

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

УДК 631.3

Кваліфікаційна робота на правах  
рукопису

**Войтюк Іван Сергійович**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
Удосконалення конструкції сепаратора молока**

208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, інформації результатів і текстів інших авторів мають  
посилання на відповідне джерело

---

(підпис)

---

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи  
проф. Дерев'янка Д.А.

Житомир – 2023

## АНОТАЦІЯ

Войтюк І.С. Удосконалення конструкції сепаратора молока. Кваліфікаційна робота виконана на правах рукопису і подається в такому виді до захисту. Робота здобувача кваліфікаційного рівня бакалавр зі спеціальності 208 «Агроінженерія». Поліський національний університет м.Житомир – 2023р. Факультет інженерії та енергетики. Робота розміщена на сторінках машинописного тексту і має в собі: анотацію, зміст, основну частину (конструктивну), висновки, список використаних джерел, графічну частину зображену на 3 листах формату А1.

Суть роботи полягає в удосконаленні конструкції сепаратора молока.

*Ключові слова: молоко, сепаратор, привід, вершки, відокремлення.*

## SUMMARY

Voytiuk I.S. Improvement of the design of the milk separator. The qualifying work was completed on the basis of the manuscript and is submitted in this form to the defense. The work of a candidate for a bachelor's degree in specialty 208 "Agroengineering". Polish National University of Zhytomyr - 2023. Faculty of Engineering and Energy. The work is placed on pages of typewritten text and includes: an abstract, content, the main part (constructive), conclusions, a list of used sources, the graphic part is depicted on 3 sheets of A1 format. The essence of the work is to improve the design of the milk separator.

*Key words: milk, separator, drive, cream, separation.*

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
<b>РОЗДІЛ 1 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	
1.1. Визначення річної програми виробництва.....	6
1.2. Розрахунок потреби в сировині.....	7
1.3. Визначення продуктивності технологічних ліній.....	10
Висновки до розділу 1 .....	11
<b>2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА</b>	
2.1. Обґрунтування потреби в удосконаленні сепаратора-очисника.....	12
2.2. Зоотехнічні вимоги до процесу первинної обробки молока і сепаратора-очисника.....	12
Висновки до розділу 2 .....	13
<b>РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СЕПАРАТОРІВ МОЛОКА</b>	
3.1 Патентний пошук.....	14
3.2 Розробка конструктивної та функціональної схеми сепаратора-очисника...	17
3.3. Технологічний, кінематичний розрахунок та розрахунок на міцність.....	18
3.3.1. Визначення продуктивності.....	18
3.3.2. Визначення гідравлічного опору між тарілками.....	19
3.3.3. Визначення продуктивності сепаратора .....	20
3.3.4. Розрахунок корпусу барабана.....	21
3.3.5 Правила експлуатації .....	22
Висновки до розділу 3 .....	23
ВИСНОВКИ .....	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	25
ДОДАТКИ .....	26

## ВСТУП

Перехід до ринкових умов господарювання в сільськогосподарському виробництві потребує не тільки підвищення продуктивності, зниження собівартості продукції, розширення асортименту для підвищення її конкурентноздатності.

Переоснащення молочного тваринництва повинно здійснюватись шляхом стандартизації систем і способів утримання корів різних вікових груп, проектування і впровадження у виробництво модульних технологічних комплексів, до яких входять приміщення та обладнання для утримання тварин, приготування та роздавання кормів, водозабезпечення та напування, доїння, первинної обробки молока, тимчасове зберігання і центровивезення молока, видалення гною.

У розвинених країнах в сільському господарстві в останні роки відмічено розвиток альтернативних систем утримання тварин. З однієї сторони вони максимально задовольняють біологічні умови поголів'я, а з іншого = забезпечують значний енергоощадний ефект, що в кінцевому випадку гарантує високу конкурентно здатність продукції. Завдяки таким технологіям продуктивність корів сягає 7-9 тисяч кг. молока в рік, що у 2-3 рази вище, ніж в Україні, а затрати праці у 4-8 разів менші ніж на вітчизняних фермах [5].

На якісні показники кінцевої продукції в молочній галузі впливає не тільки якість сировини, але і первинна обробка молока, яка покликана в короткі терміни часу (бактерицидна фаза молока 2-2.5 год) зберегти якість для подальшої переробки.

*Основною метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технологічного процесу переробки молока, а саме сепарації.*

*Об'єктом досліджень в даній роботі є технологічний процес сепарування.*

*Предмет досліджень сепаратор.*

*Методи досліджень збирання даних, аналізування необхідної інформації, синтез удосконаленого сепаратора.*

За матеріалами виконаної роботи наявні дві публікації в збірнику наукових праць «Наукові читання – 2023» від 19 квітня 2023 р.:

Дерев'яно Д.А., Войтюк І.С. Значення первинної обробки молока С. 105-106.

Войтюк І.С. Аналіз існуючих конструкцій сепараторів молока. С. 106-108.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є конструкція сепаратора молока.

Кваліфікаційна робота має таку структуру: записка до роботи складається з стор. тексту та трьох листів креслень.

## РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1. Визначення річної програми виробництва

В цеху планується випуск слідуючих видів молочної продукції: питне молоко жирністю 2,5%, кефір жирністю 2,5%, масло селянське жирністю 72,5% (із надлишків вершків при виробництві молока та кефіру); побічні: маслянка свіжа. Продуктовий розрахунок слід виконувати по заданій потужності цеху, яка залежить від кількості населення та норми споживання продукту однією людиною протягом року (табл. 1.1) [7].

Таблиця 1.1.

Норма споживання продукту однією людиною протягом року

Продукт	Норма споживання протягом року, кг.
Кефір	64
Питне молоко	100

Отже, продуктивність підприємства протягом року визначається за формулою :

$$Q_p = m \cdot N, \quad (1.1)$$

де  $m$  – норма споживання продукту однією людиною протягом року, кг;

$N$  – кількість населення в середньому в районі ( $N = 17500$  чоловік – згідно аналізу регіону).

Молоко питне. Виходячи з річної потреби людини в питному молоці визначаємо загальну потребу в продукції:

$$Q_p = 100 \cdot 17500 = 1750000 \text{ кг.}$$

Тобто 1750 т молока.

Кефір. Продуктивність підприємства по кефіру буде становити:

$$Q_p = 64 \cdot 17500 = 1120 \text{ т.}$$

## 1.2. Розрахунок потреби в сировині

Масу цільного молока для виробництва питного молока при нормалізації в потоці визначають за формулою [3]:

$$M_{ц.м.} = \frac{M_{н.м.} (Ж_в - Ж_{н.м.})}{(Ж_в - Ж_{ц.м.})}, \quad (1.2)$$

де  $Ж_{н.м.}$  - масова доля жиру в нормалізованому молоці,  $Ж_{н.м.} = 2,5\%$  ;

$Ж_в$  – масова доля жиру в вершках,  $Ж_в = 21\%$  ;

$Ж_{ц.м.}$  – масова доля жиру в цільному молоці,  $Ж_{ц.м.} = 3,6\%$  ;

$M_{н.м.}$  - кількість нормалізованого молока,  $M_{н.м.} = 1750$  т.

Виробництво питного молока:

$$M_{ц.м.} = \frac{1750000 \cdot (21 - 2,5)}{(21 - 3,6)} = 1860632 \text{ кг.}$$

Масу вершків, що залишились при нормалізації визначають за формулою [11]:

$$M_в = M_{ц.м.} (Ж_ц.м. - Ж_{н.м.}) / (Ж_в - Ж_{н.м.}), \quad (1.3)$$

де  $M_{ц.м.}$  – маса цільного молока, кг;

$Ж_ц.м.$  – масова доля жиру в цільному молоці,  $Ж_ц.м. = 3,6\%$  ;

$Ж_{н.м.}$  – жирність нормалізованого молока,  $Ж_{н.м.} = 2,5\%$  ;

$Ж_в$  – масова доля жиру в вершках,  $Ж_в = 21\%$  .

$$M_в = 1860632 \cdot (3,6 - 2,5) / (21 - 2,5) = 110632,2 \text{ кг.}$$

Перевіримо розрахунки:

$$M_в = M_{ц.м.} - M_{н.м.} = 1860632 - 1750000 = 110632 \text{ кг.}$$

Результати сходяться, значить розрахунки проведені вірно.

Масу цільного молока для виробництва кефіру при нормалізації в потоці визначають за формулою:

$$M_{ц.м.} = \frac{M_{н.м.} (Ж_в - Ж_{н.м.})}{(Ж_в - Ж_{ц.м.})}, \quad (1.4)$$

де  $Ж_{н.м.}$  - масова доля жиру в нормалізованому молоці,  $Ж_{н.м.} = 2,5\%$  ;

$Ж_в$  – масова доля жиру в вершках,  $Ж_в = 21\%$  ;

$Ж_{ц.м.}$  – масова доля жиру в цільному молоці,  $Ж_{ц.м.} = 3,6\%$  ;

$M_{н.м.}$  - кількість нормалізованого молока (кефіру),  $M_{н.м.} = 1120$  т.

$$M_{ц.м.} = \frac{1120000 \cdot (21 - 2,5)}{(21 - 3,6)} = 1190805 \text{ кг.}$$

Масу вершків, що залишились при нормалізації визначають за формулою [11]:

$$M_в = M_{цм} - M_{нм} = 1190805 - 1120000 = 70805 \text{ кг.}$$

Масу бактеріальної закваски вираховуємо за формулою [3]:

$$З = M_{нм} \cdot P_з / 100, \quad (1.5)$$

де  $З$  - маса закваски, кг;

$P_з$  - норма витрати закваски, % ( $P = 5-7\%$ ).

$$З = 1120000 \cdot 5 / 100 = 56000 \text{ кг.}$$

Загальний залишок вершків від виробництва питного молока та кефіру становить:

$$M_в = 110632,2 + 70804,6 = 181436,8 \text{ кг.}$$

Кількість масла 72,5% жирності, яку можна одержати з відповідної кількості вершків 21% жирності, визначимо за формулою [4]:



$$M_{mc} = \frac{M_6 (Ж_6 - Ж_{ск})}{(Ж_{mc} - Ж_{ск})} \times \frac{100 - П_{втв}}{100}, \quad (1.6)$$

де  $Ж_{mc}$  - масова доля жиру в маслі, % ;

$Ж_6$  - масова доля жиру в вершках, % ;

$Ж_{ск}$  - масова доля жиру в сколотинах,  $Ж_{ск} = 0,4\%$  ;

$M_{mc}$  - кількість масла, кг;

$П_{втв}$  - гранично допустимі втрати вершків,  $П_{втв} = 0,4\%$ .

$$M_{mc} = \frac{181436,8(21 - 0,4)}{(72,5 - 0,4)} \times \frac{100 - 0,4}{100} = 51632 \text{ кг.}$$

Маса сколотин становитиме:

$$M_{ск} = M_6 - M_{mc} = 181436,8 - 51632 = 129805,8 \text{ кг.}$$

Враховуючи продукти, які отримуються як побічні при виробництві основних, проектуємий цех також додатково буде виробляти: маслянку свіжу жирністю 0,4 % (із сколотин). Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2.

Обсяги виробництва продукції та переробки сировини протягом року

Продукція	Потужність підприємства			
	Готової продукції, кг	Нормалізова на суміш, кг	Цільного молока, кг	Залишок вершків, кг
Питне молоко	1750000	1750000	1860632	110632,2
Кефір	1120000	1120000	1190805	70804,6
Масло	51632	181437		
Маслянка свіжа	129806			
Всього	3051438	3051437	3051437	181436,8

### 1.3. Визначення продуктивності технологічних ліній

Добову, змінну та годинну продуктивності технологічних ліній по сировині, проміжних та готових продуктах визначають відповідно за формулами:

$$Q_o = Q_p / n, \quad (1.7)$$

$$Q_{зм} = Q_o / \kappa, \quad (1.8)$$

$$Q_{год} = Q_{зм} / (Tk_{зм}), \quad (1.9)$$

де  $Q_o$ ,  $Q_{зм}$ ,  $Q_{год}$  – відповідно продуктивності технологічної лінії по сировині, проміжних та готових продуктах, кг;

$n$ ,  $\kappa$  – число днів роботи за рік (сезон) і число змін за добу відповідно (приймаємо:  $n=310$  днів/рік,  $\kappa=1$  змін/добу);

$T$ ,  $k_{зм}$  – тривалість зміни (год) і коефіцієнт використання часу зміни: ( $T=8$  год,  $k_{зм}=0,85\dots0,90$ , приймаємо  $k_{зм}=0,9$ ).

Лінія приймання та підготовки молока.

Продуктивність лінії за зміну:

$$Q_{зм} = \frac{1860632 + 1190805}{310 \cdot 1} = 9843,344 \text{ кг/зм.}$$

Змінна продуктивність лінії виробництва питного молока по готовому продукту становить:

$$Q_{зм} = \frac{1750000}{310 \cdot 1} = 5645,161 \text{ кг/зм.}$$

по сировині:  $Q_{зм} = \frac{1860632}{310 \cdot 1} = 6002,04 \text{ кг/зм.}$

Лінія виробництва кефіру.

Змінна продуктивність по готовому продукту:

$$Q_{зм} = \frac{1120000}{310 \cdot 1} = 3612,903 \text{ кг/зм.}$$

По сировині:  $Q_{зм} = \frac{1190805}{310 \cdot 1} = 3841,305 \text{ кг/зм.}$

Лінія виробництва масла.

Змінна продуктивність по готовому продукту:

$$Q_{зм} = \frac{51632}{310 \cdot 1} = 166,55 \text{ кг/зм.}$$

по вершкам:  $Q_{зм} = \frac{181436,8}{310 \cdot 1} = 585,3 \text{ кг/зм.}$

Виробництво маслянки свіжої:  $Q_{зм} = \frac{129805,8}{310 \cdot 1} = 418,72 \text{ кг/зм.}$

ВИСНОВОК до розділу 1. Таким чином в результаті проведеного розрахунку обсяги виробництва продукції та змінну продуктивність ліній зведено в табл.1.3.

Таблиця 1.3.

Обсяги виробництва продукції та змінна продуктивність ліній

Технологічна лінія:	Незбиране молоко, кг/зм	Готовий продукт, кг/зм
Приймання та підготовки молока	9843,34	-
Питного молока	6002,039	5645,161
Кефіру	3841,305	3612,903
Масла	-	166,5548
Маслянки свіжої	-	418,7282
Всього		9843,34

## 2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 2.1. Обґрунтування потреби в удосконаленні сепаратора-очисника

Молоко — це продукт, в якому досить інтенсивно розвиваються різні мікроорганізми. Для збереження його в свіжому стані та доставки його до споживача в умовах тваринницьких ферм, комплексів та фермерських господарств здійснюється первинна обробка молока. Ця обробка складається з таких технологічних операцій: очистка, охолодження, і в деяких випадках пастеризація.

В первинній обробці молока та його переробці використовують сепаратори. Молочні сепаратори розділяються на вершкові відокремлювані, очищаючі, нормалізуючі і універсальні.

### 2.2. Зоотехнічні вимоги до процесу первинної обробки молока і сепаратора-очисника.

Первинну обробку молока проводять з метою збереження його в свіжому вигляді в період зберігання, доставки його до споживача на пункти переробки або молочні заводи.

Молоко — це продукт, який швидко псується. В його склад входить більше 100 різних компонентів: води 87,5%, молочного жиру 2,9...3,7%. Джерелом його забруднення в машинному доїнні є забруднений шкіряний покрив вим'я, погано промиті доїльні апарати і молокопроводи, а також бактеріями повітря корівника, які всмоктуються в молочні шляхи дольної установки через камери колекторів доїльних апаратів [3].

Основним показником якості молока являється його кислотність, яка виражається в градусах Тернера ( $^{\circ}\text{T}$ ), яка показує кількість мілілітрів децинормального розчину лугу (КОН або NaOH), яка йде на нормалізацію 100 мл молока в присутності фенолфталеїну. Кислотність свіжого молока становить  $16^{\circ}\dots 18^{\circ}\text{T}$ .

Із організму корови в молоко переходять імунні тіла і бактерицидні тіла, які затримують розвиток бактерій в свіжому молоці і створює бактерицидну фазу. Для забезпечення продовження бактерицидної фази потрібно забезпечити необхідну чистоту молока і охолодити до потрібної температури 310К продовжуваність бактерицидної фази складає 2. ...3 год., при 286К від 19....36 год. При охолодженні молока до 4...5°С життєдіяльність мікроорганізмів фактично припиняється, що дає можливість довше зберігати молоко [10].

**ВИСНОВОК** до розділу 2. Всі ці молочні сепаратори мають ряд недоліків: в одних мала продуктивність, в других спінюється молоко при переробці, в інших погано очищається продукт.

Пропонується сепаратор — очисник, який має просту конструкцію, а також високу продуктивність і екологічність. Розглянувши різні конструкції вважається, що не є доцільним одночасно здійснювати декілька технологічних операцій по первинній обробці молока в одному апараті, тому, що це є складність виготовлення конструкції (а як відомо чим простіше механізм тим він надійніше), металоємність, а також значні енерго та грошові затрати.

## РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СЕПАРАТОРІВ МОЛОКА

### 3.1 Патентний пошук

Для того, щоб удосконалити сепаратор-очисник, нам необхідно провести аналіз уже існуючих розроблених сепараторів-очисників, їх будову та конструктивні виконання, принцип роботи і їх властивості, а також недоліки конструктивних виконань.

На малюнку 3.1. показано патент СРСР №2306 С14, на ВС4131/08, 1975 р. „Відцентровий сепаратор для рідини”.

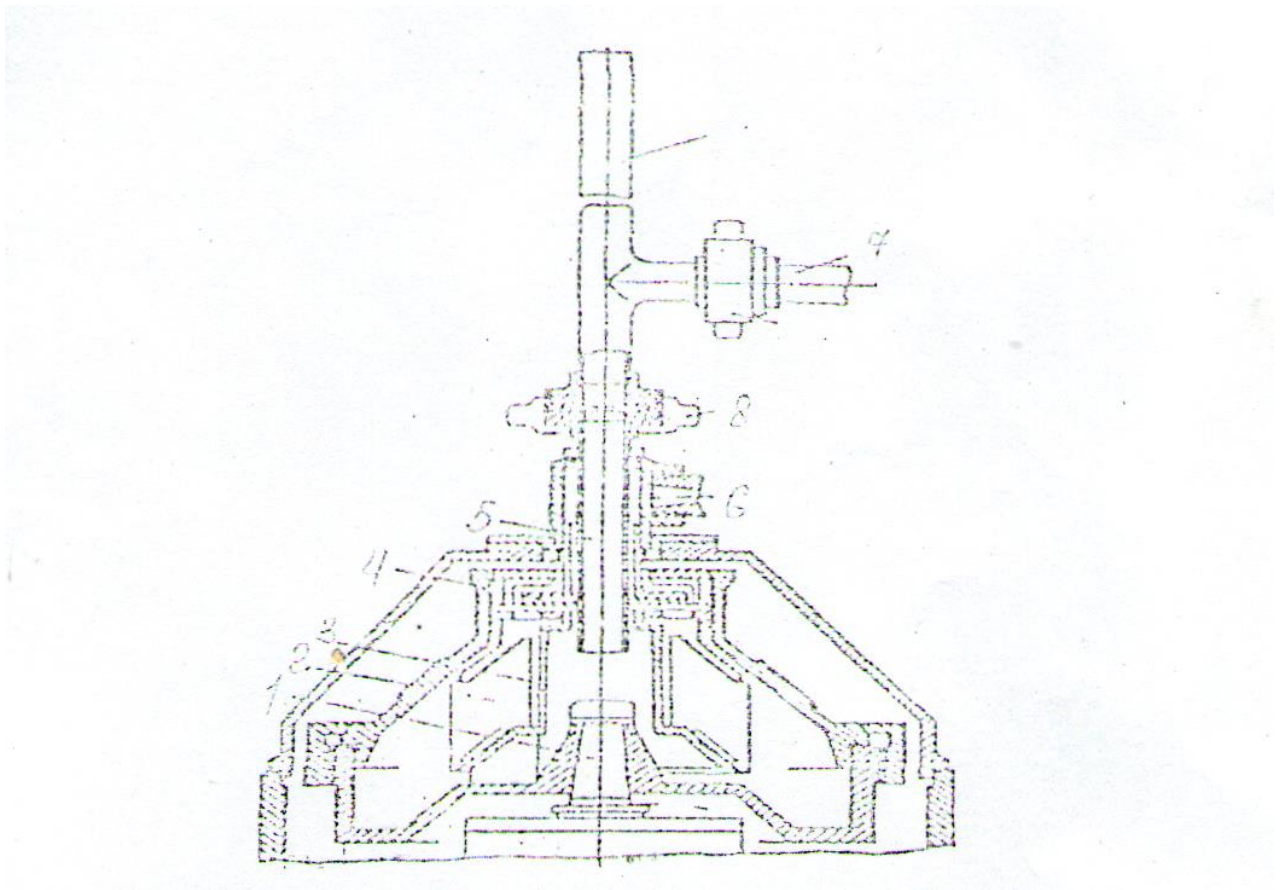


Рис. 3.1. Відцентровий сепаратор для рідини

1 — барабан; 2— пакет конічних тарілок; 3 — тарілка тримач; 4— турбіна;  
5 - центральна труба; 6— вертикальна труба; 7— патрубок для подачі рідини;  
8— муфта.

Відцентровий сепаратор для очищення рідини має установлений на вертикально розміщеному валі 1 барабан з пакетом конічних тарілок 2, які набрані на тарілотримачі 3, і центральну трубку 5 для підвозу рідини в барабан, на якому встановлена турбіна 4 для відвозу рідини.

До центральної трубки 5 сепаратора прикріплена вертикальна труба 6, в яку врізаний патрубок для подачі рідини 7. Центральна і вертикальна труба з'єднані муфтою 8. Труба 6 в верхній частині з'єднується з атмосферою трубною. Сепаратор працює наступним чином. Рідина потрапляє в барабан через патрубок 7, трубу 6 в центральну трубу 5. Далі рідина проходить тарілотримач 3 і потрапляє в пакет тарілок 2, де із рідини виділяється тяжка фракція (наприклад механічні домішки), які відводяться в периферійну частину барабана — камеру для бруду. Очищена рідина видаляється із барабана турбіною 4 [4].

У даному відцентровому сепараторі продуктивність на 60-80% більша ніж аналогічних відомих сепараторів таких самих розмірів.

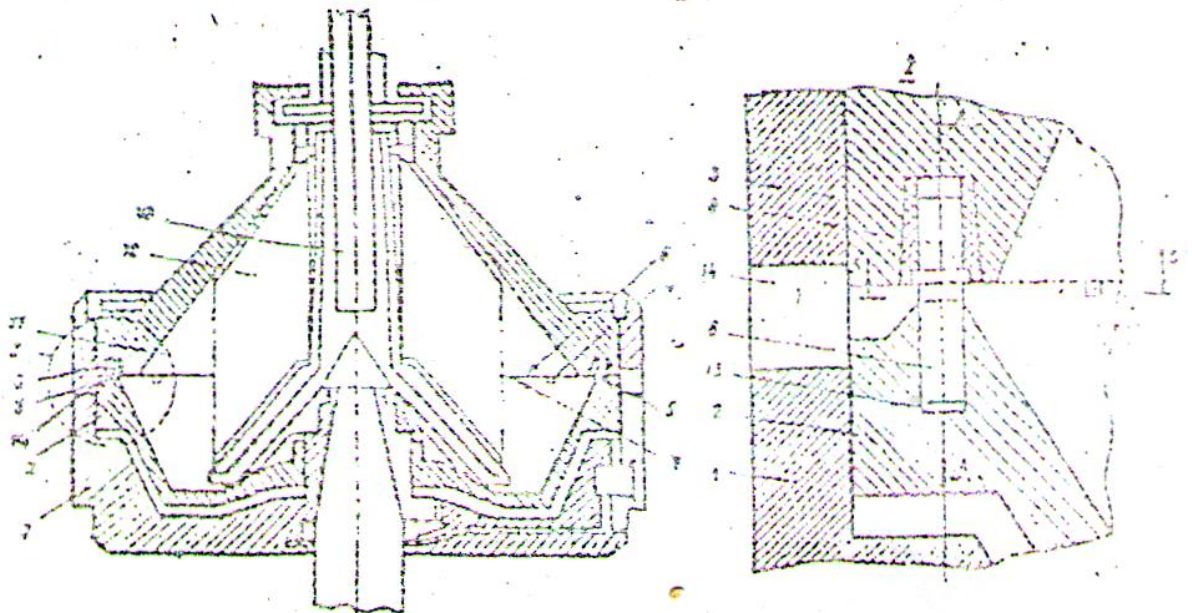


Рис. 3.2. Схема очистки рідини:

1 — барабан; 2 — рухомий поршень; 3 — ущільнює кільце; 4 — сопло;  
5 — пази; 6 — торцова поверхня; 8 — вставки; 9 — вставки; 10 — труба;

11 — шланговий простір; 12— пакет тарілок; 13 — шайба; 14— вікна.

Недоліком є спінювання молока, що понижує якість очищення молока, а також те, що привід відбувається через редуктор з низьким ККД.

Патент СРСР № 2481437, кл. В04В1/10, 1987 р., «Сепаратор для рідини».

Сепаратор працює наступним чином: в барабан 1 сепаратора через трубку 10 подається рідина. Рідина потрапляє в шламований простір 11, де осідають великі частини і далі в пакет тарілок 12, де відбувається відокремлення маленьких частинок в режимі тонкошарової сепарації. Осідаючі частини постійно виводяться через самоочисні сопла 4, розміщення яких відносно торцевої поверхні 6 регулюється за допомогою шайби 13. Так як в барабані осідає значно більше осаду, чим його виводиться через сопла, періодично відомим образом проводяться розвантаження барабана через вікна 14. Якщо в процесі роботи в одне або декілька сопл 4 попадають частини з розмірами, які перевищують переріз сопла, то в процесі розвантаження при русі поршня 2 вниз сопло 4 розкривається і частина падає в кільцеву щілину між торцями рухомого поршня 2 і ущільнюючого кільця 3. Вилітаючи з великою швидкістю осад, захватус все, що знаходиться в пазу 5. при поверненні рухомого поршня 2 в верхнє положення знову утворює сопло 4 в своєму попередньому стані [3].

Таким чином, в процесі кожного розвантаження проходить самочищення сопл.

Недоліком даної конструкції є її складність виготовлення, що потребує великих коштів, низький ККД, та великий строк окупності.

Отже, можна зробити висновок: в даних сепараторів великим недоліком є низький ККД, що зумовлено застосуванням редуктора.



### 3.2. Розробка функціональної та конструктивної схеми сепаратора-очисника

Для подолання вищевказаних недоліків пропонується сепаратор-очисник молока в конструкції якого відсутній редуктор. В корпусі сепаратора вмонтований трифазний асинхронний електродвигун. Статор двигуна, що складається із феромагнітного осердя і трьох фазних обмоток, розміщених в його пазах, кріпиться на нерухомій осі. На вісь спирається обертовий барабан очисника, в нижній частині барабану монтується феромагнітне осердя ротора, в пазах якого розміщується короткозамкнена обмотка виконана із неізольованих алюмінієвих провідників.

Взаємодія магнітного поля статора зі струмами в провідниках ротора приведе до виникнення електромагнітних сил, обертового моменту і обертання барабана [7].

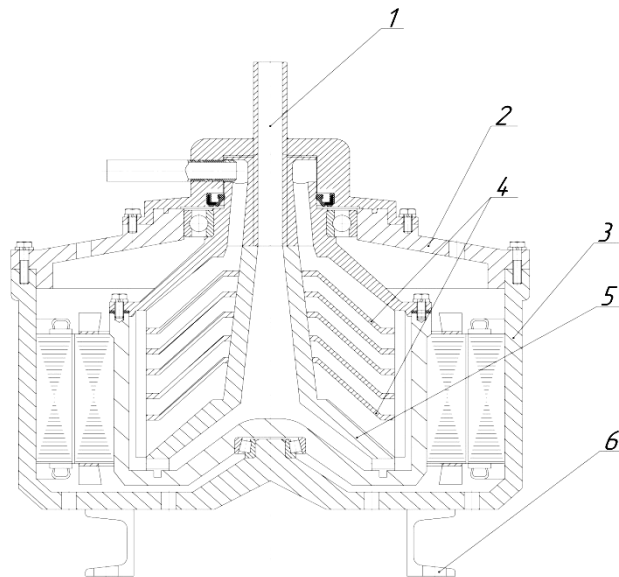


Рис. 3.3 Схема барабана сепаратора-очисника.

1 — ввідний патрубок; 2 — кришка барабана; 3 — корпус; 4 — пакет тарілок;  
5 — тарілотримач; 6 — отвори для з'єднання з корпусом ЕД.

Отже, таким чином, вищезгадані вдосконалення даю можливість реалізувати продукт, при цьому не використовуючи складних додаткових операцій для обробки молока.

### 3.3. Технологічний, кінематичний розрахунок та розрахунок на міцність

#### 3.3.1. Визначення продуктивності

Продуктивність молокоочисника визначають так само як і сепаратора вершковідокремлювача [13, 22].

Прийнявши замість густини і діаметра розрахункового жирового шарика

$\rho_z$  і  $d_z$  розрахунково] частини забруднення, отримуємо формулу продуктивності молоко очисника [7]:

$$Q_{c.o.} = 12 \cdot 10^2 \cdot n^2 \cdot Z \cdot \operatorname{tg} \alpha (R_8^3 - R_M^3) \operatorname{tg}^2 d \quad (3.1)$$

де  $n$  – частота обертання барабана,

$$n = 120 \text{ с}^{-1}$$

$z$  – кількість тарілок:  $z=28$ ;

$d$  – кут підйому утючий тарілок:  $d=55^\circ$ ;

$R_8, R_M$  – великий, малий радіус тарілки;

$$R_8=0,13 \text{ м і } R_M=0,08 \text{ м};$$

$t$  – температура молока:  $t=40^{\circ}\text{C}$ ; [23]

$d_z$  – діаметр частинки забруднення,  $d_z=1,35$  мкм [5].

$$Q_{\text{с.о.}} = 12 \cdot 10^2 \cdot 120^2 \cdot 28 \cdot \text{tg}55^{\circ} (0,13^3 - 0,08^3) 40 \cdot 1,35 \cdot 10^{-6} = 1908 \text{ л/год.}$$

Визначаємо кількість сепараторів-очисників за виразом

$$Q_{\text{с.о.}} \geq Q_{\text{ПТЛ}} \quad (3.2)$$

де  $Q_{\text{с.о.}}$  – продуктивність сепаратора-очисника;

$Q_{\text{ПТЛ}}$  – продуктивність ПТЛ,  $Q_{\text{ПТЛ}}=983$  л/год.

$$1908 \geq 983$$

З даного виразу бачимо, що для очищення молока нам достатньо одного сепаратора-очисника.

Розрахунковий об'єм камери для очищення молока визначаємо:

$$V_p = \frac{2\pi}{3} (R_8^3 - R_M^3) \text{tg}\alpha \quad (3.3)$$

$$V_p = \frac{2 \cdot 3,14}{3} (0,13^3 - 0,08^3) \text{tg}55^{\circ} < 0,11 \text{ м}^3$$

### 3.3.2. Визначення гідравлічного опору між тарілками

Гідравлічний опір між тарілками, залежить від потоку рідини між тарілками. Режим ламінарний, як це видно із розрахунку нижче.

Визначаємо число Рейнольда за формулою:

$$R_E = \frac{M}{3,14 \cdot V \cdot Z \cdot R_x} \quad (3.4)$$

де  $M$  – об'ємна продуктивність,  $M=0,00028$  м<sup>3</sup>/с,

$V$  – кінематична в'язкість молока [11] [8]

$$V = 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$$

$Z$  – кількість тарілок,

$R_x$  – радіус тарілки  $R_x=0,13$  м.

$$R_E = \frac{0,00028}{3,14 \cdot 10^{-6} \cdot 28 \cdot 0,130} = 24,4$$

По мірі руху потоку в між тарілковому просторі сепаратора радіус  $R_x$  змінюється від  $R_6$  до  $R_M$ . Разом з цим і змінюється число Рейнольда.

Напір, який втрачається на подолання гідравлічних опорів, для рідини, яка протікає ламінарно в каналах різного перерізу визначається за формулою:

$$H = \alpha \frac{l \cdot v^2}{4 \cdot \Gamma \cdot 2 \cdot g} \quad (3.5)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт тертя,

$v$  – швидкість потоку, м/с,  
 $r$  – гідравлічний радіус,  
 $g$  – прискорення більшого падіння,  $g=9,8$  м/с<sup>2</sup>.

Коефіцієнт тертя визначаємо за формулою:

$$\alpha = \frac{A}{R_E} \quad (3.6)$$

де  $A$  – коефіцієнт, який залежить від поперечного перерізу потоку,  $A=64$ .

$$\alpha = \frac{64}{24}$$

Швидкість потоку визначаємо за формулою:

$$v = \frac{M}{Z \cdot 2\pi \cdot R_x \cdot h} \quad (3.7)$$

де  $h$  – товщина потоку,  $h=0,001$  м,

$$v = \frac{0,00028}{28 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,13 \cdot 0,001}$$

Гідравлічний радіус визначаємо за формулою:

$$\Gamma' = \frac{h}{2} = \frac{0,001}{2} = 0,0005 \text{ м} \quad (3.8)$$

$$H = 2,7 \frac{0,064 \cdot 0,02^2}{4 \cdot 0,0005 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,082 \text{ м}$$

Визначаємо товщину шару рідини яка обертається за формулою:

$$\Gamma = \sqrt{R^2 - \frac{2gH}{\omega^2}} \quad (3.9)$$

де  $R$  – радіус обертання рідини на якому напір рівний  $N$ ,  $R=0,13$  м,  $\omega$  – кутова швидкість,  $\omega = 743$  рад/с.

$$\Gamma = \sqrt{13,0^2 - \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 8,2}{743^2}} = 12,8 \text{ м}$$

Товщина шару рідини яка обертається, створюючи напір:

$$\Delta\Gamma = R - \Gamma = 13,0 - 12,8 = 0,2 \text{ мм}$$

### 3.3.3. Визначення продуктивності очисника

Під час роботи рідина розподіляється в барабані у вигляді кільця (рис. 3.4) з внутрішнім радіусом  $\Gamma_0$  і зовнішнім  $\Gamma$ . Розглянемо елемент кільця рідини по радіусі  $X$  від осі обертання товщиною  $d_x$  з площею бокової поверхні  $f$ .

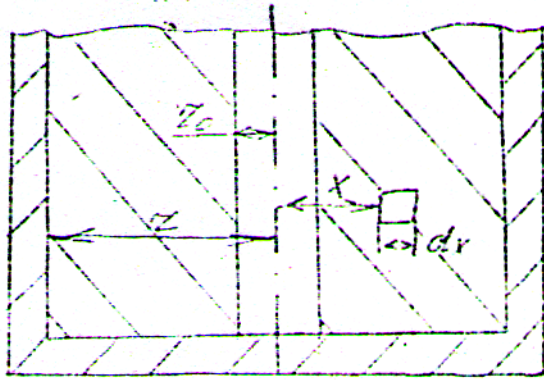


Рис. 3.4. Схема до розрахунку тиску рідини.

Тиск, який діє на стінку корпуса. Визначаємо за формулою:

$$P_p = 19,74 \cdot n^2 \cdot \rho_p (\Gamma^2 - \Gamma_0^2) \quad (3.10)$$

де  $\rho_p$  – густина молока  $\rho_p = 1023 \text{ кг/м}^3$ ,

$n$  – частота обертання барабана,

$\Gamma_0$  – радіус відкритої поверхні рідини, яка обертається,  $\Gamma_0 = 0,025 \text{ м.}$ ,

$$P_p = 19,74 \cdot 120^2 \cdot 1023 \left( \frac{11,3^2 - 2,5^2}{100^2} \right) = 3531400 \text{ Па}$$

$$P_p = 35 \text{ МПа (35 кг с / см}^2\text{)}$$

Силу дії рідини на дно барабана розраховуємо за формулою:

$$Q = 31 \cdot n^2 \cdot \rho_p (\Gamma^2 - \Gamma_0^2)^2 \quad (3.11)$$

$$Q = 31 \cdot 120^2 \cdot 1023 \left( \frac{11,3^2 - 2,5^2}{100^2} \right) = 67347 \text{ Н}$$

З розрахунків видно, які великі навантаження виникають в барабані в 2 л обертаючої рідини.

### 3.3.4. Розрахунок корпуса барабана

Під час роботи сепаратора на стінки циліндричної частини його барабана діють дві сили: відцентрова сила самої стінки і сила тиску рідини на стінку.

Умова міцності циліндричної частини барабана визначається: [16]

$$\delta = 2\tau_{\max} \leq [\delta] \quad (3.12)$$

де  $\tau_{\max}$  – головне напруження, МПа;

$[\delta]$  – допустиме напруження на розтег, МПа.

Допустиме напруження на розтег визначаємо за формулою:

$$[\delta] = \frac{\delta_T}{n_1} \geq \delta \quad (3.13)$$

де  $\delta_T$  – допустиме напруження текучості для Сталь 17Х18Н9 ГОСТ 5950-82 [16]

$$\delta_T = 250 \text{ МПа}$$

де  $n_1$  – коефіцієнт запасу міцності,

$$n = 2,5 \quad [16]$$

Дійсне напруження на розтег визначаємо за формулою: [16]

$$\delta = \frac{3,14^2 \cdot 120^2}{10^6} \left\{ \frac{7860}{4} [(3 + 0,3)0,290^2 + (1 - 0,3)0,270^2] + 1023 \cdot 0,29^2 \frac{0,27^2 - 0,025^2}{0,29^2 - 0,025^2} \right\} = (3.14)$$

$$= 90,4 \text{ МПа}$$

де  $n$  – частота обертання барабана,

$\rho$  – густина матеріалу стінки [16]

$$\rho_c = 7860 \text{ кг/м}^3;$$

$\rho_p$  – густина молока [5],  $\rho_p = 1023 \text{ кг/м}^3$ ;

$m$  – коефіцієнт Пуасона для стінки [16]  $m = 0,3$ ;

$d$  – внутрішній діаметр барабана,  $d = 0,27 \text{ м}$ ;

$D$  – зовнішній діаметр барабана:  $D = 0,290 \text{ м}$ ;

$d_0$  – діаметр відкритої поверхні рідини, яка обертається,  $d_0 = 0,025 \text{ м}$ .

$$\delta = \frac{\pi^2 \cdot n^2}{10^6} \left\{ \frac{\rho_c}{4} [(3 + m)D^2 + (1 - m)d^2] + \rho_p D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right\} = 90,4 \text{ МПа}$$

тоді

$$[\delta] = \frac{250}{2,5} = 100 \text{ МПа} \geq 90,4 \text{ МПа}$$

Із рівняння видно, що умова виконується.

### 3.3.5 Правила експлуатації

Сепаратор встановлюють по рівню. Перед пуском перевіряють правильність на правильне обертання барабана (перевірку включення перевіряють тільки із знятим барабаном). В процесі експлуатації змазку міняють через 200...250 год. роботи.

Сепарування проводять тільки після пропускання через працюючий барабан гарячої води. Закінчивши сепарування, без зупинки сепаратора промивають барабан холодною водою. Після цього миють барабан,

пропускаючи гарячу воду. Барабан розбирають, деталі миють в слабкому розчині харчової соди, в гарячій воді і сушать їх на повітрі. Гуму миють в теплій воді. Складають барабан.

На заводі барабан піддають балансуванню шляхом нанесення олова на зовнішні частини барабану. Щоб не порушити балансування складання проводять по нумерації.

При монтажі необхідно сепаратор встановити чітко по рівню на резинових амортизаторах, які вкладають на анкерні болти під металічною плитою.

Обов'язково необхідно заземлити сепаратор-очисник, бажано заземлення проводити металевую пластиною.

**ВИСНОВОК** до розділу 3. Отже, запропонована конструкція сепаратора-молокоочисника має ряд переваг над іншими, а саме — високу продуктивність, малу металоємність, компактність, високий ККД, економічність. Таке рішення забезпечує ККД передачі, що дорівнює 1. Для забезпечення необхідної швидкості обертання барабана 12 000 об/хв. пропонується застосувати тиристорний перетворювач частоти струму, який забезпечить живлення електродвигуна струмом з частотою 200 Гц.

Запропоноване конструктивне рішення дозволить зменшити масу та габарити очисника і, відповідно, його вартість.

## ВИСНОВКИ

Таким чином в результаті виконання кваліфікаційної роботи отримані наступні результати:

- встановлено, що сепаратори мають ряд недоліків: в одних низька продуктивність, а в інших молоко піниться при переробці, складність конструкції та монтажу.

-в першому розділі ПЗ обґрунтовано технологічну схему переробки молока методом сепарації для прикладу взято регіон з населення 17500 осіб.

Технологічні лінії будуть наступними: приймання молока 9843.4 кг\зм, з нього буде виготовлено: питного молока 5645,6 кг\зм, кефіру 3612,9 кг\зм, масла 166 кг\зм, маслянки 418,7 кг\зм.

в другому розділі проаналізовано конструкції сепараторів молока просту конструкцію, високу продуктивність і екологічність.

в третьому розділі обґрунтовано конструкцію сепаратора-молокоочисника, що має ряд переваг над іншими: спрощено власне самий привід, сепаратор має високу продуктивність, малу металоємність, компактність, високий ККД, економічність, ККД передачі, що дорівнює 1 (прямий привід), швидкість обертання барабану 12 000 об/хв., для такої частоти обертання необхідно мати тиристорний перетворювач частоти струму з частотою 200 Гц.

Суть проектних рішень викладена в листах графічної частини.

Запропоноване конструктивне рішення дозволить зменшити масу та габарити очисника і, відповідно, його вартість.



**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Довідник майстра машинного доїння / В.І.Грицаєнко, І.А. Бузун, В.С.Шебельниченко та ін. – 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1987. – 184с.
2. Методичні вказівки щодо виконання та захисту випускних кваліфікаційних робіт . Для здобувачів вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія». Житомир- 2020. – 47с.
3. Механізація доїння корів і первинної обробки молока на комплексах. / А.І. Фененко, С.П. Москаленко, Л.В. Ремезов, Ю.О. Дробот. – К.: Урожай, 1981. – 136с.
4. Механізація і автоматизація тваринництва. І.І. Ревенко, А.І. Окоча, Є.Л. Жулай та ін.; За ред. І.І. Ревенка. – К.: Вища освіта, 2004. – 399 с.
5. Могильний О. Доїльні зали – майбутнє скотарства // Техніка АПК. – 1999. - №3. – с.33.
6. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко, О.Я. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С.Писаренка. – К.: Вища шк., 1993. – 655с.
7. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств / І.І. Ревенко, В.Д. Роговий, В.І.Кравчук та ін. – К.: Урожай, 1999. – 192с.
8. Ревенко І., Потапова С., Ревенко Ю. Принципи розробки та вибору кормоприготувальних машин для малих ферм // Техніка АПК. – 1999. - №3. – с.26-27.
9. Ревенко І.І., Манько В.М., Кравчук В.І. Машиновикористання у тваринництві. – К.: Урожай, 1999. – 208с.
10. Чубов Д.С., Авраменко О.А. Механізація молочнотоварних ферм і комплексів. – 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Урожай, 1981. – 328с.

## ДОДАТКИ