випромінювач, які розміщені всередині робочої камери, що має січастий кошик.

U
102331
UA

UA 102331 U

Корисна модель належить до харчової промисловості та може бути використана при виробництві солоні та копчені риби - для соління рибної сировини під час її засолу на стадії дозрівання.

Відомий пристрій для соління рибної сировини "Ультразвуковий фітоміксер "Аленка", який містить генератор ультразвукових коливань, ультразвукову коливальну систему, яка складається з ультразвукового перетворювача, концентратора, робочого органу, стакана, на якому за допомогою кронштейна закріплено ультразвукову коливальну систему [1].

Недоліком цього конструктивного рішення є невелика потужність та невеликий об'єм оброблюваної сировини, що обмежує її використання.

Найбільш близьким до корисної моделі є пристрій для соління рибної сировини, який складається із генератора ультразвукових коливань, магнітострикційних перетворювачів, робочої камери, системи охолодження перетворювачів. В дно залізобетонної ванни вмонтовані магнітострикційні перетворювачі і активатор [2]. Посередині ванни уздовж довгої сторони знаходиться лист-перегородка з нержавіючої сталі, що створює умови для циркуляції розсолу по замкнутому контуру завдяки лопатевому активатору. Перетворювачі розташовані в шаховому порядку для рівномірного озвучування рибної сировини.

Пристрій працює наступним чином. Продукт розміщується всередині камери. Живлення магнітострикційного вібратора здійснюється від генератора. Ультразвукову ванну, в якій відбувається обробка рибної сировини ультразвуком, заповнюють сольовим розчином. Тривалість обробки вибирають в залежності від виду сировини і її кількості. Під час обробки рибної сировини ультразвуком інтенсивність їх випромінювання за об'ємом ванни розподіляється нерівномірно, тому рибу в ванні періодично перемішують.

До недоліків цього пристрою належать наступні явища - відбувається нерівномірне розподілення ультразвукової енергії та нерівномірне поглинання енергії ультразвукових коливань оброблюваною сировиною за об'ємом, що обробляється, внаслідок чого спостерігається активне поглинання енергії ультразвукових коливань м'язовою тканиною, теплова денатурація її білків, руйнування м'язових волокон рибної сировини, випресування вологи з поверхневих шарів м'язової тканини. Щоб сповільнити нагрівання зразків використовують примусове охолодження. Наведені недоліки ускладнюють конструкцію, підвищують металоємність та енерговитрати, призводять до погіршення якості соління та нерівномірної обробки рибної сировини.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для соління рибної сировини за допомогою ультразвуку, в якому досягається підвищення якості соління рибної сировини, інтенсифікації виробництва шляхом удосконалення найближчого аналога.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрої для соління рибної сировини, який містить генератор ультразвукових коливань, магнітострикційні перетворювачі, робочу камеру, системи охолодження перетворювачів, згідно з корисною моделлю, кожний перетворювач має концентратор та випромінювач, які розміщені всередині робочої камери, що має сітчастий кошик.

Відмінність даного пристрою полягає у зміні способу введення енергії ультразвукових хвиль в об'єм робочої камери за рахунок наявності в конструкції концентраторів і випромінювачів, наявності сітчастого кошику для обробки рибної сировини, а сам пристрій не має системи примусової циркуляції рідкого середовища. Наявність концентраторів забезпечує збільшення амплітуди механічних коливань від магнітострикційного перетворювача до випромінювача [3]. Розміщення випромінювачів всередині робочої камери забезпечує рівномірний розподіл ультразвукової енергії. Сітчастий кошик призначений для запобігання контакту рибної сировини з випромінювачем, рівномірного розподілу рибної сировини за об'ємом робочої камери та зменшення часу на технологічні операції завантаження та вивантаження рибної сировини.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням. На ньому зображена принципова схема пристрою для соління рибної сировини.

Пристрій для соління рибної сировини складається з корпусу 1, в якому закріплений генератор ультразвукових коливань 2, сім магнітострикційних випромінювачів 3, кожний з яких містить магнітострикційний перетворювач трансформаторного типу 5, конічний концентратор 7 та експоненційний випромінювач 8, які забезпечують підсилення амплітуди механічних коливань та введення їх в робочу камеру, відбивача 4, який забезпечує створення односторонніх ультразвукових коливань, корпусу 6, в якому монтується ультразвукова система магнітострикційного перетворювача, системи охолодження магнітострикційного перетворювача 11, робочої камери 10, в якій розташовано сітчастий кошик 9. Кількість магнітострикційних перетворювачів залежать від значення величини імпедансу оброблюваного середовища [3].

UA 102331 U

Пристрій працює наступним чином. Спочатку рибну сировину завантажують в сітчастий кошик 9, який розташований в робочій камері 10, та заливають підготовленим сольовим розчином. Потім вмикаються системи охолодження 11 магнітострикційного перетворювача 5 та живлення генератора. Струм підмагнічування надходить на обмотку магнітострикційного перетворювача 5, де відбувається перетворення енергії електричних коливань в енергію механічних коливань, які підсилюються в концентраторі 7, та за допомогою випромінювача 8 вводяться у внутрішній об'єм робочої камери 10. Випромінювання ультразвукових коливань відбувається в сольовий розчин, в якому розташована рибна сировина. В рідині при цьому виникає кавітація - створюються зони тиску і розрядження, оскільки в рідині тиск передається рівномірно та одночасно на всі сторони. Ультразвукові коливання при поширенні в рідині відбиваються від стінок сітчастого кошика 9, стінок циліндричного корпусу робочої камери 10 та від поверхні води (межа поділу фаз вода-повітря) практично повністю, та поглинаються рідиною і рибною сировиною. При цьому у рідині виникають ультразвукові мікропотоки, які на межі поділу фаз вода-тверде тіло (рибна сировина) інтенсифікують масообмінні процеси, шляхом зміни проникливості оболонок клітин білків м'язової тканини. По закінченні ультразвукової обробки рибну сировину із сітчастого кошика 10 вивантажують.

Рівномірний розподіл солі в солоній рибній сировині, що оброблена ультразвуком, пояснюється дією на неї одразу трьох чинників: знакоперемінного ультразвукового тиску, поглинанням ультразвукової енергії та дією ультразвукових кавітаційних мікропотоків.

Технічний результат, що досягається при використанні корисної моделі, полягає в підвищенні якості соленої рибної сировини, інтенсифікації процесу соління, заощадженні матеріальних ресурсів для виготовлення пристрою для соління рибної сировини.

Джерела інформації:

1. Хмелёв В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелёв, Г.В. Леонов, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов. - Барнаул: Алт.ГТУ. 2007-400 с.

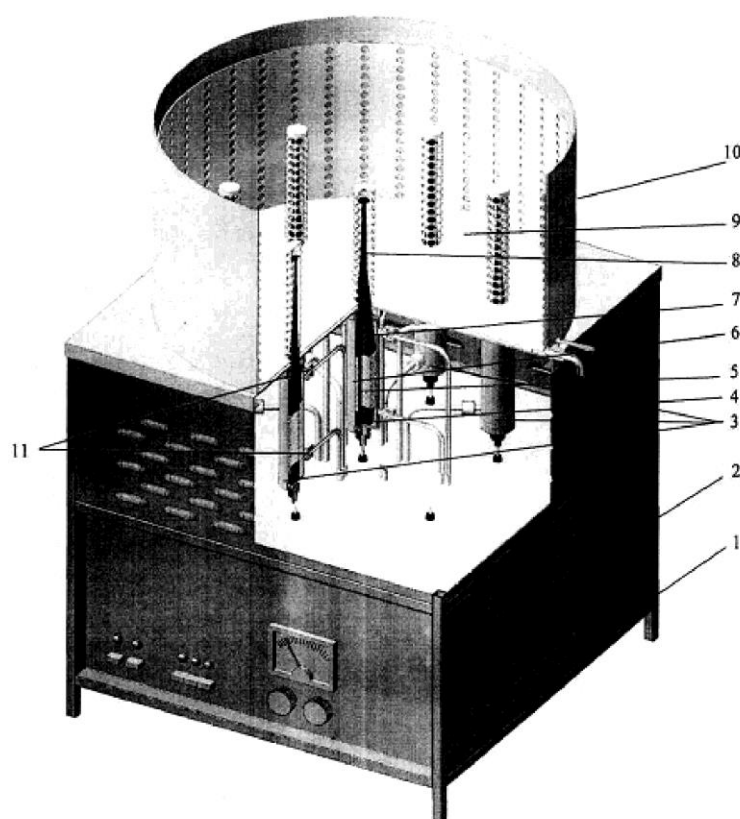
2. Шерстюк В.Н. Физические методы обработки рыбы / В.Н. Шерстюк, П.Д. Беляев. - М.: Пищевая промышленность, 1971. - 248 с.

3. Китайгородский Ю.И., Яхимович Д.Ф. Инженерный расчёт ультразвуковых колебательных систем -МЛ: Машиностроение, 1982. - 56 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Пристрій для соління рибної сировини за допомогою ультразвуку, що складається із генератора ультразвукових коливань, магнітострикційних перетворювачів, робочої камери, системи охолодження перетворювачів, який **відрізняється** тим, що кожний перетворювач має концентратор та випромінювач, які розміщені всередині робочої камери, що має сітчастий кошик.

UA 102331 U



Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

ДОДАТОК Б
АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ

ДОДАТОК Б.1

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВО

Міністерство освіти і науки України

Харківський державний університет харчування та торгівлі



ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи ХДУХТ

В.М.Михайлов

підпис

„ 30 ” 04 20 15 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ООО «Маріко»

П.І.Узун

підпис

„ 30 ” 04 20 15 р.



А К Т

ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник ООО «Маріко»

(найменування організації)

директор - Узун П.І.

(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджується, що результати роботи, яку виконано на тему
№ 2-15 Д «Розробка рекомендацій щодо використання
ультразвукових установок на рибопереробних підприємствах»
(0115U004037)

(найменування теми, № держ.реєстрації)

кафедрі устаткування харчової та готельної індустрії
ім. М.І.Беляєва Харківського державного університету харчування та
торгівлі

вартістю 5000.00 грн. (пять тисяч гривень 00 копійок)

(цифрами та прописом)

яка виконувалася з 06.02 20 15 р. по 30.04 20 15 р.впроваджені ООО «Маріко»

(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів Рекомендації щодо використання
ультразвукових установок для інтенсифікації процесу соління рибної
сировини

(експлуатація виробу, роботи, технології, виробництво виробу, роботи, технології,

функціонування систем)

2. Характеристика масштабу впровадження одиначне

(унікальне, одиначне, партія, масове, серійне)

3. Форма впровадження: Впровадження рекомендацій щодо
використання ультразвукових установок для інтенсифікації процесу соління
рибної сировини

Методика (метод) методичні рекомендації

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: _____

якісно нові

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація,

модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка _____

(вказати номер і дату актів

випробувань, найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:

-в промислове виробництво - на процесі посолу

(участок, цех/цехи, процес)

-в проектні роботи _____

(вказати об'єкт, підприємство)

7. Річний економічний ефект (розрахунок додається)

очікуваний не визначається тис.грн. _____

(від впровадження в проект)

фактичний _____ тис.грн. _____

у тому числі часткова (дольова) участь ВНЗу

тис.грн. _____

(% , цифрами і прописом)

8. Питома економічна ефективність впровадження

результатів _____ тис.грн. _____

9. Обсяг впровадження _____

що становить _____ від обсягу впровадження,

що покладено в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, який

розраховано по закінченні НДР: $E_{\text{гар.}} =$ _____ тис.грн.,а під час поетапного впровадження: $E_{\text{гар.}}$ _____ під час укладення

договору.

10. Соціальний і науково-технічний ефект Інтенсифікації процесу соління рибної сировини. Потенціальне зниження собівартості продукції.

(охорона навколишнього середовища, надр; оздоровлення та

Зниження енергоємності виробництва

покращення умов праці, удосконалення структури управління,

науково-технічних напрямків, спеціальні призначення і т.п.)

Примітка. Цей акт впровадження завіряється гербовою печаттю з боку Замовника і з боку Виконавця.

Додаток: 1. Розрахунок фактичного (очікуваного від впровадження а проект річного економічного ефекту, підписаний начальником планового відділу (начальником техніко-економічного відділу для НДР), технічного відділу, гл. бухгалтером (для розрахунків фактичного ефекту) і завірений гербовою печаттю.

2. Довідка про соціальний ефект, підписана начальником технічного відділу, начальником планового відділу, завірена гербовою печаттю.

ВІД ВНЗУ

Начальник НДС

(підпис)

Л.О.Чуйко

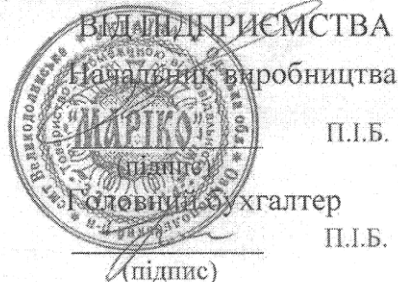
П.І.Б.

Керівник роботи

(підпис)

Г.М. Постнов

П.І.Б.



Міністерство освіти і науки України

Харківський державний університет харчування та торгівлі

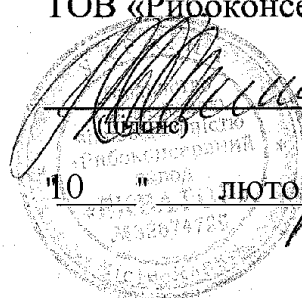
ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи

В.М. Михайлов
(ініціали, прізвище)

10 лютого 2016 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник підприємства
ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор»А.Д. Шубчик
(ініціали, прізвище)

10 лютого 2016 р.

АКТ
ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор»
(найменування організації)
директор Шубчик А.Д.
(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджується, що результати роботи, яку виконано на тему № 12-15-16 Б
«Інтенсифікація масообмінних процесів у харчових продуктах» (№ держ.реєстрації
0114U006534)

(найменування теми, № держ.реєстрації)
кафедри устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва
Харківського державного університету харчування та торгівлі

яка виконувалася з 01.01.2015 р. по 31.12.2016 р.

впроваджені у ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор»
(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів технологія соління риби океанічного промислу
(експлуатація виробу, роботи, технології;
за допомогою ультразвуку

виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

2. Характеристика масштабу впровадження одиначне

(унікальне, одиначне, партія, масове, серійне)

3. Форма впровадження:

Методика (метод) наглядна демонстрація

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нове

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка на базі промислових потужностей
(вказати номер і дату актів випробувань,

ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор»
найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:

- в промислове виробництво технологія соління риби океанічного промислу
(участок, цех/и, процес)

за допомогою ультразвуку

- в проектні роботи

(вказати об'єкт, підприємство)

7. Річний економічний ефект (розрахунок додається) не визначався

очікуваний _____ тис. грн. _____
(від впровадження в проект)

фактичний _____ тис. грн. _____
у тому числі часткова (дольова) участь ВНЗ

_____ тис. грн. _____

(%, цифрами і прописом)

8. Питома економічна ефективність впровадження

результатів _____ не визначалась _____ грн/грн. _____

9. Обсяг впровадження _____ не визначався

що становить _____ від обсягу впровадження,
що покладено в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, який розраховано по
закінченні НДР: Егар.= _____ тис. грн., а під час поетапного впровадження: Егар. під
час укладення договору.

10. Соціальний і науково-технічний ефект полягає у можливості розробки спеціалізованого обладнання для соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку,

(охорона навколишнього середовища, надр; оздоровлення та

що сприятиме покращенню якості солоної риби та її товарного вигляду,

покращення умов праці, удосконалення структури управління,

інтенсифікації процесу соління, зниженні матеріало- та енергоємності виробництва

науково-технічних напрямків, спеціальні призначення і т.п.)

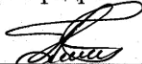
Примітка. Цей акт впровадження завіряється гербовою печаттю з боку Замовника і з боку Виконавця.

Додаток: 1. Розрахунок фактичного (очікуваного від впровадження а проект річного економічного ефекту, підписаний начальником планового відділу (начальником техніко-економічного відділу для НДІ), технічного відділу, гл. бухгалтером (для розрахунків фактичного ефекту) і завірений гербовою печаттю.

2. Довідка про соціальний ефект, підписана начальником технічного відділу, начальником планового відділу, завірена гербовою печаттю.

ВІД ЗАКЛАДУ ОСВІТИ

Зав. кафедрою


(підпис)

Дейниченко Г.В.
(ініціали, прізвище)

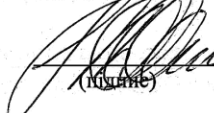
Керівник роботи


(підпис)

Постнов Г.М.
(ініціали, прізвище)

ВІД ПІДПРИЄМСТВА

Начальник планового відділу


(підпис)

(ініціали, прізвище)

Головний бухгалтер


(підпис)

(ініціали, прізвище)



Міністерство освіти і науки України

Харківський державний університет харчування та торгівлі

ПОГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи

В.М. Михайлов
(ініціали, прізвище)

" 16 " червня 2016 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник підприємства

ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор»

А.Д. Шубчик
(ініціали, прізвище)

" 16 " червня 2016 р.

А К Т
ВПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Замовник ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор»

(найменування організації)

директор Шубчик А.Д.

(П.І.Б. керівника організації)

Цим актом підтверджується, що результати роботи, яку виконано на тему № 12-15-16 Б
«Інтенсифікація масообмінних процесів у харчових продуктах» (№ держ.реєстрації
0114U006534)

(найменування теми, № держ.реєстрації)

кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва

Харківського державного університету харчування та торгівлі

яка виконувалася з 01.01.2015 р. по 31.12.2016 р.

впроваджені у ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор»

(найменування підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджених результатів технічна документація на апарат для соління

(експлуатація виробу, роботи, технології;

риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку

виробництво виробу, роботи, технології, функціонування систем)

2. Характеристика масштабу впровадження одиночне

(унікальне, одиночне, партія, масове, серійне)

3. Форма впровадження:

Методика (метод) наглядна демонстрація

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт: якісно нове

(піонерські, принципово нові, якісно нові, модифікація, модернізація старих розробок)

5. Дослідно-промислова перевірка на базі промислових потужностей

(вказати номер і дату актів випробувань,

ТОВ «Рибоконсервний завод «Екватор»

найменування підприємства, період)

6. Впроваджені:

- в промислове виробництво технічна документація на апарат для соління
(участок, цех/и, процес)

риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку

- в проектні роботи

(вказати об'єкт, підприємство)

7. Річний економічний ефект (розрахунок додається)

не визначався

очікуваний _____ тис. грн.

(від впровадження в проект)

фактичний _____ тис. грн.

у тому числі часткова (дольова) участь ВНЗ

_____ тис. грн.

(%, цифрами і прописом)

8. Питома економічна ефективність впровадження

результатів _____ не визначалась _____ грн/грн.

9. Обсяг впровадження

не визначався

що становить _____ від обсягу впровадження,
що покладено в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, який розраховано по
закінченні НДР: Егар.= _____ тис. грн., а під час поетапного впровадження: Егар. під
час укладення договору.

10. Соціальний і науково-технічний ефект полягає у можливості розробки

спеціалізованого обладнання для соління риби океанічного промислу за допомогою ультразвуку,

(охорона навколишнього середовища, надр; оздоровлення та

що сприятиме покращенню якості солоної риби та її товарного вигляду,

покращення умов праці, удосконалення структури управління,

інтенсифікації процесу соління, зниженні матеріало- та енергоємності виробництва

науково-технічних напрямків, спеціальні призначення і т.п.)

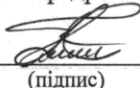
Примітка. Цей акт впровадження завіряється гербовою печаттю з боку Замовника і з боку Виконавця.

Додаток: 1. Розрахунок фактичного (очікуваного від впровадження а проект річного економічного ефекту, підписаний начальником планового відділу (начальником техніко-економічного відділу для НДІ), технічного відділу, гл. бухгалтером (для розрахунків фактичного ефекту) і завірений гербовою печаттю.

2. Довідка про соціальний ефект, підписана начальником технічного відділу, начальником планового відділу, завірена гербовою печаттю.

ВІД ЗАКЛАДУ ОСВІТИ

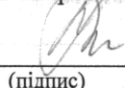
Зав. кафедрою


(підпис)

Дейниченко Г.В.

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

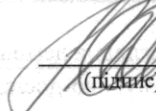

(підпис)

Постнов Г.М.

(ініціали, прізвище)

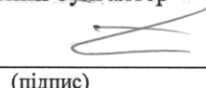
ВІД ПІДПРИЄМСТВА

Начальник планового відділу


(підпис)

(ініціали, прізвище)

Головний бухгалтер


(підпис)

(ініціали, прізвище)

ДОДАТОК Б.2
АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ
У НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС

УЗГОДЖЕНО

Перший проректор
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
к.е.н., професор

Л.М. Янчева

" 25 " травня 2015 р

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
д.т.н., професор

О.І. Черевко

" 25 " травня 2015 р.

УЗГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
д.т.н., професор

В.М. Михайлов

" 25 " 05 2015 р

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ № 3

результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у навчальний процес вищих навчальних закладів

Замовник Харківський державний університет харчування і торгівлі

найменування організації

ректор ХДУХТ д.т.н. проф. Черевко О.І.

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи

«Розробка рекомендацій щодо використання ультразвукових установок на рибопереробних
підприємствах, можливостей їх використання» № 2-15Д (0115U004037)

найменування теми, № держ. реєстрації

виконаної на кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва

найменування кафедри

виконуваної з 06.02.2015 по 30.04.2015 року

терміни виконання

впроваджені на кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва

найменування структурного підрозділу, де здійснювалося впровадження

1. Вид впроваджених результатів Рекомендації щодо використання ультразвукових
установок для інтенсифікації процесу соління рибної сировини
технологія, обладнання, методики, тощо

2. Форма впровадження рекомендації

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нове

піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модернізація старих розробок

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких викладені результати НДР

Дисципліна «Теплове обладнання» для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»

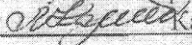
5. Соціальний і науково-економічний ефект Підвищення якості навчання

Керівник НДР


(підпис) проф. Постнов Г.М.
(ініціали, прізвище)

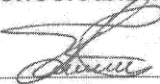
" " 2015 р.

Голова експертної ради по напрямку НДР
«Процеси, апарати, обладнання харчових
виробництв, холодильна техніка»

(назва наукового напрямку)
К.т.н. доцент  Карпенко Л.К.
(науковий ступінь (підпис) (ініціали, прізвище)
вчене звання)

" " 2015 р.

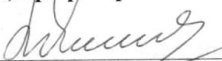
Відповідальний за впровадження


(підпис) Г.В. Дейниченко
(ініціали, прізвище)

" " 2015 р.

УЗГОДЖЕНО

Перший проректор
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
к.е.н., професор

 Л.М. Янчева
" 22 " 10 2015 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
д.т.н., професор

 О.І. Черевко
" 22 " 10 2015 р.

УЗГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
д.т.н., професор

 В.М. Михайлов
" 21 " 10 2015 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у навчальний процес вищих навчальних закладів**

Замовник Харківський державний університет харчування і торгівлі
найменування організації
ректор ХДУХТ д.т.н. проф. Черевко О.І.
П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи
«Інтенсифікація масообмінних процесів у харчових продуктах» № 12-15-16Б (0114U006534)
найменування теми, № держ. реєстрації

виконаної на кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва
найменування кафедри

виконуваної з 01.01.2015 по 31.12.2015 року
терміни виконання

впроваджені на кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва
найменування структурного підрозділу, де здійснювалося впровадження

1. Вид впроваджених результатів Патент України на корисну модель №102331
«ПРИСТРІЙ ДЛЯ СОЛІННЯ РИБНОЇ СИРОВИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ»
технологія, обладнання, методики, тощо

2. Форма впровадження візуальний супровід лекції

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нове
піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модернізація старих розробок

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких викладені результати НДР

Дисципліна «Патентознавство» для студентів за спеціальністю 8.0505313 «Обладнання переробних та харчових виробництв» напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»

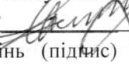
5. Соціальний і науково-економічний ефект Підвищення якості навчання**Керівник НДР**


(підпис) проф. Постнов Г.М.
(ініціали, прізвище)

" 20 " 10 2015 р.

Голова експертної ради по напрямку НДР
«Процеси, апарати, обладнання харчових виробництв, холодильна техніка»

(назва наукового напрямку)

К.т.н. доцент  Карпенко Л.К.
(науковий ступінь) (підпис) (ініціали, прізвище)
вчене звання)

" 20 " 10 2015 р.

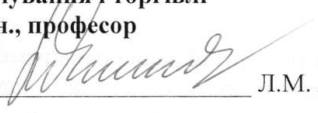
Відповідальний за впровадження


(підпис) В.В. Дуб
(ініціали, прізвище)

" 20 " 10 2015 р.

УЗГОДЖЕНО

Перший проректор
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
к.е.н., професор

 Л.М. Янчева

" 28 " 10 2015 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
д.т.н., професор

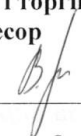
 О.І. Черевко

" 28 " 10 2015 р.



УЗГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
Харківського державного університету
харчування і торгівлі
д.т.н., професор

 В.М. Михайлов

" 27 " 10 2015 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

**результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у навчальний процес вищих навчальних закладів**

Замовник Харківський державний університет харчування і торгівлі
найменування організації

ректор ХДУХТ д.т.н. проф. Черевко О.І.

П.І.Б. керівника підприємства

Дійсним актом підтверджується, що результати науково-дослідної роботи

«Інтенсифікація масообмінних процесів у харчових продуктах» № 12-15-16Б (0114U006534)
найменування теми, № держ. реєстрації

виконаної на кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва
найменування кафедри

виконуваної з 01.01.2015 по 31.12.2015 року

терміни виконання

впроваджені на кафедрі устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва
найменування структурного підрозділу, де здійснювалося впровадження

1. Вид впроваджених результатів Апарат для соління риби
технологія, обладнання, методики, тощо

2. Форма впровадження візуальний супровід лекції

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нове

піонерське, принципово нове, якісно нове, модифікації, модернізація старих розробок

4. Перелік курсів і дисциплін, у рамках яких викладені результати НДР

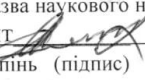
Дисципліна «Теплове обладнання» для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»

5. Соціальний і науково-економічний ефект Підвищення якості навчання**Керівник НДР**

 проф. Постнов Г.М.
(підпис) (ініціали, прізвище)

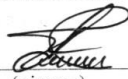
" 26 " 10 2015 р.

Голова експертної ради по напрямку НДР
«Процеси, апарати, обладнання харчових
виробництв, холодильна техніка»

(назва наукового напрямку)
К.т.н. доцент  Карпенко Л.К.
(науковий ступінь (підпис) (ініціали, прізвище)
вчене звання)

" 26 " 10 2015 р.

Відповідальний за впровадження

 Г.В.Дейниченко
(підпис) (ініціали, прізвище)

" 26 " 10 2015 р.