



УДК 636.085.55:639.3.043

Б.В. ЄГОРОВ, доктор техн. наук, професор, чл.-кор. НААН України, заслужений діяч науки і техніки України, зав. каф. технології комбікормів і біопалива, ректор ОНАХТ
Л.В. ФІГУРСЬКА, аспірант кафедри технології комбікормів і біопалива
 Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СПОСОБІВ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ ДЛЯ РИБ

У статті наведено аналіз технологічних способів виробництва комбікормів для цінних видів риб (форелі, лосося, коропа та ін.). Показано схеми виробництва комбікормів методами гранулювання, екструдкування, мікрокапсулювання, окатування, пасто утворення.

Ключеві слова: технології виробництва комбікормів для риби, комбікорми для риб.

The production by pelleting, extruding, microcapsulation are written in the article.

Key words: feed for fish, the technologies of productions fish feed.

Промислове рибництво на внутрішніх водоймах набуло в останні роки усе більшого значення і являється одним із джерел задоволення потреб людей у високобілкових продуктах харчування. Забезпечення риб повноцінними комбікормами є однією з найважливіших умов успішного індустріального рибництва. В умовах, коли риба позбавлена природної їжі, обмін речовин знаходиться під контролем людини і залежить від збалансованості, кількості і якості наданих рибі комбікормів.

У структурі світового виробництва комбікормів рибні комбікорми займають біля 3 % [1]. Разом з тим ціни на комбікорми для аквакультури у 1,5 і навіть до 10 разів (комбікорми для цінних видів риб) вищі за ціни на комбікорми для сільськогосподарських тварин і птиці. Це пов'язано з високим рівнем вмісту протеїну (30–55 %), ліпідів (12–35 %) і спеціальних добавок. Саме тому виготовлення комбікормів для риб – особливий виробничий процес, у якому якість і конструкція обладнання значно впливають на засвоюваність і конверсію комбікорму [2].

У зі зростанням зацікавленості українських підприємців до рибництва і прагнення виготовляти вітчизняні комбікорми для аквакультури, виникає потреба провести аналіз технологій виготовлення комбікормів для риб, визначити відповідність їх сучасним вимогам і розглянути шляхи удосконалення. Схема технологічного процесу виробництва комбікормів для риб повинна забезпечувати отримання готового продукту з показниками якості, які залежать від віку риби, способу її утримання і фізіологічних особливостей, притаманних певному виду риб.

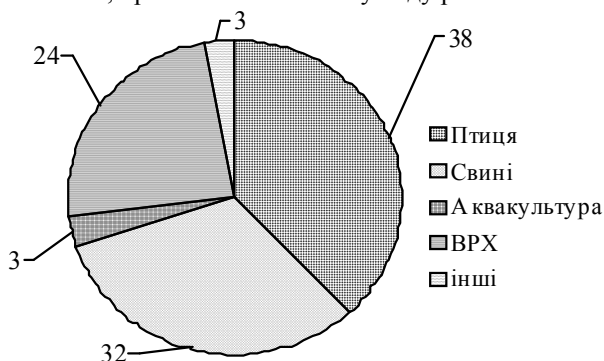


Рис. 1. Загальне виробництво комбікормів для різних видів (Gill, 2005, %).

На сьогоднішній день комбікорми для риб виготовляють в основному у екструдованому, експандованому і гранульованому вигляді. Пастоподібні комбікорми (для форелі) виготовляли у 70–80 рр., але із-за високого (до 50 %) вилугування водою поживних речовин від їх використання відмовилися. Особливості виробництва комбікормів для риб пов'язані з тим, що риби споживають комбікорми у агресивному водному середовищі. Тому до комбікормів для риб висувають підвищені вимоги – вони мають володіти високою водостійкістю, низькою крихкістю, бути високооднорідними, збалансованими і повноцінними за поживністю [4, 5]. Якщо порівнювати вимоги, що пред'являються до комбікормів для двох основних видів риб, які культивують в Україні – коропових і лососевих, то можна відмітити наступні відмінності: для комбікормів призначених лососевим ридам при садковому і басейному вирощуванні, показники набухності та водостійкості мають не таке велике значення, як для коропа, що обумовлено особливостями годівлі лососевих риб. У той же час комбікорми для лососевих повинні мати низьку швидкість занурення або утримуватися деякий час на поверхні води. Це зв'язано з тим, що процес годівлі лососевих риб відбувається при потраплянні комбікорму на поверхню води і під час зависання у воді [3, 4].

Розрізняють наступні способи виробництва комбікормів для риб: виробництво гранульованих комбікормів методом вологого або сухого пресування, з можливим наступним подрібненням гранул до крупки; пастоподібних комбікормів; екструдованих комбікормів; експандованих комбікормів; мікрокапсульованих комбікормів; виробництво комбікормів методом окатування. [4].

Основною технологією виробництва комбікормів для риб є технологія гранулювання. Традиційне сухе пресування передбачає наступне: розсіпний комбікорм здрибнюють, зволожують водою або паром вологості до 16-18 % (при вмісту муки рибної більше 20 % – до 13-14 %). Гранулюють комбікорм при тиску сухої пари 0,3-0,4 МПа і температурі 75-90° С. Для підвищення ефективності технологічного процесу виробництва комбікормів застосовують кондиціонування, що забезпечує рівномірне зволоження

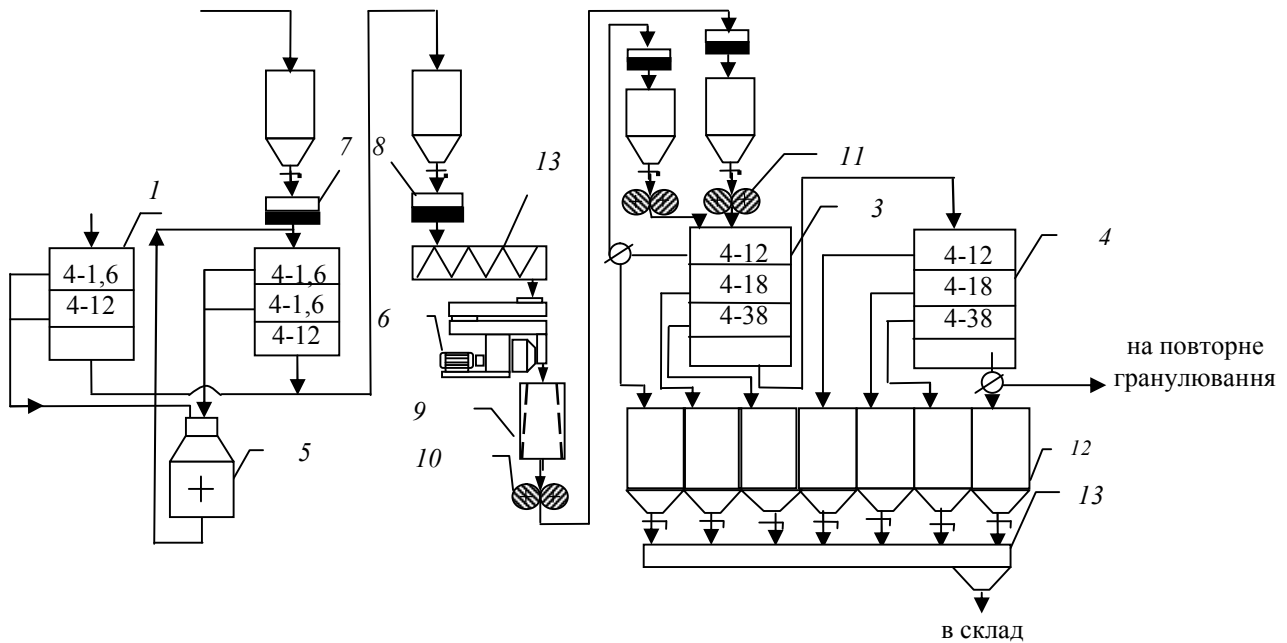


Рис. 2. Схема технологічного процесу виробництва комбікормової крупки для молоді цінних видів риб:
1,2,3,4 – розсійник ЗШМ-4, 5 – молоткова дробарка, 6 – гранулятор, 7, 8 – магнітний сепаратор,
9 – охолоджувач, 10, 11 – валковий здрібноувач, 12 – бункери готової продукції, 13 – шнек-змішувач

комбікорму, зниження питомих енерговитрат та підвищує міцність гранул [6, 7, 8, 9].

Технологія виготовлення комбікормів для риб методом вологого пресування полягає у зволоженні комбікормів до 28-30% та обробці у реакційно-змішувальній установці [6, 7]. Суміш гранулюють у пресах з кільцевою матрицею, сушать у віброкипячому шарі і охолоджують на віброохолоджувальному столі. Важливим процесом є набухання білкових речовин і утворення клейкої маси, яка заповнює порожнечу між сухими частками комбікормів, внаслідок чого покращується міцність гранул. Але високі енергозатрати зменшують використання даного способу.

Технологія виробництва комбікормів для молоді риб у вигляді крупки полягає у наданні готовому

комбікорму кінцевої форми та розмірів (Рис. 2.) [6].

Розсипний комбікорм просіюють у розсійниках 1, 2 (СП № 1,6 і сито капронове № 12 та СП № 2,0 і сито капронове № 12), сходові фракції з сит подрібнюють у молотковій дробарці 5 (отвори сит 2,0-3,0 мм) до розмірів частинок 0,08-0,3 мм. Продукти здрібнення подають до розсіву 2.

Проходи з розсійників об'єднують і подають у змішувач безперервної дії 13, в який можна подавати рідкі добавки з витратного бака. Підготовлену суміш подають на гранулювання 6 (матриці Ø 4,7 мм). Параметри гранулювання: тиск пару 0,2-0,3 МПа, температура 60-70 °С. Вміст вологи у суміші повинен становити 12,0...14,0%. Гранули охолоджують у вертикальному охолоджувачі 9 і подрібнюють у валковому здрібноувачі 10, 11. Подрібнені гранули просіюють у розсійнику 3. Схід верхнього сита розсійника 3 доздрібнюють. Прхід з розсійника 3 подають на розсійник 4. Після просіювання в розсійниках отримують крупку шести різних класів крупності. Недоліками способу є отримання фракцій комбікормів різного хімічного складу, який важко спрогнозувати. Досвід втілено на експериментальному комбікормовому заводі у м.Ростов-на-Дону [6, 7].

Технологію відцентрового гранулювання застосовували для виготовлення стартових комбікормів для цінних видів риб на Белгородському КХП [10]. Попередньо здрібнену кормосуміш (залишок на ситі 0,15 мм – 3%,

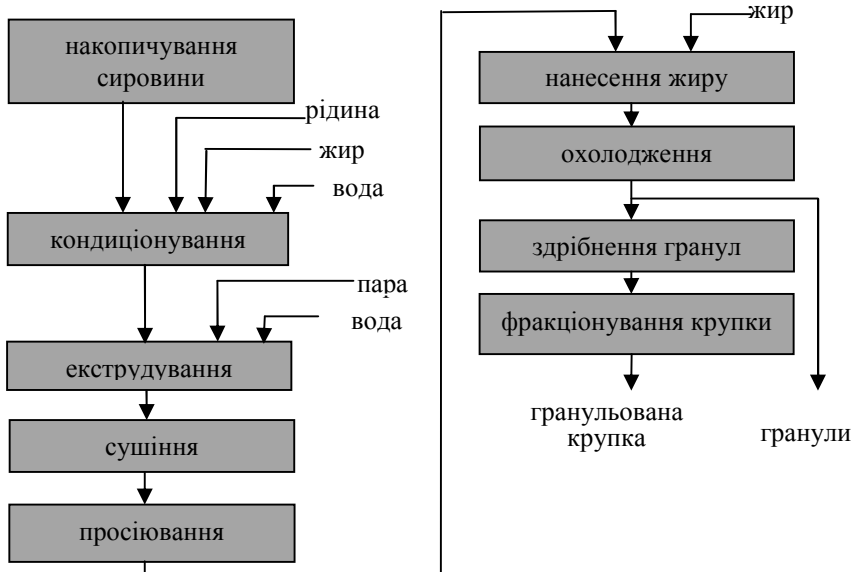


Рис. 3. Схема дослідно-промислової лінії виробництва комбікормів для риб способом екструдуння.

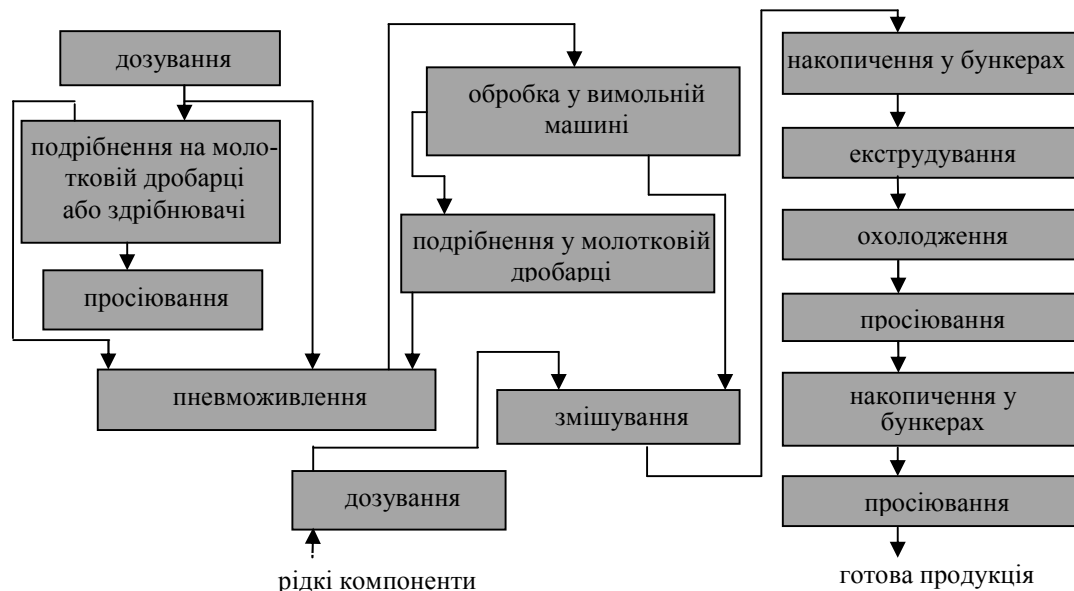


Рис. 4. Блок-схема технологічного процесу виробництва комбікормів для цінних видів риб шляхом екструдуювання (фірми «КАНЛ») [13].

на ситі 0,08 мм – 45 %) подають у бункер. До баку для розчинення зв'язувальних речовин (крохмалю, альгінату натрію, пектину та ін.) подають воду (40-60° С). Звідти розчин поступає у бак для перемішування. Живильний пристрій подає продукт у відцентровий гранулятор, який складається з дисків зі шпильками. Одночасно у гранулятор подають (тиск $p=0,15-0,20$ МПа) розчин для зв'язування (10-30 %). Розчин містить зв'язувальну речовину у кількості 0,1-5 %. Шляхом безперервного обертання диска зі шпильками проводиться відцентрове гранулювання: частинки продукту, потрапляючи на диск, відкидаються за рахунок відцентрової сили до периферії і одночасно піддаються дії шпильок. У результаті утворюються округлі гранули. Метод енерговитратний.

Технологію мікрокапсулювання здійснюють у апаратах періодичної дії [11, 6, 7]. Процес полягає у нанесенні на поверхню готового комбікорму водозахисного покриття, яке утворюється за допомогою плівкоутворюючих речовин у псевдозрідженому стані. Готовий рецепт комбікорму для надання форми і розмірів подають на лінію мікрокапсулювання. Технологічний процес передбачає наступні операції: зважену порцію комбікормової крупки або розсипного комбікорму завантажують у бункер, який сполучений з пневмоциліндром. За допомогою вентилятора і заслінки суміш доводять до стану псевдозрідження ($p=0,15-0,28$ МПа). Частинки комбікорму знаходяться у завислому стані в турбулентному потоці повітря, у цей момент за допомогою насоса і форсунок в робочу зону розпилюється розчин плівкоутворюючої речовини (КМЦ, желатин, клей та ін.). Сушать комбікорм у потоці гарячого повітря. Отримують кулясті гранули з дрібнодисперсного комбікорму. Розмір отриманого продукту залежить від розмірів крапель рідини, яку розпилюють. Перевагами мікрокапсулювання є мінімальні втрати комбікормів при годівлі риб, висока водостійкість гранул (більше 3 год.) та час набування у воді (10-20 хв.). Але спосіб дорогий.

Комбікорм-окатиші виготовляють на дискових грануляторах [12]. Зволожений на 8-10 % комбікорм поступає всередину барабана гранулятора, який здійснює обертальний рух. Частинки комбікорму під дією відцентрових сил окатуються (біля 20 сек.) і утворюється гранула. Далі гранули сушать у кип'ячому шарі, фракціонують за крупністю. Робоча тарілка дискового

гранулятора має діаметр 1500 мм і нахилена під кутом 30-55°. Метод забезпечує отримання гранули з високою водостійкістю і тривалим часом набуванням (до 2 год.). Розмір сферичних гранул від 1,5 до 9 мм залежить від тривалості процесу. Але із-за низької продуктивності пресів, низької перетравності комбікормів, значного варіювання розмірів гранул, використання енергоємного процесу сушіння, необхідності тонкого здрібнення сировини, технологія не отримала широкого використання.

Сьогодні найпоширенішим способом виготовлення комбікормів для форелі є екструдуювання і експандування. Типова схема виробництва комбікормів для форелі, розроблена у ОНАХТ за часів СРСР, приведена на Рис. 3 [10].

Технологія сухого екструдуювання передбачає: розсипний комбікорм (вологість 16-20 %) подрібнюють на дробарці до діаметру часток 1,5-2 мм, подають у змішувач, де змішують з рідкими компонентами до вологості 20 %. Суміш екструдують, сушать, охолоджують, контролюють за крупністю, пакують.

Удосконалена сучасна схема виробництва комбікормів для форелі фірми «КАНЛ» передбачає кондиціонування комбікорму перед екструдуюванням, гранулюванням екструдованого комбікорму з можливістю подальшого подрібнення до крупки для отримання гранул потрібного розміру та можливість нанесення рідини на поверхню комбікорму (Рис. 4). Разом з тим сушіння готового продукту потребує значних енерговитрат, що призводить до подорожчання процесу виробництва і підвищення ціни готової продукції.

Згідно технологічних схем, екструдують як розсипний комбікорм, так і виключно окремі його компоненти. Згідно технології (Рис. 5) для покращення процесу екструдуювання попередньо вилучають олію у першій частині екструдера, екструдовані компоненти для надання потрібних розмірів гранулюють, усі термолабільні компоненти наносять на поверхню гранул [13].



З метою зменшення кількості рибної муки у складі форелевих комбікормів у рецептах використовують субпродукти, боєнські відходи та інші високобілкові відходи. Це обумовило розробку нової лінії виробництва комбікормів для форелі (Рис. 6). Згідно схеми зернові культури і шроти разом подрібнюють, змішують з субпродуктами і мікродобавками, екструдується або гранулюють. Перед екструзуванням, згідно одного способу, комбікорм зволожують, згідно іншого, після гранулювання комбікорм сушать. Це збільшує енерговитрати на виробництво комбікормів [14]. Іншим шляхом використання субпродуктів є екструзування їх разом з наповнювачем.

Технологія екструзування наповнювача (зерносуміш, макуха, шроти, висівки) і білкової сировини (відходи м'ясо- і рибопереробки) була розроблена і запропонована американськими спеціалістами у 1995 р. як спосіб утилізації усіх харчових відходів у кормові продукти. Технологія екструзії утилізації біологічних відходів, розроблена компанією Wenger Manufacturing (США), включає попередню термообробку суміші в кондиціонері екструдера, екструзування з пропарюванням і сушіння екструдату [14, 15]. Необхідність операцій пропарювання і сушіння робить дорожчим і ускладнює процес, оскільки крім електроенергії потрібне застосування інших енергоносіїв (пари і газу).

Технологія компанії Insta Pro (США) не вимагає пропарювання, проте вологість отриманого екструдату перевищує 14-16%, оскільки зберігання продуктів такої вологості не допускається, для забезпечення достатньо тривалих термінів збері-

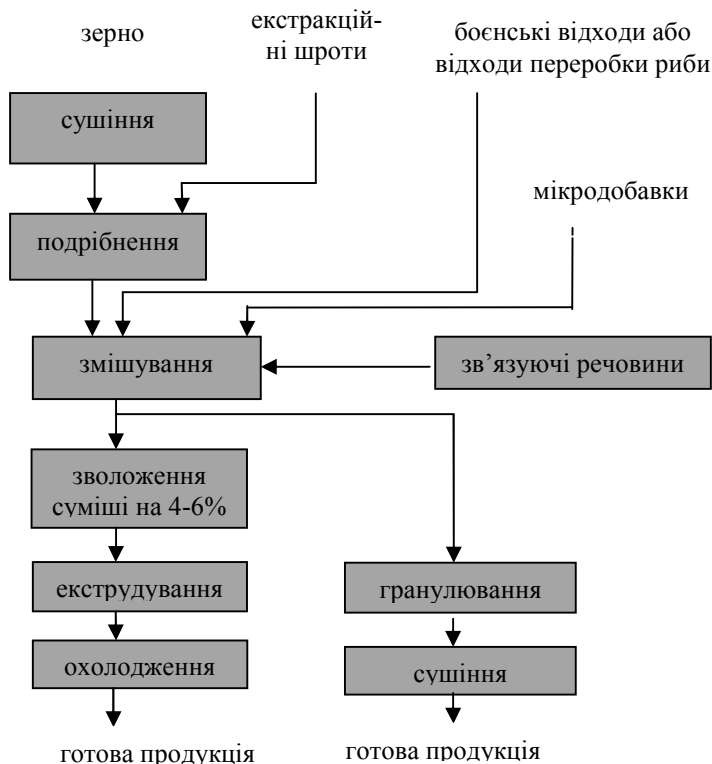


Рис. 6 Лінія виробництва комбікормів для форелі (Польща), Q=120 т/добу

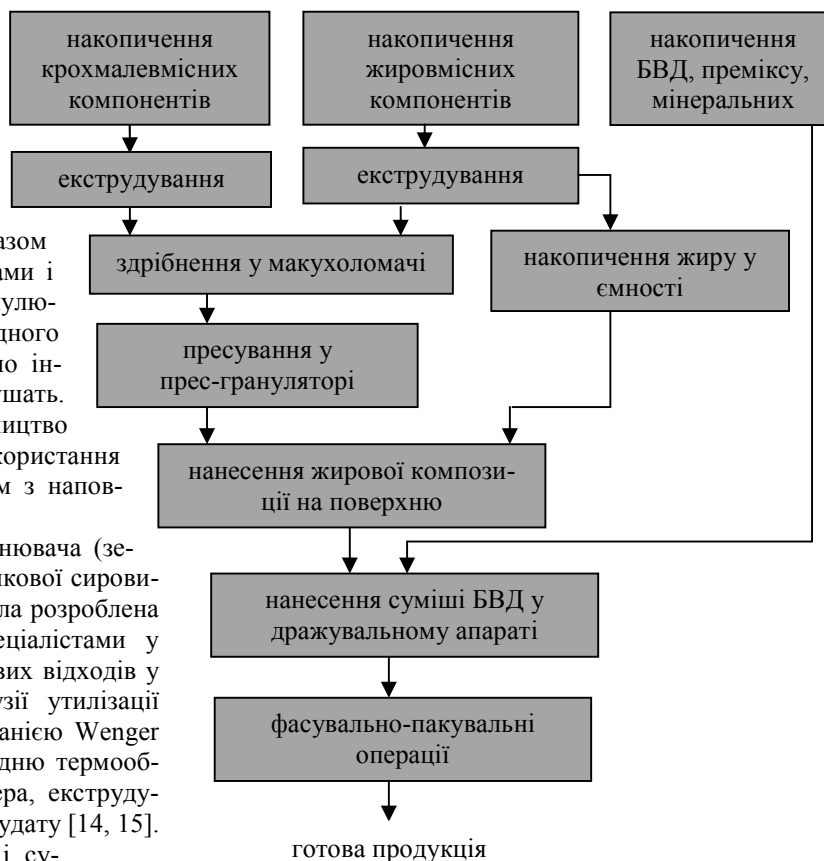


Рис. 5. Лінія виробництва екструдованих комбікормів [13].

гання екструдату також додатково підсушують. У залежності від виду наповнювача і відходів у результаті отримують кормову добавку з вмістом білка до 25% [14, 15].

Вміст вологи у готовому продукті залежить від вологості наповнювача і відходів, від пропорції їх змішування. При максимальному (50%) вводити у суміш відходів для отримання готової суміші вологістю 10-12% необхідно використовувати сушіння. При змішуванні відходів з наповнювачем у співвідношенні 1:3 після екструзування отримують екструдат вологістю до 15%. Але така суміш не підлягає тривалому зберіганню і використовується безпосередньо у господарстві-виробнику.

Недоліки вищезазначених технологій вдалося подолати колективу російських фахівців під керівництвом В. Плітмана, що запропонував спосіб примусового пневмовидову пари з екструдату. Повний технологічний процес складається з: подрібнення, змішування подрібненої маси в певній пропорції з рослинним наповнювачем, екструзії суміші, охолодження [10].

Оскільки покращення однорідності змішування компонентів – одне з найголовніших завдань у виробництві комбікормів для риб, обумовлене малими розмірами тіла, то не вирішеною залишається проблема отримання однорідної кормосуміші.

Нами було удосконалено технологію виробництва комбікормів для риб шляхом



збагачення зернової сировини рибним протеїном і формування попередньої суміші компонентів, що забезпечує не лише утилізацію високоцінних відходів риби чи малоцінної риби, а і високу однорідність змішування добавки, що у свою чергу забезпечує якість кінцевого продукту і його можна рекомендувати для використання у виробництві комбікормів для риб та молоді сільськогосподарських тварин [16, 17].

Комбікорми для молоді риб (діаметром до 1,5 мм) отримують методами спеціального екструдуювання, відцентрового гранулювання, мікрокапсулювання, мікрогранулювання або подрібнення гранул діаметром 3,2-4,5 мм, отриманих методом звичайного (найчастіше вологого) гранулювання. Парний гвинтовий екструдер дозволяє отримувати розміри частинок більше 1,5 мм, але на практиці він низькопродуктивний. Мікрогранулювання потребує застосування комплексу спеціального обладнання високої вартості. Розмір 1,5 мм для стартових комбікормів для риб – бар'єр, тому найбільші виробники повертаються до подрібнення гранул у крупку необхідних розмірів. Але, проблемою у випадку подрібнення гранул до крупки є однакова поживність частинок утвореної крупки, що призводить до отримання нестабільних результатів годівлі риби [18, 19, 20].

Принципово існує два рішення забезпечення комбікормами рибоводних господарств: виготовлення комбікормів на підприємствах, які розташовані територіально близько від господарств, у такому випадку комбікормові підприємства повинні бути спе-

ціалізовані до випуску продукції; будівництво спеціалізованих підприємств і цехів з виробництва комбікормів для риб [5, 6, 7]. У СРСР функціонувало 4 спеціалізовані заводи: Ростовський, Дніпропетровський, Чіназський і Белгородський. Загальним принципом побудови технологічних схем є: спочатку проводиться дозування і змішування усіх компонентів (окрім рідких), потім тонке здрібнення кормосуміші. Усі заводи мають по одній завантажувальній лінії, на якій проводять просіювання, попереднє здрібнення сировини, яка має розмір більше 15 мм.

Найпоширенішими є схеми, до складу яких входять наступні лінії: зберігання і подачі сировини у виробництво; підготовки сировини до ВТО; ВТО; сушіння і охолодження комбікорму; подрібнення комбікорму; контролю крупності готових гранул (крупки); нанесення рідких речовин на поверхню гранул; пакетування і зберігання готової продукції [21, 22].

Процес виробництва комбікормів для цінних видів риб («Andritz Sprout») на ЗАО «Гатчинський ККЗ» (Рис. 7) передбачає наступні лінії [21]: зберігання і подачі сировини у виробництво, підготовки сухих компонентів до екструдуювання, екструдуювання, сушіння екструдованого продукту, нанесення рідких компонентів і сухих на поверхню у вакуумному напилювачі, охолодження, пакетування і зберігання готової продукції.

Найпоширеніша схема технологічного процесу виробництва комбікормів для цінних видів риб пред-

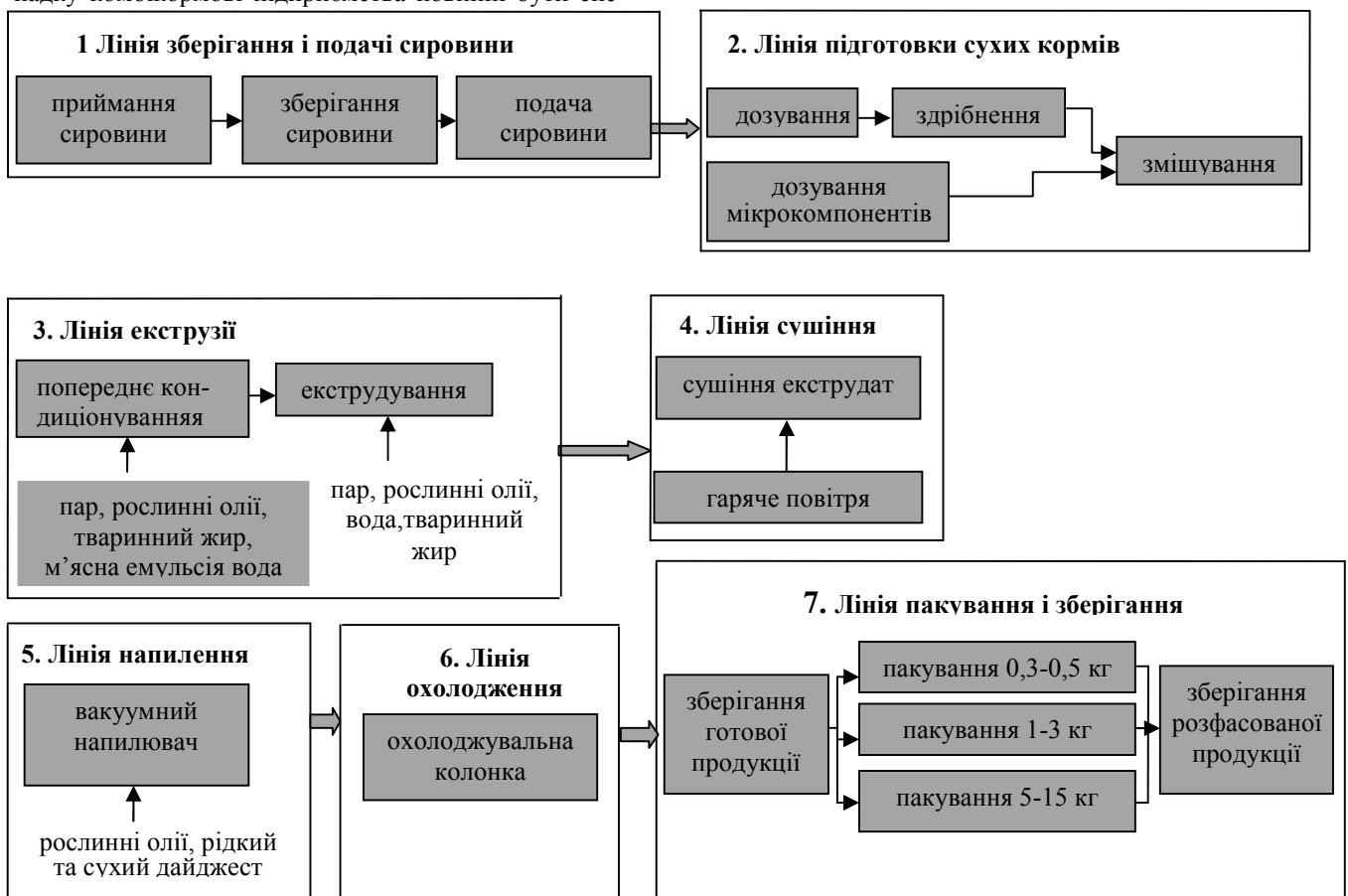
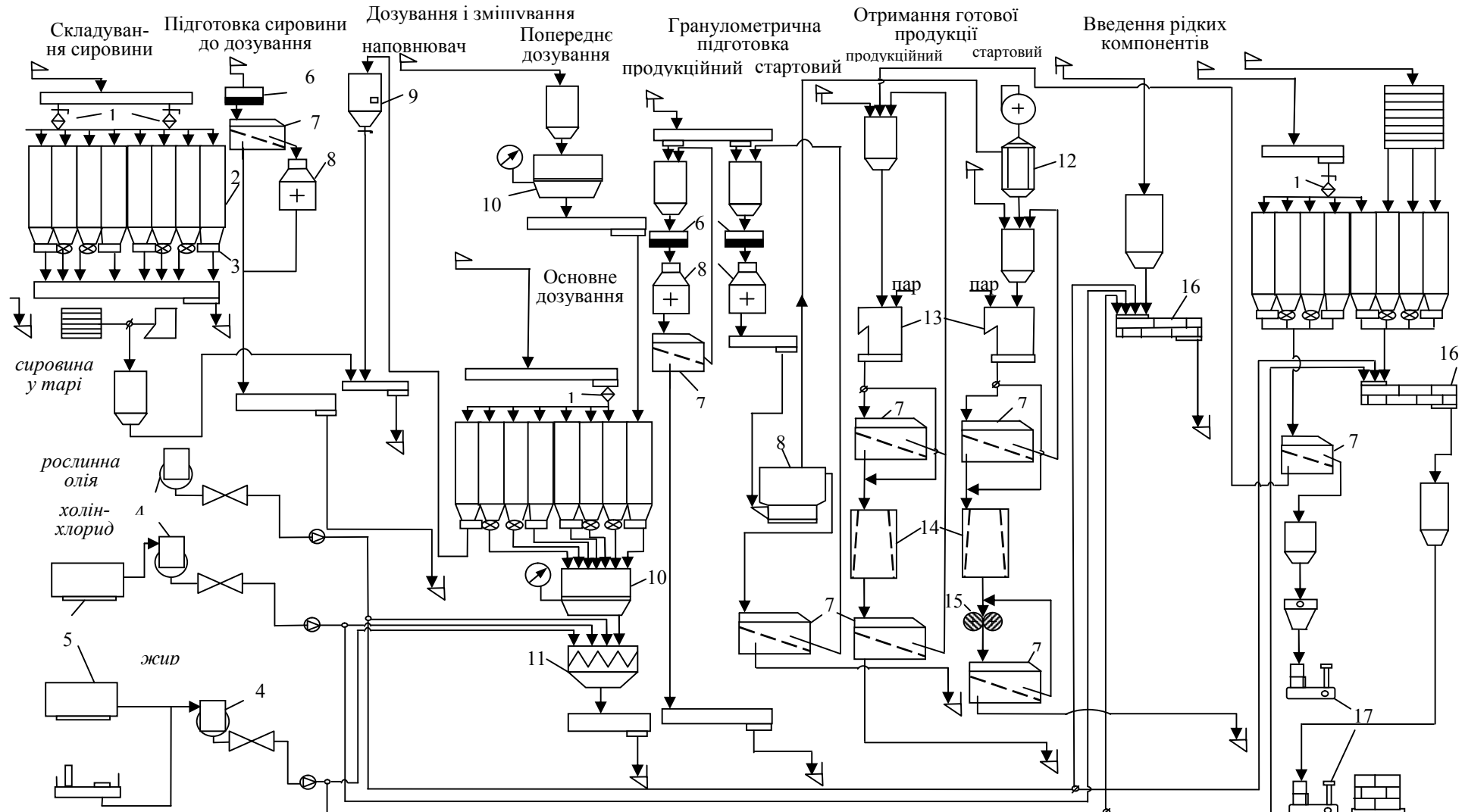


Рис. 7. Схема виробництва Andritz Sprout комбікормів для промислових риб (продуктивність 2,5 тис.т/міс) [21]



1-розподілювач, 2-бункери, 3-завижка, 4- бак витратний з підігрівом, 5- ємність, 6- магнітний сепаратор, 7- просіювальна машина, 8- дробарка, 9- ваги, 10- дозатор ваговий багатоконпонентний, 11- змішувач періодичної дії, 12- фільтр-циклон, 13- прес-гранулятор, 14- охолоджувач, 15- здрібнювач валковий, 16- змішувач періодичної дії, 17- фасувальна машина

Рис. 8. Схема технологічного процесу виробництва комбікормів для цінних видів риби [22, 23].



ставлена на Рис. 8. Відповідно до схеми здозовану порцію компонентів (зернові, шроти олійних культур) при потребі здрібнюють, подають у наддозаторні бункери лінії основного дозування. Упаковану сировину розтаровують, дозують, подають у наддозаторні бункери лінії основного дозування. Схемою передбачено нанесення рідких компонентів (холін хлориду, рослинної олії, жирів) у кілька етапів: у головний змішувач і на поверхню комбікорму. З головного змішувача порція потрапляє на лінію виробництва продукційних або стартових комбікормів. На кожній з ліній суміш подрібнюють, контролюють за крупністю, гранулюють, при потребі просіюють, охолоджують, гранули стартового комбікорму подрібнюють до крупки. На поверхню гранул (крупки) наносять рідкі компоненти у змішувачі періодичної дії, готову продукцію фасують.

Зазначена схема має ряд недоліків. Розглянуту схему технологічного процесу використовували для виготовлення комбікормів з вмістом жиру до 10 %. А вже у 70-80 рр. 20 ст. саме така кількість жиру була рекомендованою для введення у найжирніші форелеві комбікорми. Сьогодні зарубіжні комбікорми для цінних видів риби (форелі, лосося) відрізняються високим вмістом жиру (до 30 %) і саме така кількість є науково обґрунтованою. Але відповідно до схеми жир можна ввести у основний змішувач (до 3 %) та на поверхню комбікорму (до 7 %), це не забезпечує потрібної енергетичної цінності комбікорму і однорідності розподілення рідкого компоненту. Крім того не передбачено введення різних видів олій або приготування жирових композицій. А вже саме використання жирових композицій дає змогу повністю забезпечити необхідне співвідношення жирних кислот у складі комбікормів.

Також до складу рибних комбікормів входять компоненти у кількості від 0,5 % (лікарські препарати, ферменти) до 50 % (рибна мука для цінних видів та зернові для рослиноїдних), однорідне змішування яких не можливо забезпечити у змішувачі періодичної дії за один етап.

Провідні світові виробники до складу форелевих комбікормів включають побічні продукти рибопереробки (рибний жом) у кількості до 5-7 % (компанія

Waagbe, Skretting). Технологією не передбачено використання подібних компонентів.

Схемою не передбачено введення окремою лінією мікрокомпонентів, які входять у найменшій кількості до складу комбікормів (премікси, ферменти, лікарські препарати, каротиноїди, підкислювачі та ін.), точність дозування і однорідність змішування яких з іншими компонентами – запорука отримання збалансованої комбікорму для риби. Технологією не передбачено попередня теплова обробка порції до гранулювання, що підвищує навантаження на гранулятор, підвищує енерговитрати на виробництво комбікорму та не забезпечує високу міцність гранул. Не доцільним є використання ситового контролю після гранулятора, перед охолоджувачем, адже теплий комбікорм забиває сита, крім того передбачений контроль крупності після охолодження.

Отже, проведений аналіз технологічних способів виробництва комбікормів для риби, показує недоліки у схемах побудови технологічного процесу і неможливість забезпечення необхідної якості аквакомбікормів. Для виготовлення високоякісних комбікормів для риби, яких потребує ринок і які здатні конкурувати з зарубіжними комбікормами, варто удосконалити схему побудови технологічного процесу виготовлення комбікормів для риби з урахуванням зроблених зауважень, а саме:

1. Запропонувати спосіб побудови технологічного процесу виготовлення комбікормів для цінних видів риби, який забезпечує виготовлення готової продукції з вмістом жиру до 30 %. Забезпечити введення кількох видів жирів і олій шляхом підготовки жирової композиції для оптимального співвідношення незамінних жирних кислот у складі раціону.
2. Передбачити можливість введення до складу комбікормів побічних продуктів рибопереробки.
3. Покращити однорідність змішування комбікорму.
4. Передбачити введення окремою лінією мікрокомпонентів для точнішого дозування.
5. Для підвищення рівня засвоєння передбачити водно-теплову обробку зернових компонентів.
6. За відсутністю потреби, не використовувати ситовий контроль комбікорму безпосередньо після гранулятора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Albert G.J. Tacon Ph.D. State of information on salmon aquaculture feed and the environment / *Aquatic Resources, Culture & Development*, 2005. – 1-14 p.
2. Єгоров Б.В. Характеристика спеціальних комбікормів для годівлі форелі провідних європейських виробників / Б.В.Єгоров, Л.В.Фігурська // *Хранение и переработка зерна*. – 2011. – № 8. – С. 58-61.
3. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб: монография; ГОСНИОРХ; Санкт-Петербург, 2001. – 373 с.
4. Єгоров Б.В. Особливості виробництва та згодовування комбікормів для риби / Б.В. Єгоров, Л.В. Фігурська // *Матеріали міжнарод. конференції «Комбікорми», 1-2 червня 2010 р.* – К., 2011 – С. 23-26.
5. Жерновой С.В. Производство специальных комбикормов для рыб / С. Жерновой, Н. Черняев. – М.: Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований. Комбикормовая промышленность. Обзорная информация, 1991. – 38 с.
6. Єгоров Б.В. Технологія виробництва комбікормів. – Одеса: Друкарський дім, 2011. – 448 с.
7. Черняев Н.П. Технологія комбикормового виробництва. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
8. Желтов Ю.А. Кормление разновозрастных ценных видов рыб в фермерских рыбных хозяйствах / Ю.А. Желтов. – Киев : Фирма «ИНКОС», 2006. – 221 с.
9. Комбикорма для рыб: производство и методы кормления / Е.А. Гамыгин, В.Я. Лысенко, В.Я.Скляров, В.И. Турецкий. – М. : Агропромиздат. – 1989. – 168 с.
10. Севастьянов А.А. Технологія екструдирования комбикормов для рыб / А. Севастьянов, О. Румянцев. – М.: Министерство хлебопродуктов СССР. Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований, 1986. – 66 с.
11. Афанастев А.Г. Микрокапсулирование и некоторые области его применения А.Г. Афанастев – М. : Знание, 1982. – 62 с.
12. Хлюпин П. Гранулирование комбикормов методом окатывания / П. Хлюпин, И. Леоньев // *Комбикорма*, 2001. – № 7. – С. 18.



13. Эльсхоф Х. Производство кормов для рыб и домашних животных / Х. Эльсхоф // Комбикорма. – 2007. – № 3. – С. 29-30.
14. Кабушка В.Г. Переработка отходов животного происхождения на основе технологии сухой экструзии / Хранение и переработка зерна // № 9. – (75). – 2005. – С.48-50.
15. Кадыров А. Экструзионная переработка биологических отходов в корма / Д. Кадыров, А. Гарзанов // «Птицеводство». – №7. – 2008. – С.15-18.
16. Єгоров Б.В. Перспективи використання малоцінної риби у кормовиробництві / Б.В. Єгоров, А.П. Левицький, Л.В. Фігурська / Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – №1. – С. 39-42.
17. Пат. на корисну модель 62971 Україна, МПК А 23К 1/00. Спосіб виробництва кормової добавки / Єгоров Б.В., Фігурська Л.В.; заявник і патентовласник Одеська національна академія харчових технологій. – № u201101644; заявл. 14.02.2011; опубл. 26.09.11, Бюл.№18.
18. Breaking the 1.5 mm barrier // FEED INTERNATIONAL JULY, 1999, P. 26-29.
19. Domini S. Extruded crumble fish feeds / S. Domini // Feed international. – July. – 2000. – P. 26–27.
20. Simple shrimp feed extrusion / Feed international. – March. – 2002. – P. 28–30.
21. Влияние экспериментальных рыбных кормов производства Гатчинского ККЗ на физиологию форели. – 2008. Комбикорма № 1. – С. 55-56.
22. Афанасьев В.А. Система технологических процессов комбикормового производства. В.А. Афанасьев, А.И. Орлов – Воронеж, ВГУ, 2002. – 108 с.
23. Афанасьев В.А. Системный анализ технологических процессов комбикормового производства. – Воронеж ВГУ, 1999. – 112 с.

Надійшло 02.2012

Адреса для переписки:

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039



УДК 663.1:66.047.3.085

О.Г. БУРДО, д-р техн. наук, профессор,
И.И. ЯРОВОЙ, аспирант, Н.В. РУЖИЦКАЯ, аспирант, А.А. БОРЩ, аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Формулируется научно-техническая идея совершенствования сушильного оборудования. Обосновывается эффективность использования микроволнового подвода энергии в процессе сушки. Обсуждается схема экспериментального стенда, который укомплектован системой компьютерного сбора и обработки результатов исследований процесса сушки. Приведены результаты экспериментального моделирования сушки в электромагнитном поле. Представлена структура и технические характеристики разработанной ленточной сушилки с электромагнитным подводом энергии.

Ключевые слова: сушка, микроволновой и инфракрасный подвод энергии, ленточная сушильная установка.

A scientific and technical idea of improving the drying equipment is formulated. The effectiveness of using the microwave energy input during the drying process is substantiated. The experimental scheme of the stand, equipped with a computer system for collecting and processing the results of the drying process studies is discussed. The results of experimental modeling of drying under electromagnetic field action are given. The structure and technical specifications of the developed belt drier with electromagnetic energy input are presented.

Keywords: drying, microwave and infrared energy supply, belt drier.

Введение. Традиционно в пищевой и перерабатывающей промышленности широко используются технологии конвективной сушки, реализованные в разнообразных по конструкции сушилках: шахтных, ленточных, барабанных, в которых передача теплоты к сырью реализуется при помощи сушильного агента, через внешнюю оболочку продукта к внутренним слоям. Подробный анализ наиболее распространенных технологий конвективной сушки [1] показывает, что сушильное оборудование по энергоемкости, экологическим регламентациям, безопасности зернового продукта не отвечает современным требованиям. Традиционные подходы в технологиях сушки столкнулись с непреодолимым противоречием. С одной стороны, для интенсификации процессов тепло-массообмена требуется увеличивать скорость (т.е. расход) сушильного агента. С другой стороны, чем больше расход теплоносителя, тем больше теряется тепловой энергии с выбросами установки. Представляется, что выход для решения обозначенного противоречия связан с изменением принципов подвода энергии к зерну. Новая техническая идея, которая защищается в этой работе, основывается на 2 поло-

жениях [2]. Во-первых, следует снять с воздуха задачи теплоносителя, а оставить только задачи диффузионной среды, среды, которая обеспечивает эффективный «прием» влаги из продукта. Во-вторых, организовать объемный подвод энергии к продукту. Реализация первого положения позволит существенно сократить потери теплоты с отработавшим воздухом, а второго – серьезно сократить время процесса.

Обоснование принципа энергетического воздействия. Перспективным способом при организации процесса сушки является технология микроволновой (МВ) обработки сырья, имеющая целый ряд важных отличий от традиционных методов обезвоживания. МВ нагрев обеспечивает подвод энергии во всем объеме материала а температурой нагрева легко управлять. Интенсивность нагрева не зависит от агрегатного состояния материала - только от его диэлектрических свойств и напряженности МВ – поля создаваемого излучателем.

Микроволновый метод нагрева основан на воздействии на обезвоживаемый продукт интенсивного электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ). Источником энергии СВЧ генераторов явля-