

РЕФЕРАТ

Представлена магістерська робота на тему «**Обґрунтування технологічних параметрів подрібнювача зволоженого зерна**» складається з пояснювальної записки з викладенням стану питання та вибору напрямку досліджень, представленої методики та методів досліджень.

Мета магістерської роботи – обґрунтування конструктивно-режимних параметрів подрібнювача замоченого зерна сої для підвищення ефективності процесу приготування високобілкових кормів.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

1. Провести аналіз способів, технологічних схем і машин для приготування високобілкових кормів із зерна сої (соєвого молока), і визначити перспективний напрямок їх вдосконалення.
2. Розробити безвідхідну технологію приготування високобілкових кормів з розробкою конструктивно-технологічної схеми технічного пристрою, що дозволяє реалізувати пропоновану технологію.
3. Теоретично і експериментально обґрунтувати конструктивно режимні параметри пропонованої машини.
4. Визначити техніко-економічну ефективність використання розроблюваного пристрою.

Об'єкт дослідження – технологічний процес приготування високобілкових кормів для сільськогосподарських тварин на основі сої

Предмет дослідження – аналітичні та експериментальні залежності процесів стирання зерна сої з подальшою екстракцією білка в рідку емульсію.

Під час проведення наукового теоретичного дослідження за даною магістерською роботою використано методики математичного просторового моделювання, диференційного та інтегрального числення. Теоретичні моделі щодо стирання зерна сої розроблені на основі законів теоретичної механіки.

Експериментальні досліди та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу.

Ключеві слова: ДРОБАРКА, СИСТЕМА СЕПАРАЦІЇ, РЕШЕТА, ШВИДКІСТЬ ЗНОСУ, ТЕРМІН ВИКОРИСТАННЯ, РУЙНУВАННЯ, ОТВІР, ТЕРТЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1 Склад і поживність соєвого зерна	10
1.2 Аналіз способів обробки сої і отримання кормів на її основі	13
1.3 Аналіз способів отримання соєвого молока на корм тваринам	21
1.4 Огляд технічних засобів з виробництва соєвого молока.....	29
1.5 Висновки за розділом	33
2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	34
2.1 Безвідходна технологія отримання високобілкових кормів (соєвого молока) на основі зерна сої.....	34
2.2 Кінематика руху зерна сої по абразивній поверхні робочого органу	36
2.3 Кінематичний розрахунок подрібнювача.....	44
2.4 Програма і задачі проведення експериментальних дослідів	49
2.5 Опис експериментальної установки.....	49
2.6 Експериментальне обладнання, пристрої та апаратура.....	51
2.7 Експериментальне обладнання, пристрої та апаратура.....	52
2.8 Методика дослідження процесу подрібнення соєвого зерна і екстракції білка в емульсію	54
2.9 Висновки по другому розділі.....	56
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	58
3.1 Результати дослідження вимірювання фізико-механічних властивостей зерна сої від часу замочування	58
3.2 Дослідження надійності зернового матеріалу	59
3.3 Дослідження на щільність матеріалу	60
3.4 Оптимізація процесу подрібнення зерна сої з подальшою екстракцією білка	61

3.5 Висновок по третьому розділу.....	63
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩО ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	64
4.1 Екологічна експертиза.....	64
4.2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	65
4.3 Техніко-економічна ефективність результатів дослідження	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	75
Список використаних джерел	76

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Підвищення виробництва продукції птахівництва та тваринництва можливе за рахунок збільшення в кормах вмісту білкових компонентів.

Аналіз поживної цінності основних кормових культур, дозволить виявити, що найбільш ефективно використовувати в раціоні годівлі тварин сою, чи саме білок сої. Соя, цінна своїм унікальним за якістю та складом мінеральними речовинами, амінокислотами, рослинним білком, вміст якого значно перевищує інші зернові культури. Соя поширена сільськогосподарська культура і використовується, як в чистому виді після відповідної обробки, так і в комбікормах для годування майже всіх видів сільськогосподарських тварин. Основна цінність зерна сої, в порівнянні з іншими кормовими культурами, полягає в низькій вартості білка, який за своїм складом є відмінним аналогом дорогого тваринного білка.

Аналіз існуючої кормоприготувальної і роздавальної техніки показав, що серійні машини є металоємні, енергоємні, використовуються з низькою ефективністю, внаслідок недоліків організаційного, технічного і технологічного характеру, що неприйнятно в умовах ведення малих ферм, селянсько-фермерських і особистих підсобних господарств (СФГ і ОПГ).

На підставі наведеного, вдосконалення процесу виробництва високобілкових кормів на основі зерна сої є актуальним питанням.

Запропоновано конструкцію подрібнювача замоченого зерна сої, технічний результат якого спрямований в підвищенні якості подрібнення з розширенням функціональних можливостей за рахунок отримання подрібненої маси в дрібнодисперсному вигляді, зменшення енергоємності процесу, за рахунок перетирання зерна сої попередньо в замоченому вигляді.

Ступінь розробленості теми. Наукові дослідження технологій технічних пристроїв для приготування білкових кормів, проведені вченими В.П. Горячкіна, С.М. Мельниковим, А.А. Артюшина, І.З. Барааков, Б.І. Вагіним, В.Г. Гопко, С.М. Доценко, Г.М. Куктой, А.Т. Лебедєвим, Л.М. Куцина, С.В. Брагінець,

В.Ю. Фроловим, А.В. Бурмагой та іншими, стали основними при розробці та поліпшенню серійної техніки для приготування кормів.

Однак виявлено, що немає машин придатних для приготування цих кормів в умовах ведення малих, особистих підсобних господарств. Крім того, такі питання як рух зерна в замоченому вигляді по криволінійній борозні абразивної поверхні усіченого конуса, подрібнення (стирання) зерна в замоченому вигляді до дрібнодисперсного помелу абразивної поверхнею, екстракції білка в емульсію не вирішені.

Предмет дослідження - аналітичні та експериментальні залежності процесів стирання зерна сої з подальшою екстракцією білка в рідку емульсію.

Об'єкт дослідження - технологічний процес приготування високобілкових кормів для сільськогосподарських тварин на основі сої.

Мета роботи: обґрунтування конструктивно-режимних параметрів подрібнювача замоченого зерна сої для підвищення ефективності процесу приготування високобілкових кормів.

Робоча гіпотеза: попереднє замочування зерна дозволить зменшити енергоємність процесу на стирання, за рахунок зменшення міцності зерна, шляхом попереднього замочування у воді, а використання абразиву на дисках з криволінійними борозенками здійснить помел до необхідного дрібнодисперсного розміру часток, що забезпечить якісний вихід білка в екстрагент.

Завдання досліджень:

1. Провести аналіз способів, технологічних схем і машин для приготування високобілкових кормів із зерна сої (соевого молока), і визначити перспективний напрямок їх вдосконалення.

2. Розробити безвідхідну технологію приготування високобілкових кормів з розробкою конструктивно-технологічної схеми технічного пристрою, що дозволяє реалізувати пропоновану технологію.

3. Теоретично і експериментально обґрунтувати конструктивно режимні параметри пропонованої машини.

4. Визначити техніко-економічну ефективність використання розроблюваного пристрою.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики і теоретичної механіки. Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних умовах відповідно до апробованими методиками, і базувалася на теорії планування багатофакторного експерименту. Результати експериментальних досліджень оброблялися на ПК з використанням пакетів програм MathCad і Microsoft Excel.

І СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Склад і поживність соєвого зерна

Соє в порівнянні з іншими кормовими культурами є основним кормовим ресурсом, дозволяє забезпечити високу продуктивність тварин і птиці (рис.1.1).

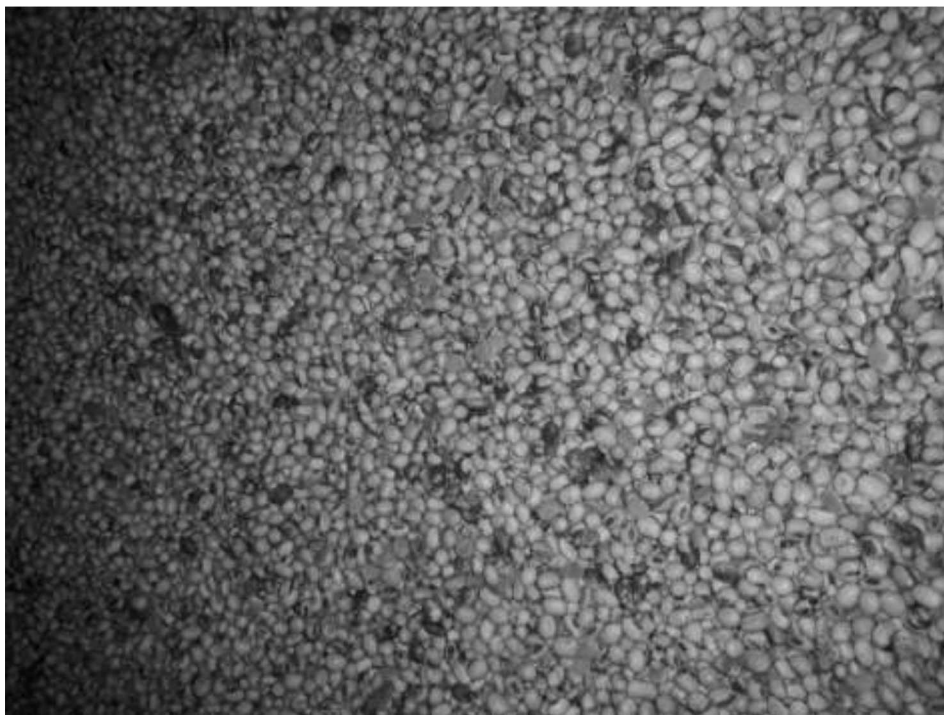


Рисунок 1.1 – Насіння сої отриманий на переробку

Багате зерно сої білком, амінокислотами і енергією після відповідної обробки йде як корм майже для всіх сільськогосподарських тварин, у вигляді цілісного зерна, соєвого молока, шроту, масла, макухи, борошна. Склад і поживна цінність сої та продуктів переробки представлені в таблиці 1.1

Соє багата на життєво необхідні для повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин мінеральними речовинами такими як: тіамін; рибофлавін; ніацин; піридоксин; пантотенова кислота, біотин, фолієва кислота, інозит, холін, альфа-токоферол, вітамін, натрій, калій, кальцій, магнію, фосфору, заліза, марганець, кобальт, каротин, тіамін, рибофлавін, ніацин і багатьма іншими мікроелементами.

Такий комплекс вітамінів і мікроелементів в раціоні годування тварин в істотній мірі збільшує біологічну цінність корму і безпосередньо дає позитивний вплив на збільшення продуктивності сільськогосподарських тварин і птиці.

Таблиця 1.1 –Склад і поживна цінність соєвого зерна і переробки

Показники	Види кормів			
	зерно	мука	макуха	шрот
В 100кг корма складається: К. О. кг	130,7	145,8	125	118,3
Перетравний протеїн, кг	29,2	34,1	34,8	36,0
На 1 К.О. приход. перетр. протеїну, кг	223	224	278	300
Склад в % вологість	11,4	9,2	14,9	14,6
Протеїн	33,2	38,3	38,7	40,0
Білок	28,1	33,4	38,3	38,3
Жир	15,3	19,7	9,8	2,0
Клітчатка	7,3	3,1	2,7	6,4
Безазотні екстрактивні складові	27,6	25,5	27,9	31,9
Зола	5,2	4,2	6,0	5,1
К-т пер. %, протеїну	88	89	90	90
Білок	88	89	88	90
Жир	85	90	88	95
Клітчатка	81	39	78	94
Безазотні екстрактивні складові	71	69	94	97

Нині вчені сходяться в єдиній думці, що протеїн який отримується організмом тварини з кормів повинно вистачати на забезпечення життєдіяльності рубцевих мікроорганізмів і безпосереднього самої тварини. Як правило, для повного засвоєння протеїну організмом тварини, необхідно застосовувати білки з високою розчинністю. У зв'язку з цим основним фактором підвищення засвоєння амінокислот організмом тваринного є підвищення ступеня розчинення білка.

Дослідження вчених свідчать, що показник протеїнового харчування при годуванні ВРХ розраховується від кількості потенційно засвоюваного протеїну на 1 корм. од.

Пропорція протеїну в діапазоні 1:6 - 1:8 є середнім, менше 1:6 і більше 1:8 - широким показником. Оптимальним діапазоном співвідношення протеїну в раціоні годівлі сільськогосподарських тварин прийнято рахувати 1:7. Загальновідомо, що продуктивність сільськогосподарського тваринництва безпосередньо залежить від засвоєного їм протеїну. Так, велика кількість засвоюваного протеїну в раціоні годівлі сільськогосподарських тварин забезпечить поліпшена засвоюваність органічного корму в цілому, так само азотистих з'єднань зокрема.

При цьому і надлишок, і недолік протеїну в раціоні годівлі сільськогосподарських тварин згубно впливає на продуктивність і загальний стан тварини. Так при надлишку протеїну в раціоні годівлі сільськогосподарських тварин зростає ризик виникнення авітамінозу, а при низькому вмісті білка падає продуктивність [8, 81].

Соя входить в четвірку світових культур, після пшениці, рису і кукурудзи. Спостерігається тенденція збільшення сівби сої в провідних світових експортерів такі як США, Бразилія, Аргентина, Парагвай, Канада і т.д. (рисунок 1.2)

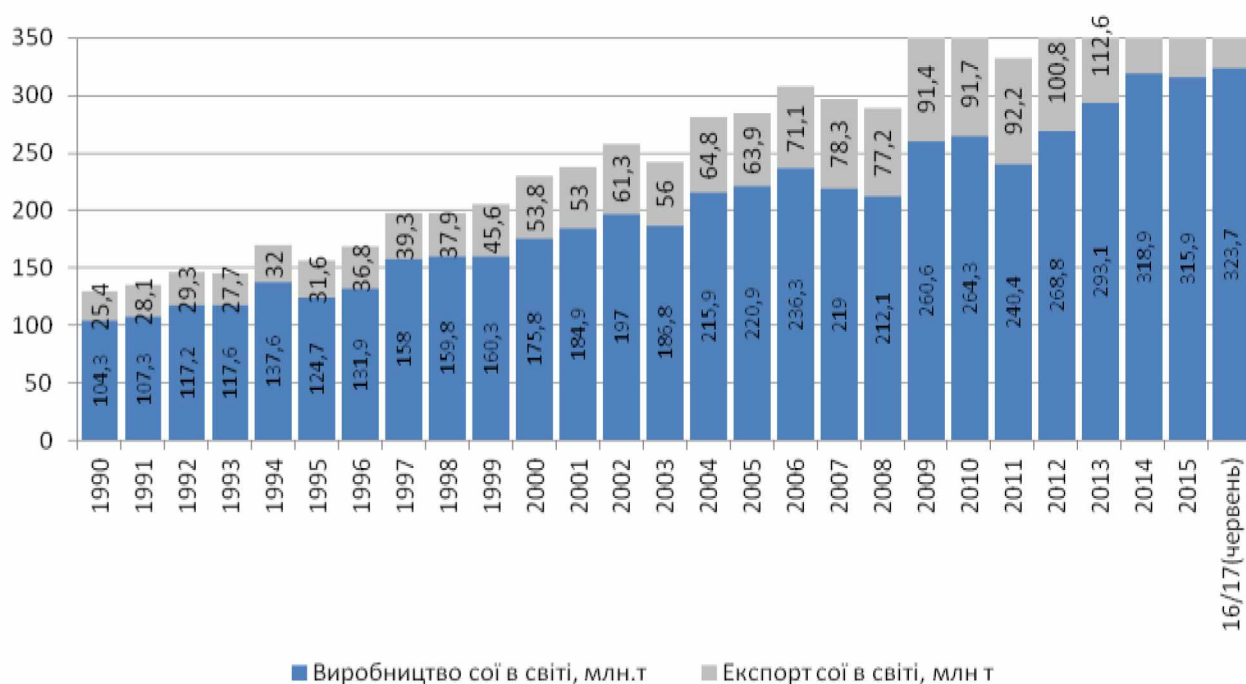


Рисунок 1.2 - Виробництво сої в світі [104]

Культивування сої на зерно набуло широкого поширення в Україні [21,38].

За останнє десятиліття і посівні площі і загальний валовий збір сої на зерно зросли. Так посівні площі, що віддаються під посів сої зросли в 2,7 рази, а загальний валовий збір виріс в 4.2 рази. При цьому з кожним роком зростає і врожайність. У 2016 році був зафіксований рекордний рівень валового збору сої на зерно в порівнянні з попередніми роками, він склав 3134 тис.т., хоча найбільші площі посіву були в 2015 році - 1531,8 тис. га (на 3,4% більше, ніж у 2014 році за даними експертні-аналітичного центру агробізнесу) (рисунок 1.3).

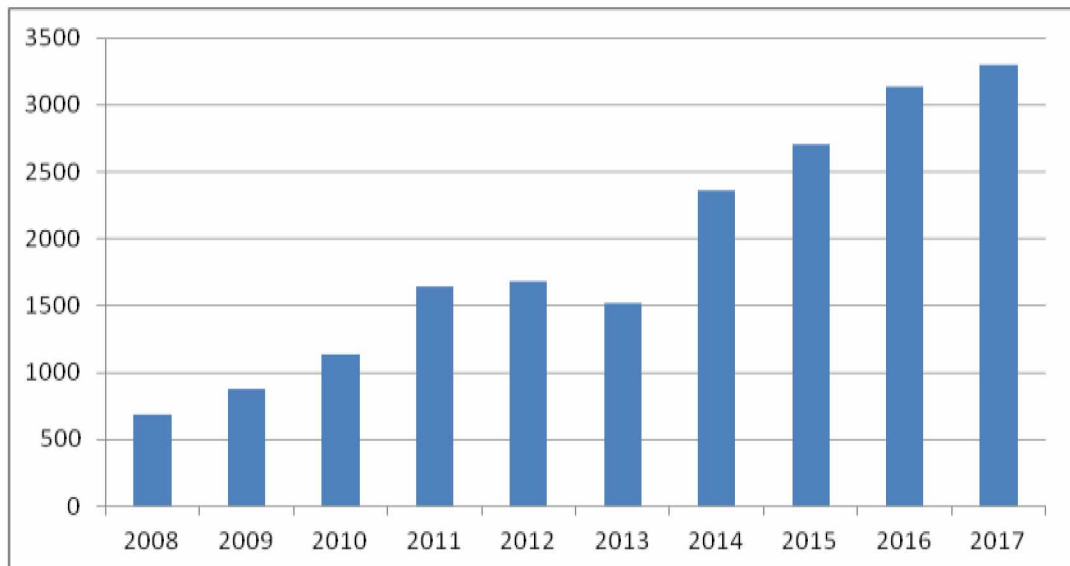


Рисунок 1.3 - Валові збори сої в 2008-2017 р, тис.т [104]

Якщо порівняти збір сої на зерно 2017 року до 2016 року, то можна спостерігати підвищення рівня валових зборів на 9.4%, тоді збори склали 3300 тис. тон. (рисунок 1.2). Підйом загальних валових зборів в країні пояснюється збільшенням площ більше 85% сої на зерно. Так за даними експертно-аналітичного центра агробізнесу в 2015 року зібрали 646,8 тис. тонн зерна. І тільки несприятливі погодні умови можуть нанести збиток в підприємства зерна, так в 2014 році несприятливі погодні умови понизили більше чим на 37% (чи на 382,6 тис. тонн) загальний валовий збір зерна сої.

В результаті розвитку сучасних високотехнологічних виробництв по глибокій переробці сої буде істотно скорочено імпорт соєвих ізолятів і концентратів. Потроїться виробництво високобілкових кормів для всіх видів худоби та птиці, на цій кормовій базі збільшиться виробництво тваринницької продукції[97].

На підставі вищесказаного, вдосконалення технологій переробки соєвого зерна є, завданням актуальною.

1.2 Аналіз способів обробки сої і отримання кормів на її основі

Зерно сої поряд з високим вмістом білка, містить життєво важливі мінеральні речовини і вітаміни з високою енергетичною цінністю містить анти

перетравні речовини [22, 53, 58] (інгібітори, таніни, глюкозиди, і т.д.), які в свою чергу значною мірою знижують протеїнову цінність, вони впливають на погіршення засвоєння білку. Тому застосування сої в раціоні годівлі сільськогосподарських тварин без попередньої підготовки корму не допустимо. Підготовка зерна сої до згодовування тваринами має на меті знищення інгібіторів і підвищення доступності протеїну до засвоєння травною системою тварин. Так для різних груп сільськогосподарських тварин необхідно враховувати різну за будовою і характеристиці систему травлення. Наприклад при підготовки корму птиці і свиням потрібно збільшити доступ до амінокислот, а жуйних тварин необхідно захистити білок від зайвої деградації в рубці і при цьому в тонкому кишечнику дати розширений доступ амінокислотам до поки ще цілими білка.

Вченими доведено, що найбільшу кількість антипоживних речовин здатне знизити засвоєння протеїну спостерігається у бобових культур, а соя так само як і за вмістом білка є царицею серед них (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Біохімічний склад деяких зернобобових і злакових культур

Показники, %	Зерно сої	Зерно гороху	Просо	Сорго
Вміст поживних речовин				
білок	36	27,8	16,0	9,8
жири	25,0	2,2	4,0	3,4
клітковина	5,7	5,1	9,7	3,0
цукор	-	3,5	1,1	1,8
МЕВ	25,8	55,0	60,3	62,2
вітамін Е, мг / кг с. в.	124,0	110,0	60,3	185,5
Вміст анти поживних речовин				
Інгібітор трипсину, г / кг	42,2	14,7	4,8	3,7
Таніни,%	0,45	0,64	1,20	3,60

Серед бобових культур найбільшого поширення набув інгібітор трипсин, що блокує вироблення ферментів які відповідають за розщеплення білка. Так перетравність обробленого паром соєвого борошна в порівнянні з необробленим зростає на 30%. Всі інші інгібітори, що містяться в зернобобових в кращому випадку просто знижують засвоєння корму.

Механізм роботи інгібітора сої заснований на збільшенні часу відділення метеоніну від молекули білка, і як результат загальна кількість цих амінокислот знижується (іншими словами обмін речовин сповільнюється), та біологічна цінність протеїну при цьому знижується. У курчат, наприклад, під дією інгібіторів спостерігається збільшення підшлункової залози, внаслідок придушення інгібітором вироблення ендогенних амінокислот. Саме тому неприпустимо пускати на корм сільськогосподарським тваринам зерно сої в сирому вигляді. В обов'язковому порядку необхідно проводити наприклад теплову обробку зерна сої, з метою руйнування перерахованих раніше анти поживних речовин (рис. 1.4).



Рисунок.1.4 –Класифікація способів обробки зерна сої

Вперше в Італії для підвищення загально біологічної цінності зерна сої і поряд з цим зниження загального вмісту анти поживних речовин здійснювали прожарювання при високій температурі, так само і пресування до перетворення в пластівці [101, 102]. Як результат після прожарювання зерна сої кількість інгібітора трипсину впало на 2,5 мг / г, на 0,15 рН. Та екструдувannya зерна дозволило скоротити час засвоєння протеїну без втрати, що міститься в зерні жиру.

Американський вчений, D.M. Thomason [103, с. 78], стверджує, що при гранулюванні соєвої муки найкраще проводити обробку парою з невисоким тиском (0,5 атм.) і температурі пара 126...148⁰С, при цьому тривалість контакту пара з соєвим борошном не повинно перевищувати 10...15 с, саме при дотриманні цих факторів спостерігається найвища ступінь перетравлення протеїну, при відносно незначних втратах лізину.

Найбільш доступний метод теплової обробки зерна сої вважається підсмажування при температурі 240⁰С, а час обробки становить 5...10 хв. Після цієї форми іннактивації майже повністю зникають анти поживні речовини і навіть поліпшуються органолептичні властивості зерна сої.

Для цього виду обробки застосовують установки марки А9-КЖА, газові плити або сушарки на пару ВС-10-49 [17]. При досягненні температури понад 130⁰С спостерігається практично повне руйнування уреаз, однак зерно підгорає, з утворенням золи, зменшується кількість жиру в зерні, а значить і енергетична цінність зерна знижується. Зберігання обробленого соєвого борошна таким способом придатна протягом півроку.

Результати підсмажування зерна при різних температурних режимах представлені в таблиці 1.3. Наукові дослідження термічної обробки соєвого зерна, проведені на пневмобарабаних апаратах АВМ-0,65 і АВМ-1,5 при температурі оброблюваного газу 105⁰С, показали повну інактивацію антипоживних речовин. У великій мірі знизилася загальна кількість альбумінів і глобулінів, при цьому вміст складнорозчинного протеїну збільшився. Як показали дослідження цього методу обробки зерна сої, при такій температурі (100 ... 120⁰С) інгібітори трипсину знищується несуттєво, і тільки при збільшенні температури обробки до 160⁰С знищення спостерігається повністю.

Соя використовується при годуванні всіх видів сільськогосподарських тварин у вигляді борошна, макухи, шроту, білкових концентратів, молока, зеленої маси, сіна, сінажу, трав'яного борошна і силосу (рисунок 1.5).

Таблиця 1.3–Фізико-хімічні показники соєвої муки

Показники	Соєве борошно		
	Без обробки	Температура обробки	
		105	130
Різниця за кольором	світло-жовтий	Темно-жовтий	Світло-коричневий
Різниця по запаху	специфічно-соєвий	Кавові зерна	шоколадні
Вміст вологи,%	10,2	4–6	1,0–0,75
Активність уреазы, од.	24–32	сліди	ні
вміст протеїну,%	8,2	2,6	2,2
альбуміни	10,9	9,4	9,4
глютеміни	3,1	6,6	6,7
проламіни	8,7	13,1	12,2

Соєа використовується при годуванні всіх видів сільськогосподарських тварин у вигляді борошна, макухи, шроту, білкових концентратів, молока, зеленої маси, сіна, сінажу, трав'яного борошна і силосу (рисунок 1.5).

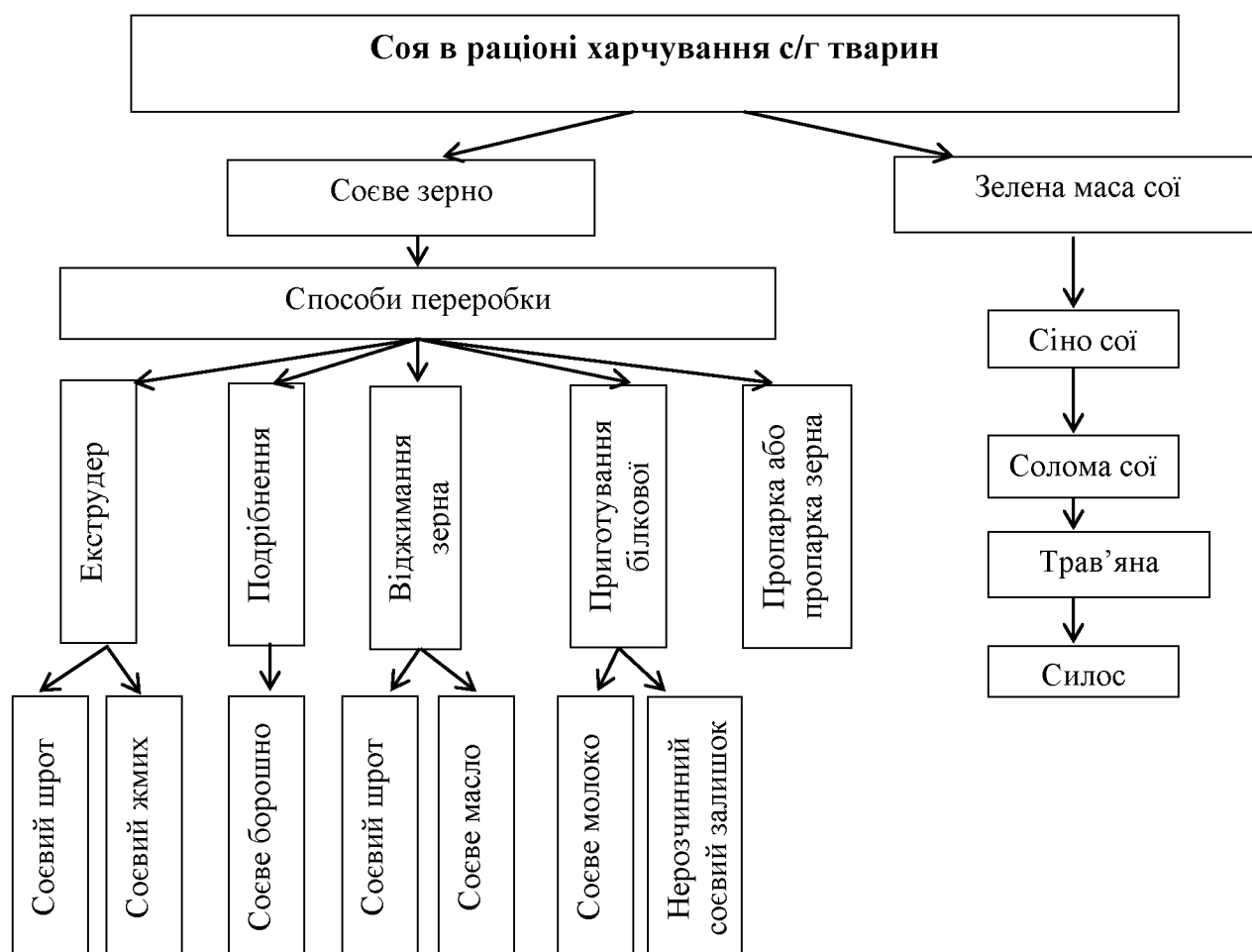


Рисунок 1.5 – Класифікація кормів отриманих з використанням зерна сої

Зелені стебла сої йдуть на корм майже всім видам сільськогосподарських тварин як в сирому вигляді в якості соковитого корму, так і спільно з іншими культурами одночасно. В 1 ц. зелених стебел сої міститься майже 22 корм. одиниці і майже до 0,03 ц протеїну (тобто іншими словами на 1 корм. од. зелених стебел сої припадає в залежності від сорту сої 150-300 г засвоюваного протеїну) [59, 96]. У порівнянні зі злаковими культурами, в зеленій масі сої міститься в 2-5 разів більше протеїну. Сіно зібране з стебел сої йде в одному ряду з сіном конюшини, так в 1 ц соєвого сіна міститься 47-54 корм. од. і 11-15 кг протеїну. Солома що отримується в результаті збору бобів сої теж йде на корм тваринам і вважається досить якісним кормом. В 1 ц соєвої соломи міститься 39 кормових одиниць, протеїну 3-5,8%, жиру 2,5-3,9%.

Соевий шрот - застосовують в якості білкової основи для приготування різного за складом комбікормів. Соевий шрот цінується за високий вміст рослинного білка і жиру і досить охоче поїдається практично всіма сільськогосподарськими тваринами. Протеїн соєвого шроту легко засвоюється організмом тваринного і за біологічною цінністю не поступається білку тваринного походження і є його дешевим аналогом. За кордоном соєвий шрот має широке поширення, так, наприклад, Аргентина є одним з яскравих експортерів цього виду корму.

Після переробки зерна сої на олію або молоко, вихід соєвого шроту в два рази більше, ніж у інших видів олійних: соняшнику, ріпаку. Крім того, соєвий шрот по харчовій цінності значно вище, ніж шроти інших культур.

Якщо говорити про порівняння соєвої макухи до соняшниковій, можна стверджувати, що енергія виділяється внаслідок розщеплення травною системою одиниці корму однакова, а ось обмінної енергії у сої більше ніж у соняшnikової макухи 2600 ккал / кг до 1900 ккал / кг. Соевий шрот за цим критерієм лідирує серед пшеничних висівок, сухого коров'ячого молока і м'ясо-кісткового борошна. Однак в соєвому шроті міститься менше клітковини всього - близько 80 г / кг, тоді як у соняшnikового шроту цей показник - 140 г / кг.

Соєва макуха - це спресовані насіння сої після виділення з них жиру, який як правило йде на приготування соєвого масла. Соєва макуха привернула до себе увагу завдяки високому вмісту білка в насінні культурної сої. Причому білок, що міститься в насінні, має високу біологічну цінність і засвоюваність, що робить його незамінним для тваринників. Крім високоякісного білка в соєвій макусі містяться мікроелементи - кальцій, залізо, фосфор, марганець і цинк. Так само відомо, що соєву макуху зменшує падіж худоби, збільшує засвоюваність комбікормів, збільшує надої і якість молока, збільшує добові прирости у худоби.

Фахівці пропонують додавати до щоденного раціону тварин до 20% соєвої макухи. Причому він може додаватися в їжу не тільки сільськогосподарським, а й домашнім тваринам - собакам, кішкам, рибкам і птахам, причому не тільки в складі кормів, а й в чистому вигляді.

Соєве борошно - продукт, [12, 43, 39] отриманий з перероблених насіння сої (соєвих бобів), макухи і шроту. Соєве борошно за якістю амінокислотного комплексу білка і за своїм хімічним складом не поступається ОСМ - сухому знежиреному молоку, поступаючись лише за змістом вуглеводів, метіоніну і лізину.

Введення соєвого борошна в комбікорми для курей дає можливість раціонально використовувати кормовий білок і при виробництві 1 млн. яєць замінити до 12 тонн рибного та м'ясо-кісткового борошна - дефіцитних джерел протеїну.

Згодовування соєвого борошна племінним поросяткам 30-35-денного віку з розрахунку 100-160 г на 1 голову на добу обумовлює їх вага при відніманні в 18-20кг проти 16-17 кг при звичайному раціоні.

Дослідженнями встановлено, що згодовування дійним коровам червоної степової породи на другому-четвертому місяцях лактації борошна з термічно обробленого зерна сої (80 г на 1 кг молока) сприяло підвищенню надоїв молока на 2,1 кг, або на 14,42% більше в порівнянні з надоєм контрольної групи тварин.

Вчені приходять до єдиної думки, що найперспективніший напрямок підготовки зерна сої до згодовування сільськогосподарським тваринам це

приготування рідкої білкової суспензії, тобто соєвого молока, яке за своєю біологічною цінністю не поступається цілісного, коров'ячого молока.

Його застосовують для молочної худоби, з метою збільшення надою і жирності молока, а так само при випоювання молодняку телят і поросят в якості заміниці дорогого молозивного молока, що в кінцевому підсумку дає можливість знизити витрати виробництва.

Соєве молоко досить цінний за біохімічним складом продукт. Один літр соєвого молока має високу енергетичну цінність [44,52,56] порядку 1,73 МДж, містить 28 г засвоюваного протеїну, що відповідно вище, ніж в порівнянні з знежиреним молоком, до того ж соєве молоко містить сиру клітковину в обсязі 0,42% [2, 27], що сприяє нормальній роботі травної системи. Амінокислотний склад схожий зі складом знежиреного цільного молока, причому в деяких позиціях навіть перевершує його, а саме: по аргініну в 2,7 раз, гліцину збільшується приблизно на 2,75 рази, лізину - збільшення властивостей становить 13,9%, треоніну перевага понад на 43,5%, аланіну - 55,1, серину - 23,0% [63, 84].

Телят, привчають до споживання в їжу соєвого молока поступово, протягом 7-10 днів збільшуючи дозування, починаючи з приблизно 0,250 кг на голову на добу. Це дозволяє швидко адаптувати систему травлення тваринного при переході з тваринного білка (цільного, коров'ячого молока) на рослинний протеїн. В результаті адаптації системи травлення телят, відбувається підвищення виділення ферментів відповідять за травлення і як наслідок раніше включення в роботу травлення підшлункової залози. При використанні соєвого молока в годівлі телят необхідно стежити за кількістю кальцію і фосфору, що обумовлено зниженою доступністю цих елементів в сої. Застосовуваними підгодівлею є крейда.

Також соєве молоко використовують для випоювання поросят. Поросят привчають протягом 10 днів починаючи з 0,3 кг на голову на добу. Відпій виробляють окремо або з концентратами. Максимальна кількість 3 кг на голову на добу. Окремо соєве молоко можна вводити в раціон поросят з 3 по 9 місяців - використовуючи близько 500 л. молока на голову [63, 68, 78]. За весь час

спостереження за сільськогосподарськими тваринами, які містять в раціоні годування молоко не було зафіксовано жодного випадку отруєння і вже тим більше падежу тварин.

Соєве молоко також використовується для молочної худоби [52, 98, 99]. При цьому можна не використовувати добавок з високим вмістом вуглеводів. Застосування соєвого молока в раціоні харчування молочного стада, сприяє загальному підвищенню жирності і кількості молока, особливо в ранній період лактації. Підвищується вміст жиру на 1-2%, стимулюється додаткова вироблення 1,5-3л. під час перших трьох місяців лактації. У соєве молоко можна додавати патоку, для поліпшення травлення і засвоєння поживних речовин, а отже і більш інтенсивного молокоутворення. Проведені дослідження на Кримській дослідній станції показали, що згодовування в раціоні дійних корів в якості білкової добавки соєвого молока сприяє підвищенню удою і економічно виправдано.

1.3 Аналіз способів отримання соєвого молока на корм тваринам

Як було описано раніше, соєве молоко застосовують в раціоні годування майже всіх сільськогосподарських тварин.

Уже з тритижневого віку соєвим молоком починають випоювати телят. Разову дозу соєвого молока з кожним днем збільшують поступово, починаючи з 200 г і до 10 літрів на добу при випоювання молодняку на м'ясо. У молочного стада при застосуванні в раціоні годування соєвого молока добовий удій зростає на 20%, загальна жирність на 3%.

У сучасному світі багато методів приготування соєвого молока з зерна сої, ось деякі з них: так званий «Китайський» спосіб приготування соєвого молока з зерна сої передбачає заливання водою зерен сої 3-4 частинами води з обов'язковим попереднім промиванням зерна і подальшим витримці у воді на протязом 12-14 годин при температурі води 16-17⁰С. Після набухання від вологи зерна знову промиваються під чистою водою, розмелюють з додаванням питної води в пропорції 0,5 л. води на 1 кг розбухлого зерна. До подрібненої каші

додається питна вода температурою 20⁰С з пропорції 6 до 1. Протягом 30 хвилин маса безперервно заважає, потім через 0,2 мм сито, фільтрується від залишку і суспензій. Частина, що залишилася маса повторно заливається водою в пропорції 1 до 2 і знову фільтрується через те ж саме сито. Потім перша і друга вичавки молока змішуються до утворення єдиного по жирності молока. При цьому вихід кінцевого продукту становить 8-8,5 л. на 1 кг сої.

Технологічні схеми лінії отримання соєвого молока з зерна сої за методом Іллінойсу і Тайванських наведені на малюнку 1.6 і 1.7.

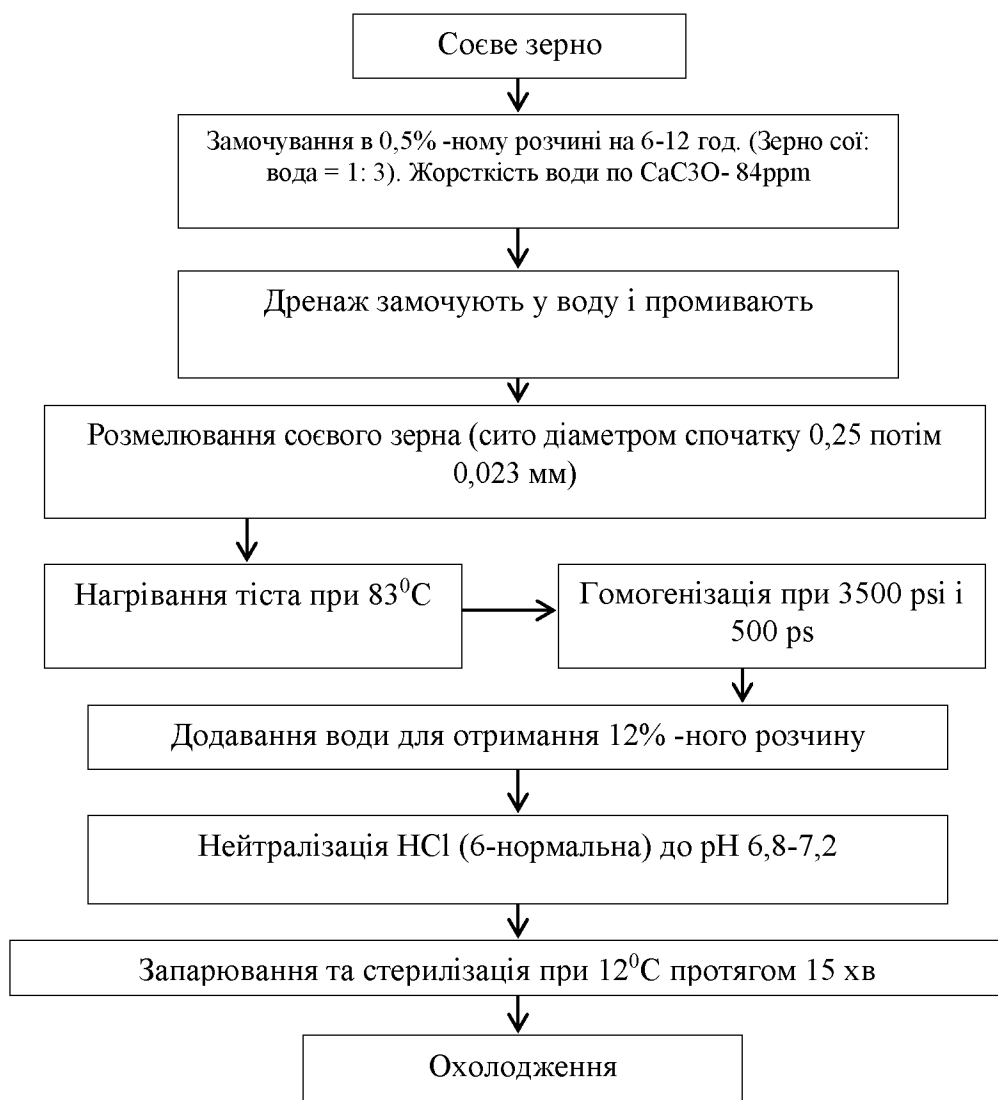


Рисунок 1.6- Метод Іллінойса



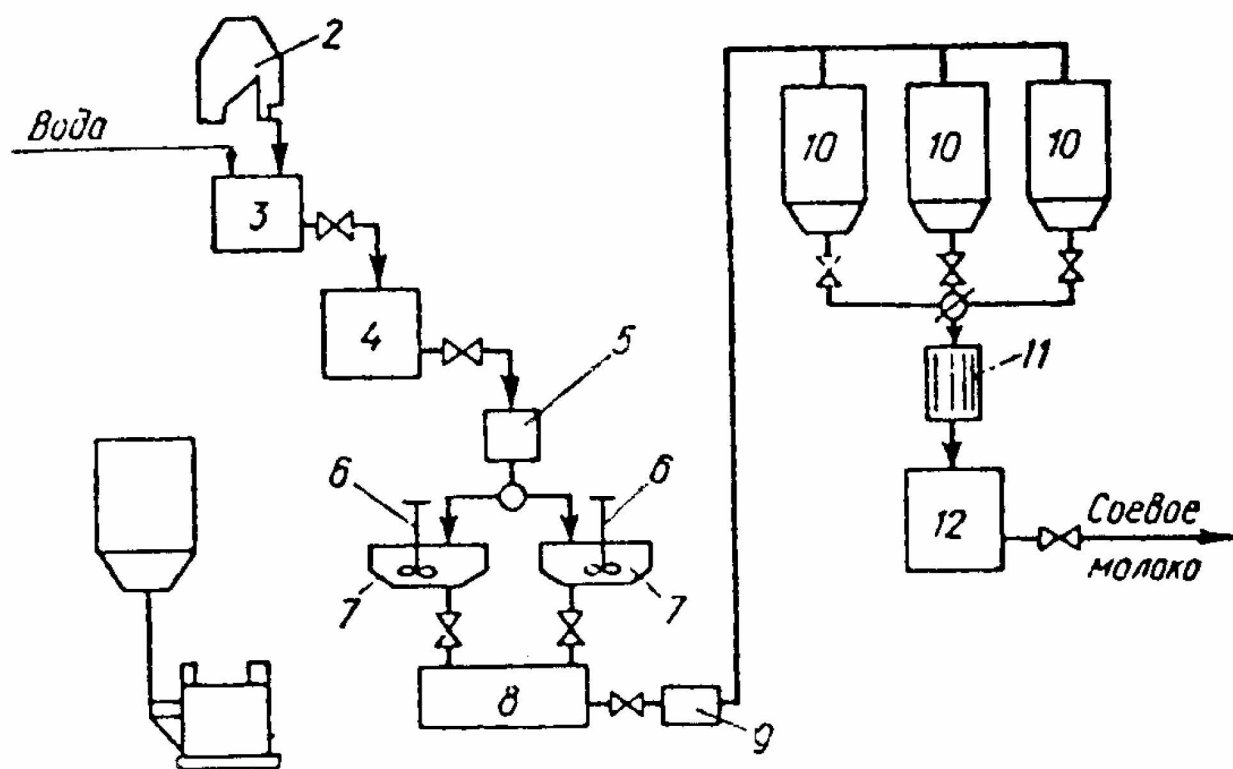
Рисунок 1.7 – Тайванський метод

Схожий метод отримання соєвого молока взяли на озброєння в фермерському господарстві «Україна», поблизу Одеси [82].

Даний метод виглядає наступним чином: заздалегідь підготовлене і промите фуражне зерно сої замочується у воді в пропорції 1 до 3, протягом 16-17 годин обов'язково в скляній тарі, обладнаній шнеком з електроприводом для рівномірного і безперервного помішування. Далі як видно з рисунку 1.9 замочене зерно без зайвої води надходить в інший бункер 4, куди надходить на стирання після ферментативної обробки. За допомогою «Емульсор-ПМСМ-6-12.5» набряклі зерна сої подрібнюються при безперервному додаванні води до однорідної пастоподібної маси. В результаті чого виступає у вигляді екстрагента води, що вбирає в себе жири, білки і вітаміни. Потім соєвий екстрагент надходить в харчові ванни 7, для змішування протягом півтори години, потім надходить в ванну 8. Після чого за допомогою насоса 9 білкова кашка надходить в ванну 10 для теплової обробки. Після проходження пункту 11, молоко надходить на зберігання, позиція 12. Додатково соєве молоко насичується амінокислотами і мінералами отриманих з доданих до нього цукру і кісткового жиру. Після перемішування і

утворення однорідної маси «багате» соєве молоко йде на годування тваринам і птиці [11, 45, 83]. Вихід соєвого молока за цим методом становить близько 10-16 літрів з 1 кг соєвого зерна [86].

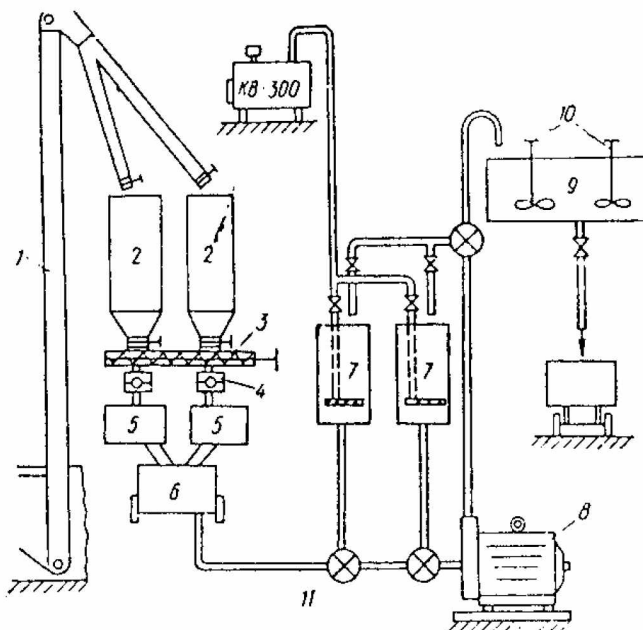
Наукові дослідження проведені в Одесі показали, що в 1 літрі соєвого молока міститься приблизно 2,5% жиру, з мінеральних компонентів: 0,4 г кальцію 0,4 г; фосфору майже 0,8 г; 1,25 лізину; метіоніну порядку 1,44 г; ізоліцину близько 1,61; цукру до 1%. Соєве молоко перевищує більш ніж в два рази за змістом засвоюваного протеїну ніж його міститься в цілісному молоці. Жирності від 3% до 5% [86]



1 - резервуар-дозатор; 2 -НЦГ-10; 3,4 - скляна тара;5 - емульсор, 6 - ворошитель;
7 - харчова ванна; 8 - ванна; 9 - електронасос насос; 10 - котел теплової обробки; 11 - танкер-охолоджувач; 12 - зберігання.

Рисунок 1.8 - Метод отримання соєвого молока в фермерському господарстві «Україна»

У фермерському господарстві Миколаївської області, свого часу, за часів СРСР побудована лінія приготування соєвого молока з продуктивністю 16-18 т за добу (рисунок 1.9)



1 - норія НЦГ-10; 2 - резервуар з водою для замочування зерна; 3 - ворошитель; 4 - дозатори; 5 - КДУ-2; 6 - резервуар для прийому білкової кашки; 7 - резервуар інактиватор; 8-2К-6; 9 - резервуар для молока; 10 - ворошителя; 11 - зливний кран.

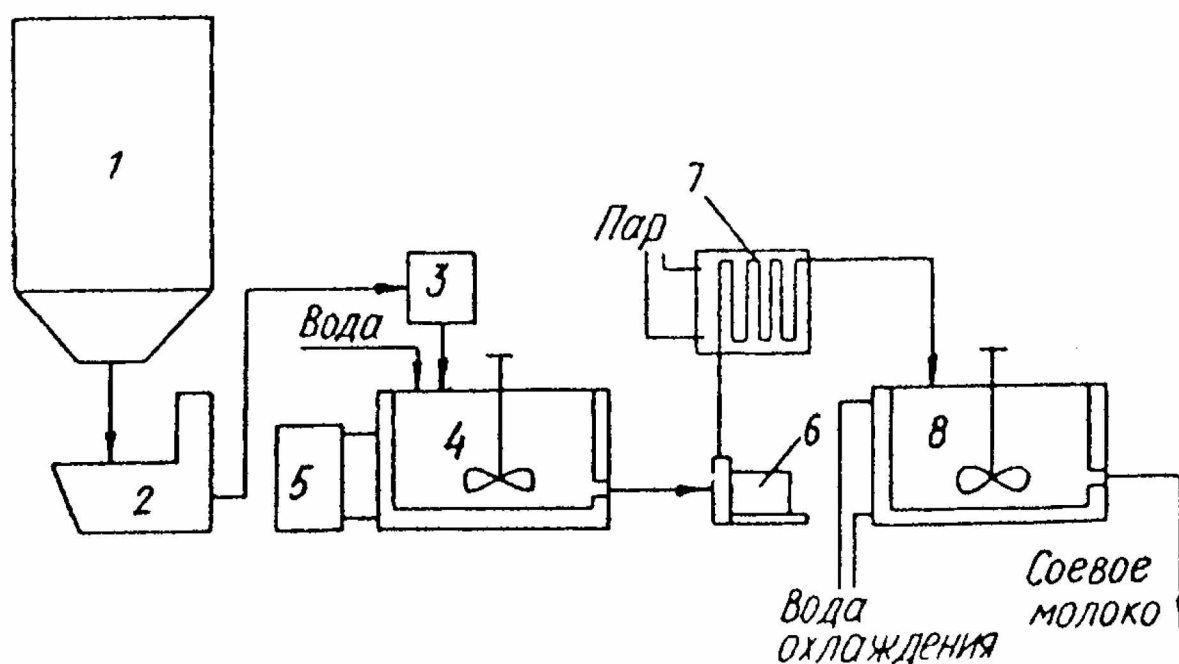
Рисунок 1.9 - Схема лінії по отриманню соєвого молока в фермерському господарстві

Технологія приготування соєвого молока полягає в наступному: з початку зерно сої замочують у воді протягом 16 годин в ємностях по 3 м^3 . Після закінчення зазначеного часу зерна сої розбухає, збільшуючись при цьому в геометричних розмірах в три рази. Потім розбухлу масу відправляють на подрібнення. Отриману після подрібнення білкову кашку відправляють в камери для запарювання паром від установки KB-300 з метою видалення анти поживних речовин. Далі чиста білкова маса надходить на охолодження. Вихід готової продукції становить 10-14 л соєвого молока з 1 кг зерна сої. Пропарене соєве молоко йде в раціон годування майже всіх сільськогосподарських тварин.

Запропонована автором (61) комплекс з отримання соєвого молока дозволяє досягти зниження часу екстракції соєвого білка з 18-20 до 1,5-2 год, і як наслідок на увазі звільнення ємностей, зниження металоємності на одиницю продукції (рисунок. 1.10).

Технологічний процес отримання соєвого молока (рис.1.11) складається наступним чином: підготовлене заздалегідь фуражне зерно сої з резервуара з зерном (1) надходить на подрібнення (2). За допомогою дозатора (3) отримана після подрібнення соєве борошно подається резервуар для змішування (4) з водою в пропорції 1 до 10. Протягом півтори години при температурі близько 60°C (підігрів здійснюється електронагрівачем) при безперервному ворушінні відбувається екстракція [27, 29, 54]. Далі соєве молоко знезаражують в пастеризатор при температурі 90°C , після чого відправляють в охолоджувач з подальшим зберіганням. Представлена лінія з продуктивністю 8-10 т дозволяє отримати соєве молоко для фермерських господарств [42, 49, 70].

Рисунок 1.10 - Лінія приготування соєвого молока



1 - резервуар з зерном сої; 2 - КДУ-2; 3 - дозатор; 4 - резервуар для змішування; 5 - електро тен; 6 - подає насос; 7 - парогенератор; 8 - охолоджувач.

Процес отримання соєвого молока в установці «Агролактор» (рисунок 1.12) виглядає наступним чином [95]:

Завантаження в бункер зерен сої де і здійснюється механічне очищення, потім заливають воду і подрібнюють, за допомогою змішувача здійснюють

прискорений процес екстракції і після фільтрації відправляють на термічну обробку, а потім і охолодження.

В результаті переробки сої на установці «Агролактор» отримують 2 продукту: соєве молоко і соєву окару. Причому соєве молоко йде на корм сільськогосподарським тваринам в чистому вигляді, а окара застосовується як компонент комбікормів.



Рисунок 1.11– Підготовка фуражного зерна

Проаналізувавши принцип роботи основних технологій отримання соєвого молока, можна говорити про те, що всі вони базуються на трьох основних схемах:

- витримування протягом тривалого часу зерна сої в воді, далі отримання дрібнодисперсної фракції зерна шляхом тонкого помелу, поділ на рідку і тверду фракції, далі теплової обробки, потім охолодження і зберігання;
- подрібнення зерна сої, отриману соєве борошно змішують з водою, далі проводять термічну обробку отриманого екстрагенту і охолоджують;



Рисунок 1.12 - Лінія для безперервного отримання соєвого молока.
«Агролактор»

- отримання дрібнодисперсної фракції зерна шляхом тонкого помелу, змішування з водою, далі теплової обробки, поділ на рідку і тверду фракції, потім охолодження і зберігання;

- отримання дрібнодисперсної фракції зерна шляхом тонкого помелу, змішування з водою, далі теплової обробки, поділ на рідку і тверду фракції, потім охолодження і зберігання;

Підводячи підсумок проведеному аналізу технологічних ліній отримання соєвого молока можна стверджувати, що всі існуючі способи приготування молока базуються на основних технологічних операціях таких як: отримання дрібнодисперсного помелу, змішування з водою з метою екстрагування білка, відділення окари шляхом фільтрації отриманої кашки, теплової обробки, охолодження і короткочасне зберігання.

Безумовно, для реалізації кожної технологічної операції необхідно застосування свого технічного засобу, так само технологія передбачає застосування великотоннажних резервуарів. Все перераховане веде до необхідності придбання цілого комплексу дорогих, метало та енергоємних і

великогабаритних машин. Весь комплекс машин потрібно розміщувати в спеціалізованих сховищах і вести трудомістке технічне обслуговування.

Вище перераховане дає підставу стверджувати, що існуючі комплекси з приготування соєвого молока не прийнятні в умовах ведення ОПГ та СФГ.

1.4 Огляд технічних засобів з виробництва соєвого молока

Наукові дослідження технологій технічних пристроїв для приготування білкових кормів, проведені вченими А.А. Артюшина, І.З. Барфаковим, В.Г. Гопко, Б.І. Вагіним, Г.М. Куктой, Л.М. Куцина, С.М. Доценко, В.Ю. Фроловим, А.В. Бурмагой і іншими, стали основними при розробці та поліпшенню серійно випускається техніки для приготування кормів.

Однак виявлено, що немає технічних пристроїв, малогабаритних установок і машин, призначених для отримання високобілкового корми для всіх сільськогосподарських тварин придатних при веденні малих, особистих підсобних господарств. Крім того, такі питання як рух зерна в замоченому вигляді по криволінійній борозні абразивної поверхні усіченого конуса, подрібнення (стирання) зерна в замоченому вигляді до дрібнодисперсного помелу абразивної поверхнею, екстракції білка в емульсію.

Відомий подрібнюючий пристрій «дисковий млин» [73,74,75], що складається з зовнішнього каркасного корпусу з впускними і випускними отворами і прийомним резервуаром. Зсередини каркасного корпусу діаметрально один проти одного з утворенням щілини для доступу зерна розміщені два диска з меле поверхнею. Розмелююча поверхня виконана у вигляді різьбових насічок по всій поверхні диска. При цьому глибина і різьбовий крок одного диска безпосередньо збігаються з кроком і глибиною виконаних різьбових насічок іншого диска.

Відомий подрібнюючий пристрій, що складається з каркасної камери, всередині якої виконаний подрібнюючий сепаратор з лопатями під певним кутом до площини їх горизонтального обертання і патрубком. Для запобігання

забивання сепаратора в нього так само встановлений на прогумованих прокладках струшуючий механізм. (А.с. СРСР № 884718, КЛЗ В 02 С 13/14).

До мінусів даних подрібнювачів можна віднести низькоякісний крупнозернистий помел. А так же немає можливо безперервного процесу подрібнення великої партії зерна, звідси, якість дисперсного помелу і продуктивність не досить ефективні.

Так само, відомий подрібнюючий пристрій, що складається з циліндричного корпусу з отвором для надходження попередньо очищеного зерна і технологічного отвору в нижній частині корпусу для виходу подрібнених частинок. Усередині циліндра співвісне з можливістю зустрічного руху встановлені 2 ротора з подрібнюючими елементами, що дозволяють створити відцентрову силу.

Основним недоліком описаного пристрою внаслідок подрібнення сухих зерен з високою міцністю, високе споживання енергії.

Технічні засоби, призначені для виробництва соєвого молока випускають в Канаді, Китаї, Південній Кореї та інших країнах. Українах СНД також існує кілька виробників соєвих корів. Ці комплекти обладнання приблизно однакові за конструкцією і продуктивності (40-1000 л/год) [73,74,75].

Комплект поставки, як правило, складається з розмелювальними-варильного апарату, в який завантажуються соя та інші компоненти, парогенератора, що забезпечує процес варіння та ручного фільтр-преса. До установці часто додається форма для виробництва соєвого сиру [11, 12].

На рисунку 1.13 представлена установка під назвою «Соєва корова», призначена для виробництва соєвого молока. Відмінність «Соєвою корови» від подібних установок полягає в тому, що соєве молоко проходить багаторазову обробку, тим самим підвищуючи собівартість 1 літра і на виході виходить продукт, рекомендований в більшій частині громадського харчування, ніж скажімо в тваринництві як кормова білкової добавки. Вартість соєвої корови вітчизняного виробництва 65-110 тис грн [35].



Рисунок 1.13 - Мала соєва корова

Кормова соєве основа являє собою розчинні у водному розчині речовини, що містяться в сої і, не містить шкідливих для організму тварин антипоживні речовин. вартість - 50 тис. грн; собівартість соєвого молока - 0,72 грн. / літр; продуктивність установки по молоку - 0,1 т / год; обсяг виробництва молока при двозмінній роботі в добу - 1,6 т / добу; в рік - 580 т / рік; витрата сухої сої на 1 літр молока - 0,14 кг; річна потреба в сої - 84 тонни; потреба в посівних площах (урожайність сої прийнята 1,3 т / га) - 64 га; кількість голів худоби при відгодівлі (добова норма споживання - 3 л на голову ВРХ) - 520 голів; соєве молоко - жирність - 2,31%, сухі речовини - 9% [60, 68].

Принцип роботи комплекту обладнання (рисунок 1.14) СКК-60 складається з приготування соєвого молока полягає в подрібненні сухого зерна сої до стану дрібнодисперсного борошна, подальшого додавання води, далі отриманий рідкий екстрагент проходить термічну обробку шляхом кип'ятіння протягом півгодини.

Устаткування для виробництва "соєвого молока" СК -300 та інших продуктів (рисунок 1.15), що містять соєвий рослинний білок, продуктивністю 300 л / год.



Рисунок 1.14 - Комплект обладнання для виробництва кормового соєвого молока СКК-60 (СКК-500)

Набір обладнання дає можливість виготовляти унікальні продукти харчування на основі харчового соєвого білка з звичними смаковими якостями. Ці продукти мають високий вміст білка, який можна порівняти за біологічною цінністю з білком тваринного походження. Вони не містять холестерину і лактози, прекрасно засвоюються людським організмом і попереджають багато хвороб [64].



Рисунок 1.15 - Обладнання для виробництва "соєвого молока" та інших соєвих продуктів СК -300

Ця установка ефективна на будь-якому підприємстві в якості основного або додаткового виробництва. На ній можна отримати: соєве молоко, соєвий сир (тофу), харчової соєвий збагачувач (окара). Використовуючи додаткові компоненти на цьому обладнанні можна приготувати соєвий майонез, десерти,

пюре та багато інших пастоподібні продукти. Соеве молоко, в якості основи, використовується для приготування різних напоїв і кисломолочних продуктів. Тофу може застосовуватися в якості заміни сиру або сиру в традиційних продуктах харчування. Окара і тофу використовується як добавка при виготовленні напівфабрикатів, заміни основної сировини в м'ясних, ковбасних виробках і паштети, як добавка в кулінарних виробках і як основа для соєвої пасти і ікри. Продукти харчування, що виробляються за допомогою установки, можна продавати через торгову мережу, використовувати на підприємствах громадського харчування а також для переробки на підприємствах харчової промисловості [85,90].

До складу обладнання для виробництва продуктів містять соєвий рослинний білок входить: 4 ванни для замочування соєвих бобів; установка для варіння харчової соєвої основи ("соєвого молока"); парогенератор; насос молочний; центрифуга; ємність для розчину коагулянту; щит управління; ємність для коагуляції; стіл з пресформи; прес пневматичний; ванна для промивання створеного білка; ємність для збору "окари"; ємність для олії; ємність для підготовки коагулянту.

1.5 Висновки за розділом

Саме соя є основним постачальником рослинного білка, при цьому вона багата найважливішими за складом і змістом амінокислотами, а кормова цінність досягає 1,45 одиниць. Соя поширена сільськогосподарська культура і використовується, як в чистому вигляді після відповідної обробки, так і в комбікормах для годування майже всіх видів сільськогосподарських тварин. Основна цінність зерна сої в порівнянні з іншими кормовими культурами полягає в низькій вартості білка, який за своїм складом є відмінним аналогом дорогого тваринного білка.

Таким чином, виникає потреба в розробці універсальної технології приготування білкової емульсії застосовної в умовах ведення особистого підсобного господарства.

2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Безвідходна технологія отримання високобілкових кормів (соевого молока) на основі зерна сої

На підставі здійсненого патентного пошуку, а так само аналізу способів і технологій, що передбачають застосування серійно випускається техніки для приготування соєвого молока з зерна сої, було розроблено універсальний пристрій що дозволяє переробку зерна сої на корм сільськогосподарським тваринам. Відмінною особливістю запропонованого способу переробки зерна сої, реалізованого розробляються пристроєм (рис. 2.1), є об'єднання цілого ряду технологічних операцій пов'язаних з подрібненням зернового матеріалу, наступним змішуванням з водою з метою екстракції білка в емульсію, поділ на молоко і окару в один технологічний процес.

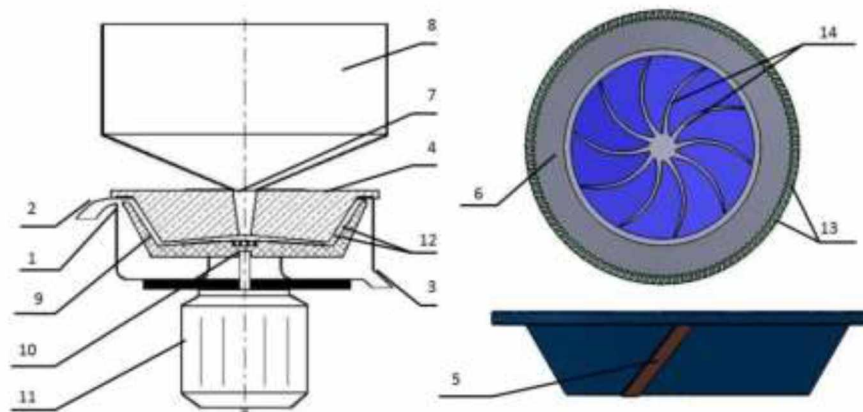


Рисунок 2.1 - Конструктивно-технологічна схема подрібнювача замоченого зерна: 1 - каркасний корпус, 2 - отвір для окарки, 3 - отвір для збору соєвого молока, 4 - верхній статичний диск з нанесеним абразивом, 5 - канавка, 6 - сито, 7 -подрібнювальної камери, 8 - завантажувальний горловина, 9 - нижній рухливий диск з нанесеним абразивом, 10 - вал електроприводу, 11 - електропривод, 12 - отвори в ситі, 13 - напрямні борозенки, 14 - криволінійні напрямні канали

Завдяки чому з'явилася можливість позбавлення від цілого комплексу машин для реалізації кожної технологічної операції окремо і багато тоннажний резервуарів для подрібнення, зберігання, перемішування проміжних продуктів переробки соєвого зерна. В якості кінцевого продукту переробки соєвого зерна

відповідно запропонованої технологією ми отримуємо легко засвоювані протеїнові корми з хорошим амінокислотним складом, такі як соєве молоко, сир «Тофу», соєву макуху [74, 88, 89, 91]. І після теплової обробки, продукти переробки сої отримані за пропонованою технологією можна використовувати не тільки в якості протеїнової добавки в раціоні годівлі сільськогосподарських тварин, а й в харчовій промисловості (рисунок 2.2).

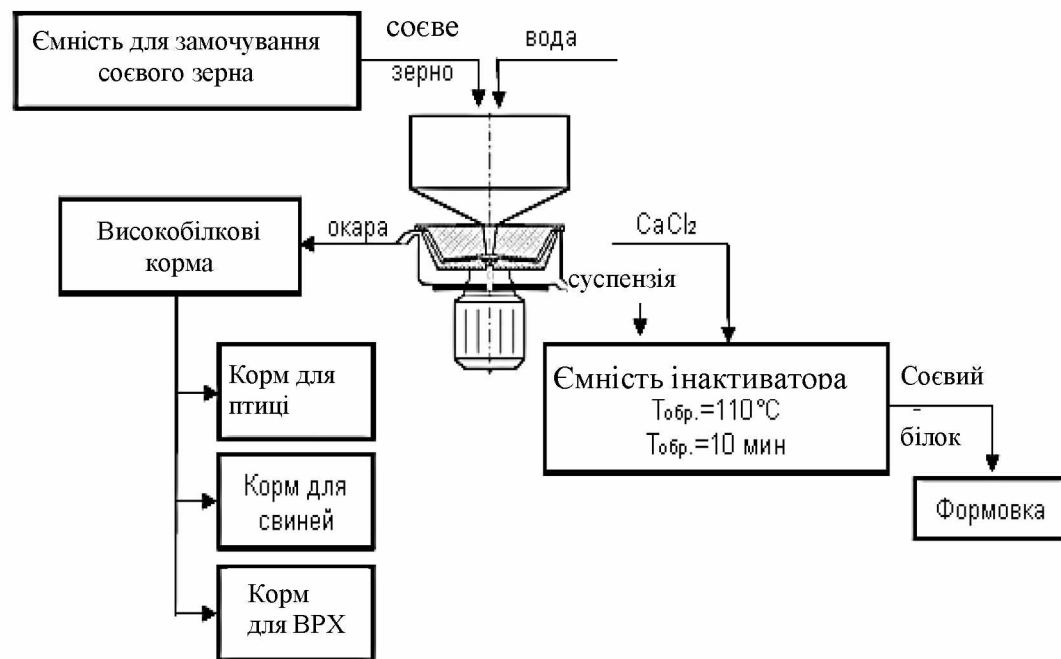


Рисунок 2.2 – Технологічна схема безвідходного приготування високобілкових кормів на основі зерна сої

Технологія отримання протеїнової добавки в раціоні годівлі сільськогосподарських тварин виглядає наступним чином: Попередньо очищений зерновий матеріал заливають водою в співвідношенні 1 порція зерна до трьох порцій води. Далі після закінчення 8 годинного витримування зерна в воді, що залишилася воду зливають, а набряклі зерна відправляють в завантажувальну горловину подрібнювача замоченого зерна сої. З завантажувальної горловини набряклі зерна падають під дією сил гравітації в подрібнюючій камері, при цьому безперервно подається чиста дистильована вода в пропорції 1 порція розбухлого зерна до 10 порцій води. Далі в подрібнювальній камері відбувається процес стирання зерен до дрібнодисперсного помелу абразивної поверхнею робочих

дисків подрібнювальної камери і за рахунок виникаючих турбулентних потоків води багаторазове взаємодія частинок зерна з водою, що і необхідно для повної екстракції соєвого білка. Для забезпечення безперервного процесу отримання білкової суспензії без окари і укрупнених що не розчинилися частинок зерна, ІЗЗС забезпечений ситом.

Окара і укрупнені що не розчинилися частки зерна надходять в якості білкового компонента в комбікорми, а рідка протеїнових суспензія після термічної обробки на вполювання сільськогосподарських тварин. Якщо в соєве молоко додати коагулянт наприклад кухонну сіль, оцет, кисломолочну закваску, крейда і т.д. то соєвий білок випаде в осад з утворенням придатною для застосування в кормах соєвої сироватки. Свіжо отриманий, так званий соєвий сир «Тофу» охоче поїдається всієї сільськогосподарської птахом будь-якого віку і є прекрасним білковим компонентом раціону годівлі. Характеристика білка сої представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Білок сої за ТУ-929110-001-22192276-96

	Показники в перерахунку на суху речовину		
	частка змісту жиру, %	Частка змісту золи,%	Частка змісту засвоюваного протеїну, %
Білок сої	10	7,25	33,35

Технічний результат пристрої укладений в зменшенні енергоємності технологічного процесу подрібнення зерна, за рахунок зниження міцності вихідного зернового матеріалу шляхом попереднього багатогодинного витримування у воді, при цьому забезпечується отримання необхідного дисперсного помелу і широка взаємодія подрібнених частинок з водою для повного виходу білка в екстрагент.

2.2 Кінематика руху зерна сої по абразивній поверхні робочого органу

Основним елементом пропонованої технології приготування

високобілкових кормів на основі зерна сої є подрібнювач зерна сої.

У запропонованому пристрої основною технологічною операцією є стирання замоченого зерна до дрібно дисперсного стану, за коштами робочого диска, виконаного у вигляді усіченого конуса з криволінійними борозенками і нанесеним абразивом по всій його поверхні (рисунок 2.3).

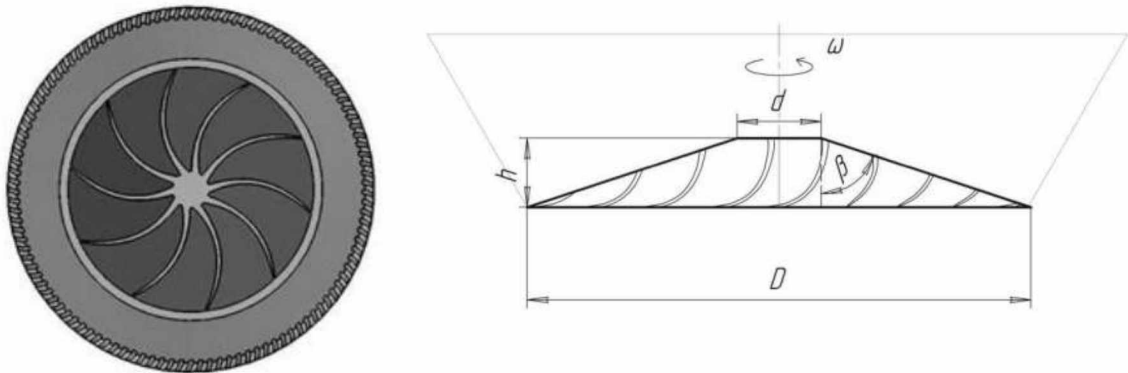


Рисунок 2.3– Загальний вид. Схема рухомого абразивного диска з криволінійними борозенками

Для складання рівняння руху зерна розглянемо його відносний рух по абразивній поверхні, що представляє собою усічений конус з нанесеним абразивом (рис. 2.3), що обертається навколо вертикальної осі з частотою n об / хв. Розмір конуса представлений на кресленні, кут нахилу поверхонь утворюють

конус до вертикальної осі $\beta = \arctg \frac{D - d}{2h}$. Кутова швидкість обертання конуса дорівнює $\omega = \frac{\pi n}{30}$, рад/с [14, 57].

При роботі подрібнювача, зерна знаходяться на конічній абразивній поверхні, тобто мають два ступені свободи, чого положення зерна може бути описано двома узагальненими координатами, в якості яких зручно радіальну координату r - відстань від вершини конуса до поточного положення зерна вздовж котра утворює конуса, і кутову змінну θ представляє собою кут повороту радіус - вектора зерна сої при його русі по поверхні конуса. Для спрощення розрахунку розмірами верхньої горизонтальної площадки нехтуємо, тобто вважаємо, що конус НЕ усічений.

Елементарне переміщення зерна dS складається з його переміщення в радіальному напрямку dr у разі переходу до тангенціального напрямку $rd\theta$ (рисунок 2.4).

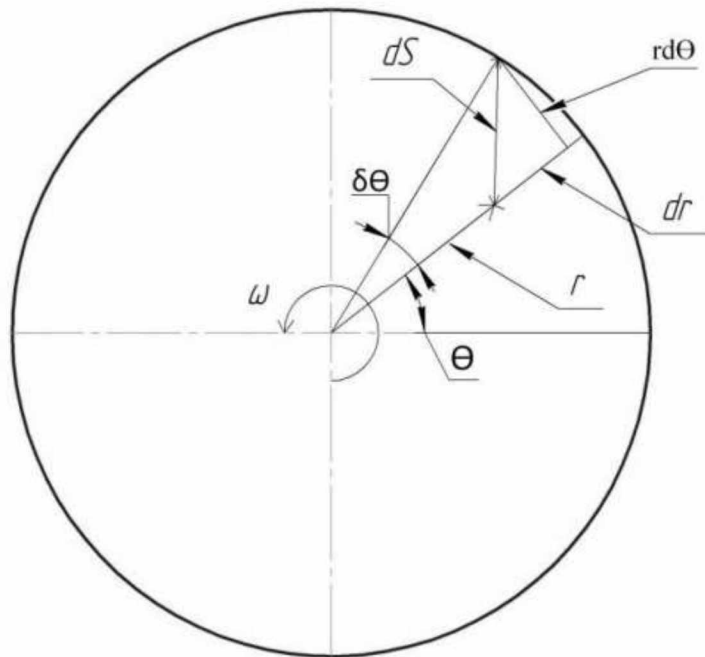


Рисунок 2.4 – Елементарне переміщення зерна сої по поверхні конуса (вид зверху)

З креслення видно, що

$$dS = \sqrt{dr^2 + r^2 d\theta} \quad (2.1)$$

Кінетична енергія руху зерна дорівнює:

$$T = \frac{m}{2} v^2 = \frac{m}{2 \left(\frac{dS}{dt} \right)^2} \quad (2.2)$$

Або

$$T = \frac{m}{2(r^2 + r^2 \theta^2)} \quad (2.3)$$

де m - маса зерна з точкою позначення диференціалу за часом.

Для складання рівняння Лагранжа у формі:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{r}} - \frac{\partial T}{\partial r} = Q_r, \quad (2.4)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial T}{\partial \theta} = Q_\theta. \quad (2.5)$$

Використовуючи явний вид кінетичної енергії,

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{r}} = m\ddot{r}; \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = mr\dot{\theta}^2; \quad (2.7)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}} = \frac{d}{dt}(mr^2\dot{\theta}) = 2mr\dot{r}\dot{\theta} + mr^2\ddot{\theta}; \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = 0 \quad (2.9)$$

Рух зерна в азимутному напрямку (відповідають значенням кута θ при $r = \text{const}$) складається з обертання конуса разом з зерном переносного руху і руху зерна щодо конічної поверхні (відносний рух). Отже:

$$\theta = \omega t - \varphi, \quad \dot{\theta} = \omega - \dot{\varphi}. \quad (2.10)$$

З урахуванням вищевикладеного запишемо рівняння руху зерна

$$m\ddot{r} - mr(\omega - \dot{\varphi})^2 = Q_r; \quad (2.11)$$

$$2mr\dot{r}(\omega - \dot{\varphi}) - mr^2\ddot{\varphi} = Q_\theta; \quad (2.12)$$

Обчислимо тепер узагальнені сили Q_r і Q_θ , розглянемо від чого залежить стан зерна сої на конічній поверхні (рис. 2.5)

Розрахуємо вплив узагальнених сил Q_r .

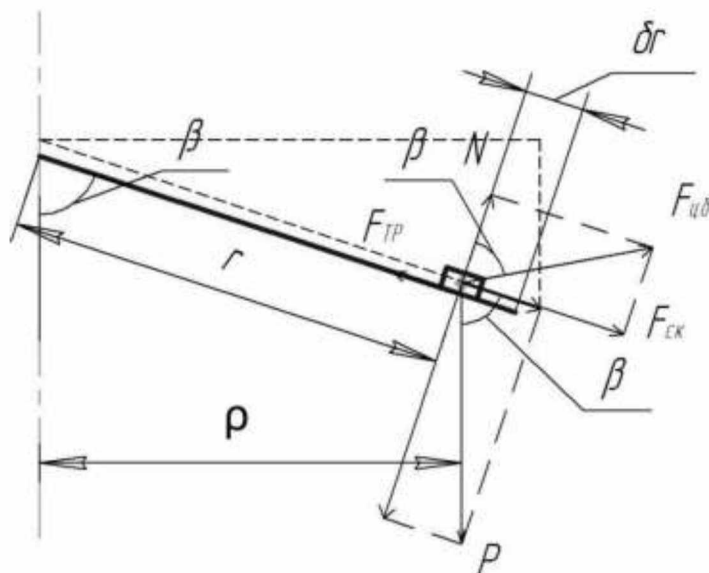


Рисунок 2.5—Сили, що діють на зерно при його переміщенні в радіальному напрямку

На зерно діє сила тяжіння $P = mg$ (g - прискорення вільного падіння), нормального тиску з боку верхнього диска і відцентрова сила. Силу тяжіння можна розкласти на скочується силу $F_{\text{ск}} = mg\cos\beta$ і на силу нормального тиску $N = mg\sin\beta$.

Відцентрова сила спрямована по горизонталі і дорівнює:

$$F_{\text{цд}} = m\omega^2\rho = m\omega^2r\sin\beta; \quad (2.13)$$

Цю силу також можна розкласти на складову $F_{\text{цд}}\sin\beta$, що діє вздовж поверхні конуса і складову $F_{\text{цд}}\cos\beta$, що діє перпендикулярно поверхні конуса.

Отже, сумарна сила діє вздовж котра утворює поверхні конуса дорівнює:

$$F_r = mg\cos\beta + m\omega^2r\sin^2\beta; \quad (2.14)$$

Сила нормального тиску зерна на поверхню конуса, дорівнює:

$$N = mg\sin\beta - m\omega^2r\sin^2\beta\cos\beta. \quad (2.15)$$

Отже радіальна складова сил тертя дорівнює

$$F_{\text{тр}}^r = -fN = -f(mg\sin\beta - m\omega^2r\sin^2\beta\cos\beta); \quad (2.16)$$

де f - коефіцієнт тертя

Сила N роботи не виробляє, тому елементарна робота δA_r при переміщенні зерна на відстань δr при $\delta\theta = 0$, так само:

$$\delta A_n = (F_r + F_{\text{тр}}^r)\delta r = (mg\cos\beta + m\omega^2r\sin^2\beta)\delta r - f(mg\sin\beta - m\omega^2r\sin^2\beta\cos\beta)\delta r. \quad (2.17)$$

Узагальнена сила Q_r пов'язана з елементарною роботою δA_r рівністю:

$$\delta A_r = Q_r\delta r; \quad (2.18)$$

Отже:

$$Q_r = mg\cos\beta + m\omega^2r\sin^2\beta - fmg\sin\beta + fm\omega^2r\sin^2\beta\cos\beta; \quad (2.19)$$

Сила нормального тиску N спрямована перпендикулярно можливого переміщення тому в узагальнену силу Q_r не ввійшла.

До явного виду узагальненої сили Q_r , можна зробити наступні зауваження: По-перше, якщо конус не обертається то $\omega = 0$, і сума обобщених сил дорівнює:

$$Q_r^0 = mg \cos \beta - fmg \sin \beta \quad (2.20)$$

Тобто збігаються зі звичайним виразом для скочується сили при русі вантажу по похилій площині з тією лише різницею, що кут нахилу площини відраховується від вертикалі, а не від горизонталі, як зазвичай.

По-друге сили нормального тиску (2.15) звертаємо в нуль при:

$$g - \omega^2 r \cos \beta = 0 \quad (2.21)$$

остання рівність є умовою відриву зерна від поверхні конуса. Критичне значення кривої при заданій геометрії пристрою одно:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{r \cos \beta}} \quad (2.22)$$

На нижньому краю конуса досягається максимальне значення координати r :

$$r_{max} = \sqrt{\left(\frac{D-d}{2}\right)^2 + h^2} \quad (2.23)$$

що дає для критичної швидкості обертання ω величину близько 200 рад / с.

Таким чином, обрана швидкість обертання є оптимальною: її зниження призведе до зменшення продуктивності пристрою, а підвищення - до погіршення якості дроблення зерен.

Розрахуємо тепер узагальнену силу, Q_θ , задавши можливе переміщення зерна, при якому $\delta r = 0$, $\delta \theta > 0$ (рисунок 2.6)

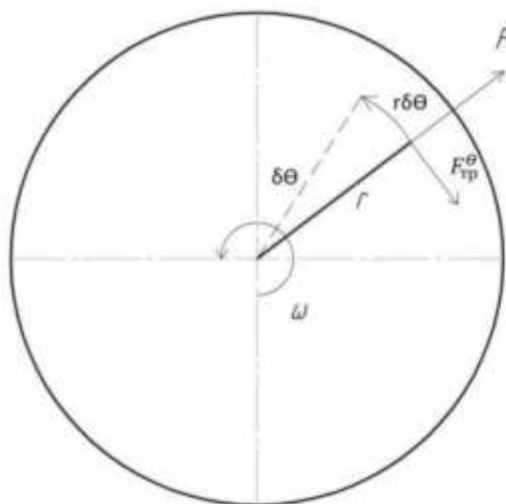


Рисунок 2.6– До визначення узагальнень долі на прямій борозенки

Сила F_r і N роботи не виробляють, оскільки зрівняні перпендикулярно

переміщенню $r\delta\theta$, і елементарної роботі δA_θ , проводиться тільки силою тертя

$$\delta A_\theta = -fNr\delta\theta; \quad (2.24)$$

звідси випливає, що узагальнена сила Q_θ дорівнює:

$$Q_\theta = -fr (mg\sin\beta - m\omega^2 r\sin\beta\cos\beta). \quad (2.25)$$

Запишемо тепер рівняння руху зерна:

$$\ddot{r} - r(\omega - \dot{\varphi})^2 = g(\cos\beta - f\sin\beta) + \omega^2 r\sin\beta(\sin\beta + f\cos\beta); \quad (2.26)$$

$$2\dot{r}(\omega - \dot{\varphi}) - r\ddot{\varphi} = -f\sin\beta(g - \omega^2 r\cos\beta) \quad (2.27)$$

Рівняння руху (2.25), (2.26) являють собою систему двох взаємопов'язаних нелінійних диференціальних рівнянь і її рішення, з урахуванням всіх факторів, можливо тільки чисельними методами. У зв'язку з цим вважаємо, що $\varphi \leq \omega$, і перепишемо точне рівняння (2.25) у вигляді:

$$\ddot{r} - \omega^2 r = g(\cos\beta - f\sin\beta) + \omega^2 r\sin\beta(\sin\beta + f\cos\beta). \quad (2.28)$$

Для вирішення цього рівняння зауважимо, що радіальна складова швидкості

дорівнює $v_r = \frac{dr}{dt}$, Отже:

$$\ddot{r} = \frac{dv_r}{dt} = \frac{dv_r}{dr} \frac{dr}{dt} = v_r \frac{dv_r}{dr} = \frac{1}{2} \frac{d}{dr}(v_r^2) \quad (2.29)$$

Тоді рівняння (2.27) запишемо у вигляді:

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dr}(v_r^2) = a + b_r^2 \quad (2.30)$$

де

$$a = g(\cos\beta - f\sin\beta); \quad (2.31)$$

$$b^2 = \omega^2(1 + \sin\beta(\sin\beta + f\cos\beta)) \quad (2.32)$$

запишемо рівняння (2.29) у вигляді

$$d(v_r^2) = 2(a + b^2r)dr \quad (2.33)$$

рішення цього рівняння має вигляд:

$$v_r^2 = 2ar + b^2r^2 + C_1 \quad (2.34)$$

Постійне інтегрування C_1 знаходив з початкових умов $v_r = 0$ при $r = 0$

Вибір початкової умови в наведеній формі обумовлений тим, що зерна сої подаються через вертикальний патрубок на абразивний конус з невеликою вертикальною швидкістю, якою можна знехтувати. Залежність продуктивності та якості подрібнювача досить складна і тут не розглядається. Можна, однак, зауважити, що якщо зерна потрапляють на абразивний конус з деякою початковою швидкістю, то це скорочує час їх перебування на поверхні конуса, а це призводить до погіршення якості помелу. Найкраща якість подрібнення виходить при нульовій швидкості потрапляння зерен на поверхню конуса. В цьому випадку $C_1 = 00$, і рівняння (2.33) можна записати у вигляді:

$$\frac{dr}{dt} = \sqrt{2ar + b^2r^2} \quad (2.35)$$

$$\frac{dr}{\sqrt{2ar + b^2r^2}} = dt \quad \text{де } \frac{a}{b} = r_0 \quad (2.36)$$

запишемо диференціальне рівняння руху зерна в радіальному напрямку у вигляді:

$$\frac{dr}{\sqrt{(r + r_0)^2 - r_0^2}} = bdt \quad (2.37)$$

Остаточно залежність радіальних координат зерна від часу дається рівнянням:

$$r = r_0(\text{ch}(bt) - 1) \quad (2.38)$$

оскільки кутова швидкість $\omega \approx 20$ рад/с; то можна вважати, що $\text{ch}(bt) \approx 1 + \frac{1}{2} \omega^2 t^2$ і тоді закон зміни радіальних координат має вигляд:

$$r = \frac{r_0}{2} \omega^2 t^2 \quad (2.39)$$

Розглянемо тепер рівняння (2.26) нехтуємо, як і раніше ϕ в порівнянні з ω , і

враховуючи, що $r = br$, отримуємо замість рівняння (2.40) і (2.26) наступне наближене рівняння

$$2br\omega - r\varphi = f\omega^2 r \sin\beta \cos\beta; \quad (2.40)$$

В останньому рівнянні зроблено припущення про нехтування величиною g в порівнянні з $\omega^2 r$, тоді:

$$\varphi = 2b\omega - f\omega^2 \sin\beta \cos\beta. \quad (2.41)$$

Вирішивши останнє рівняння, яке задовольняє початковим умовам $\varphi(0) = 0$, має вигляд:

$$\varphi = \frac{q^2 t^2}{2} \quad (2.42)$$

$$\text{де } q^2 = 2b\omega - f\omega^2 \sin\beta \cos\beta \quad (2.43)$$

Отже, параметричні рівняння руху зерна по поверхні конуса мають вигляд:

$$r = r_0 e^{bt} \quad \varphi = \frac{q^2 t^2}{2} \quad (2.44)$$

2.3 Кінематичний розрахунок подрібнювача

Раніше були знайдені рівняння руху (2.45, 2.39) окремого зерна сої по боковій поверхні конусного абразиву. В системі відліку, пов'язаної з обертовим конусом рівняння руху має вигляд:

$$r = r_0 \text{ch}((bt)^{-1}) \quad (2.45)$$

$$\varphi = \frac{q^2 t^2}{b} \quad (2.46)$$

де $\text{ch}(bt)$ - гіперболічний косинус відповідного аргументу

$$r_0 = \frac{a}{b} \quad (2.47)$$

$$a = g(\cos\beta - f\sin\beta) \quad (2.48)$$

$$b = \omega \sqrt{1 + \sin\beta (\sin\beta + f \cos\beta)} \quad (2.49)$$

$$q = \sqrt{2b\omega - f\omega^2 \sin\beta \cos\beta} \quad (2.50)$$

У формулах (2.47-2.50) g - прискорення вільного падіння, β - кут нахилу абразивної конічної поверхні до осі обертання конуса, f - коефіцієнт тертя зерна об поверхню конуса, ω - кутова швидкість обертання конуса.

Слід зазначити, що в нерухомій системі відліку кут повороту зерна дорівнює:

$$\theta = \omega t - \varphi \quad (2.51)$$

Тобто кути θ і φ відраховують в різні боки.

З рівності (2.39) і (2.45) знаходимо рівняння траєкторії руху зерна:

$$r = r_0 (\cosh(b/\alpha \sqrt{2\varphi}) - 1) \quad (2.52)$$

Графік траєкторії руху зерна при $\frac{b}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ (оскільки величина $f \sin \beta \cos \beta$ менше одиниці, то ними при якісному розгляді руху зерна можна знехтувати) (рисунок 2.7).

D - діаметр конуса по нижнього основи; r - відстань зерна уздовж утворює ко нус від $O A_1$ його обертання;

v_r, v_φ - радіальна і азимутальна компонента швидкості v ;

ψ - проміжок між вектором швидкості v і утворює r

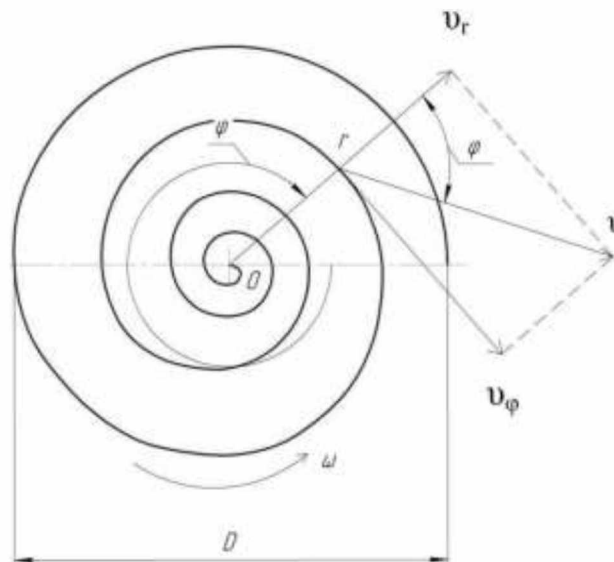


Рисунок 2.7 - Траєкторія руху зерна в системі відліку, пов'язаної з обертним конусом

Знайдемо залежність v_r і v_φ від відстані r , для чого використовуємо формули отримані раніше. Для радіальної компоненти швидкості v_r було отримано наступне рівняння:

$$v_r = \sqrt{2ar + b^2r^2}. \quad (2.53)$$

Для азимутальної компонентів швидкості v_φ використовуємо отримані раніше рівняння азимутального руху зерна:

$$2\dot{r}(\omega - \dot{\varphi}) - r\ddot{\varphi} = -f\sin\beta(g - \omega^2 r \cos\beta). \quad (2.54)$$

Згідно (2,52) та (2.43) $r=v_r$, $\varphi=q^2$

Оскільки $v_\varphi=r\dot{\varphi}$, то управління (2.55) можна записати у вигляді:

Звідси:

$$v_\varphi = \omega r - \frac{r^2 q^2}{2v_r} + \frac{f r \sin\beta}{2v_r} (g - \omega^2 r \cos\beta) \quad (2.55)$$

При зростанні r швидкість v_r росте приблизно за лінійним законом

$v_r = br$, отже, доданок $\frac{g f r \sin\beta}{2v_r}$ залишається приблизно постійним при зростанні r , а інші складові - ростуть за пропорційним законом. Тому з тим же ступенем точності, яка прийнята в попередній статті, можна записати:

$$v_\varphi = \omega r - \frac{r^2}{2v_r} (q^2 + f \omega^2 \sin\beta \cos\beta) \quad (2.56)$$

Вираз (2.58) справедливо в нерухомій системі відліку, про що свідчить доданок ωr в правій частині рівності (2.58). З огляду на, що $f < 1$, складовою $f \omega^2 \sin\beta \cos\beta$ можна знехтувати в порівнянні з q^2 . Вираз для v_φ в переносній системі відліку, що обертається разом з конусом має вигляд:

$$v_\varphi = - \frac{r^2 q^2}{2v_r} = - \frac{r^2 q^2}{2\sqrt{b^2 r^2 + 2ar}}. \quad (2.57)$$

Знак «-» в цьому виразі вказує на напрямок відліку кута φ , що було відзначено вище.

Кут ψ нахилу траєкторії зерна по відношенню до радіального напрямку (малюнок 2.8) дорівнює:

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{v_{\varphi}}{v_r} \quad (2.58)$$

Звідси:

$$\cos\psi = \frac{v_r}{v} \quad (2.59)$$

$$\sin\psi = \frac{v_{\varphi}}{v} \quad (2.60)$$

де $v = \sqrt{v_r^2 + v_{\varphi}^2}$ - швидкість руху зерна в рухомій системі відліку.

На рисунку 2.8 зображена частина борозенок, нахилених під кутом α до радіального напрямку.

Розглянемо на початку випадок під кутом ψ більше кута нахилу борозенок α .

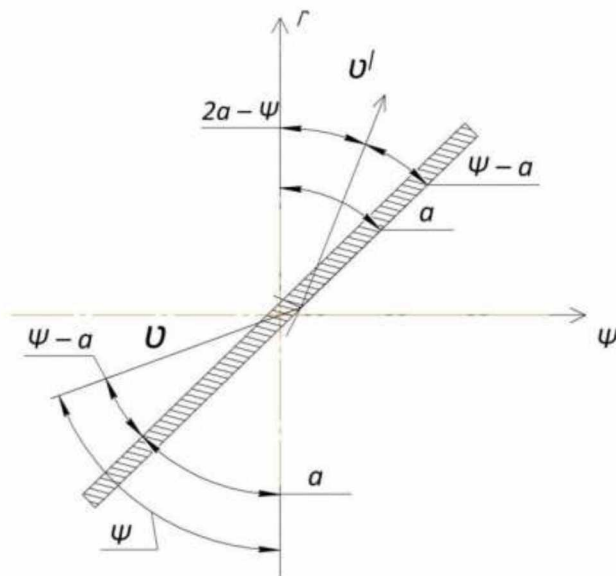


Рисунок 2.8 - Схема взаємодії зерна з борозенками (заштрихована) при вугіллі $\psi > \alpha$; v_1 - швидкість зерна після взаємодії з борозенкою

Тоді кут між вектором швидкості падаючого зерна і борозенкою дорівнює $\psi - \alpha$. При пружному зіткненні швидкість зерна не змінюється, а кут падіння дорівнює куту відбиття.

Отже, кут між радіальним напрямком і напрямку швидкості відображають борозенок дорівнює $\alpha - (\psi - \alpha) = 2\alpha - \psi$. Отже, після відображення зерна від

борозенок радіальна складова його швидкості дорівнює:

$$v'_r = v' \cos(2\alpha - \psi) = v \cos(2\alpha - \psi) \quad (2.61)$$

Швидкість досягає максимального значення в цій схемі

після відображення зерно рухається по радіусу азимутальної складової швидкості відсутня. Таким чином, при куті нахилу досягається максимальна продуктивність.

При $\alpha = \psi$; Y_r зерна йдуть паралельно борозенками. Логічно в цьому випадку здійснюється мінімальний вплив на рух зерна. Продуктивність пристрою при цьому буде така ж, як при відсутності борозенок.

При куті нахилу борозенок α , що перевищує ψ , зерно вдаряється об борозенки з внутрішньої сторони. У цьому випадку формула (2.63) залишається справедливою, однак при збільшенні кута α від ψ до $+ 45^\circ$ продуктивність пристрою збиткова від значення до нуля, і при куті $\alpha > + 45^\circ$ зерно не виходять з пристрою; борозенки не дають їм вийти назовні.

Кут нахилу більше ніж ψ не вигідні, бо різко знижується, продуктивність, а при $\alpha = + 45^\circ$ вихід подрібненого зерна з приладу відсутня.

Приведений вище висновок про вплив розташування борозенок на продуктивність пристрою носить наближений характер пов'язаний з спрощеною моделлю руху зерна.

Проте, висновок про існування оптимального кута при якому продуктивність падає до нуля підтверджується в практичних дослідженнях розробленого подрібнювача замоченого зерна сої.

2.4 Програма і задачі проведення експериментальних дослідів

Беручи до уваги вимоги, що пред'являються до технологічних ліній приготування соєвого молока, основною метою проведення експериментальних досліджень було підтвердження теоретично отриманих залежностей [1, 3, 19].

Дослідження були розбиті в два етапи і здійснювалися на експериментальній установці подрібнювача замоченого зерна сої (ІЗЗС) в лабораторно-виробничих умовах:

- на першому етапі проводилося вивчення фізико-механічних властивостей розбухлого зерна сої після замочування у воді. Необхідно встановити залежність зміни щільності (ρ) і міцності розбухлого зернового матеріалу (J), зміна вологості (W) і маси (m) від ступеня набухання, а так само повнота і якість виходу соєвого протеїну в екстргент (G) від гідромодуля (кількості порцій води подається при стиранні зерна) і температури (t) води, що подається.

- другий етап був присвячений вивченню процесу приготування соєвого молока і оптимізації основних факторів, що впливають на процес. Так само на другому етапі досліджень ставилося завдання визначення оптимальних конструктивно-режимні параметрів подрібнювача соєвого зерна, визначення основних характеристик розроблюваного устрою.

В експериментальних дослідженнях вирішувалися наступні завдання:

- визначалися фізико-механічні властивості замоченого зерна сої є сировинним матеріалом; 63
- вивчався вплив конструктивно-режимних параметрів подрібнювача розбухлого зерна сої на його продуктивність, енергоємність процесу подрібнення;
- вивчалися якісні показники процесу, а саме екстракція білка в емульсію.

2.5 Опис експериментальної установки

Був виготовлений дослідний зразок [60] (рисунок 3.1), на базі якого проведено ряд багатофакторних експериментів з метою експериментального обґрунтування конструктивно-режимних параметрів подрібнювача.



Рисунок 2.9–Загальний вигляд подрібнювача замоченого зерна сої



Рисунок 2.10–Змінні абразивні диски з криволінійними бороздками

Експериментальна установка в належній мірі дозволяє в необхідних межах варіювати значеннями обраних факторів, що впливають на процес подрібнення замоченого зерна сої з подальшим виділенням соєвого білка.

Частота обертання нижнього диска з нанесеним абразивним напиленням змінювалася перемикачем частоти обертання установки. Перемикач працює в трьох режимах. Так само були виготовлені змінні абразивні диски з криволінійними борозенками. Криволінійні борозенки виконані у вигляді канавок під різним кутом перетину борозенок (α -60 °, α -90 °, α -120 °). Зазор 64 між абразивними дисками виставлявся шляхом підкладена шайб між верхнім абразивним конусом і кришкою корпусу подрібнювача (таким чином в процесі експерименту ставилося зазор між абразивними дисками 3, 4, і 5 мм.). Шорсткість абразивної поверхні дисків досягалася шляхом нанесення на клей абразивного каменю корунд, величина шорсткості була обрана $Ra = 50$, $Ra = 250$, $Ra = 450$ мкм. Експериментальна установка в належній мірі дозволяє в необхідних межах варіювати значеннями обраних факторів, що впливають на процес подрібнення замоченого зерна сої з подальшим виділенням соєвого білка. Частота обертання нижнього диска з нанесеним абразивним напиленням змінювалася перемикачем частоти обертання установки. Перемикач працює в трьох режимах. Так само були виготовлені змінні абразивні диски з криволінійними борозенками. Криволінійні борозенки виконані у вигляді канавок під різним кутом перетину борозенок (α -60 °, α -90 °, α -120 °). Зазор 64 між абразивними дисками виставлявся шляхом підкладена шайб між верхнім абразивним конусом і кришкою корпусу

подрібнювача (таким чином в процесі експерименту ставилося зазор між абразивними дисками 3, 4, і 5 мм.). Шорсткість абразивної поверхні дисків досягалася шляхом нанесення на клей абразивного каменю корунд, величина шорсткості була обрана $Ra = 50$, $Ra = 250$, $Ra = 450$ мкм.

2.6 Експериментальне обладнання, пристрої та апаратура

Для вимірювання енергетичних характеристик застосовувався прилад К-505. Для вимірювання кількісного виходу білка використовувалися лабораторні колби і електронні ваги ВЛТК-500 (рисунок 3.3 - 3.4). Для зміни обертів електродвигуна використовувався реостат, вбудований в експериментальну установку. Температура рідини, що подається в подрібнювач вимірювалася за допомогою електронного безконтактного градусника. Завдяки використанню цього мірну посудину проводився обсяг отриманої рідкої білкової суспензії. Для зміни обертів електродвигуна використовувався реостат, вбудований в експериментальну установку.



Рисунок 2.11 – К-505, пристрій для вимірювання потужних характеристик



Рисунок 2.12 – ваги ВЛТК-500

2.7 Експериментальне обладнання, пристрої та апаратура

Експерименти проводилися на сорті сої «Медісон». Із зернового матеріалу було взято 6 порцій, кожна з яких складалася із 10 зерен [92]. Довжина соєвого зерна становила 6мм. Маса 10 зерен сої 1,767, а обсяг 10 зерен склав 1,4 мл (обсяг

зерна враховувався по витісненій рідині з мірного стакана після зануреного в нього). Експериментальні дослідження проходили при кімнатній температурі (20-22 ° C), а початкова вологість зерна була 10%. За отриманими експериментальними даними (наступна глава) були побудовані наступні залежності: зміни маси (m), обсягу (v) і довжини (L) зерна від тривалості замочування (рис 2.13-2.14).

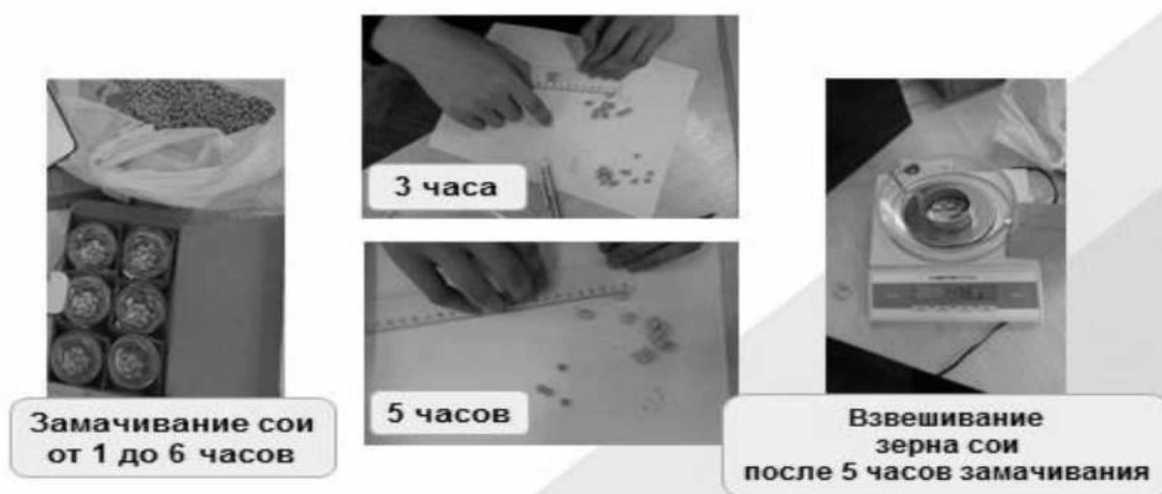


Рисунок 2.13-Залежність зміни маси (m), об'єму (v) та довжини (L) зерна від продовження замочування

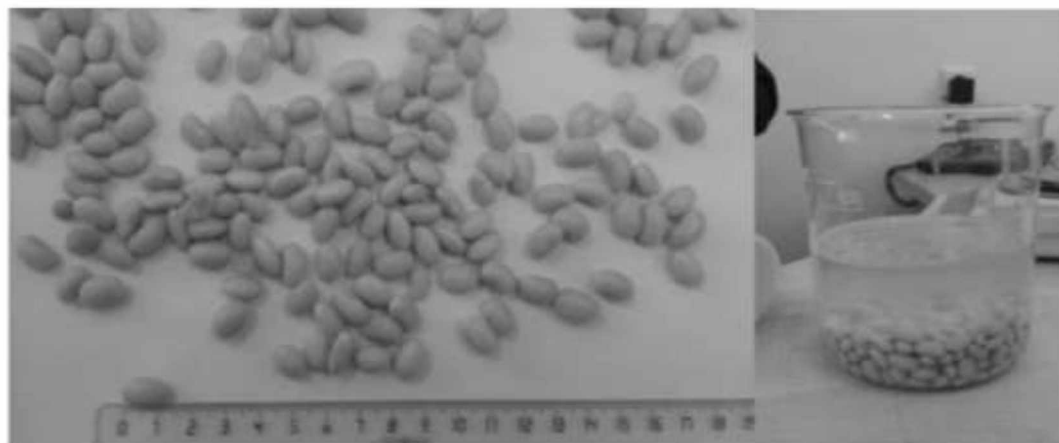


Рисунок 2.14 Залежність зміни геометричних розмірів сої від(часу) ступеню набухання

Сутність пресування з фізичної точки зору зводиться зближенню, ущільненню пухкої частини корму [50, 51]. Зростання механічного здавлювання зернового матеріалу усуває повітряні пори і порожнечі. Надалі збільшення тиску неефективне, через те, що набряклі зерна в основному складаються з не стискується матеріалу - води.

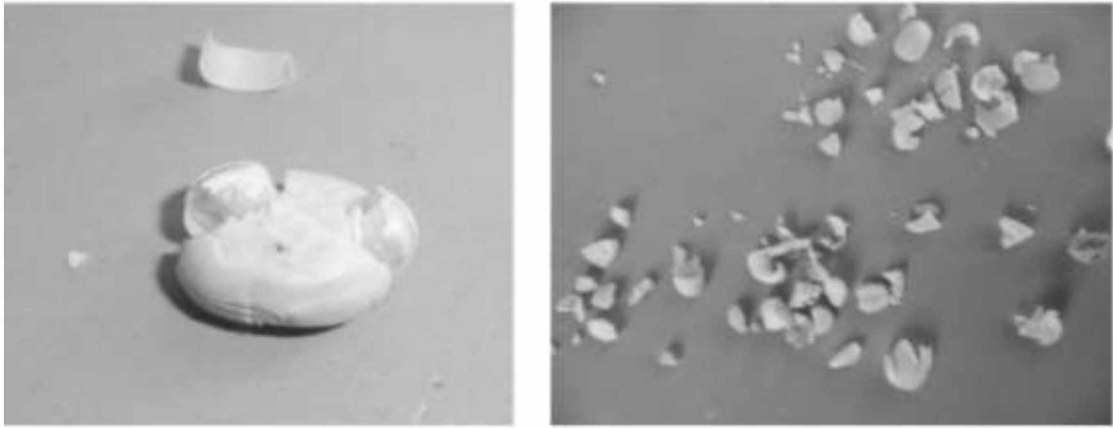


Рисунок 2.15 Встановлення залежності руйнування набряклих зерен шляхом прикладеного тиску

Геометричний розмір, форма частинок і внутрішня структура зернового матеріалу визначають його фізико-механічні властивості, для вимірювання яких необхідно застосовувати різні методики і апаратуру. Так для визначення щільності, однією з основних характеристик зернового матеріалу, знаючи, що щільність - це відношення маси речовини (кг) міститься в обсязі цієї речовини (кг / м³) можна застосувати пікнометричним метод.

За пропонованою технологією в якості екстрагента виступає вода, що трохи знижує кількість білкових з'єднань вступають у взаємодію з водою, але цей фактор з лишком компенсується загальним спрощенням технологічного процесу [40, 41, 59].

При проведенні експериментальних досліджень по оптимізації конструктивно-режимних параметрів ІЗЗС, вивчення підлягали якісні і кількісні показники виходу білка в екстрагент, в результаті чого такі фактори як температура рідини, що подається в подрібнювач і кількість цієї рідини були оптимізовані (результати викладені в наступному розділі).

2.8 Методика дослідження процесу подрібнення соєвого зерна і екстракції білка в емульсію

На основі аналізу літературних джерел, теоретичних і експериментальних досліджень [4, 6, 13, 30, 37, 41] була побудована структурнотехнологіческая схема лінії роздачі кормових сумішей на малих фермах.

Апріорне ранжування факторів, з урахуванням проведених раніше досліджень, дозволило виділити найбільш значущі чинники.

Основні фактори (величина нанесеного абразиву на диски; зазор між рухомим і нерухомим дисками подрібнювача (h); нахил борозенок (α), частота обертання нижнього абразивного диска (ω)) впливають на процес подрібнення зерна в замоченому вигляді і подальше екстрагування білка в емульсію були виявлені в результаті аналізу структурно технологічної схеми (рисунк 2.14) лінії роздачі кормових сумішей на малих фермах і представлені в таблиці 2.2. Так само були визначені для процесу подрібнення замоченого соєвого зерна критерії оптимізації робочого процесу: вихід білка в екстрагент (G), продуктивність подрібнювача (Q) і енергоємність процесу (N).

Рівень	Фактори			
	Кутова швидкість обертання нижнього диска з нанесеним абразивом ω , рад / с	Шорсткість абразиву R_a , мкм	Кут нахилу борозенок α	Зазор між дисками h , мм
	X_1	X_2	X_3	X_4
Верхній (+1)	172	50	$\alpha-120^\circ$	5
Основний (0)	169	250	$\alpha-90^\circ$	4
Нижній(-1)	141	450	$\alpha-60^\circ$	3

Математичну модель процесу стирання зернового матеріалу отримуємо емпіричним шляхом.

Після визначення і подальшої вибірки малозначущих факторів, описуємо області оптимуму рівняннями регресії другого порядку:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \times x_i + \sum_{i < j}^k b_{ij} \times x_i \times x_j + \sum_{i=1}^k b_{ij} \times x_i^2 \quad (2.62)$$

де b_0 - вільний член;

b_i, b_{ii}, b_{ij} - теоретичні коефіцієнти регресії;

x_i, x_j - незалежні фактори.

Виходячи з поставленого завдання і з урахуванням вимог до плану експерименту був обраний Д-оптимальний план Кіфера [20, 69].

Використання Д-оптимального плану дозволяє отримати оцінки, мають мінімально-можливе розсіювання щодо центру розподілу.

Під час дослідів контрольовані, але некеровані фактори змінювалися в межах: температура навколишнього повітря - 17^о ... 22^оС, барометричний тиск - 700 ... 725 мм. рт.ст., відносна вологість повітря 65 ... 85%. і дослідження проводилися на експериментальній установці.

В якості критеріїв оптимізації процесу були прийняті: вихід білка в екстрагент (G), продуктивність подрібнювача (Q) і енергоємність процесу (N).

Розрахунок коефіцієнтів рівнянь регресії проводився за відомою методикою [47] з використанням ЕОМ.

Досліди виконувались з триразовою повторністю. однорідність ряду дисперсій перевіряли по Критерію Кохрена [14, 20] при 5% рівні значимості і числі ступенів свободи $f = n-1$, де n - число паралельних дослідів.

Після побудови математичних моделей процесу подрібнення зерна з наступною екстракцією білка виробляли виключення з моделі малозначущих коефіцієнтів регресії і побудови поверхонь відгуків.

Аналізуючи рівнянь регресії і поверхностістей відгуків визначали оптимальні параметри факторів, що впливають на процес.

Продуктивність визначаємо шляхом збору соєвого молока в мірний стакан, виданого за проміжок часу $t = 1$ с.

Про ступінь руйнування антиживильних речовин судимий за активністю уреазі - показнику опосередковано свідчить про інактивації антиживильних речовин. Визначаємо її по ГОСТу 4599-73.

Для визначення активності уреазі необхідно мати ваги аналітичні, пробірки скляні по ГОСТу 1056-63 і реактиви: 0,05 М фосфатнобуферний розчин з рН-7,0, готують його з суміші 0,05 М первинних і вторинних свежеперекристаллізованих фосфатів або К / 6, 11 мл 0,05 М K_2HPO_4 -3,89 мл KH_2PO_4 ; карбамід (сечовина) по ГОСТу 2081-63; феноловий червоний (Фенолсульффталеїн) по ГОСТу 4594-73 0,1-ний розчин.

Із середньої проби відбираємо невелику кількість соєвого зерна і подрібнюємо їх з діаметром отворів 0,25 мм.

В пробірку заливаємо 10 мл фосфатно-буферного розчину (рН-7,0), додаємо 0,3 г карбаміду, 2 краплі фенолового червоного і 0,2 г подрібненого соєвого зерна. Суміш періодично струшують при температурі 20-25 в 30 хвилин. Показник рН-середовища визначаємо за допомогою потенціометра або рН-метра.

Активність уреазі (А) визначаємо по зміні рН протягом 30 хвилин

$$A = \text{pH1} - \text{pH}_0,$$

де рН1 - рН розчину з навішуванням соєвого зерна після 30 хвилинного витримання при температурі 20-25⁰С;

рН₀ - рН вихідного буферного розчину.

Оптимальна активність уреазі має місце в тому випадку, якщо розбіжність між двома паралельними визначеннями не перевищує 0,05 рН.

Еквівалентний діаметр зерна визначаємо шляхом попереднього занурення 100 шт. зерен в бензин налитий в метровий циліндр і визначаємо обсяг одного зерна V_3 , з подальшим обчисленням по Формулі

$$D_3 = 1,24 \sqrt[3]{V_3} \quad (2.63)$$

2.9 Висновки по другому розділі

У результаті проведеного нами аналізу способів і технологій, що передбачають застосування серійно випускається техніки для приготування соєвого молока з зерна сої, було розроблено універсальний, що дозволяє в якості кінцевого продукту переробки соєвого зерна відповідно запропонованої технологією отримати легко засвоювані протеїнові корми з хорошим амінокислотним складом, такі як соєве молоко, сир «Тофу», соєву макуху і після термічної обробки застосовувати в раціонах годівлі.

Відмінною особливістю запропонованого способу переробки зерна сої, реалізованого розробляються пристроєм (рисунок 2.1), є об'єднання цілого ряду

технологічних операцій пов'язаних з подрібненням зернового матеріалу, наступним змішуванням з водою з метою екстракції білка в емульсію, поділ на молоко і окару в один технологічний процес.

У розділі представлена кінематика руху розпухло (після витримування у воді) зернового матеріалу по робочому органу подрібнювача зерна в замочені вигляді. виконаного у вигляді усіченого конуса з нанесеним абразивним напиленням і вирізаними в напрямку від центру до периферії диска напрямними борозенками (рисунок 2.7). На рис. 2.5 графічно приведені сили впливають на набрякле зерно при процесі подрібнення. Отримано рівняння руху, а так само графічно представлена траєкторія руху окремо взятого розбухлого зерна сої по поверхні усіченого конуса з нанесеним абразивом. Отримано вираз, що характеризує лінійну швидкість руху окремо взятого розбухлого зерна, витрат енергії на процес стирання розбухлого зерна, так само отримані вирази об'ємної і масової продуктивності подрібнювача зерна в замоченому вигляді.

В результаті теоретичних досліджень процесу стирання розбухлого зерна сої, отриманий ряд аналітичних залежностей показує функціональну взаємозв'язок між конструкцією і режимом роботи розроблювального пристрою, мають прямий вплив на процес подрібнення.

У зв'язку з цим, теоретичні висновки про важливість впливу окремих факторів на процес стирання розбухлого зерна сої з подальшим витяганням білка вимагають експериментальної перевірки.

В експериментах по вивченню процесу стирання розбухлого зернового матеріалу з подальшим витяганням білка в екстрагент потрібно підтвердити теоретично отримані припущення, а також уточнити вихідні дані, необхідні для визначення оптимальних конструктивних і експлуатаційних параметрів подрібнювача зерна в замоченому вигляді.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

При експериментальному дослідженні та оптимізації робочого процесу ІЗЗС, вивчалася якість кінцевого продукту, а так само технологічні параметри процесу приготування сиру «Тофу» і соєвого молока.

В якості основних критеріїв оптимізації процесу стирання розбухлого зерна сої були обрані: вихід білка в рідкий екстрагент (G), продуктивність ІЗЗС (Q) і енергоємність процесу (N). У свою чергу всі перераховані критерії оптимізації безпосередньо залежать від таких основних факторів мають прямий вплив на процес: величина зазору між подрібнюючими дисками з нанесеним абразивом (h); величина нанесеною абразивної поверхні (Ra); частота обертання (ω) нижнього диска з нанесеною абразивної поверхнею; величина кута кривизни (α) напрямних борозенок. За значеннями, отриманими експериментальним шляхом, вибиралися оптимальні значення, які піддавалися аналізу [25, 69, 79].

3.1 Результати дослідження вимірювання фізико-механічних властивостей зерна сої від часу замочування

На основі даних отриманих експериментальним шляхом (таблиця 4.1) графічно представлені залежності зміни геометрії зернового матеріалу (m, V, L) від часу (T) знаходження у воді (рисунок 3.1)

Таблиця 3.1. Залежність вимірювання геометрії зерна від часу (T) знаходження у воді

показник	Тривалість витримування у воді T, год								
	0	1	2	3	4	5	6	7	21
m, гр	0,177	0,275	0,317	0,321	0,338	0,347	0,361	0,37	0,434
L, мм	6	7	8	9	10	12	13	13	13
V, мл	0,14	0,24	0,26	0,3	0,3	0,32	0,34	0,34	0,38

Аналізуючи графік залежності зміни геометрії зерна від часу знаходження у воді (рисунок 3.1) можна зробити висновок, що: після закінчення 6 годинного замочування довжина зерна збільшилася з 6 мм до 13 мм.

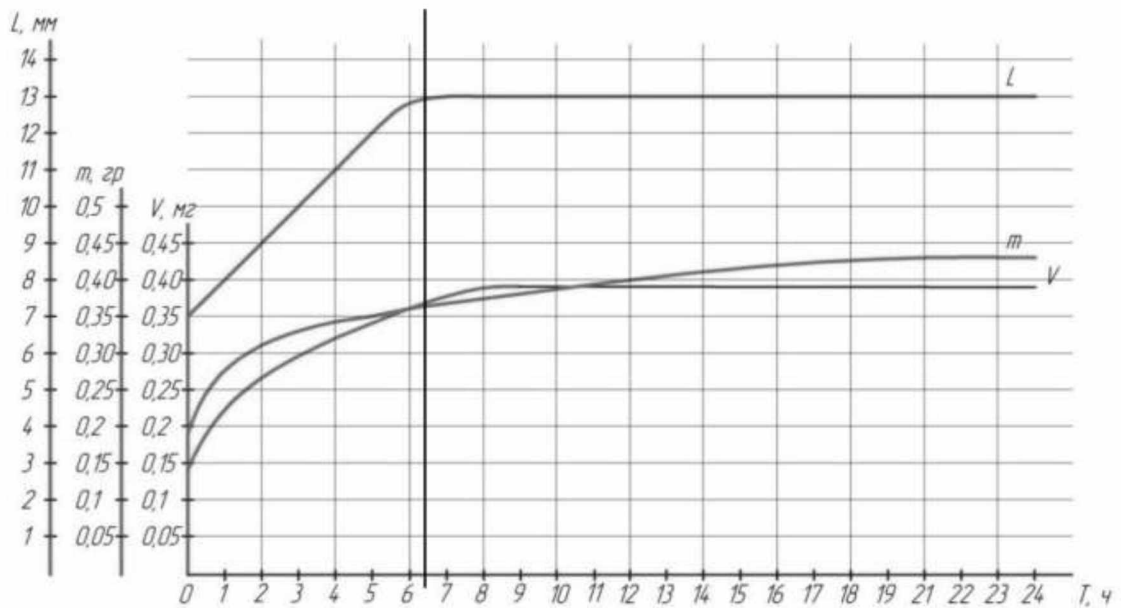


Рисунок 3.1 - Залежність зміни геометрії зерна від часу знаходження у воді

Подальше замочування істотного впливу на зміну геометричного розміру зерна сої не має. Маса і об'єм зерна становить $m = 0,36$ гр., $V = 0,34 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Надалі взаємодія зерна з водою малоефективно, тому що при 24 ч замочуванні досягає значення $m = 0,434$ гр., $V = 0,34 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Тому оптимальний час (Т) витримування зернового матеріалу в воді становить 6-7 годин (лінія перегину на малюнку 3.1).

3.2 Дослідження надійності зернового матеріалу

Підвищення тиску сприяє зміцненню моноліту за рахунок усунення повітряних пір і пустот і збільшення площі контактів між частинками, що призводить до зростання сил молекулярного прилипання. При досягненні тілом безпористого стану подальше збільшення тиску стає неефективним [69].

На рисунку 3.2 представлена діаграма Г. Румпф, що характеризує дію різних форм зв'язків між частинками в залежності від їх розмірів. Область I відображає умови пресування при брикетуванні і гранулювання. Вона характеризує зв'язки, що виникають при зіткненні поверхонь і від в'язучих речовин. У даній області міцності зв'язків залежить головним чином від прикладеного тиску, а не від розмірів частинок.

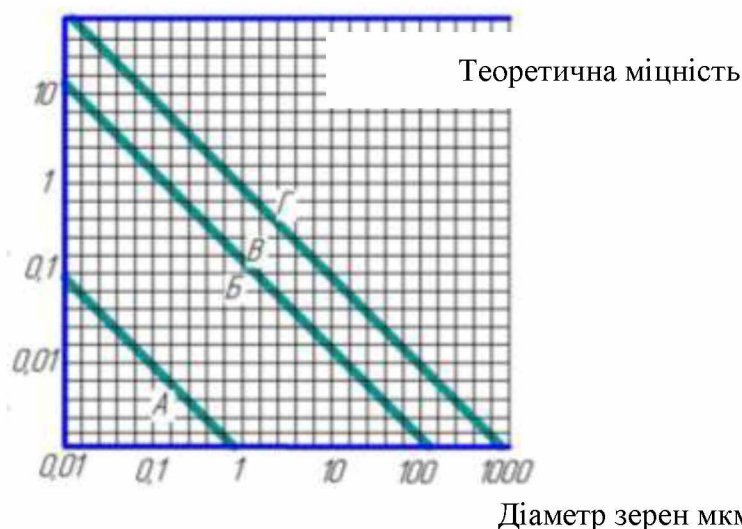


Рисунок 3.2 - Теоретична міцність і характер зв'язку частинок в залежності від їх розмірів (по Г. Румпф)

Провівши аналіз залежностей представлених малюнками 3.1 і 3.2 можна говорити про те, що прикладена механічний тиск на окремо взяте набрякле зерно сої зменшується (від 0,5 МПа до 0,01 МПа) при збільшенні ступеня набухання зерна (час набрякання від 1 години до 6 годин відповідно).

3.3 Дослідження на щільність матеріалу

Фізико-механічні властивості зернистих і волокнистих твердих тіл обумовлені розмірами і формою частинок, станом поверхні і внутрішньої структурою матеріалів. Вони складають велику групу властивостей, потребують спеціальних методик їх оцінки та визначення із застосуванням відповідної апаратури. До таких властивостей відносяться щільність, пористість, тертя та ін.

Знаючи зміна обсягу і маси зерна від тривалості замочування (таблиця 3.2), можемо порахувати щільність зерна і графічно представити зміна щільності від часу замочування (рисунок 3.3) [69, 79].

Таблиця 3.2. Зміни міцності зерна від часу набухання зернового матеріалу

Показник	Тривалість витримування зерна сої в воді T, ч								
	0	1	2	3	4	5	6	7	21
m, гр	0,177	0,275	0,317	0,321	0,338	0,34	0,36	0,37	0,434
V, мл	0,14	0,24	0,26	0,3	0,3	0,32	0,34	0,34	0,38
p, Гр/мл	1,264	1,145	1,219	1,07	1,12	1,08	1,06	1,08	1,142

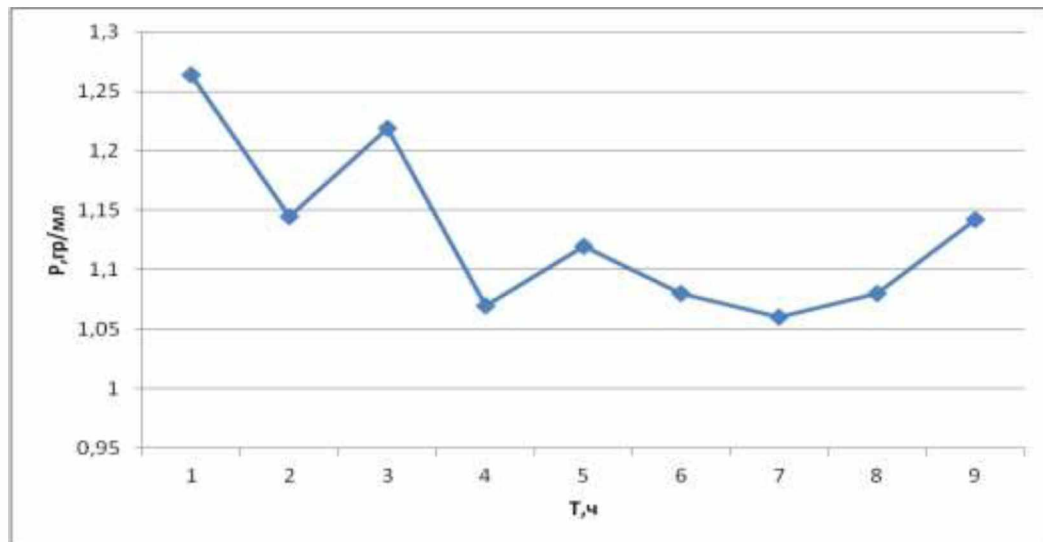


Рисунок 3.3 - Графік зміни щільності зерна сої від тривалості набрякання зернового матеріалу

Зі збільшенням тривалості замочування, а значить і вологості зерна щільність знижується. Так $\rho = 1,088$ г / мл після 7 годинного замочування у воді. Подальше витримування зерна в воді не доцільно, тому що зниження щільності надалі дещо стабілізується.

3.4 Оптимізація процесу подрібнення зерна сої з подальшою екстракцією білка

Грунтуючись на роботах вчених С. В. Мельникова, Н.В. Асанова, Ю.Б. Куркова, В.В. Кірсанова, В.Р. Альошкіна та інших авторів проводилися експериментальні дослідження.

Для проведення однофакторного експерименту був обраний класичний варіант, при якому одна змінна змінюється, а всі інші беруть незмінне значення в одному рівні.

Критеріями оцінки роботи подрібнювача були обрані його продуктивність, якісні показники (вихід білка в екстрагент) і енергоємність процесу, які були визначені за відомими методиками. А на підставі літературних джерел можна виявити найбільш значущі чинники мають істотний вплив на процес таблиці 3.3.

Таблиця 3.3-фактор і рівні їх варіювання

Рівень варіювання	Фактори			
	Кутова швидкість обертання нижнього диска з нанесеним абразивом ω , рад / с	Шорсткість абразиву R_a , мкм	Кут напрямки борозенок α	Зазор між дисками h , мм
	X_1	X_2	X_3	X_4
Верхній (+1)	172	50	$\alpha-120^\circ$	5
Основний (0)	169	250	$\alpha-90^\circ$	4
Нижній(-1)	141	450	$\alpha-60^\circ$	3

В якості критеріїв оптимізації прийняті вихід білка в екстрагент (G), енергоємність процесу (N) і продуктивність (Q).

Фактори представлені в таблиці 4.3 відповідають вимогам однозначності, незалежності, керованості і операційності. Некеровані, але підконтрольні фактори - температура і вологість повітря, атмосферний тиск враховувалися на початку проведення експерименту.

Оптимальний план Кіфера був використаний для проведення наукових досліджень, що включає п'ятнадцять результатів експерименту по матриці Плакетта-Бермана і знаходження критеріїв оптимізації процесу, здійснено обробку і побудовані математичні моделі. Для здійснення підтвердження оцінки впливу факторів на процес за даними експерименту були отримані рівняння регресії другого порядку (програма Statistica v.5.5 фірми StatSoft (USA), які виглядають наступним чином:

$$Y_1 = 0.36357 - 0.00147 X_1 - 0.0497 X_2 - 0.0858 X_3 - 0.0658 X_4 + 0.000021 X_2 X_3 + 0.0000135 X_1^2 + 0.0000348 X_2^2 + 0.00083 X_3^2 + 0.00063 X_4^2 \quad (3.1)$$

$$N_1 = 1.5581 - 0.00019 \omega - 0.00011 R_a - 0.1076 \alpha - 0.10863 h - 0.00001 \omega h + 0.00001 R_a \alpha + 0.0006 \alpha h + 0.00897 a^2 + 0.013897 h^2 \quad (3.2)$$

$$Y_2 = 10.27083 - 1.99227 X_1 + 2.36817 X_2 - 2.29653 X_3 - 5.04557 X_4 + 0.00005 X_1 X_2 - 0.0002 X_1 X_3 + 0.0004 X_1 X_4 + 0.0002 X_2 X_3 + 0.0002 X_2 X_4 + 0.0003 X_3 X_4 + 0.019 X_1^2 - 0.0229 X_2^2 + 0.02223 X_3^2 + 0.04897 X_4^2 \quad (3.3)$$

$$T_2 = 70.5946 - 0.00513\omega + 0.0343R\alpha - 10.01193\alpha - 21.30593h + 0.0008\omega h + 0.0031R_a h + 0.0134\alpha h - 0.0001R_a^2 + 1.0943\alpha^2 + 1.96527h^2 \quad (3.4)$$

$$Y_3 = 21.3502 + 3.9244X_1 + 5.452133X_2 + 4.831567X_3 - 5.29423X_4 + 0.0009X_1X_2 + 0.0005X_1X_3 - 0.000089X_1X_4 + 0.0015X_2X_3 - 0.0007X_2X_4 + 0.000089X_3X_4 - 0.0379X_1^2 - 0.05217X_2^2 - 0.04760X_3^2 + 0.0514X_4^2 \quad (3.5)$$

Для процесу стирання зерна в замоченому вигляді були отримані критерії оптимізації процесу: вихід білка в екстрагент - G (відгук Y1), продуктивність пропонованого пристрою (Q) і витрати енергії на процес - N кВт (відгук Y2). За отриманими експериментальними даними були визначені раціональні значення.

Після знаходження математичних моделей, були отримані координати оптимуму і побудовані поверхні відгуку. Протягом досліджень вирішувалася компромісна завдання між двома основними критеріями оптимізації - продуктивність і витрат енергії на процес.

3.5 Висновок по третьому розділу

Експериментальні дослідження дозволили обґрунтувати конструктивні і режимні параметри робочого органу розроблювального пристрою (Частоту обертання нижнього абразивного диска, продуктивність ІЗЗС, витрати енергії на здійснення процесу) для приготування білкових кормів із застосуванням зерна сої. За отриманими експериментальними даними побудовані залежності, з яких обрані раціональні значення гідромодуля $\eta = 1:10$; температури води, що подається в пристрій для здійснення екстракції білка $t = 55-60^\circ\text{C}$.

Оптимізовано основні фактори, що впливають на процес подрібнення зерна в замоченому вигляді: величина шорсткості абразивних дисків ($R_a = 360 \dots 450$ мкм); зазор між абразивними дисками подрібнювача ($h = 3,7 \dots 5$ мкм); напрямок борозенок ($\alpha = 80 \dots 105$), частота обертання нижнього абразивного диска ($\omega = 141 \dots 161$ рад / с). Саме в цих межах критерій енергоспоживання (N) лежить в мінімальних межах $0,34 \dots 0,36$ кВт.

4 РЕКОМЕНДАЦІЙЩО ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЙ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Техніко-економічна ефективність результатів дослідження

Виробничі випробування дослідного зразка подрібнювача зерна сої в замоченому вигляді (ІЗЗС) проводилися в

Загальний вигляд подрібнювача зерна в замоченому вигляді представлений на малюнку 4.1



Рисунок 4.1 - Загальний вигляд установки подрібнювача зерна в замоченому вигляді

Соеве молоко готувалося за запропонованою технологічною лінією, що працює за принципом безвідходної технології приготування високоякісних, високобілкових кормів на основі соєвого зерна, що включає в себе принципово новий подрібнювач замоченого зерна сої, основними елементами якого є: завантажувальна горловина, два абразивних диска (один з яких нерухомий, а на іншому нанесені криволінійні борозенки), сито, що дозволяє в якості продукту отримати соєве молоко, соєвий сир «тофу» і високобілкові корми.

Конструктивні рішення, прийняті при створенні установки забезпечують значне скорочення витрат електроенергії на виробництво соєвої емульсії в порівнянні з зарубіжними та вітчизняними аналогами, за рахунок об'єднання цілого низки технологічних операцій (подрібнення, екстракція білка в емульсію, поділ суспензії на фракції) в одну. Установка, розроблена з урахуванням

особливостей переробки насіння, що мають в початковому стані високий вміст масла і білка.

Технічна характеристика установки подрібнювача зерна в замоченому вигляді представлена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Технічна характеристика установки подрібнювача зерна в замоченому вигляді

№ п/п	Показники	Од.виміру	Параметри
1	Продуктивність	л/год	230
2	Габаритні розміри: довжина ширина висота	мм	2100 700 800
3	Обслуговуючий персонал	Чол.	1
4	Маса	Кг	12
5	Потужність, потрібна для реалізації робочого процесу	кВт	0,38

Розрахунок техніко-економічної ефективності передбачає наявність варіанти для порівняння.

В якості такого базового була прийнята установка з виробництва соєвого молока «соєва корова». У додатку № наведено загальний вигляд і характеристика базової машини.

Основні техніко-економічні показники порівнюваних варіантів представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 –техніко-економічні показники порівняльних варіантів

Показники	Од.вим.	Порівняльні варіанти		Ступінь перебільшення разів
		Соева корова СМ-Р	Запропонований пристрій	
Продуктивність	л/ч	50	При діаметрі робочого органу 12-13 мм 220-250	4,4-5
Установлена потужність Електропарогенератори диспергатор малогабаритний варильний модуль	кВт	10,0 3,5 12,0	1,1	
Всього		25,5	1,1	23,2
Маса обладнання	кг	400	12	16,7

Енергоємність	кВт*ч/л	0,51	0,005	102
Металоємність	Кг/кг/л	8,0	0,055	145

Економічний ефект за приведеними витратами прорахований з урахуванням цін, що склалися на 01.01.2018 р, за відомими методиками [24, 26, 28, 33].

Проведені витрати по базовому і новому варіантам- порахуємо по висловом:

$$ПЗ_i = EZ_i + E_n * K_i \quad (4.1)$$

де EZ_i - експлуатаційні витрати за рік, руб .;

E_n - нормативний коефіцієнт=0.15

До i - капітальні вкладення за варіантами.

Річні експлуатаційні витрати, по порівнюваним варіантів визначимо за виразом:

$$EZ_i = AO + TP + EZ + \Phi Z, \quad (4.2)$$

Де AO —відрахування на амортизацію обладнання, рн. .;

TP -поточний ремонт обладнання, рн..

EZ - затрати на електроенергію,

ΦZ -фонд заробітної плати, рн..

Амортизаційне обчислення (рн../рік) вичислюється за формулою:

$$AO = (B \cdot a_a) / 100 \quad (4.3)$$

де B - балансова вартість обладнання, руб .;

a_a - річна норма амортизаційних відрахувань (12% від балансової вартості).

У таблиці 4.3 наведено перелік і вартість порівнюваного обладнання по отриманню соєвого молока для ВРХ.

$$\text{Тоді } AO_{\text{баз}} = (527500 \cdot 12) / 100 = 63300 \text{ грн} \quad (4.4)$$

$$AO_n = (12000 \cdot 12) / 100 = 1440 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Таблиця 4.3. – Склад обладнання порівнюваних технологічних ліній приготування соєвого молока

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість	Встановлена потужність електродвигунів, кВт	Балансова вартість, грн
1	Електропарогенератори	1	10,0	95000
2	диспергатор малогабаритний	1	3,5	154500
3	варильний модуль	1	12,0	155000
4	Прес віджимний	1		120000
	Всього	4	25,5	527500
5	Комплект пропонованого обладнання ІЗС	1	1,1	12000
	Всього	4	1,1	12000

Витрати на поточний ремонт (грн. / Рік) за базовим і новим варіантами:

$$TP = (B + a \cdot p^n) / 100 \quad (4.6)$$

-відрахування на ремонт (14% від балансової вартості)

$$A_{\text{Обаз}} = (527500 \cdot 14) / 100 = 73850 \text{ грн} \quad (4.7)$$

$$A_{\text{Он}} = (12000 \cdot 14) / 100 = 1680 \text{ грн} \quad (4.8)$$

Годовий фонд заробітної плати обчислюється:

$$\Phi Z = OOP \cdot ZT \cdot PK \cdot H \cdot N \quad (4.9)$$

де TMP – основний оклад працівника, ол. .;

ZT – витрати праці, міс;

PK – районний коефіцієнт, $PK = 1,5$;

H – нарахування на оплату праці, $H = 1,358$;

N – чисельність обслуговуючого персоналу, ол..

$$\Phi Z_{\text{г}} = 15500 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,358 \cdot 2 = 757764 \text{ грн} \quad (4.10)$$

Витрати на оплату електроенергії за базовим і новим варіантами:

$$ZE = Ne \cdot Ce \quad (4.11)$$

де, Ne - расход електроенергии за ккалендарний рік, кВт·ч

Ce - ціна 1 кВт електроенергії, грн.

Річний економічний ефект складає:

$$E_{\text{ге}} = ПЗ_{\text{баз}} - ПЗ_{\text{н}} \quad (4.12)$$

$$E_{\text{ге}} = 1091314 - 767743 = 32357 \text{ грн/год} \quad (4.13)$$

Наукою і практикою доведено, що годування сільськогосподарських тварин повнораціонними кормовими сумішами сприяє збільшенню

продуктивності на 5 ... 30%, при цьому скорочуються період відгодівлі, при одночасній економії витрати кормів на 15 ... 20%, [100].

У зв'язку з цим, так званий технологічний ефект, який визначається через вартість додаткової продукції, одержуваної від використання добавки великій рогатій худобі (ВРХ) і свиням на відгодівлі, визначили наступним чином.

Вартість додаткової продукції, одержуваної в результаті реалізації технологічного процесу приготування кормової добавки за відомою методикою становить

$$\Delta C_i = \frac{\sum_{n=1}^n R_i \cdot q \cdot N_f \cdot D \cdot E_k \cdot C_p}{E_n}, \quad (4.14)$$

де R_i - коефіцієнт, що враховує підвищення продуктивності, засвоюваності, зниження непродуктивної витрати і т.д. кормів;

q - поживність добового раціону, яка припадає на одну голову тварини;

N_f - кількість голів тварин;

D - період годування сільськогосподарських тварин, дн .;

C_p - ціна реалізації кінцевої продукції, грн .;

E_k - енергетична цінність корм. од., МДж ($E_k = 6\text{МДж}$);

E_n - енергія витрачається на отримання одиниці продукції, МДж.

Поживність добового раціону визначається як:

$$q = \frac{\sum_{n=1}^n a_i \cdot m_i}{\sum_{n=1}^n a_i}, \quad (4.15)$$

де a -кількість і-того компонента в сумішу, кг;

m_i - поживність компонентів, к,од

З урахуванням переліченого вартість додаткової продукції складе:

-при виробітку молока :

$$\Delta C_{\text{мл}} = \frac{0,15 \cdot 1,25 \text{од} \cdot 1 \text{голову} \cdot 300 \text{дн} \cdot 6,0 \text{МДж} \cdot \left(12 \frac{\text{грн}}{\text{кг}}\right)}{3 \text{МДж}} = 0,15 \cdot 1,25 \cdot 600 \cdot 12 = 1350 \frac{\text{грн}}{\text{голову}} \quad (4.16)$$

-при виробництву м'яса

$$(4.17)$$

$$\Delta C_b = \frac{0,15 * 0,9_{од} * 1_{гол} * 365_{дн} * 6_{МДж} * \frac{100_{грн}}{кг}}{5_{МДж}} = 0,15 * 9 * 365 * 6 * 100 = 591 \frac{грн}{голова}$$

-при виробництві свинини:

$$\Delta C_c = \frac{0,15 * 8_{од} * 1_{голова} * 250_{дн} * 6_{МДж} * \frac{80_{грн}}{кг}}{29,75_{МДж}} = \frac{0,15 * 0,80 * 250 * 6 * 8}{29,75} = 484,034 \frac{грн}{голова} \quad (4.18)$$

Річний об'єм виробництва соєвого молока складає:

$$G_{kq} = 0,22 * 14 * 300_{дн} = 924 \text{ тн} \quad (4.19)$$

Ця кількість кормової добавки можна використовувати при годівлі наступного кількості тварин:

Корів:

$$N_k = 924000 / 3000_{дн} * 2_{кг} = 1540 \text{ корів}; \quad (4.20)$$

Бичків:

$$N_b = 924000 / 365_{дн} * 2_{кг} = 1266 \text{ голів}; \quad (4.21)$$

Свиней:

$$N_c = 924000 / 250_{дн} * 1_{кг} = 3696 \text{ голів}; \quad (4.22)$$

В грошовому виразі, на дане поголів'я, ефект складає:

Розрахунки економічної ефективності результатів дослідження наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Економічна ефективність результатів дослідження

№ п/п	Показники	Од виміру	Значення показників
1	2	3	4
1	Зниження енергоємності	раз	23,2
2	Зниження металоємності	раз	16,7
3	Вартість обладнання: -з комплектом Соєва корова -з комплектом ІЗЗС	руб руб	527500,0 12000,0
4	Приведені затрати: -по базовому варіанту Соєва корова -по новому варіанту с ІЗЗС	грн. грн.	2709996,5 1547365,0
5	Річний економічний ефект	грн.	1162631,5
6	Вартість додаткової продукції -молока	грн./гол	2079000,0

	-яловичина		748206,0
	-свинина		1788864,0
7	Верхня лімітована ціна: -для молочних фермер -для фермі ВРХ -для свинної ферми	грн	3208333,0 1145639,0 2760592,6
8	Дохід виробника соєвого молока	грн./т	2478,7
9	Дохід споживача соєвого молока	грн./т	3000,
10	Економічна доцільність виробника -для виробника -для мпоживача	грн грн.	999411,8 12096000,0

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті проведеного аналізу по живильній цінності кормів, встановлено, що найбільш ефективним є використання в годуванні тварин і птиці високобілкового корму, на основі сої (соєвого молока), так як соєве зерно містить 17,3% жирів, 26,5% вуглеводів і 34,9% білка, а кормова цінність становить 1,45 кормових одиниць.

2. В результаті аналізу технологій і пристроїв для приготування білкових кормів із застосуванням сої визначено перспективний напрямок їх вдосконалення, що передбачають попереднє замочування зерна в воді.

3. На підставі патентного аналізу технологій і технічних засобів для приготування білкових кормів із застосуванням сої нами пропонується безвідходна технологія для приготування високобілкових кормів із зерна сої. Основним елементом розроблюваної технології є пристрій для подрібнення зерна сої в попередньо замоченому вигляді.

4. В результаті експериментальних досліджень визначені раціональні параметри процесу подрібнення зерна в замоченому вигляді з подальшою екстракцією білка: час замочування зерна становить 6-7 годин; гідромодуль $\eta = 1:10$; температура води, що подається для здійснення екстракції білка $t = 55-60^{\circ}\text{C}$; шорсткість нанесеного абразиву $Ra = 420 \dots 450$ мкм; зазор між абразивними дисками подрібнювача $h = 3,7$ мм; напрямок борозенок $\alpha = 95^{\circ}$, частота обертання нижнього абразивного диска $\omega = 141$ рад / с.

6. Для підтвердження теоретичних передумов проведені експериментальні фундаментальні дослідження впливу частоти обертання рухомого диска (n) на продуктивність (Q), при цьому розбіжність даних отриманих шляхом теоретичних і експериментальних досліджень не перевищує 5%.

7. Річний економічний ефект від використання розроблюваного пристрою складе 1162,6 тис. грн., а вартість додаткової продукції по молоку 2079 тис. грн / гол., по яловичині 748 тис. грн / гол., по свинині 1788 тис. грн / гол.